



TUGAS AKHIR - RE141581

**FITO PENGOLAHAN UNTUK DEKONSENTRASI  
WARNA RHODAMIN B, METILEN BIRU DAN  
METIL VIOLET DENGAN TUMBUHAN AIR  
*Eichhornia crassipes* DAN *Pistia stratiotes***

AMANDA HERRENA  
3313100071

DOSEN PEMBIMBING  
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017





TUGAS AKHIR - RE141581

**FITO PENGOLAHAN UNTUK DEKONSENTRASI  
WARNA RHODAMIN B, METILEN BIRU DAN  
METIL VIOLET DENGAN TUMBUHAN AIR  
*Eichhornia crassipes* DAN *Pistia stratiotes***

AMANDA HERRENA  
3313100071

DOSEN PEMBIMBING  
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017





**TUGAS AKHIR - RE141581**

**PHYTOTREATMENT TO REMOVE  
CONCENTRATION OF RHODAMINE B,  
METHYLENE BLUE AND METHYL VIOLET  
USING AQUATIC PLANTS *Eichhornia  
crassipes* AND *Pistia stratiotes***

**AMANDA HERRENA  
3313100071**

**Supervisor  
Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.**

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









**LEMBAR PENGESAHAN**

**FITO PENGOLAHAN UNTUK DEKONSENTRASI WARNA  
RHODAMIN B, METILEN BIRU DAN METIL VIOLET  
DENGAN TUMBUHAN AIR *Eichhornia crassipes* DAN *Pistia  
stratiotes***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AMANDA HERRENA**  
NRP 3313 100 071

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, Ph.D.**

NIP: 19750623 200212 2 001



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **FITO PENGOLAHAN UNTUK DEKONSENTRASI WARNA RHODAMIN B, METILEN BIRU DAN METIL VIOLET DENGAN TUMBUHAN AIR *Echhornia crassipes* DAN *Pistia stratiotes***

Nama Mahasiswa : Amanda Herrena  
NRP : 3313100071  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T.,  
Ph.D.

### **ABSTRAK**

Pengolahan air limbah dengan menggunakan tumbuhan air atau *phytotreatment* telah menjadi salah satu alternatif pengolahan air limbah yang cukup murah dan efisien dalam penerapannya. Pada industri tekstil, zat warna ini terdiri dari berbagai macam polutan dari proses yang berbeda-beda. Tumbuhan air lebih efektif dalam pengolahan air limbah dibandingkan dengan tanaman lainnya karena pertumbuhan mereka lebih cepat dan produksi biomassa yang lebih besar. Kemampuannya relatif lebih tinggi untuk menyerap polutan karena kontak langsung dengan air yang terkontaminasi.

Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan penelitian untuk membandingkan efisiensi tumbuhan air yaitu Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dalam dekonsentrasi warna. Kedua tumbuhan ini dapat hidup di lingkungan tercemar dan cocok dimanfaatkan untuk pengolahan limbah. Selain itu, kedua jenis tumbuhan ini merupakan jenis tumbuhan semi *aquatic* yang bisa hidup di lahan basah ataupun kering. Variabel yang digunakan yaitu dua jenis tumbuhan air (*E. crassipes* dan *P. stratiotes*) dan tiga jenis pewarna (rhodamin B, metilene biru dan metil violet). Dilakukan tahapan yaitu propagasi tumbuhan, tahap aklimatisasi, tahap range finding test dan uji *phytotreatment* selama 30 hari dengan parameter utama uji warna dan parameter pendukung yaitu uji suhu, pH, analisa morfologi, berat basah dan berat kering. Dilakukan juga uji toksisitas pada LC-50 dan uji *plant cells analysis*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji toksisitas LC-50 dari ketiga warna tersebut, bahwa tumbuhan eceng gondok memiliki ketahanan respons biologis yang lebih besar bila dibandingkan dengan tumbuhan *P. stratiotes*. Nilai LC-50 tumbuhan *E. crassipes* terhadap pewarna rhodamin B sebesar 99,5 mg/L dan *P.stratiotes* sebesar 42,9 mg/L. Nilai LC-50 tumbuhan *E. crassipes* terhadap pewarna metilen biru sebesar 74,5 mg/L dan tumbuhan *P.stratiotes* sebesar 54,7 mg/L. Nilai LC-50 tumbuhan *E.crassipes* terhadap pewarna metil violet sebesar 83,2 mg/L dan LC-50 *P.stratiotes* adalah 70,04 mg/L.

Hasil penyisihan warna pada hari ke 30 oleh tumbuhan *E.crassipes* terhadap warna metilen biru mencapai 59% sedangkan pada kontrol mencapai 59%, warna rhodamin B mencapai 52% dan pada kontrol mencapai 52% dan metil violet sebesar 51% sedangkan pada kontrol mencapai 51%. Pada tumbuhan *P. stratiotes* terhadap warna metilen biru mencapai 74% dan pada kontrol mencapai 75%, warna rhodamin B mencapai 78% sedangkan pada kontrol mencapai 78% dan metil violet mencapai 55% dan pada kontrol mencapai 55%. Berdasarkan hasil persentase penyisihan warna yang dihasilkan maka dapat disimpulkan bahwa penyisihan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet oleh tumbuhan *E.crassipes* dan *P. stratiotes* sampai 30 hari pemaparan kurang efektif karena mikroorganisme *indigenus* yang lebih berperan.

**Kata Kunci : fitopengolahan, metilen biru, rhodamin B, metil violet, tumbuhan air**

**PHYTOTREATMENT TO REMOVE CONCENTRATION OF  
RHODAMINE B, METHYLENE BLUE AND METHYL VIOLET  
USING AQUATIC PLANTS *Eichhornia crassipes* AND *Pistia  
stratiotes***

Name : Amanda Herrena  
NRP : 3313100071  
Departement : Teknik Lingkungan  
Supervisor : Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T.,  
Ph.D.

**ABSTRACT**

*The costing of wastewater treatment such as dye wastewater in developing countries are expensive. The dye has a variety of pollutants in different processes. Wastewater treatment using aquatic plants has become one of alternative wastewater treatment that is reasonably priced and efficient in its application. Water plants were more effective in wastewater treatment as compared to other crops because of their faster growth and greater biomass production. The ability was relatively higher than the absorption of pollutants because, aquatic plants contact with contaminated water directly.*

*The aims of this study was to compare the efficiency of aquatic plants such as *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of rhodamine B, methylene blue and methylene violet. There were three research phases, namely the propagation of plants to increase plant and determine the growth of plant. The second phase was plants acclimatization which conducted for 3 days for conditioning plant reactor water with plastic tubs media in order to adapt to a new habitat. After a period of acclimatization was complete, then the plants were ready to be used in research. Range finding test was carried out for 14 days to determine the ability of those plants in hodamine B, methylene blue and methyl violet. And the lastest test, phytotreatment was conducted for 28 days of exposure. Some parameter that measured were colour, temperature and pH.*

The results showed that the LC-50 toxicity test of the three colors, that hyacinth plants have greater biological response resistance when compared with *P.stratiotes* plants. The LC-50 values of *E. crassipes* and *P.stratiotes* plants to rhodamine B dye amounted (99.5 mg/L) and *P.stratiotes* amounted (42.9 mg/L). The LC-50 values of *E. crassipes* and *P.stratiotes* plants to blue methylene dye amounted to 74.5 mg/L and *P.stratiotes* plant amounted (54.7 mg/L). LC-50 values of *E. crassipes* and *P.stratiotes* plants to blue methylene dye amounted (83.2 mg/L) and LC-50 *P.stratiotes* amounted (70.04 mg/L).

The result of color removal on day 30 for the *E.crassipes* plant to the color of methylene blue reached 59% while the control reach 59%, rhodamin B color reach 52% and the control reached 52% and metil violet reached 51% while the control reach 51% . In the *P. stratiotes* plant to the color of methylene blue reached 74% and the control reached 75%, rhodamin B color reached 78% while the control reached 78% and methyl violet reached 55% and the control reached 55%. Based on the result of color removal percentage, it can be concluded that the color removal of rhodamine B, methylene blue and methyl violet by *E.crassipes* and *P. stratiotes* plants until 30 days the exposure is less effective because indigenus microorganism has a role in that phytotreatment.

**Keywords : phytotreatment, methylene blue, rhodamine B, methyl violet, water plants**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan pada Allah SWT karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Fito Pengolahan untuk Dekonsentrasi Warna Rhodamin B, Metilen Biru dan Metil Violet dengan Tumbuhan Air *Eichhornia Crassipes* dan *Pistia Stratiotes*”

Atas bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini, saya menyampaikan terima kasih kepada,

1. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., PhD selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan
2. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD, Bapak Ir. Bowo Djoko M., M.Eng dan Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, MT selaku dosen penguji tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya
3. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran tugas akhir saya
4. Ibu Hurun In, Bapak Hadi Sutrisno dan Ibu Merri selaku laboran Teknik Lingkungan yang senantiasa membantu dan memfasilitasi ketika di laboratorium
5. Dea Ghiovani, Nur Baiti Danial, Anisa Nanhidayah, Qory Constantya, Aisyah Ahmad, Gusti Ayu Khrisna, Indira Wido Primadipta dan Dwi Agustiang yang sangat membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini
6. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis





## DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I.....	21
PENDAHULUAN.....	21
1.1 Latar Belakang.....	21
1.2 Perumusan Masalah.....	23
1.3 Tujuan.....	23
1.4 Ruang Lingkup.....	23
1.5 Manfaat.....	24
BAB II.....	27
TINJAUAN PUSTAKA.....	27
2.1 Limbah Tekstil.....	27
2.2 Dampak Limbah Tekstil.....	28
2.3 Pewarna Tekstil.....	29
2.4 Proses Pembuatan Limbah Tekstil.....	31
2.5 Pengolahan Limbah.....	33
2.6 Mekanisme Pengolahan Limbah Fito Pengolahan.....	34
2.7 Mekanisme Antara Mikroorganismes dengan Tumbuhan.....	36

2.8 Pengoperasian Sistem <i>Batch</i> .....	37
2.9 Jenis Tumbuhan Air.....	38
2.10 Karakteristik Tumbuhan Air.....	39
2.10.1 Eceng Gondok ( <i>Eichhornia Crassipes</i> ).....	39
2.10.2 Kayu Apu ( <i>Pistia Stratiotes</i> ).....	40
2.11 Penelitian Terdahulu.....	42
BAB III.....	47
METODOLOGI PENELITIAN.....	47
3.1 Umum.....	47
3.2 Kerangka Penelitian.....	47
BAB IV.....	61
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	61
4.1 Tahap Propagasi Tumbuhan.....	61
4.2 Tahap Aklimatisasi Tumbuhan.....	65
4.3 Tahap <i>Range Finding Test</i> (RFT) dengan Rhodamin B.....	65
4.4 Uji <i>Plant Cells Analysis</i> dengan Pewarna Rhodamin B.....	76
4.5.1 Perhitungan LC-50 <i>E.crassipes</i> pada Rhodamin .....	79
4.5.2 Perhitungan LC-50 <i>P.stratiotes</i> pada Rhodamin .....	84
4.6 Tahap <i>Range Finding Test</i> (RFT) dengan Metilen Biru.....	89
4.7 Uji <i>Plant Cells Analysis</i> dengan Pewarna Metilen Biru.....	96
4.8 Uji Toksisitas pada Metilen Biru.....	99
4.8.1 Perhitungan LC-50 <i>E.crassipes</i> pada Metilen Biru.....	99
4.8.2 Perhitungan LC-50 <i>P.stratiotes</i> pada Metilen Biru.....	104
4.9 Tahap <i>Range Finding Test</i> (RFT) dengan Metil Violet.....	110
4.10 Uji <i>Plant Cells Analysis</i> dengan Pewarna Metil Violet.....	116
4.11 Uji Toksisitas pada Metil Violet.....	121

4.11.1 Perhitungan LC-50 <i>E.crassipes</i> pada Metil Violet.....	121
4.11.2 Perhitungan LC-50 <i>P.stratiotes</i> pada Metil Violet.....	127
4.12 Uji <i>Phytotreatment</i> Rodhamin B, Metilen Biru, Violet.....	132
4.12.1 Analisa Warna.....	138
4.12.2 Analisa pH.....	145
4.12.3 Analisa Suhu.....	150
4.12.4 Analisa Morfologi Tumbuhan.....	153
4.12.5 Analisa Berat Basah Dan Berat Kering.....	162
BAB V.....	167
KESIMPULAN.....	167
5.1 Kesimpulan.....	167
DAFTAR PUSTAKA.....	169

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Macam-macam Penelitian Terdahulu.....	42
<b>Tabel 3.1</b>	Matriks Variasi Penelitian .....	51
<b>Tabel 3.2</b>	Jumlah Reaktor Tahap RFT Warna RhodaminB.....	51
<b>Tabel 3.3</b>	Jumlah Reaktor Tahap RFT Warna Metilen Biru.....	51
<b>Tabel 3.4</b>	Jumlah Reaktor Tahap RFT Warna Metil Violet.....	52
<b>Tabel 3.5</b>	Jumlah Reaktor Penelitian Utama Rhodamin B.....	52
<b>Tabel 3.6</b>	Jumlah Reaktor Penelitian Utama Metilen Biru .....	52
<b>Tabel 3.7</b>	Jumlah Reaktor Penelitian Utama Metil Violet .....	53
<b>Tabel 4.1</b>	Tahap RFT <i>E.crassipes</i> Pewarna Rhodamin B.....	69
<b>Tabel 4.2</b>	Tahap RFT <i>P.stratiotes</i> Pewarna Rhodamin B .....	71
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil RFT <i>E.crassipes</i> Pewarna Rhodamin B .....	74
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil RFT <i>P.stratiotes</i> Pewarna Rhodamin B.....	75
<b>Tabel 4.5</b>	Uji <i>Cells Analysis E.crassipes</i> Pewarna Rhodamin B	76
<b>Tabel 4.6</b>	Uji <i>Cells Analysis P.stratiotes</i> Pewarna Rhodamin B .	78
<b>Tabel 4.7</b>	Proporsi kematian tumbuhan warna rhodamin B .....	80
<b>Tabel 4.8</b>	Proporsi respon harapan <i>E.crassipes</i> rhodamin B.....	81
<b>Tabel 4.9</b>	Chi <sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 % .....	82
<b>Tabel 4.10</b>	Proporsi kematian tumbuhan warna rhodamin B .....	85
<b>Tabel 4.11</b>	Proporsi respon harapan <i>P.stratiotes</i> rhodamin B....	86
<b>Tabel 4.12</b>	Chi <sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 % .....	87
<b>Tabel 4.13</b>	Tahap RFT <i>E.crassipes</i> Pewarna Metilen Biru.....	90
<b>Tabel 4.14</b>	Tahap RFT <i>P.stratiotes</i> Pewarna Metilen Biru .....	92
<b>Tabel 4.15</b>	Hasil RFT <i>E.crassipes</i> Pewarna Metilen Biru.....	94
<b>Tabel 4.16</b>	Hasil RFT <i>P.stratiotes</i> Pewarna Metilen Biru .....	95
<b>Tabel 4.17</b>	Uji <i>Cells Analysis E.crassipes</i> Metilen Biru .....	96
<b>Tabel 4.18</b>	Uji <i>Cells Analysis P.stratiotes</i> Metilen Biru .....	98
<b>Tabel 4.19</b>	Proporsi kematian tumbuhan warna metilen biru ...	104
<b>Tabel 4.20</b>	Proporsi respon harapan <i>P.stratiotes</i> metilen biru	106
<b>Tabel 4. 21</b>	Chi <sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 % .....	107
<b>Tabel 4.22</b>	Tahap RFT <i>E.crassipes</i> Pewarna Metil Violet.....	111
<b>Tabel 4.23</b>	Tahap RFT <i>P.stratiotes</i> Pewarna Metil Violet.....	112
<b>Tabel 4.24</b>	Hasil RFT <i>E.crassipes</i> Pewarna Metil Violet .....	114
<b>Tabel 4.25</b>	Hasil RFT <i>P.stratiotes</i> Pewarna Metil Violet.....	115
<b>Tabel 4.26</b>	Uji <i>Cells Analysis E.crassipes</i> Metil Violet.....	116
<b>Tabel 4.27</b>	Uji <i>Cells Analysis E.crassipes</i> Metil Violet.....	118
<b>Tabel 4.28</b>	Uji <i>Cells Analysis P.stratiotes</i> Metil Violet .....	119

<b>Tabel 4.29</b> Uji <i>Cells Analysis P.stratiotes</i> Metil Violet .....	120
<b>Tabel 4.30</b> Proporsi kematian tumbuhan warna metil violet .....	122
<b>Tabel 4.31</b> Proporsi respon harapan <i>E.crassipes</i> metil violet...	123
<b>Tabel 4. 32</b> Chi <sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 %.....	124
<b>Tabel 4.33</b> Proporsi kematian tumbuhan warna metilen biru ...	127
<b>Tabel 4.34</b> Proporsi respon harapan <i>P.startiotes</i> metilen biru..	129
<b>Tabel 4.35</b> Chi <sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 %.....	130

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Rumus Rhodamin B.....	30
<b>Gambar 2.2</b>	Rumus Metilen Biru.....	31
<b>Gambar 2.3</b>	Rumus Metil Violet .....	31
<b>Gambar 2.4</b>	Skema Proses Pembuatan Limbah Tekstil .....	32
<b>Gambar 2.5</b>	Mekanisme Proses <i>Phytotreatment</i> .....	36
<b>Gambar 2.6</b>	<i>E.crassipes</i> di perairan.....	40
<b>Gambar 2.7</b>	<i>P.stratiotes</i> di perairan .....	41
<b>Gambar 3.1</b>	Kerangka Penelitian .....	49
<b>Gambar 3.2</b>	Bak reaktor <i>E.crassipes</i> propagasi,aklimatisasi .....	54
<b>Gambar 3.3</b>	Bak reaktor <i>P.stratiotes</i> propagasi,aklimatisasi.....	54
<b>Gambar 3.4</b>	Bak reaktor <i>E.crassipes</i> pada tahap RFT .....	56
<b>Gambar 3.5</b>	Bak reaktor <i>P.stratiotes</i> pada tahap RFT .....	56
<b>Gambar 3.6</b>	Bak Reaktor <i>E.crassipes</i> uji fito pengolahan.....	57
<b>Gambar 3.7</b>	Bak reaktor <i>P.stratiotes</i> uji fito pengolahan.....	57
<b>Gambar 4.1</b>	Pengamatan Karakteristik Fisik <i>E.Crassipes</i> .....	61
<b>Gambar 4.2</b>	Tumbuhan <i>E.crassipes</i> ditandai muncul bunga .....	62
<b>Gambar 4.3</b>	Tinggi Tumbuhan <i>E.crassipes</i> .....	62
<b>Gambar 4.4</b>	Lebar Daun Tumbuhan <i>E.crassipes</i> .....	63
<b>Gambar 4.5</b>	Pengamatan Karakteristik Fisik <i>P.stratiotes</i> .....	63
<b>Gambar 4.6</b>	Tinggi Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> .....	64
<b>Gambar 4.7</b>	Lebar Daun <i>P.stratiotes</i> .....	64
<b>Gambar 4.8</b>	Jumlah Daun <i>P.stratiotes</i> .....	64
<b>Gambar 4.9</b>	Tahap Aklimatisasi <i>E.crassipes</i> dan <i>P.stratiotes</i> ....	65
<b>Gambar 4.10</b>	Efek Kematian <i>E.crassipes</i> Rhodamin B.....	74
<b>Gambar 4.11</b>	Efek Kematian <i>P.stratiotes</i> Rhodamin B .....	75
<b>Gambar 4.12</b>	Grafik log-log proporsi <i>E.crassipes</i> rhodamin B...	80
<b>Gambar 4.13</b>	Grafik log-log proporsi <i>E.crassipes</i> rhodamin B...	85
<b>Gambar 4.14</b>	Efek Kematian <i>E.crassipes</i> Metilen Biru .....	95
<b>Gambar 4.15</b>	Efek Kematian <i>P.stratiotes</i> Metilen Biru .....	96
<b>Gambar 4.16</b>	Grafik log-log proporsi <i>E.crassipes</i> metilen biru..	100
<b>Gambar 4.17</b>	Grafik log-log proporsi <i>P.stratiotes</i> metilen biru .	105
<b>Gambar 4.18</b>	Efek Kematian <i>E.crassipes</i> Metil Violet.....	115
<b>Gambar 4.19</b>	Efek Kematian <i>P.stratiotes</i> Metil Violet .....	116
<b>Gambar 4.20</b>	Grafik log-log proporsi <i>E.crassipes</i> metil violet ..	122

<b>Gambar 4.21</b>	Grafik log-log proporsi <i>P.stratiotes</i> metilen biru..	128
<b>Gambar 4.22</b>	Kondisi Reaktor.....	137
<b>Gambar 4.23</b>	% Penyisihan Warna.....	146
<b>Gambar 4.24</b>	Uji pH pada Tumbuhan <i>P.startiotes</i> .....	148
<b>Gambar 4.25</b>	Uji pH pada Tumbuhan <i>E.crassipes</i> .....	149
<b>Gambar 4.26</b>	Uji Suhu pada Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> .....	151
<b>Gambar 4.27</b>	Uji Suhu pada Tumbuhan <i>E.crassipes</i> .....	152
<b>Gambar 4.28</b>	Morfologi Tinggi <i>E.crassipes</i> Rhodamin B.....	155
<b>Gambar 4.29</b>	Morfologi Lebar Daun <i>E.crassipes</i> Rhodamin B.	155
<b>Gambar 4.30</b>	Morfologi Tinggi <i>P.stratiotes</i> Rhodamin B.....	156
<b>Gambar 4.31</b>	Morfologi Lebar Daun <i>P.stratiotes</i> Rhodamin B	156
<b>Gambar 4.32</b>	Morfologi Daun <i>P.stratiotes</i> Rhodamin B.....	157
<b>Gambar 4.33</b>	Morfologi Tinggi <i>E.crassipes</i> Metilen Biru .....	157
<b>Gambar 4.34</b>	Morfologi Lebar Daun <i>E.crassipes</i> Metilen Biru .	158
<b>Gambar 4.35</b>	Morfologi Tinggi <i>P.stratiotes</i> Metilen Biru.....	158
<b>Gambar 4.36</b>	Morfologi Lebar Daun <i>P.stratiotes</i> Metilen Biru..	159
<b>Gambar 4.37</b>	Morfologi Jumlah Daun <i>P.stratiotes</i> Metilen Biru	159
<b>Gambar 4.38</b>	Morfologi Tinggi <i>E.crassipes</i> Metil Violet.....	160
<b>Gambar 4.39</b>	Morfologi Lebar Daun <i>E.crassipes</i> Metil Violet...	160
<b>Gambar 4.40</b>	Morfologi Tinggi <i>P.stratiotes</i> pada Metil Violet ...	161
<b>Gambar 4.41</b>	Morfologi Lebar Daun <i>P.stratiotes</i> Metil Violet ...	161
<b>Gambar 4.42</b>	Morfologi Jumlah Daun <i>P.stratiotes</i> Metil Violet .	162
<b>Gambar 4.43</b>	Berat Basah dan Kering <i>E.crassipes</i> .....	163
<b>Gambar 4.44</b>	Berat Basah dan Kering <i>P.stratiotes</i> .....	164



## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A 1 .....	175
LAMPIRAN B 1 .....	177
LAMPIRAN C 1 .....	219

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pengolahan air limbah dengan menggunakan tumbuhan air telah menjadi salah satu alternatif pengolahan air limbah yang cukup murah dan efisien dalam penerapannya. Karena pada umumnya pengolahan air limbah di negara berkembang seperti Indonesia, terbentur pada masalah biaya. Banyaknya industri seperti tekstil, kertas, plastik, kulit *tanning* menggunakan pewarnaan secara luas dan mengoperasikan secara berbeda-beda (Gercel et al., 2008). Pada industri tersebut, zat warna ini memiliki berbagai polutan pada proses yang berbeda-beda (Mall et al., 2006). Pewarna menunjukkan keragaman struktural yang cukup besar dengan demikian menjadi sulit untuk memperlakukan warna dengan proses tunggal. Peningkatan masalah lingkungan pada warna dari limbah tekstil paling utama karena karakteristik yang tidak dapat terurai.

Air limbah tekstil mencakup berbagai macam pewarna dan tambahan bahan kimia yang membuat tantangan lingkungan untuk industri tekstil tidak hanya untuk limbah cair tetapi juga komposisi kimianya. Polusi utama dalam air limbah tekstil berasal dari pencelupan dan *finishing* (Suteu et al., 2011; Zaharia et al., 2009).

Cara pencegahan untuk mengatasi dampak negatif pencemaran limbah cair industri tekstil sendiri adalah dengan melakukan pengolahan. Pada fito pengolahan merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah yang efektif, mudah diterapkan dan ekonomis (Tee et al., 2009). Fito pengolahan memusatkan pada tumbuhan sebagai teknologi lingkungan hidup yang mampu menyelesaikan masalah lingkungan secara alami (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Mekanisme fito pengolahan dengan memanfaatkan kemampuan tumbuhan untuk menyerap dan mendegradasi polutan baik dari media udara, air, dan tanah. Kelebihan fito pengolahan selain dapat menurunkan polutan organik juga dapat menyerap warna (Kurniawan dkk., 2013). Tumbuhan banyak digunakan untuk mengolah air buangan karena mampu mengolah air buangan dengan tingkat efisiensi yang tinggi (Mukti, 2008).

Pengolahan air limbah memiliki metode fisik kimia dan biologis, akan tetapi untuk pengolahan air limbah pewarna yang terkontaminasi lebih baik menggunakan pada pengolahan limbah biologis dikarenakan biaya yang murah dan mudah pengoperasiannya akan tetapi jika menggunakan pengolahan pada metode fisik dan kimia tidak banyak digunakan karena biaya tinggi dan polusi yang berlebih yang dapat dihasilkan oleh penggunaan berlebihan secara kimiawi. Tumbuhan air lebih efektif dalam pengolahan air limbah dibandingkan dengan tanaman lainnya karena pertumbuhan mereka lebih cepat dan produksi biomassa yang lebih besar. Kemampuannya relatif lebih tinggi daripada penyerapan polutan karena, kontak langsung dengan air yang terkontaminasi ( Dhir et al., 2009 ; Dhote dan Dixit 2009).

Jenis tumbuhan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah seperti Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*). *E.crassipes* memiliki kemampuan dalam mengabsorpsi nutrien, logam dan zat toksik lain yang terkandung dalam air limbah. Tanaman ini dapat bertahan hidup dengan lama serta tumbuh dengan baik untuk berbagai *wetland* dengan jenis limbah tertentu. Tanaman ini juga memiliki banyak kandungan materi yang dapat berfermentasi dan mampu menghasilkan biogas (Gunnarsson dan Petersen, 2007). *P.startiotes* adalah salah satu tumbuhan fitoremediator yaitu tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik. Tumbuhan ini dapat dijadikan sebagai fitoremediator bagi limbah cair karena kemampuannya dalam menurunkan warna.

Pengolahan limbah tekstil dengan fito pengolahan sudah pernah dilakukan. Pada penelitian Muthunarayanan et al (2011) menggunakan tumbuhan *E.crassipes* dapat mendegradasi zat warna *red RB* sebesar 95 % dengan presentase removal sebesar 10 ppm dan dapat mendegradasi zat warna *black* sebesar 99,5 % dengan presentase removal sebesar 10 ppm. Pada penelitian Kah et al (2016) menggunakan tumbuhan *E.crassipes* dapat menurunkan sebesar warna metilen biru 98,42 % dan metilen orange 66,80 %. Sedangkan pada penelitian Ranjitha et al (2015) menggunakan menggunakan tumbuhan *E.crassipes* dapat mendegradasi zat warna metilen merah sebesar 85,20 %

penyisihan dan dapat mendegradasi zat warna metilen biru sebesar 95,5 %.

Berdasarkan hal ini, pengolahan larutan warna tekstil menggunakan tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* secara single plant dengan sistem secara *batch* perlu diteliti. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi penyisihan warna yang dipengaruhi oleh variasi jenis tumbuhan melalui sistem *batch* terutama untuk warna rhodamin B, metilen biru, metil violet

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan utama dalam tugas akhir ini adalah sejauh manakah pengaruh efisiensi penyisihan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet dengan tumbuhan air *E. crassipes* dan *P. stratiotes* dan bagaimanakah tingkat toksisitas tumbuhan air *E. crassipes* dan *P. stratiotes* terhadap larutan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini dihubungkan dengan perumusan masalah yang akan diteliti yaitu:

1. Mengetahui tingkat toksisitas tumbuhan air *E. crassipes* dan *P. stratiotes* terhadap larutan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet.
2. Menentukan efisiensi penyisihan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet oleh tumbuhan air *E. crassipes* dan *P. stratiotes*.

## **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian dalam tugas akhir ini yaitu:

1. Larutan warna dibeli dari UD Sumber Ilmiah Persada di Surabaya
2. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
3. Penelitian dilakukan di Laboratorium Remediasi Lingkungan, Teknik Lingkungan ITS.

4. Penelitian pendahuluan berupa tahap propagasi, tahap aklimatisasi, tahap *Range Finding Test* (RFT)
5. Variabel yang digunakan jenis tumbuhan yaitu *Eichhornia crassipes* dan *Pistia stratiotes* dalam kondisi single plant dengan sistem *batch* dan menggunakan larutan warna yaitu rhodamin B, metilen biru dan metil violet yang dilarutkan dalam air suling.
6. Reaktor yang digunakan pada tahap propagasi dan aklimatisasi yaitu bak reaktor yang terbuat dari plastik berukuran 51 x 40 x 30 cm pada 61 L
7. Reaktor yang digunakan pada tahap *range finding test* yaitu bak reaktor yang terbuat dari plastik berukuran 29,5 x 28,1 x 24,5 cm pada 10 L
8. Reaktor yang digunakan pada penelitian utama yaitu bak reaktor yang terbuat dari plastik untuk fito pengolahan berukuran 37,5 x 24 x 23,4 pada 30 L
9. Pada tahap *range finding test* dengan konsentrasi 30, 50, 70, 90, 110 mg/L
10. Pada tahap fito pengolahan dengan konsentrasi mengacu pada hasil *range finding test*
11. Pada tahap *range finding test* mempunyai satu kontrol yaitu reaktor pada tumbuhan tanpa larutan warna
12. Pada tahap fito pengolahan mempunyai dua kontrol yaitu reaktor kontrol larutan warna tanpa tumbuhan dan reaktor kontrol tumbuhan tanpa larutan warna
13. Parameter utama pada fito pengolahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji warna. Parameter pendukung yang digunakan adalah berat basah, berat kering, pH dan suhu, morfologi tumbuhan, uji toksisitas pada tahap *range finding test* dan uji *Plant Cells Analysis* di awal dan di akhir *range finding test*.

## 1.5 Manfaat

1. Meningkatkan pengetahuan dalam fito pengolahan pada tumbuhan air *E. crassipes* dan *P. stratiotes* untuk menyinghkan warna rodhamin B, metilen biru dan metil violet

2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet oleh tumbuhan air *E. crassipes* dan *P. stratiotes*

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Tekstil**

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang menghasilkan volume tinggi air limbah dan dapat menghasilkan potensi pencemaran air. Di antara banyak bahan kimia dalam air limbah tekstil, pewarna dianggap sebagai polutan penting. Penghapusan pewarna dari limbah tekstil adalah salah satu masalah lingkungan yang paling signifikan (Kim et al., 2004). Pewarna menggunakan kapasitas jumlah yang cukup besar di banyak industri, seperti tekstil, kertas, percetakan, plastik, makanan dan lain-lain untuk warna produk mereka. Kehadiran konsentrasi yang sangat rendah dari pewarna di badan air sangat terlihat dan juga dapat mengurangi penetrasi cahaya atau cahaya yang masuk dan fotosintesis (Nigam et al., 2000, Birhanli dan Degon et al., 2005). Pada proses industri tekstil menghasilkan limbah padat dan cair. Pada limbah padat berasal dari proses pembuatan kain, benang, serat-serat kain, dan sampah dari kegiatan lain yang menunjang produksi sedangkan limbah cair berasal dari proses pengkunjian benang, proses penghilangan zat pelumas dari serat sintetis sebelum proses penenunan, dan dari proses pencelupan.

Pada pewarna biasanya memiliki asal sintetis dan struktur aromatik kompleks yang membuat mereka lebih stabil dan lebih sulit untuk terurai. Air limbah tekstil mengandung soda kaustik, pati, deterjen, pigmen, dan pewarna. Air limbah yang tidak diolah, maka dibuang oleh pabrik-pabrik tekstil ke saluran pembuangan kota atau industri serta saluran air terdekat. Metode utama atau teknologi untuk menghilangkan warna dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu pengobatan biologis, perawatan kimia, pengobatan fisik. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 mengenai baku mutu air limbah industri tekstil pada parameter warna mempunyai baku mutu sebesar 50 dengan satuan Pt-Co.

## **2.2 Dampak Limbah Tekstil**

Pencemaran air atau penurunan mutu air diakibatkan oleh sejumlah kegiatan manusia salah satunya yang berasal dari industri tekstil yang tidak dikelola sebagaimana mestinya, namun dibuang langsung ke aliran air atau permukaan tanah. Limbah industri tekstil yang langsung dibuang ke sungai dapat menimbulkan pencemaran berupa : perubahan warna, bau dan rasa pada air; terhambatnya dan hilangnya aktivitas biologi perairan; pencemaran tanah dan air tanah; serta perubahan fisik tumbuhan, binatang dan manusia oleh zat kimia (Laksono 2012).

Pencemaran air akibat limbah industri tekstil dapat mengurangi nilai estetika badan air, badan air (sungai atau danau) menjadi tidak nyaman untuk dipandang karena airnya berwarna bahkan mungkin berwarna gelap atau hitam pekat. Nilai estetika suatu badan air juga menurun dengan timbulnya bau yang tidak sedap seperti bau amoniak dan asam sulfida hasil penguraian limbah oleh bakteri secara anaerob karena badan air mempunyai kandungan oksigen yang sangat minim. Penurunan atau hilangnya nilai estetika suatu badan air akan menurunkan nilai ekonomis badan air. Zat warna dari limbah tekstil bila dibuang ke perairan dapat menutupi permukaan badan air sehingga menghalangi sinar matahari untuk masuk ke dalam perairan. Berkurangnya sinar matahari yang masuk ke perairan menyebabkan terhambatnya proses fotosintesis oleh tumbuhan yang ada di perairan. Hal ini akan menyebabkan kandungan oksigen di dalam air menurun dan pada akhirnya menyebabkan kematian makhluk hidup yang ada di perairan.

Pencemaran air ini juga akan berdampak pada manusia. Hal ini dikarenakan beberapa senyawa kimia dan limbah tekstil mempunyai sifat yang toksik bagi makhluk hidup dan jika digunakan untuk keperluan sehari-hari misalnya untuk air minum, dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti kanker dan tidak berfungsinya organ-organ tubuh bahkan dapat menyebabkan kematian. Penggunaan Rhodamine B dalam produk pangan dilarang karena bersifat karsinogenik kuat, dapat mengakibatkan gangguan fungsi hati hingga kanker hati (Syah et al. 2005).

### 2.3 Pewarna Tekstil

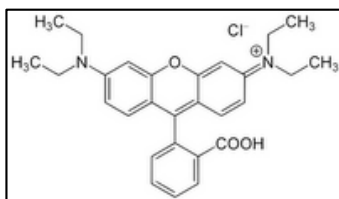
Zat warna adalah senyawa yang dipergunakan dalam bentuk larutan atau dispersi pada suatu bahan lain sehingga berwarna (Rambe, 2009). Tingginya pemakaian zat pewarna pada kegiatan industri tertentu membawa dampak pada peningkatan jumlah bahan pencemar dalam limbah cair yang dihasilkan (Nugroho, 2005). Menurut Selvam dkk (2003), sekitar 10.000 jenis pewarna digunakan pada industri tekstil dan lebih dari  $7 \times 10^5$  ton bahan pewarna diproduksi setiap tahunnya. Selama proses pewarnaan, 10–15 % dari zat warna tekstil yang digunakan akan terbuang bersama limbah.

Zat warna untuk tekstil dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya yaitu zat warna alami dan zat warna sintesis. Zat warna alami adalah zat warna yang diperoleh dari alam seperti tumbuh-tumbuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Bahan pewarna alam yang biasa digunakan untuk tekstil diperoleh dari hasil ekstrak berbagai bagian tumbuhan seperti akar, kayu, daun, biji ataupun bunga, sedangkan zat warna sintesis adalah zat warna buatan (Laksono, 2012)

Pada penelitian ini menggunakan pewarna rodhamin B, metilen biru dan metil violet. Rhodamin B dalam dunia perdagangan sering dikenal dengan nama *tetra ethyl rhodamin*. Zat pewarna ini berupa kristal-kristal hijau atau serbuk ungu kemerahan dan sangat larut dalam air dengan warna merah kebiruan. Rhodamin B dapat menghasilkan warna yang menarik dengan hasil warna yang dalam dan sangat bercahaya jika dilarutkan dalam air dan etanol. Rhodamin B merupakan zat pewarna tekstil, sering digunakan untuk pewarna kapas wol, kertas, sutera, jerami, kulit, bambu, dan dari bahan warna dasar yang mempunyai warna terang sehingga banyak digunakan untuk bahan kertas karbon, bolpoin, minyak atau oli, cat dan tinta gambar. Di dalam rhodamin B terdapat ikatan dengan klorin (Cl) yang menyebabkan senyawa ini reaktif dan berbahaya. Ditemukannya bahaya yang sama antara rhodamin B dan klorin membuat adanya kesimpulan bahwa atom klorin yang ada pada rhodamin B yang menyebabkan terjadinya efek toksik bila masuk ke dalam tubuh manusia. Rhodamin B juga merupakan zat yang larut dalam alkohol, HCl, dan NaOH. Rumus molekul dari

Rhodamin B adalah  $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$  dengan berat molekul sebesar 479.000. Rumus molekul rhodamin B dapat dilihat pada Gambar 2.1

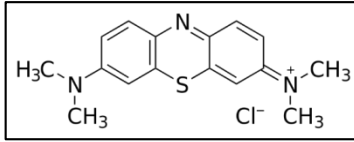
Selain terdapat ikatan Rhodamin B dengan Klorin terdapat juga ikatan konjugasi. Ikatan konjugasi dari Rhodamin B inilah yang menyebabkan Rhodamin B berwarna merah. Ditemukannya bahaya yang sama antara Rhodamin B dan Klorin membuat adanya kesimpulan bahwa atom Klorin yang ada pada Rhodamin B yang menyebabkan terjadinya efek toksik bila masuk ke dalam tubuh manusia. Atom Cl yang ada sendiri adalah termasuk dalam halogen, dan sifat halogen yang berada dalam senyawa organik akan menyebabkan toksik.



**Gambar 2.1** Rumus Rhodamin B

Sumber : <http://profetik.farmasi.ugm.ac.id/archives/75>

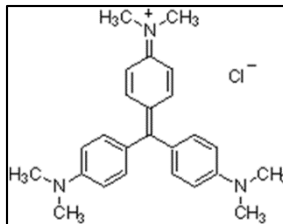
Metilen biru (*Methylene Blue*) merupakan salah satu zat warna *thiazine* yang sering digunakan dan rumus kimia  $C_{16}H_{18}N_3SCl$ . Zat warna *methylene blue* merupakan zat warna dasar yang penting dalam proses pewarnaan kulit, kain mori, dan kain katun. *Methylene blue* sering digunakan sehari-hari karena harganya ekonomis dan mudah diperoleh. Penggunaan *methylene blue* dapat menimbulkan beberapa efek, seperti iritasi saluran pencernaan dan jika terhirup maka akan iritasi pada kulit (Hamdaoui, dan Chiha, 2006). Rumus molekul metilen biru dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2. 2** Rumus Metilena Biru

Sumber : [https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Methylene\\_blue.svg](https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Methylene_blue.svg)

Kristal violet atau ungu gentian (juga dikenal sebagai metil 10B, Violet atau *hexamethyl pararosaniline chloride*) adalah *triarylmethane* pewarna. Metil violet merupakan turunan dari pararosanilin, digunakan sebagai anti alergi dan bakterisida, indikator asam basa, pewarna biologis, dan pewarna tekstil juga dikenal sebagai kristal ungu atau gentian ungu. Kristal violet merupakan reagen yang berwarna ungu. Kristal violet ini merupakan pewarna primer (utama) yang akan memberi warna pada mikroorganisme target. Kristal violet bersifat basa sehingga mampu berikatan dengan sel mikroorganisme yang bersifat asam. Dengan perlakuan seperti itu, sel mikroorganisme yang transparan akan terlihat berwarna (ungu). Rumus molekul dari metil violet adalah  $C_{24}H_{27}N_3HCl$  dengan berat molekul 407,979 gr/mol. Rumus molekul metil violet dapat dilihat pada Gambar 2.3



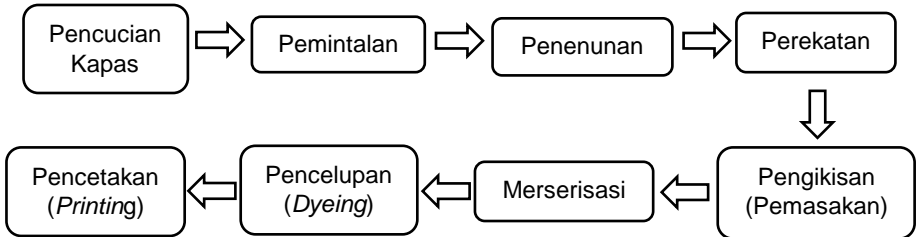
**Gambar 2.3** Rumus Metil Violet

Sumber : <http://jennisaraan.blogspot.co.id/2011/05/crystal-violet.html>

## 2.4 Proses Pembuatan Limbah Tekstil

Proses pembuatan limbah tekstil menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 meliputi pencucian kapas, pemintalan, penenunan, perekatan, pengikisan,

merserisasi, pencelupan (dyeing), pencetakan (*printing*) dan dapat dilihat skema pada Gambar 2.4



**Gambar 2.4** Skema Proses Pembuatan Limbah Tekstil  
Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013

- Pada pencucian kapas, serat kapas dibersihkan sebelum disatukan menjadi benang dan mempunyai beban pencemaran maksimum pada volume limbah maksimum yaitu sebesar 10 kg/ton.
- Pada pemintalan mengubah serat menjadi benang dan mempunyai beban pencemaran maksimum pada volume limbah maksimum yaitu sebesar 10 kg/ton.
- Sebelum proses penenunan benang buatan maupun kapas dikanji agar serat menjadi kuat dan kaku, pada penenunan mempunyai beban pencemaran maksimum pada volume limbah maksimum yaitu sebesar 10 kg/ton.
- Pada perekatan mempunyai beban pencemaran maksimum pada volume limbah maksimum yaitu sebesar 24 ton/kg.
- Pada pengikisan (pemasakan) dengan larutan alkali panas untuk menghilangkan kotoran dari kain kapas dan mempunyai beban pencemaran maksimum pada volume limbah maksimum yaitu sebesar 18 ton/kg.
- Pada kapas juga dapat dimerserisasi dengan perendaman dalam natrium hidroksida, dilanjutkan pembilasan dengan air atau asam untuk meningkatkan kekuatannya dan mempunyai beban pencemaran

maksimum pada volume limbah maksimum yaitu sebesar 20 ton/kg.

- Pada pencelupan (*dyeing*) mempunyai beban pencemaran maksimum pada volume limbah maksimum yaitu sebesar 6 ton/kg.
- Pada pencetakan (*printing*) memberikan warna dengan pola tertentu pada kain diatas rol atau kasa dan mempunyai beban pencemaran maksimum pada volume limbah maksimum yaitu sebesar 6 ton/kg.

## 2.5 Pengolahan Limbah

Pengelolaan air limbah bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dilakukan dengan mengurangi jumlah dan kekuatan air limbah sebelum dibuang ke perairan penerima. Tingkat pengurangan yang diperlukan dapat diperkirakan berdasarkan data karakteristik air limbah dan persyaratan baku mutu lingkungan yang berlaku. Berbagai teknik pengelolaan air buangan untuk menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Secara umum, pengolahan limbah cair dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan tersier. Tujuan utama pengolahan air limbah ini ialah untuk mengurangi kandungan bahan pencemar di dalam air terutama senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di alam. Pengolahan air limbah tersebut dapat dibagi menjadi 5 tahap, berikut ini adalah tahap-tahapannya:

- **Pengolahan Awal (*Pretreatment*)**  
Tahap pengolahan ini melibatkan proses fisik yang bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan minyak dalam aliran air limbah. Beberapa proses pengolahan yang berlangsung pada tahap ini ialah *screen and grit removal, equalization and storage*, serta *oil separation*.
- **Pengolahan Tahap Pertama (*Primary Treatment*)**  
Pada dasarnya pengolahan tahap pertama ini masih memiliki tujuan yang sama dengan pengolahan awal. Letak perbedaannya ialah pada proses yang berlangsung. Proses yang terjadi pada pengolahan

tahap pertama ialah *neutralization, chemical addition and coagulation, flotation, sedimentation*, dan *filtration*.

- Pengolahan Tahap Kedua (*Secondary Treatment*)  
Pengolahan tahap kedua dirancang untuk menghilangkan zat-zat terlarut dari air limbah yang tidak dapat dihilangkan dengan proses fisik biasa. Peralatan pengolahan yang umum digunakan pada pengolahan tahap ini ialah *activated sludge, anaerobic lagoon, tricking filter, aerated lagoon, stabilization basin, rotating biological contactor*, serta *anaerobic contactor and filter*.
- Pengolahan Tahap Ketiga (*Tertiary Treatment*)  
Proses-proses yang terlibat dalam pengolahan air limbah tahap ketiga ialah *coagulation and sedimentation, filtration, carbon adsorption, ion exchange, membrane separation*, serta *thickening gravity or flotation*.
- Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)  
Lumpur yang terbentuk sebagai hasil keempat tahap pengolahan sebelumnya kemudian diolah kembali melalui proses *digestion or wet combustion, pressure filtration, vacuum filtration, centrifugation, lagooning or drying bed, incineration*, atau *landfill*.

## **2.6 Mekanisme Pengolahan Limbah Secara Fito Pengolahan**

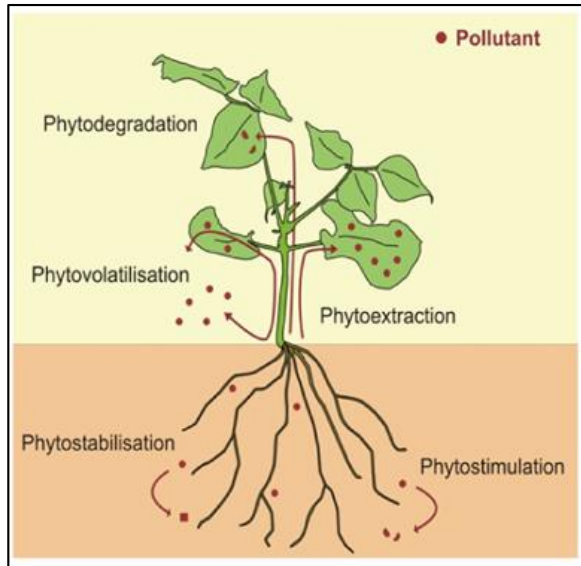
Mekanisme fito pengolahan dibagi menjadi zat cair dalam lingkungan media tumbuh direspon oleh tumbuhan melalui beberapa proses yaitu fitostabilisasi, rizofiltrasi, rhizodegradasi, fitoekstraksi, fitovolatilisasi dan fitodegradasi (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Penjelasan dari mekanisme fito pengolahan tersebut yaitu yang dijelaskan dalam Gambar 2.5:

1. Fitostabilisasi adalah proses imobilisasi kontaminan dalam tanah. Perpindahan kontaminan disebabkan terbawa aliran air tanah melalui proses kapiler serta sebagai akibat proses transpirasi tumbuhan. Pada fitostabilisasi terjadi pada area yang terkontaminasi



seperti merkuri dan kromium. Fitostabilisasi ini juga dapat terjadi pada kontaminasi zat organik seperti lignin.

2. Rhizofilisasi adalah perpindahan dari kontaminan oleh akar tumbuhan melalui proses adsorpsi atau presipitasi pada akar tumbuhan atau adsorpsi dalam akar tumbuhan. Kontaminan dapat tertinggal pada akar tumbuhan dalam jaringan tubuh tumbuhan yang lain tergantung dari jenis kontaminan tersebut (Pivetz, 2001)
3. Rhizodegradasi adalah proses penguraian kontaminan yang terjadi secara alami akibat peranan akar tumbuhan. Kontaminan organik dalam tanah dapat dipecah menjadi zat-zat anorganik seperti karbon dioksida dan air oleh aktivitas mikroba pada akar tumbuhan (Pivetz, 2001).
4. Fitoekstraksi adalah proses penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan yang kemudian diakumulasikan pada jaringan tubuh tumbuhan. Tumbuhan melakukan proses akumulasi pada kontaminan berupa logam seperti Ag, Cu, Cr. Proses fitoekstraksi ini tidak terjadi pada kontaminan yang berupa zat organik karena zat organik yang diserap oleh tumbuhan akan digunakan sebagai bahan untuk metabolisme tumbuhan.
5. Fitovolatilisasi adalah penyerapan dan pelepasan kontaminan ke atmosfer oleh tumbuhan. Struktur kimia dari kontaminan yang diserap oleh tumbuhan dapat berubah sebelum lepas ke atmosfer (Pivetz, 2001)
6. Fitodegradasi adalah proses degradasi kontaminan sebagai lanjutan dari proses penyerapan yang dilakukan tumbuhan. Fitodegradasi tidak bergantung pada kehadiran mikroorganisme seperti yang terjadi pada rhizodegradasi. Fitodegradasi dapat terjadi pada kontaminan seperti zat organik, limbah yang mengandung klorin, dan zat anorganik (Pivetz, 2001)



**Gambar 2.5** Mekanisme Proses *Phytotreatment*

Sumber: pilon-smits (2005)

## 2.7 Mekanisme Antara Mikroorganisme dengan Tumbuhan

Faktor yang mempengaruhi dalam proses fito pengolahan adalah pengaruh mikroorganisme. Degradasi senyawa kimia oleh bakteri di lingkungan merupakan proses penting untuk mengurangi kadar bahan pencemar di lingkungan. Proses degradasi oleh bakteri melalui suatu seri reaksi kimia yang kompleks dalam berbagai proses oksidasi. Aktivitas bakteri rizosfir berlangsung secara dinamis di sekitar sistem perakaran tumbuhan. Ini disebabkan oleh adanya molekul organik yang dikeluarkan oleh tumbuhan seperti gula dan asam organik dimanfaatkan oleh bakteri rizosfir. Di sisi lain bakteri merupakan komponen penting dalam menjaga kesehatan tumbuhan (Munir, 2006).

Mikroorganisme yang dimaksud adalah khamir, fungi, yeast, alga, dan bakteri. Mikroorganisme akan mendegradasi zat pencemar atau polutan menjadi bahan yang kurang beracun atau

tidak beracun. Polutan dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan pencemar organik dan sintesis (buatan). Bahan pencemar dapat dibedakan berdasarkan kemampuan terdegradasinya di lingkungan yaitu :

- a. Bahan pencemar yang mudah terdegradasi (*biodegradable pollutant*), yaitu bahan yang mudah terdegradasi di lingkungan dan dapat diuraikan atau didekomposisi, baik secara alamiah yang dilakukan oleh dekomposer (bakteri dan jamur) ataupun yang disengaja oleh manusia, contohnya adalah limbah rumah tangga. Jenis polutan ini akan menimbulkan masalah lingkungan bila kecepatan produksinya lebih cepat dari kecepatan degradasinya.
- b. Bahan pencemar yang sukar terdegradasi atau lambat sekali terdegradasi (*nondegradable pollutant*), dapat menimbulkan masalah lingkungan yang cukup serius. Contohnya adalah jenis logam berat seperti timbal (Pb) dan merkuri.

## 2.8 Pengoperasian Sistem *Batch*

Pengoperasian sistem di bagi menjadi tiga yaitu sistem *batch*, *kontinyu*, dan *intermittent* Sistem *batch* pada dasarnya memiliki pola kerja yang sederhana. Pada penelitian kali ini menggunakan sistem *batch* dimana sistem ini tidak ada masuk dan keluar selama reaksi dan reaksinya sekali dalam sekali proses. Pada pengoperasian sistem *kontinyu* dimana sistem ini ada proses yang masuk (influen) dan ada proses yang keluar (effluent). Sedangkan pada pengoperasian secara *intermittent* berarti memberi jeda waktu kering pada reaktor tanpa pemberian air limbah dalam masa operasi. Prinsip pemaparan secara *Intermittent* adalah pemberian limbah sampai tinggi genangan yang diinginkan dengan waktu pemberian limbah yang telah ditentukan. Setelah itu pemberian limbah dihentikan sampai genangan di reaktor habis. Setelah genangan habis reaktor diairi kembali (Taufik, 2013).

## 2.9 Jenis Tumbuhan Air

Tumbuhan air atau *hydrophyte* merupakan tumbuhan yang hidup dalam habitat air atau pada tempat yang basah. Tumbuhan air umumnya mempunyai daerah sebaran cukup luas dengan berbagai jenis ragam dan bentuk serta sifat-sifatnya, sehingga banyak dijumpai di daerah perairan, baik sungai, danau, rawa-rawa dan sebagainya.

Tumbuhan air dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

- a. Tumbuhan air yang hidup melayang di dalam perairan (*submerged type*), merupakan tumbuhan air yang tumbuh di bawah permukaan air. Seringkali membentuk dinding tebal selama proses pertumbuhannya. Spesies ini hanya dapat tumbuh pada tempat yang terdapat cukup sinar matahari. Beberapa faktor seperti kekeruhan dan banyaknya populasi alga dapat mengganggu pertumbuhannya, karena dapat menghalangi masuknya sinar matahari ke perairan. Akar dari tumbuhan air jenis ini dapat menyentuh dasar perairan, namun sebagian besar diantaranya melayang dan posisinya di dalam air sangat menunjang fungsinya untuk menjadi saringan (*filter*) bagi berbagai jenis bahan terlarut yang ada di perairan. Contoh tumbuhan air jenis ini antara lain Hydrilla.
- b. Tumbuhan air yang hidup di permukaan (*floating type*)  
Ada dua jenis *floating type*, yaitu :
  - *Floating attached*  
Jenis ini mempunyai daun yang mengapung di atas permukaan air, tetapi akarnya tertanam pada bagian dasar. Contohnya yaitu teratai (*water lily*).
  - *Floating unattached*  
Akar dari jenis ini menggantung di air, daun dan batangnya berada di atas permukaan air sehingga dapat menerima sinar matahari secara langsung. Akar dan batangnya yang melayang merupakan habitat yang baik bagi bakteri dalam

mengolah limbah. Contohnya yaitu eceng gondok, kangkung air, kayu apu.

- c. Tumbuhan air yang hidup di tepi perairan (*emergent type*) Jenis ini mempunyai akar yang memanjang di atas permukaan seperti *attached aquatic plant* yang tumbuh dengan baik pada perairan yang tenang atau mengalir dengan lambat. *Emergent type* umumnya tumbuh di perairan yang dangkal dan subemergent pada daerah yang lebih dalam namun masih bisa mendapatkan sinar matahari. Contoh yaitu tumbuhan padi (*Oryza Sativa*).

## 2.10 Karakteristik Tumbuhan Air

Tumbuhan *hydrofita* adalah tumbuhan yang tumbuh di habitat yang basah atau tumbuh di air, sebagian atau seluruhnya. Jenis tumbuhan yang hidup di dalam atau di dekat air disebut pula tumbuhan akuatik. Contohnya adalah *Ceratophyllum demersum*, *Chara sp*, *Eichornia crassipes*, *hydrilla verticillata*, *Nymphaea capensis*, *Lemna minor*, *Pistia sp*, *Trapa sp*, *Wolffia sp* dan sebagainya.

### 2.10.1 Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*)

Dalam taksonomi tumbuhan, eceng gondok mempunyai sistematika sebagai berikut :

Klas : *Monocotyledone*

Familia : *Pontedericeae*

Genus : *Eichhornia*

Spesies : *Eichhornia Crassipes*

Eceng gondok (*water hyacinth*) merupakan tumbuhan yang tumbuh di perairan terbuka, mengapung bila air pada tempat yang cukup dan akarnya bisa mencapai dasar. Temperatur optimum bagi pertumbuhannya antara 28-30 °C. Eceng gondok terdiri dari akar, tunas, dan akar rimpang, sekitar tujuh helai daun dengan tangkainya yang membentuk rangkaian seperti bunga mawar serta bunga dengan bagian-bagiannya yang berfungsi sebagai alat penyerbukan. Daunnya berbentuk bulat dengan lebar maupun panjang dapat mencapai 7-25 cm dan tangkainya dapat mencapai 30-50 cm. Diameter dari rhizoma umumnya 10-25 mm dan panjangnya 10-30 mm. Akarnya berbentuk serabut,

tidak bercabang dan memiliki tudung akar yang menonjol. Panjang akarnya bervariasi dari 30 cm sampai 50 cm.



**Gambar 2.6** *E. crassipes* di perairan

### 2.10.2 Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*)

Dalam taksonomi tumbuhan, kayu apu menempati sistematika sebagai berikut :

Klas : *Monocotyledone*

Familia : *Araceae*

Genus : *Pistia*

Spesies : *Pistia Stratiotes*

Indonesia mengenal *Pistia Stratiotes*, sebagai “Kayu Apu” merupakan tumbuhan yang terapung di atas permukaan air, dan akarnya menggantung pada air, berbatang pendek bahkan tidak nampak sama sekali, tebal, tegak lurus. Persebaran tumbuhan ini sangat cepat. Bentuk dan ukuran daunnya berubah-ubah, bisa menyerupai sendok. Warna daunnya hijau muda dan makin pangkal makin putih. Susunan daunnya terpusat atau berjejal rapat dan berbentuk seperti bunga mawar. Dan rhizoma atau akarnya mengapung pendek dengan banyak akar tambahan yang penuh dan bulu-bulu akar yang lembut.

*P. stratiotes* ini dapat berkembang dengan baik secara vegetatif, dilakukan oleh stolonnya yang dengan cepat sekali akan menutupi permukaan air. Namun pada saat ini, bagian terbesar dari daunnya akan merapuh dan mati. Kemudian hal ini digantikan oleh tanam muda yang tersisa, dimana mereka akan berkembang biak dengan cepat, sehingga keadaan yang semula akan pulih kembali.



**Gambar 2.7** *P.stratiotes* di perairan

## **2.11 Uji Statistika**

Uji statistika ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh antar masing-masing variabel dalam penelitian ini. Uji statistik bertujuan untuk mengetahui pengaruh antar masing-masing variabel dalam penelitian ini. Uji signifikansi dalam penelitian ini menggunakan Anova dengan *software* SPSS 16.0. SPSS yaitu sebuah program aplikasi yang memiliki kemampuan analisis statistik cukup tinggi. Uji anova bertujuan untuk mengetahui signifikansi dari masing-masing variabel. Uji anova di bagi menjadi dua yaitu *one way* dan *two way*. *Two way* (dua arah) adalah untuk mengetahui apakah ada pengaruh dari berbagai kriteria yang diuji terhadap hasil yang diinginkan. (Furqon, 2009). Pada *one way* (satu arah) yaitu digunakan apabila yang akan dianalisis terdiri dari satu variabel terikat dan satu variabel bebas. Uji Post Hoc dilakukan untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda dan yang tidak berbeda. Uji post hoc merupakan uji kelanjutan dari uji ANOVA jika hasil yang diperoleh pada uji ANOVA adalah  $H_0$  ditolak atau terdapat perbedaan tiap kelompok.

## 2.12 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menjadi acuan dalam penelitian ini. Macam-macam penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Macam-macam Penelitian Terdahulu

	Sumber	Jenis Limbah	Parameter	Hasil Penelitian
Judul	<i>Phytodegradation of Textile Dyes by Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) and Composting the Waste by Earthworm</i>			
	Ranjitha et al (2015)	Limbah Tekstil	Nitrogen, fosfor, pottasium, pH, warna	Pada analisis verikomposting <ul style="list-style-type: none"> <li>• nitrogen sebesar 5,25 %</li> <li>• fosfor sebesar 2,65 %</li> <li>• pottasium 4,36 %</li> <li>• pH sebesar 7,21 dan warna menghasilkan warna coklat</li> <li>• pada limbah tekstil pewarna metilen merah dapat mendegradasi 85,20 % dan metilen biru 95,5 %</li> </ul>
Judul	<i>Phytodegradation of textile dyes by Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) from aqueous dye solutions</i>			
	Muthunaryanan et al (2011)	Limbah tekstil	Karbon, nitrogen, fosfor, pottasium, warna	Pada analisis kompos <ul style="list-style-type: none"> <li>• karbon sebesar 25,45 %</li> <li>• nitrogen sebesar 2,51 %</li> <li>• fosfor 0,75 %</li> <li>• pottasium</li> </ul>



				<p>sebesar 0,98 %, warna menghasilkan coklat dan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pada limbah tekstil pewarna <i>red</i> RB sebesar 95 % dan <i>black</i> sebesar 99,5 %</li> </ul>
Judul	<i>Phytoremediation of Methylene Blue and Methyl Orange Using Eichhornia crassipes</i>			
	Kah et al (2016)	Limbah tekstil	pH dan warna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH dapat mempengaruhi efisiensi removal warna metilen biru 4-6 dan metilen orange 5-8.</li> <li>• pada metilen biru dapat meremoval warna sebesar 98,42 % dan metilen orange sebesar 66,80 %</li> </ul>
Judul	Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dan Limbah Tekstil Buatan Dengan Teknik Elektrooksidasi			
	Ariguna et al (2014)	Limbah tekstil sintetis	warna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efisiensi degradasi remazol yellow FG kondisi optimum diperoleh sebesar 99,04 %</li> </ul>

### 2.13 Uji toksisitas pada Tumbuhan

Uji toksisitas adalah uji yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai toksisitas dari toksikan terhadap biota uji. Uji toksisitas digunakan untuk mengukur tingkat respon yang dihasilkan oleh paparan konsentrasi toksikan dibandingkan dengan kontrol yang tidak terkena pemaparan. Uji toksisitas dapat dibedakan menjadi dua yaitu uji toksisitas akut (jangka pendek) dan uji toksisitas kronis (jangka panjang) (USEPA 2002).

Waktu pemaparan terhadap biota uji menjadi dasar perbedaan kedua toksisitas tersebut. Waktu pemaparan dalam uji toksisitas akut relatif lebih singkat yaitu berkisar 96 jam sampai 14 hari. Sedangkan waktu pemaparan uji toksisitas kronis dapat dibedakan menjadi uji sub kronis dengan waktu pemaparan kurang dari tiga bulan dan uji kronis dengan waktu pemaparan lebih dari tiga bulan. Langkah-langkah dalam perhitungan ini adalah (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2009):

- a. Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi respon pada grafik Log-log serta menentukan garis korelasinya dengan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis proporsi respon harapan.
- b. Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) pada tiap konsentrasi dengan memasukkan nilai konsentrasi toksikan pada persamaan garis korelasi.
- c. Menghitung perbedaan mutlak antara respon uji terkoreksi (R) dengan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi.
- d. Menghitung  $\chi^2$  tiap konsentrasi dengan bantuan nomogram  $\chi^2$ .
- e. Menghitung tingkat kebebasan (N) dengan tabel  $\chi^2$  untuk batasan kepercayaan 95 %
- f. Menghitung LC50 dengan batas-batas kepercayaan 95% berdasar garis korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima.

Dapat menghitung prosentase kematian dengan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{\sum mortalitas}{\sum biota} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.1)$$

LC-50 adalah konsentrasi yang diberikan sekali (tunggal) atau beberapa kali dalam 24 jam dari suatu zat yang secara statistik diharapkan dapat mematikan 50 % (Fatimatuzzhara, 2013). Lethal Concentration time 50 (LCt50) adalah konsentrasi yang menyebabkan kematian pada 50% binatang percobaan namun di hubungkan dengan waktu terpapar dari bahan tersebut, biasa di gunakan untuk bahan gas.

LD-50 adalah Pengujian LD50 dilakukan untuk menentukan efek toksik suatu senyawa yang akan terjadi dalam waktu yang singkat setelah pemejanan dengan takaran tertentu. Pada pengujian toksisitas akut LD50 akan didapatkan gejala ketoksikan yang dapat menyebabkan kematian hewan percobaan. Gejala ketoksikan yang timbul berbeda dalam tingkat kesakitan pada hewan (Connel dan Miller 1995).

Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA 2002), LD50 digunakan untuk mengetahui kematian 50% hewan percobaan dalam 24-96 jam. Pengaruh LD50 secara umum diukur menggunakan dosis bertingkat. Dosis bertingkat terdiri dari kelompok kontrol dan beberapa tingkat dosis yang berbeda. Toksisitas akut dilakukan untuk mengetahui respon hewan percobaan terhadap dosis yang diberikan. Penghitungan LD50 didasarkan pada jumlah kematian hewan percobaan. Pengamatan hewan percobaan dilakukan selama 24 jam. Pada kasus tertentu sampai 7-24 hari (Donatus 1998).

Setiap hewan percobaan akan memberikan reaksi yang berbeda pada dosis tertentu. Perbedaan reaksi akibat pemberian suatu zat diakibatkan oleh perbedaan tingkat kepekaan setiap hewan (Guyton dan Hall 2002).

Letal Dosis (LD50) dapat dihubungkan dengan Efektif Dosis (ED50) yaitu dosis yang secara terapeutik efektif terhadap 50% dari sekelompok hewan percobaan. Hubungan tersebut dapat berupa perbandingan antara LD50 dengan ED50 yang disebut *Indeks Terapeutik* (IT). Makin besar indeks terapeutik suatu obat makin aman obat tersebut (Mutschler 1991).

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

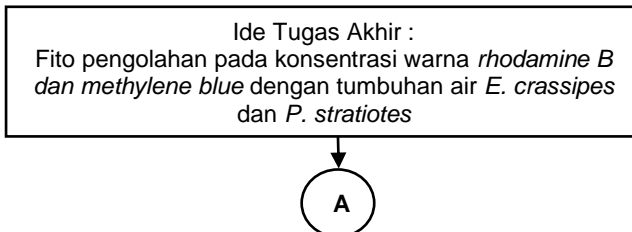
### 3.1 Umum

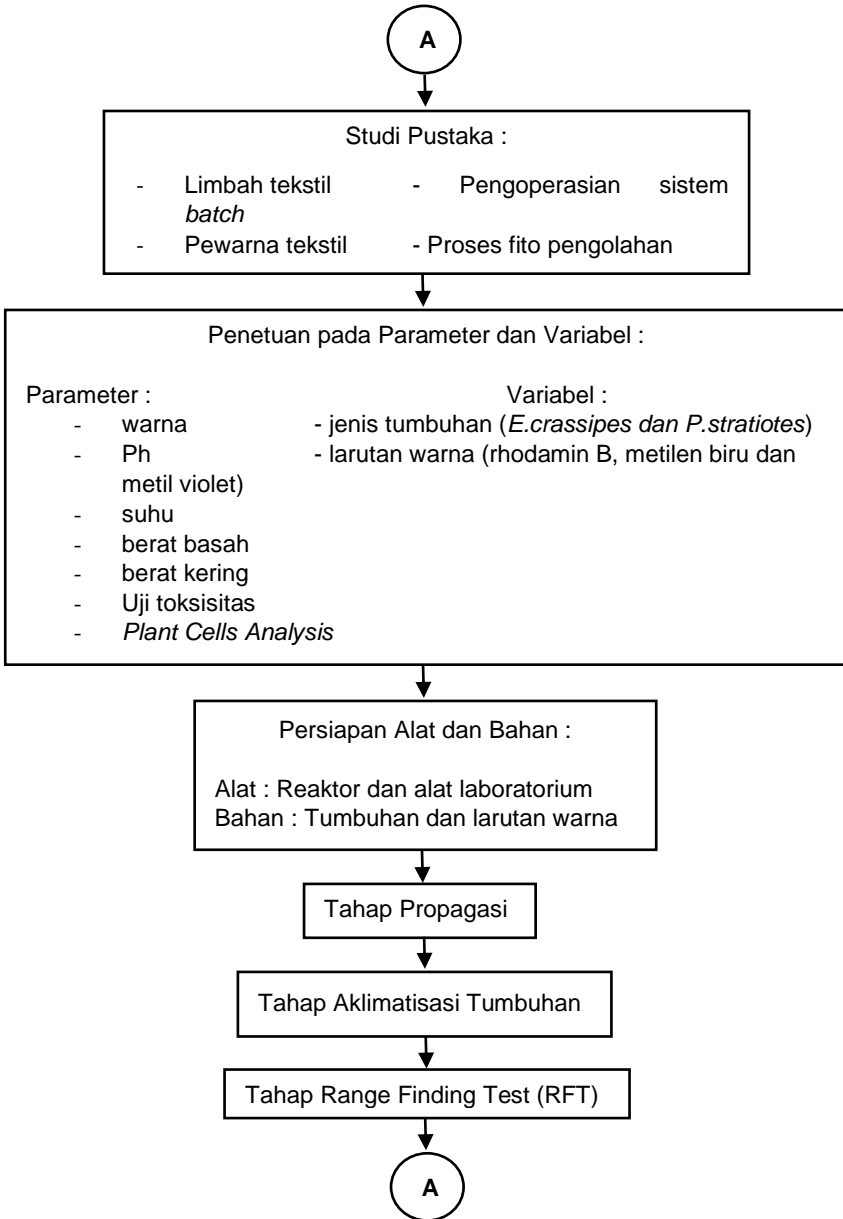
Penyusunan penelitian dilakukan untuk memperbaiki kualitas limbah industri tekstil menggunakan sistem fito pengolahan dengan variasi jenis tumbuhan dan sistem secara *batch*. Jenis tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *E. crassipes* dan *P. stratiotes*. Sistem *batch* dimana sistem ini tidak ada masuk dan keluar selama reaksi dan reaksinya sekali dalam sekali proses. Parameter utama yang digunakan adalah uji warna dan parameter pendukung seperti pH dan suhu. Pada pengamatan ini dilakukan dengan cara mengamati laju pertumbuhan *E. crassipes* dan *P. stratiotes* dengan larutan warna pada waktu dan konsentrasi tertentu.

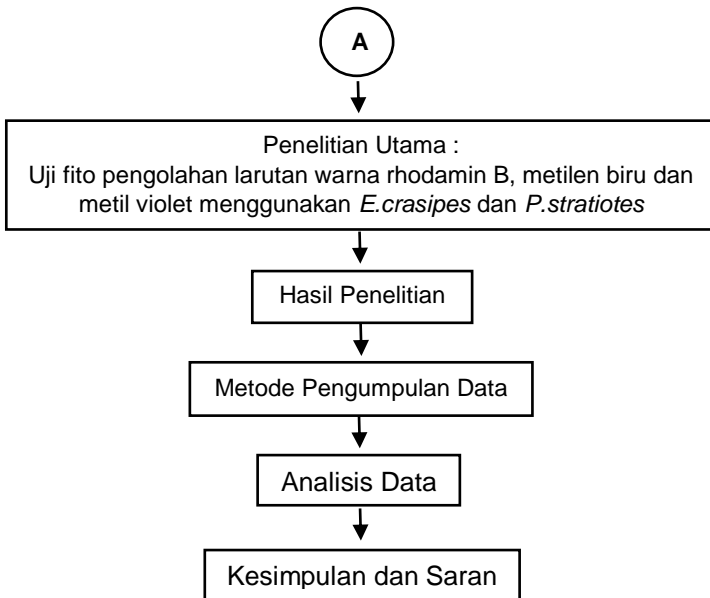
Pada penelitian awal yang dilakukan yaitu dengan tahap propagasi yaitu tahap perbanyak tumbuhan untuk menyiapkan kebutuhan tumbuhan. Selanjutnya, tahap aklimatisasi dimana tahap ini sebagai langkah tumbuhan dapat beradaptasi dengan kondisi atau media lingkungan tempat percobaan. Kemudian, tahap *Range Finding Test* (RFT) dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dalam menyerap polutan pada konsentrasi tertentu. Hasil dari tahap *Range Finding Test* (RFT) akan digunakan untuk melakukan penelitian utama yaitu uji fito pengolahan.

### 3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian adalah gambaran alur jalan penelitian ini. Pada penyusunan langkah-langkah yang jelas pada penelitian ini bertujuan agar mempermudah melakukan pelaksanaan penelitian. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1







**Gambar 3.1** Kerangka Penelitian

### **A. Ide Penelitian**

Ide penelitian ini adalah meningkatnya industri tekstil yang menghasilkan volume tinggi air limbah dan dapat menghasilkan potensi pencemaran air. Kandungan warna pada industri tekstil ini mengandung warna yang tinggi sehingga membahayakan lingkungan jika dibuang ke saluran pembuangan kota atau industri serta saluran air terdekat dan membahayakan kesehatan masyarakat. Pengolahan limbah dengan menggunakan tumbuhan air atau secara fito pengolahan menjadi salah satu efektif dan mudah diterapkan. Pengoperasian dengan sistem *batch* ini dapat menurunkan konsentrasi larutan warna dengan tumbuhan *E.crasipes* dan *P.stratiotes*.

## **B. Studi Pustaka**

Pelaksanaan studi pustaka ini dilakukan untuk menjadi acuan dalam melakukan penelitian. Studi pustaka yang digunakan berasal dari jurnal ilmiah, laporan tugas akhir, bimbingan terhadap dosen serta penelitian terdahulu. Studi pustaka ini bertujuan untuk mengkaji teori-teori yang mendasari ruang lingkup penelitian ini serta memperoleh prosedur-prosedur penelitian yang menjadi acuan dalam penelitian, meliputi :

- Dampak limbah tekstil terhadap lingkungan
- Mekanisme pengolahan limbah secara fito pengolahan
- Penelitian terdahulu
- Pengoperasian sistem *batch* pada pengolaha larutan warna
- Penerapan proses fito pengolahan dengan tumbuhan air *E.crassipes* dan *P.stratiotes*.

## **C. Penentuan pada Parameter dan Variabel :**

Parameter dan variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Parameter utama yang diukur adalah konsentrasi larutan warna.
- Parameter pendukung yang diukur adalah pH, suhu, berat basah dan berat kering, morfologi tumbuhan, uji toksisitas, uji *Plant Cells Analysis*
- Variabel yang digunakan yaitu jenis tumbuhan air yaitu *E.crassipes* dan *P.stratiotes* dengan pengoperasian sistem *batch*. Lama pengamatan dilakukan selama 14 hari digunakan untuk mengetahui kemampuan optimum tumbuhan dengan bahan pencemar (ranjitha, 2015). Kemudian apapun variabel terikat dimana menggunakan larutan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet secara fito pengolahan. Kemudian adapun pada variabel kontrol yang digunakan berupa kontrol limbah dan tumbuhan. Kontrol limbah digunakan media tanpa tumbuhan dan kontrol tumbuhan digunakan air PDAM dengan tumbuhan. Kondisi variasi dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan jumlah reaktor pada tahap range finding test dapat dilihat pada Tabel 3.2, 3.3, 3.4. Pada jumlah



reaktor pada penelitian utama dapat dilihat pada Tabel 3.5, 3.6, 3.7

**Tabel 3.1** Matriks Variasi Penelitian

Jenis Tumbuhan	Warna		
	Rhodamin B (A)	Metilen Biru (B)	Metil Violet (C)
<i>Eichhornia crassipes</i> (1)	A1	B1	C1
<i>Pistia stratiotes</i> (2)	A2	B2	C2

Keterangan : 1,2 = variasi jenis tumbuhan  
A,B,C = variasi larutan warna

**Tabel 3.2** Jumlah Reaktor pada Tahap *Range Finding Test* untuk Warna Rhodamin B

Jenis Tumbuhan	Warna	Jumlah Reaktor					
		C0	C1	C2	C3	C4	C5
<i>Eichhornia crassipes</i>	Rhodamin B	C0	C1	C2	C3	C4	C5
		C0	C1	C2	C3	C4	C5
<i>Pistia stratiotes</i>	Rhodamin B	C0	C1	C2	C3	C4	C5
		C0	C1	C2	C3	C4	C5

**Tabel 3.3** Jumlah Reaktor pada Tahap *Range Finding Test* untuk Warna Metilen Biru

Jenis Tumbuhan	Warna	Jumlah Reaktor					
		C0	C1	C2	C3	C4	C5
<i>Eichhornia crassipes</i>	Metilen Biru	C0	C1	C2	C3	C4	C5
		C0	C1	C2	C3	C4	C5
<i>Pistia stratiotes</i>	Metilen Biru	C0	C1	C2	C3	C4	C5
		C0	C1	C2	C3	C4	C5

**Tabel 3.4** Jumlah Reaktor pada Tahap *Range Finding Test* untuk Warna Metil Violet

Jenis Tumbuhan	Warna	Jumlah Reaktor					
<i>Eichhornia crassipes</i>	Metil Violet	C0	C1	C2	C3	C4	C5
		C0	C1	C2	C3	C4	C5
<i>Pistia stratiotes</i>	Metil Violet	C0	C1	C2	C3	C4	C5
		C0	C1	C2	C3	C4	C5

**Tabel 3.5** Jumlah Reaktor pada Penelitian Utama untuk Warna Rhodamin B

Jenis Tumbuhan	Warna	Jumlah Reaktor	
<i>Eichhornia crassipes</i>	Rhodamin B	C0	C1
		C0	C1
<i>Pistia stratiotes</i>	Rhodamin B	C0	C1
		C0	C1

**Tabel 3.6** Jumlah Reaktor pada Penelitian Utama untuk Warna Metilen Biru

Jenis Tumbuhan	Warna	Jumlah Reaktor	
<i>Eichhornia crassipes</i>	Metilen Biru	C0	C1
		C0	C1
<i>Pistia stratiotes</i>	Metilen Biru	C0	C1
		C0	C1

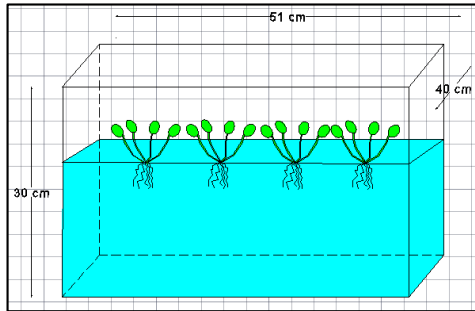
**Tabel 3.7** Jumlah Reaktor pada Penelitian Utama untuk Warna Metil Violet

Jenis Tumbuhan	Warna	Jumlah Reaktor	
<i>Eichhornia crassipes</i>	Metil Violet	C0	C1
		C0	C1
<i>Pistia stratiotes</i>	Metil Violet	C0	C1
		C0	C1

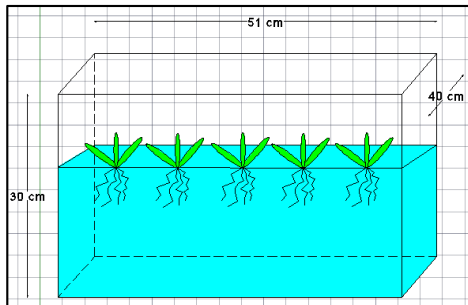
**D. Persiapan Alat dan Bahan**

- Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :
  - Reaktor bak untuk memperbanyak tumbuhan pada tahap propagasi dan tahap aklimatisasi yang terbuat dari plastik dengan ukuran 51 x 40 x 30 cm dan dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.
  - Reaktor untuk tahap Range Finding Test (RFT) berupa ember yang terbuat dari plastik dengan volume 12 L dengan jumlah 72 ember yang terbuat dari plastik
  - Reaktor untuk uji fito pengolahan berupa reaktor yang terbuat dari plastik dengan sistem batch dengan volume 30 L dengan jumlah 24 bak reaktor plastik
  - Penggaris untuk mengukur tumbuhan
  - Spektrofotometri
  - pH meter dan thermometer
  - Timbangan untuk mengukur berat tumbuhan
  - Desikator
  - Oven dengan suhu 105 °C
  - Mikroskop
  - Alat *plate count*
- Bahan yang digunakan penelitian ini meliputi :
  - Larutan warna berupa rhodamin B, metilen biru dan metil violet
  - Jenis tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes*. Tumbuhan yang digunakan memiliki usia yang sama. Kemudian tumbuhan yang digunakan pada penelitian ini adalah tumbuhan yang masih segar dan sehat.

- Air PDAM digunakan untuk tahap *Range Finding Test* serta fito pengolahan.



**Gambar 3.2** Bak reaktor dengan tumbuhan *E. crassipes* pada tahap propagasi dan aklimatisasi



**Gambar 3.3** Bak reaktor dengan tumbuhan *P. stratiotes* pada tahap propagasi dan aklimatisasi

### **E. Tahap Propagasi**

Tahap propagasi ini digunakan untuk memperbanyak tumbuhan yang diperlukan saat penelitian. Tahap propagasi ini dilakukan minimal selama satu bulan sampai tumbuhan memiliki ukuran secara optimum (Suelee, 2015). Pada tahap ini tumbuhan ditanam di bak reaktor plastik dengan air sungai pada tumbuhan.

Pada masa propagasi akan dilakukan pengamatan terhadap laju pertumbuhan tumbuhan dan dibiarkan sampai tumbuh tunas (Al-Baldawi *et al*, 2015).

Pengamatan terhadap tumbuhan *E.crassipes* dilakukan dengan mengamati karakteristik fisik berupa panjang tumbuhan, lebar daun. Pengamatan terhadap tumbuhan *P.stratiotes* dilakukan dengan mengamati karakteristik fisik berupa panjang tumbuhan, lebar daun. Tumbuhan pada umur dan tinggi yang sama akan digunakan pada setiap tahapan penelitian, dan diharapkan dengan demikian maka kondisi awal tumbuhan yang digunakan adalah sama (Karenlampi *et al.*, 2000).

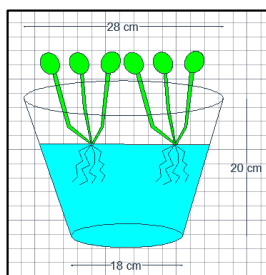
#### **F. Tahap Aklimatisasi**

Tahap aklimatisasi tumbuhan ini dilakukan agar tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* dapat menyesuaikan diri dengan kondisi dan media yang akan digunakan pada tahap *Range Finding Test* (RFT) dan uji fitopengolahan. Proses tahap aklimatisasi tumbuhan ini dilakukan dengan cara meletakkan tumbuhan pada reaktor yang akan digunakan pada penelitian uji fito pengolahan dan dilakukan selama 7 hari menggunakan air PDAM (Puspita, 2011). Tahap aklimatisasi tumbuhan dilakukan dalam reaktor yang terbuat dari plastik berukuran 51 x 40 x 30 cm. Pada kondisi ini diharapkan tumbuhan dapat beradaptasi dengan karakteristik tumbuh subur.

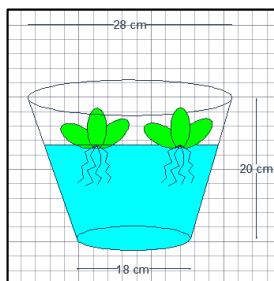
#### **G. Tahap *Range Finding Test* (RFT)**

Tahap *Range Finding Test* (RFT) ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dalam menyerap polutan pada konsentrasi tertentu. Tahap RFT ini dilakukan dengan cara membuat variasi konsentrasi air limbah yang kemudian akan diujikan pada fito pengolahan. Reaktor ini digunakan adalah ember plastik yang berukuran 12 L dan dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5. Tumbuhan yang digunakan pada tahap ini yaitu tumbuhan hasil dari tahap aklimatisasi sebelumnya. Variasi konsentrasi yang akan digunakan adalah 0 pada kontrol, 30, 50, 70, 90, 110 mg/L. Pada masing-masing konsentrasi akan diamati parameter pertumbuhan tumbuhan. Pada konsentrasi yang membuat tumbuhan masih segar (tidak layu dan mati) inilah yang akan digunakan pada uji fito

pengolahan. Pada *Range Finding Test* (RFT) di uji toksisitasnya pada masing-masing warna rhodamin B, metilen biru, metil violet yang bertujuan untuk mengukur sebagai jumlah atau konsentrasi yang dapat membunuh 50 %  $LC_{50}$  (*Lethal Concentration 50*).  $LC_{50}$  dapat didefinisikan sebagai konsentrasi yang diberikan sekali (tunggal) atau beberapa kali dalam 24 jam dari suatu zat yang secara statistik diharapkan dapat mematikan 50 % (Fatimatuzzhara, 2013) dan pada *range finding test* juga di uji *Plant Cells Analysis* di awal dan di akhir pada *range finding test* bertujuan agar mengetahui perubahan apa yang terjadi pada tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* terhadap rhodamin B, metilen biru dan metil violet.



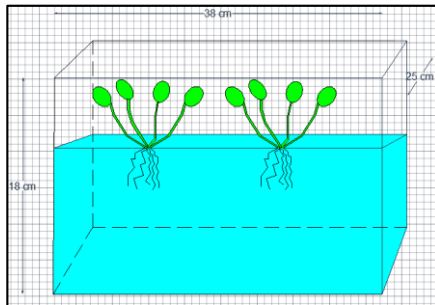
**Gambar 3.4** Bak reaktor dengan tumbuhan *E.crassipes* pada tahap RFT



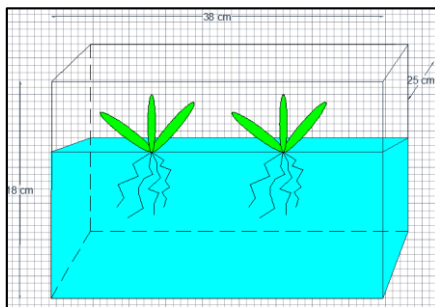
**Gambar 3.5** Bak reaktor dengan tumbuhan *P.stratiotes* pada tahap RFT

## H. Uji Fito Pengolahan

Penelitian utama yaitu tahap uji fito pengolahan dengan pengoperasian sistem batch. Pada tahap ini yang harus dilakukan adalah mempersiapkan larutan warna dengan konsentrasi berdasarkan hasil uji *range finding test* pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini dilakukan selama 3 minggu dan bertujuan untuk mengetahui lama pengamatan ini untuk mengetahui kemampuan optimum tumbuhan dalam menyerap pencemar dan dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan 3.7 dan di uji warna, pH, suhu.



**Gambar 3.6** Bak Reaktor dengan tumbuhan *E.crassipes* pada tahap uji fito pengolahan



**Gambar 3.7** Bak reaktor dengan tumbuhan *P.stratiotes* pada tahap uji fito pengolahan

## I. Uji CFU (*Coloni Forming Unit*)

Uji CFU ini bertujuan ini menghitung jumlah mikroorganisme dalam suatu sampel dengan baik dan benar. Menghitung mikroorganisme dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan metode pengenceran, perhitungan langsung, membran filter, cara kimia dan volume sel. Dalam metode pengenceran ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mengukur atau menghitung jumlah jasad renik dengan menggunakan perhitungan jumlah sel yaitu hitungan mikroskopis, hitungan caran (*plate count*) dan MPN (*most probable number*).

Dalam metode ini menggunakan hitungan cawan, diperlukannya pengenceran sebelum ditumbuhkan pada medium agar di cawan petri. Setelah diinokulasi akan terbentuk koloni dicawan petri tersebut dalam jumlah yang dapat dihitung, dimana jumlah terbaik adalah diantara 25-250 koloni.

Pada penelitian ini dilakukan tiga pewarna yaitu rhodamin B, metilen biru dan metil violet. Dari masing-masing warna memiliki sampel tiga yaitu tiap tumbuhan *E.crassipes*, *P.stratiotes* dan pada kontrol. Dilakukannya pemilihan pembuatan media NA yaitu dikarenakan bentuk agar yang tidak dapat dicerna oleh enzim bakteri apapun dapat dituang pada cawan petri sehingga membentuk agar padat yang permukaaannya lebih luas dan juga dilakukan pembuatan media NaCl, kemudian media NA dipanaskan dan diletakkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 10 ml kemudian disumbat dengan kapas lemak agar tahan air sehingga menghalangi kontaminasi masuk dalam media, selanjutnya seluruh tabung reaksi dimasukkan dalam beaker glass 1000 ml kemudian dilapisi kertas coklat agar menghalangi air maupun kontaminasi masuk ke dalam media.

Seluruh media NA harus disterilisasi terlebih dahulu untuk meniadakan mikroorganisme yang tidak diinginkan menempel pada media. Pada media NaCl juga dilakukan sama akan tetapi sebagai larutan pengencer. Pengenceran biasanya dinyatakan dengan pangkat negatif, misalnya  $10^{-3}$  untuk pengenceran 1 : 1000. Pada penelitian ini dilakukan pengenceran  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ . Kemudian dimasukkan air sampel sebanyak 1 ml. Pengenceran dilakukan untuk mengetahui jumlah mikroorganisme pada tiap konsentrasi suspensi bakteri yang



diinokulasikan. Dari hasil tersebut dapat dihitung berapa hasil Log dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Koloni per mL} = \frac{\text{jumlah koloni percawan}}{\text{ml sampel pada cawan}} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \dots\dots(3.1)$$

#### **J. Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah morfologi tumbuhan, berat basah, berat kering, pH dan suhu, uji toksisitas dan uji *Plant Cells Analysis*, uji CFU. Pengamatan dilakukan selama 14 hari. Pengukuran warna, pH, dan suhu dan berat basah dan berat kering. dilakukan saat memasuki tahap uji fito pengolahan. Sedangkan pada uji toksisitas dan uji *Plant Cells Analysis* dilakukan saat melakukan tahap *range finding test* (RFT). Pada uji warna pengambilan sampel di tengah-tengah bak reaktor dan menggunakan pipet. Pada pengukuran berat kering dan berat basah dilakukan pada awal hari pertama dan hari terakhir. Pada tumbuhan *E.crassipes* dipisahkan daun, batang dan akar untuk pengukuran berat basah dan berat kering. Kemudian, pada tumbuhan dan *P. stratiotes* diambil daun dan akar menjadi satu untuk perhitungan berat basah dan berat kering. Kemudian, di timbang sebagai berat basah dengan neraca analitik. Tahap selanjutnya adalah mengeringkan tumbuhan tersebut pada suhu 105°C selama 24-36 jam (Vamerali et al.,2009). Pengeringan dengan meletakkan bagian tumbuhan di atas alumunium foil dan kemudian dimasukkan dalam oven. Setelah tahap pengeringan, setiap tumbuhan diletakkan ke dalam desikator selama 15 menit dengan tujuan agar suhu tumbuhan sama seperti suhu ruang, tanpa menyerap kadar air dari udara luar, kemudian di timbang sebagai berat kering.

#### **K. Analisis Data**

Analisa data dilakukan pada setiap data yang sudah terkumpul. Data yang didapatkan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan dalam proses analisis. Setelah data dibuat, kemudian dilakukan analisis dan pembahasan yang sudah diperoleh. Dari adanya analisis tersebut akan diperoleh hasil

pengolahan larutan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet melalui fito pengolahan dengan pengoperasian secara sistem *batch*.

#### **L. Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan berdasarkan hasil analisis data penelitian dan pembahasan. Kesimpulan menjawab tujuan penelitian yang akan dicapai. Saran untuk merekomendasikan untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya. Tujuan dari rekomendasi ini berguna untuk memperbaiki penelitian selanjutnya.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Tahap Propagasi Tumbuhan

Tahap propagasi pada tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* ini berfungsi yaitu untuk memperbanyak tumbuhan yang diperlukan saat penelitian dan mengetahui laju pertumbuhan, dan dilakukan minimal satu bulan. Selama tahap propagasi akan dilakukan pengamatan terhadap laju pertumbuhan tumbuhan (*growth rate*) dan dibiarkan sampai tumbuh tunas (*second generation*).

Tumbuhan yang menjadi tumbuh tunas atau *second generation* nantinya akan digunakan untuk uji *Range Finding Test* dan uji *phytotreatment*. Tumbuhan dengan umur dan tinggi yang sama dari hasil pengamatan terhadap laju pertumbuhan ini akan digunakan pada setiap tahapan penelitian, diharapkan dengan demikian kondisi awal tumbuhan yang digunakan adalah sama (Karenlampi *et al.*, 2000). Pengamatan terhadap *growth rate* dilakukan pada pengamatan tumbuhan secara fisik. Pengamatan terhadap *growth rate* dilakukan dengan mengamati karakteristik fisik *E.crassipes* berupa panjang tumbuhan, lebar daun dan dapat dilihat pada Gambar 4.1. Lama pengamatan tumbuhan *E.crassipes* selama 3 bulan.

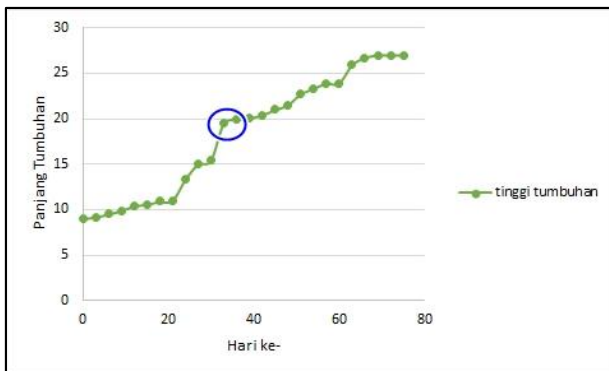


**Gambar 4.1** Pengamatan Karakteristik Fisik *E.Crassipes* (a) Lebar Daun (b) Panjang Tumbuhan

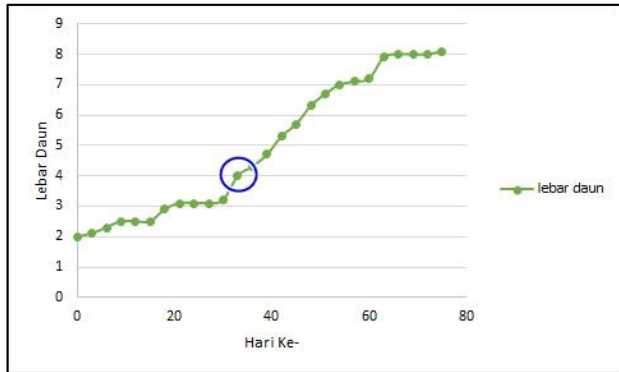
Pada pengamatan pada fisik tumbuhan *E.crassipes* dapat dilihat pada Gambar 4.2 telah tumbuhnya tunas yaitu pada bunga. Kemudian pada Gambar 4.3 dan 4.4 merupakan hasil pengamatan laju pertumbuhan *E.crassipes* dan diketahui umur tumbuhan dimana nantinya akan digunakan pada tahap selanjutnya. Pemilihan pada tumbuhan *E.crassipes* pada usia 1 bulan ini dikarenakan akan memasuki tahap fase generatif. Fase generatif merupakan fase tumbuhan bisa menyerap kontaminan secara optimal.



**Gambar 4.2** Tumbuhan *E.crassipes* ditandai dengan munculnya bunga

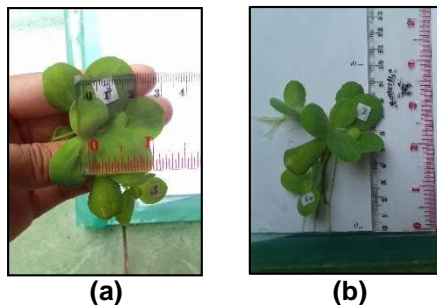


**Gambar 4.3** Panjang Tumbuhan *E.crassipes*

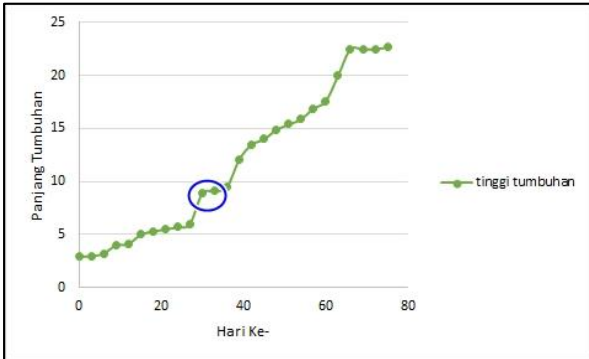


**Gambar 4.4** Lebar Daun Tumbuhan *E.crassipes*

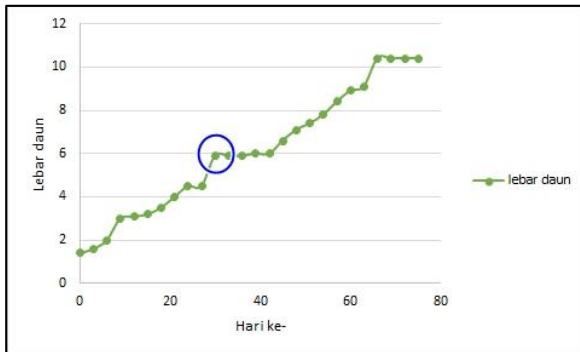
Pada pengamatan fisik tumbuhan *P.stratiotes* merupakan panjang tumbuhan, lebar daun dan jumlah daun. Dimana pada proses pengamatan terhadap panjang tumbuhan, lebar daun, dan jumlah daun dapat dilihat pada Gambar 4.5. Hasil pengamatan pada fisik *P.stratiotes* pada pengamatan hari ke-30 dapat dilihat pada Gambar 4.6 sampai 4.8.



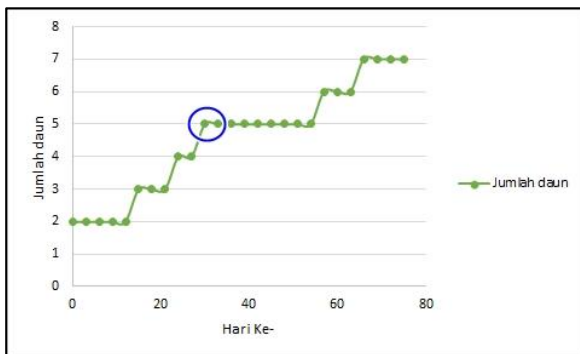
**Gambar 4.5** Pengamatan Karakteristik Fisik *P.stratiotes* (a) Lebar Daun (b) Panjang Tumbuhan



**Gambar 4. 6** Panjang Tumbuhan *P.stratiotes*



**Gambar 4.7** Lebar Daun *P.stratiotes*



**Gambar 4.8** Jumlah Daun *P.stratiotes*

## 4.2 Tahap Aklimatisasi Tumbuhan

Tahap aklimatisasi tumbuhan dilakukan sebagai langkah tumbuhan dapat beradaptasi dengan kondisi atau media lingkungan tempat percobaan dan dimana tumbuhan dapat menyesuaikan dengan kondisi dan media yang akan digunakan untuk tahap *range finding test* (RFT) dan uji *phytotreatment*. Proses aklimatisasi ini dilakukan selama 7 hari (Puspita, 2011). Pengamatan pada tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* yaitu melihat keadaan tumbuhan yang hidup dalam keadaan tidak mati dan tidak layu dipilih untuk digunakan pada uji *Range Finding Test* (RFT) dan uji *phytotreatment*. Proses aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 4.9



**Gambar 4.9**Tahap Aklimatisasi Tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes*

## 4.3 Tahap *Range Finding Test* (RFT) dengan Rhodamin B

Tahap *Range Finding Test* (RFT) dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan dalam menyerap polutan pada konsentrasi tertentu. Tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* yang digunakan adalah tumbuhan hasil dari proses aklimatisasi sebelumnya dikarenakan agar tumbuhan sudah beradaptasi dengan sebelumnya. Umur tumbuhan dipilih untuk tahap RFT memiliki umur yang sama dikarenakan tumbuhan memiliki kemampuan yang sama untuk bertahan pada larutan warna selama tahap *range finding test*.

Masing-masing tiap bak reaktor memiliki konsentrasi yang berbeda-beda. Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 0 mg/L sebagai kontrol, 30 mg/L, 50 mg/L, 70 mg/L, 90 mg/L, dan 110 mg/L. Dan bak reaktor yang digunakan yaitu berupa ember

plastik dengan ukuran 12 L dan volume air yang digunakan yaitu 6 L dan tahap ini dilakukan selama 7 hari. Adapun rumus untuk menentukan berapa tumbuhan yang digunakan pada tahap *range finding test* (RFT).

- Massa *E.crassipes* = Densitas *E.crassipes* x volume air  

$$= 0,02 \text{ gram/cm}^3 \text{ (Manashika,2015)} \times 5024 \text{ cm}^3$$

$$= 100,48 \text{ gram}$$

- Volume air =  $\pi \times r^2 \times t$   

$$= 3,14 \times 10^2 \times 16$$

$$= 5024 \text{ cm}^3$$

- Jumlah *E.crassipes* =  $\frac{\text{massa } E.crassipes}{\text{berat basah } E.crassipes}$   

$$= \frac{100,48 \text{ gram}}{35 \text{ gram (Manasika,2015)}} = 2,8 = 3$$

tumbuhan

- Massa *P.stratiotes* = Densitas *P.stratiotes* x volume air  

$$= 0,04 \text{ gram/cm}^3 \times 5024 \text{ cm}^3$$

$$= 200,96 \text{ gram}$$

- Volume air =  $\pi \times r^2 \times t$   

$$= 3,14 \times 10^2 \times 16$$

$$= 5024 \text{ cm}^3$$

- Jumlah *P.stratiotes* =  $\frac{\text{massa } P.stratiotes}{\text{berat basah } P.stratiotes}$   

$$= \frac{200,96 \text{ gram}}{52,24 \text{ gram (Soedarsono,2014)}} = 3,8 = 4$$

tumbuhan

Berikut ini, merupakan rumus :

- Pewarna rhodamin B,  

$$C_{28}H_{31}N_2O_3Cl \rightarrow 28 : 31 : 2 : 3 : 1 = 65$$

$$(28 \times \text{Ar C}) : (31 \times \text{Ar H}) : (2 \times \text{Ar N}) : (3 \times \text{Ar O}) : (1 \times \text{Ar Cl}) =$$

$$(28 \times 12) : (31 \times 1) : (2 \times 14) : (3 \times 16) : (1 \times 35,5) =$$

$$336 : 31 : 48 : 48 : 35,5 = 498,5$$

$$\frac{65}{498,5} \times \% \text{ kemurnian rhodamin B (90\%)} = 0,12 \text{ gram rhodamin B}$$

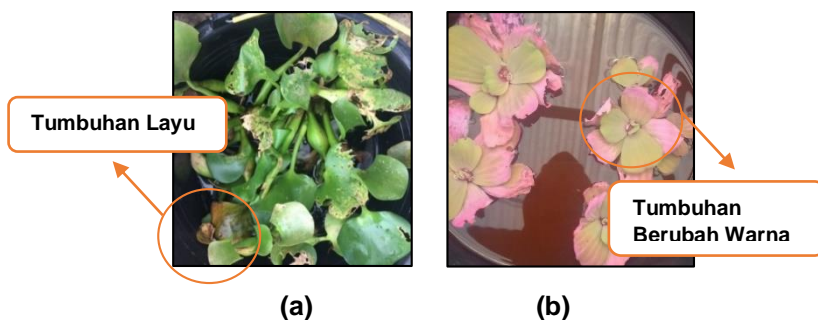


- Konsentrasi 1 (30 mg/L)  
 $M1 \times V1 = M2 \times V2$   
 $1000 \text{ mg/L} \times V1 = 30 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$   
 $V1 = 160 \text{ mg/L} / 1000 \text{ mg/L}$   
 $= 0,18 \text{ L}$   
 $= 180 \text{ ml}$
- Konsentrasi 2 (50 mg/L)  
 $M1 \times V1 = M2 \times V2$   
 $1000 \text{ mg/L} \times V1 = 50 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$   
 $V1 = 300 \text{ mg/L} / 1000 \text{ mg/L}$   
 $= 0,3 \text{ L}$   
 $= 300 \text{ ml}$
- Konsentrasi 3 (70 mg/L)  
 $M1 \times V1 = M2 \times V2$   
 $1000 \text{ mg/L} \times V1 = 70 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$   
 $V1 = 420 \text{ mg/L} / 1000 \text{ mg/L}$   
 $= 0,42 \text{ L}$   
 $= 420 \text{ ml}$
- Konsentrasi 4 (90 mg/L)  
 $M1 \times V1 = M2 \times V2$   
 $1000 \text{ mg/L} \times V1 = 90 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$   
 $V1 = 540 \text{ mg/L} / 1000 \text{ mg/L}$   
 $= 0,54 \text{ L}$   
 $= 540 \text{ ml}$
- Konsentrasi 4 (110 mg/L)  
 $M1 \times V1 = M2 \times V2$   
 $1000 \text{ mg/L} \times V1 = 110 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$   
 $V1 = 660 \text{ mg/L} / 1000 \text{ mg/L}$   
 $= 0,66 \text{ L}$   
 $= 660 \text{ ml}$

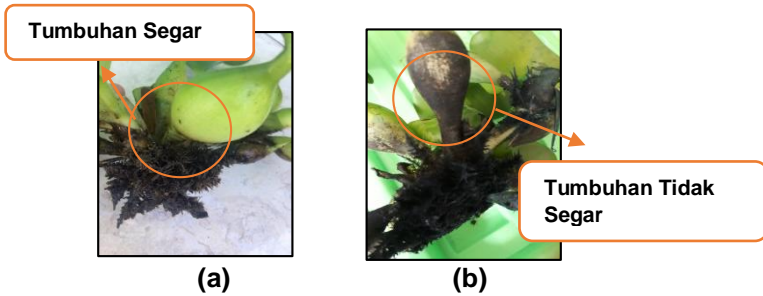
*Range Finding Test* ini dilakukan selama 3 kali, dikarenakan menggunakan tiga warna yaitu rhodamin B, metilen biru dan metil violet. *Range Finding test* ini dilakukan selama 7 hari terhadap satu warna. Pada tahap pertama yaitu dengan rhodamin B dan pada hari ketujuh menggunakan konsentrasi C<sub>3</sub> yaitu 70 mg/L pada tumbuhan *E.crassipes* dikarenakan pada

konsentrasi 90 dan 110 mg/L mengalami layu dan pada daunnya menguning dan menggunakan konsentrasi  $C_1$  yaitu 30 mg/L pada tumbuhan *P.stratiotes* dikarenakan konsentrasi 50, 70, 90 dan 110 mg/L mengalami layu dan daunnya berubah menjadi layu, berubah warna menjadi merah dan mengalami kematian dan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Definisi mati yaitu kerusakan pada jaringan tumbuhan akibat pencemaran. Pencemaran dapat terjadi karena adanya akumulasi bahan toksik dalam tubuh tumbuhan (Dhawar dan Nanda, 2000).

Pada Tahap ini juga dilakukan uji toksisitas LC50. LC50 adalah konsentrasi dari suatu senyawa kimia di udara atau dalam air yang dapat menyebabkan 50% kematian pada suatu populasi makhluk hidup tertentu. Penggunaan LC50 dimaksudkan untuk pengujian ketoksikan dengan perlakuan terhadap tumbuhan uji secara berkelompok yaitu pada saat tumbuhan uji dipaparkan suatu bahan kimia melalui udara maka tumbuhan uji tersebut akan menghirupnya atau percobaan toksisitas dengan media air dan dapat dilihat pada Gambar 4.8 (Simanjuntak, 2014).



**Gambar 4.8** Tumbuhan mengalami kematian (a) Tumbuhan Layu  
(b) Tumbuhan berubah warna
























**Gambar 4.9** Pengamatan Akar dan Batang (a) Tumbuhan yang Segar (b) Tumbuhan yang Tidak Segar

**Tabel 4.1** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Rhodamin B

Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna rhodamin B							
Kon-sentra-si (mg/L)	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
0							
30							








**Tabel 4.1** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Rhodamin B (Lanjutan)

Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna rhodamin B							
Kon-sentra-si (mg/L)	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
50							
70							
90							

**Tabel 4.1** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Rhodamin B (Lanjutan)






















Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna rhodamin B							
Kon-sentra-si (mg/L)	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
110							

**Tabel 4.2** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Rhodamin B







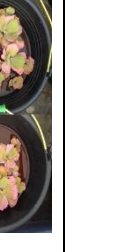






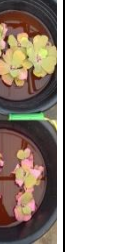
Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna rhodamin B							
Kon-sentra-si (mg/L)	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
0							



**Tabel 4.2** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Rhodamin B (Lanjutan)

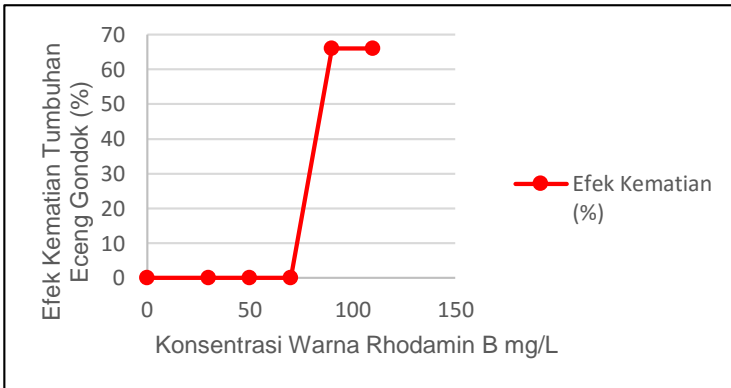
Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna rhodamin B							
Kon-sentra-si (mg/L)	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
30							
50							
70							

**Tabel 4.2** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Rhodamin B (Lanjutan)

Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna rhodamin B							
Kon-sentra-si (mg/L)	Hari ke- 1	Hari ke- 2	Hari ke- 3	Hari ke- 4	Hari ke- 5	Hari ke- 6	Hari ke- 7
90							
110							

**Tabel 4.3** Hasil Range Finding Test *E.crassipes* dengan Pewarna Rhodamin B

konsentrasi warna mg/L	Jumlah Eceng Gondok	Hidup	Letal	Efek Kematian (%)
0	3	3	-	0
30	3	3	-	0
50	3	3	-	0
70	3	3	-	0
90	3	1	2	66
110	3	1	3	66

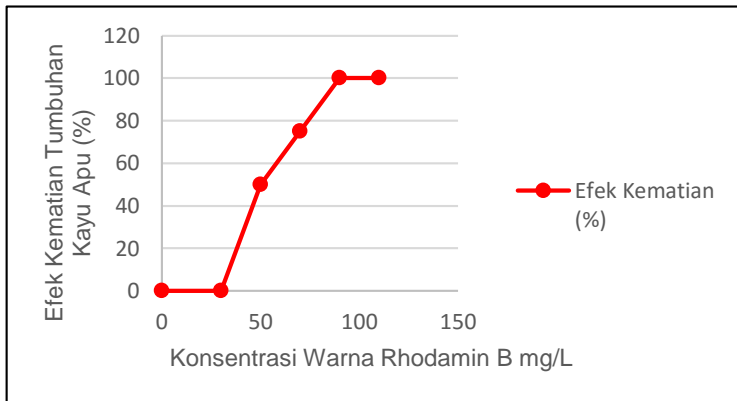


**Gambar 4.10** Efek Kematian pada Tumbuhan *E.crassipes* dengan Pewarna Rhodamin



**Tabel 4. 4** Hasil Range Finding Test *P.stratiotes* dengan Pewarna Rhodamin B

konsentrasi limbah mg/L	Jumlah Kayu Apu	Hidup	Letal	Efek Kematian (%)
0	4	4	-	0
30	4	4	-	0
50	4	2	2	50
70	4	1	3	75
90	4	0	4	100
110	4	0	4	100

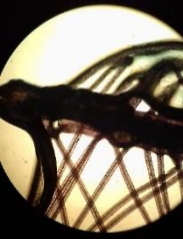
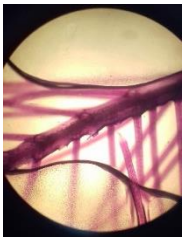

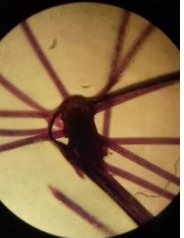
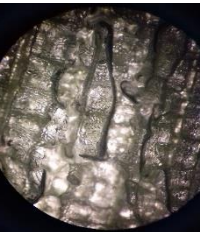
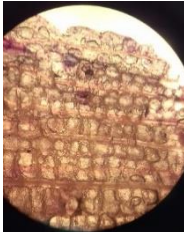


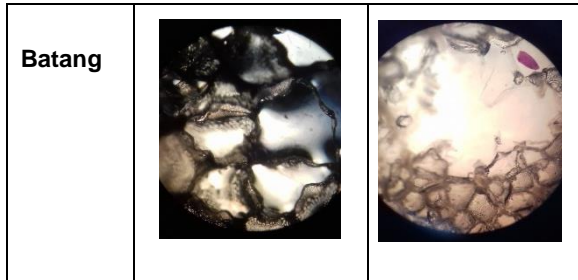
**Gambar 4.11** Efek Kematian pada Tumbuhan *P.stratiotes* dengan Pewarna Rhodamin B

#### 4.4 Uji *Plant Cells Analysis* dengan Pewarna Rhodamin B


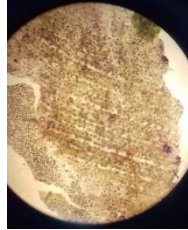
Uji *plant cells analysis* ini dilakukan sebelum dan sesudah pada tahap *range finding test* (RFT). Uji ini untuk membandingkan sel tumbuhan sebelum diberi larutan pewarna dan sesudah diberi larutan pewarna pada perbesar 40x. Dan pengamatan menggunakan mikroskop, dimana masing-masing dari daun, batang hingga akar di amati secara terpisah.

**Tabel 4.5** Uji *Cells Analysis E.crassipes* dengan Pewarna Rhodamin B

	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
Akar		
		
	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
Batang		




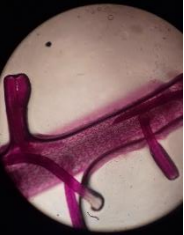


**Tabel 4.5** Uji *Cells Analysis E.crassipes* dengan Pewarna Rhodamin B (Lanjutan)


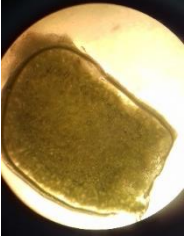
	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
<b>Daun</b>		

Tumbuhan *E.crassipes* terhadap pewarna rhodamin B dapat dilihat pada Tabel 4.5, bahwa pewarna mampu menyerap ke dalam tumbuhan mulai dari ujung akar hingga ujung daun. Pada akar mengalami perubahan warna yaitu mulai dari ujung akar hingga ke pangkal akar. Sedangkan pada batang *E.crassipes* mengalami kerusakan atau kematian pada lapisan sel dalam yaitu aerenkim yang berfungsi sebagai penyimpanan udara sehingga tumbuhan dapat mengapung dan mengalami perubahan warna pada lapisan epidermis. Pada daun juga mengalami perubahan warna dari lapisan epidermis atas hingga ke epidermis bawah.

**Tabel 4.6** Uji *Cells Analysis P.stratiotes* dengan Pewarna Rhodamin B

	Sebelum RFT ( <i>P.stratiotes</i> )	Sesudah RFT ( <i>P.stratiotes</i> )
Akar		
		

**Tabel 4.6** Uji *Cells Analysis P.stratiotes* dengan Pewarna Rhodamin B

	Sebelum RFT ( <i>P.stratiotes</i> )	Sesudah RFT ( <i>P.stratiotes</i> )
Daun		

Pada Tabel 4.6 bahwa tumbuhan *P.stratiotes* terhadap pewarna rhodamin B mengalami menyerapnya warna kedalam tumbuhan hal ini dapat dilihat dari akar mengalami perubahan warna mulai dari ujung akar hingga ke pangkal akar. Sedangkan pada daun sendiri juga mengalami perubahan warna yaitu dari lapisan epidermis atas hingga ke epidermis bawah. Peranan akar *E.crassipes* dan *P.stratiotes* sebagian besar digunakan untuk menyerap zat-zat dari dalam air. Pewarna rhodamin B dapat menyerap cepat ke dalam akar.

#### **4.5 Uji Toksisitas pada Rhodamin B**

##### **4.5.1 Perhitungan LC-50 Tumbuhan *E.crassipes* dengan Pewarna Rhodamin B**

1. memasukkan data hasil *acute toxicity test* dan menghitung prosentase kematian.

Contoh :

Konsentrasi 90 mg/L

$\Sigma$ mortalitas = 2 tumbuhan

$\Sigma$ biota = 3 tumbuhan

Maka :  $R = \frac{2}{3} \times 100 \% = 66 \%$

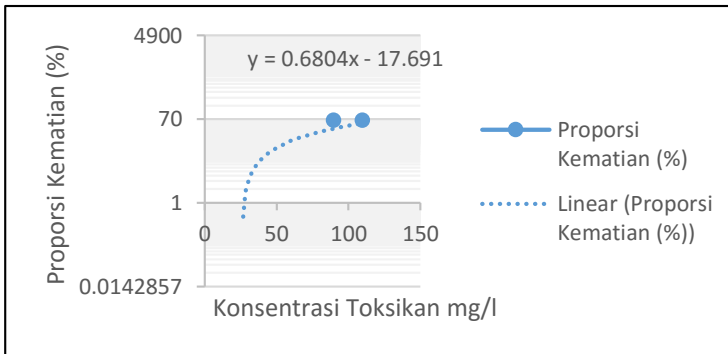
Perhitungan prosentase proporsi kematian dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini :

**Tabel 4.7** Perhitungan proporsi kematian tumbuhan akibat larutan warna rhodamin B

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (%)
0	3	0	0
30	3	0	0
50	3	0	0
70	3	0	0
90	3	2	66
110	3	2	66

Sumber : Hasil Perhitungan

- Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi kematian biota pada grafik log-log serta mencari garis korelasi dan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis harapan. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.12



**Gambar 4.12** Log-log proporsi harapan pada tumbuhan *E. crassipes* dengan larutan warna rhodamin B

- Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) tiap konsentrasi zat dengan cara memasukkan data konsentrasi toksikan

(sebagai x) ke dalam persamaan  $RH = 0,6804 x - 17,691$   
 (sebagai y)

Contoh perhitungan :

Konsentrasi 30 mg/L, maka :

$$y = 0,6804 x - 17,691$$

$$= 0,6804 (30) - 17,691$$

$$y = 3$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

4. Menghitung nilai perbedaan mutlak antara respon uji (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi toksikan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.8.
5. Menghitung  $\text{Chi}^2$  tiap konsentrasi dengan bantuan Nomograf  $\text{Chi}^2$ .

**Tabel 4.8** Proporsi respon harapan, selisih mutlak, dan  $\text{Chi}^2$  tumbuhan *E.crassipes* dengan larutan warna rhodamin B

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (R)	Proporsi (RH)	(R-RH)	$\text{Chi}^2$
30	3	0	0	3	3	0,4
50	3	0	0	16	16	0,2
70	3	0	0	30	30	0,45
90	3	2	66	43	23	0,25
110	3	2	66	57	9	0,5
$\Sigma$ variasi = 5	15				total	1,8

6. Menghitung  $\text{Chi}^2$  perhitungan yang mengacu pada Tabel 4.6 menggunakan rumus :

$$\text{Chi}^2 \text{ perhitungan} = (\sum \text{Chi}^2) \times \left( \frac{\sum \text{Biota}}{\sum \text{toksikan}} \right) = 1,8 \times \left( \frac{15}{5} \right) = 5,4$$

7. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh  $\text{Chi}^2$  (95%) yang akan dibandingkan dengan nilai  $\text{chi}^2$  perhitungan. Tingkat kebebasan didapat dengan rumus :

$$\begin{aligned} N &= K - 2, \text{Dimana } K \text{ merupakan jumlah variasi toksikan} \\ &= 5 - 2 = 3 \end{aligned}$$

Selanjutnya nilai tingkat kebebasan (N) digunakan dalam memperoleh  $\text{chi}^2$  (95%) yang dipaparkan pada Tabel 4.9

**Tabel 4.9  $\text{Chi}^2$  untuk batas kepercayaan 95 %**

Tingkat Kebebasan (N)	$\text{Chi}^2$ (95%)
1	8,34
2	5,99
<b>3</b>	<b>7,82</b>
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5
9	16,9
10	18,8

*Sumber : Mangkoediharjo, 1999*



Berdasarkan Tabel 4.9 maka nilai  $N = 3$  diperoleh nilai  $\chi^2$  (95%) sebesar 7,82.

Keterangan :

- a. Jika  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%) maka garis korelasi konsentrasi efek harapan dapat diterima untuk perhitungan lanjut.
- b. Jika tidak demikian, maka dicoba kembali hingga memenuhi  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%)
- c. Jika dengan banyak pengulangan  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%) belum terpenuhi, maka uji toksisitas harus diulang.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai  $\chi^2$  perhitungan (5,4)  $< \chi^2$  (95%) (7,82), sehingga garis korelasi konsentrasi respon harapan yang telah didapat.

- Berdasarkan garis korelasi maka ditetapkan batasbatas kepercayaan 95% dari nilai LC-50. Hal ini mengacu pada persamaan garis proporsi respon harapan dengan memasukkan nilai LC (sebagai y).

Contoh perhitungan LC-50 :

$$y = 0,6804 x - 17,691$$

$$50 = 0,6804 x - 17,691$$

$$x = 99,5$$

Nilai batas-batas adalah sebagai berikut :

$$LC-45 = 92,1$$

$$LC-50 = 99,5$$

$$LC-55 = 106,8$$

- Menghitung kemiringan garis korelasi konsentrasi efek harapan.

$$S = \left( \frac{LC55}{LC50} + \frac{LC50}{LC45} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$= \left( \frac{106,8}{99,5} + \frac{99,5}{92,1} \right) \times \frac{1}{2} = 1,07$$

- Menghitung Faktor LC-50

$$\begin{aligned} F (\text{LC-50}) &= S \left( \frac{2,77}{N^{0.5}} \right) \\ &= 1,07 \left( \frac{2,77}{20^{0.5}} \right) \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

- Menghitung batas-batas kepercayaan 95 % LC-50

- Batas atas = LC-50 x f  
= 99,5 x 0,66  
= 65,67
- Batas bawah = LC-50 : f  
= 99,5 : 0,66  
= 150,75

LC-50, tumbuhan eceng gondok 99.5 mg/L

#### 4.5.2 Perhitungan LC-50 Tumbuhan *P.stratiotes* dengan Pewarna Rhodamin B

1. memasukan data hasil *acute toxicity test* dan menghitung prosentase kematian.

Contoh :

Konsentrasi 30 mg/L

$\Sigma$ mortalitas = 1 tumbuhan

$\Sigma$ biota = 3 tumbuhan

Maka :  $R = \frac{1}{3} \times 100 \% = 30 \%$

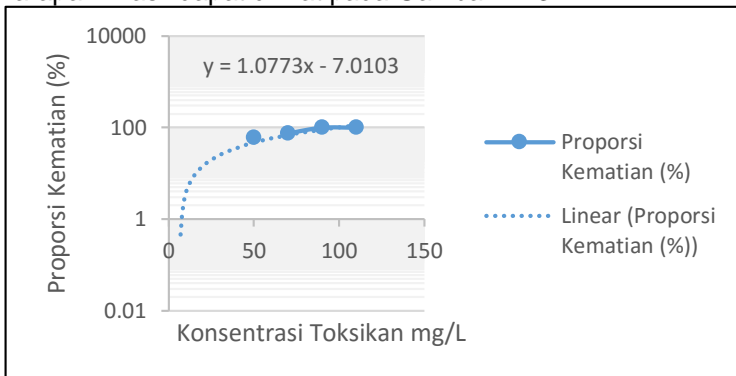
Perhitungan prosentase proporsi kematian dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini :

**Tabel 4.10** Perhitungan proporsi kematian tumbuhan akibat larutan warna rhodamin B

Konsentrasi Toksikant (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (%)
0	4	0	0
30	4	1	25
50	4	2	60
70	4	3	75
90	4	4	100
110	4	4	100

Sumber : Hasil Perhitungan

- Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi kematian biota pada grafik log-log serta mencari garis korelasi dan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis harapan. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.13



**Gambar 4.13** Log-log proporsi harapan pada tumbuhan *E.crassipes* dengan larutan warna rhodamin B

- Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) tiap konsentrasi zat dengan cara memasukkan data konsentrasi toksikan

(sebagai x) ke dalam persamaan  $RH = 1.0773 x - 7.0103$   
 (sebagai y)

Contoh perhitungan :

Konsentrasi 30 mg/L, maka :

$$y = 1,0773 x - 7,0103$$

$$= 1,0773 (30) - 7,0103$$

$$y = 25$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

4. Menghitung nilai perbedaan mutlak antara respon uji (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi toksikan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.11.
5. Menghitung  $\chi^2$  tiap konsentrasi dengan bantuan Nomograf  $\chi^2$ .

**Tabel 4.11** Proporsi respon harapan, selisih mutlak, dan  $\chi^2$  tumbuhan *P.stratiotes* dengan larutan warna rhodamin B

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (R)	Proporsi (RH)	(R-RH)	Chi2
30	4	1	25	25	7	0,3
50	4	1	60	47	1	0,001
70	4	1	75	68	3	0,004
90	4	2	100	90	9	0,1
110	4	3	100	111	11	1
$\Sigma$ variasi = 5	20				total	1,405

Sumber : Hasil Perhitungan

6. Menghitung  $\chi^2$  perhitungan yang mengacu pada Tabel 4.11 menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \chi^2 \text{ perhitungan} &= (\sum \chi^2) \times \left( \frac{\sum \text{Biota}}{\sum \text{toksikan}} \right) \\ &= 1,405 \times \left( \frac{20}{5} \right) = 5,62 \end{aligned}$$

7. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh  $\chi^2$  (95%) yang akan dibandingkan dengan nilai  $\chi^2$  perhitungan.

Tingkat kebebasan didapat dengan rumus :

$$\begin{aligned} N &= K - 2, \text{Dimana } K \text{ merupakan jumlah variasi toksikan} \\ &= 5 - 2 = 3 \end{aligned}$$

Selanjutnya nilai tingkat kebebasan (N) digunakan dalam memperoleh  $\chi^2$  (95%) yang dipaparkan pada Tabel 4.12

**Tabel 4.12**  $\chi^2$  untuk batas kepercayaan 95 %

Tingkat Kebebasan (N)	$\chi^2$ (95%)
1	8,34
2	5,99
<b>3</b>	<b>7,82</b>
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5
9	16,9
10	18,8

Sumber : Mangkoediharjo, 1999

Berdasarkan Tabel 4.12 maka nilai  $N = 3$  diperoleh nilai  $\chi^2$  (95%) sebesar 7,82.

Keterangan :

- d. Jika  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%) maka garis korelasi konsentrasi efek harapan dapat diterima untuk perhitungan lanjut.
- e. Jika tidak demikian, maka dicoba kembali hingga memenuhi  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%)
- f. Jika dengan banyak pengulangan  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%) belum terpenuhi, maka uji toksisitas harus diulang.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai  $\chi^2$  perhitungan (5,62)  $< \chi^2$  (95%) (7,82), sehingga garis korelasi konsentrasi respon harapan yang telah didapat.

- Berdasarkan garis korelasi maka ditetapkan batasbatas kepercayaan 95% dari nilai LC-50. Hal ini mengacu pada persamaan garis proporsi respon harapan dengan memasukkan nilai LC (sebagai y).

Contoh perhitungan LC-50 :

$$y = 1,0773 x - 7,0103$$

$$50 = 1,0773 x - 7,0103$$

$$x = 42,9$$

Nilai batas-batas adalah sebagai berikut :

$$\text{LC-45} = 48,2$$

$$\text{LC-50} = 42,9$$

$$\text{LC-55} = 57,5$$

- Menghitung kemiringan garis korelasi konsentrasi efek harapan.

$$S = \left( \frac{LC55}{LC50} + \frac{LC50}{LC45} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$= \left( \frac{57,5}{42,9} + \frac{42,9}{48,2} \right) \times \frac{1}{2} = 1,11$$

- Menghitung Faktor LC-50

$$F (LC-50) = S \left( \frac{2.77}{N \times 0.5} \right)$$

$$= 1,11 \left( \frac{2.77}{20 \times 0.5} \right)$$

$$= 0,69$$

- Menghitung batas-batas kepercayaan 95 % LC-50

- Batas atas = LC-50 x f  
= 42,9 x 0,69  
= 29,60
- Batas bawah = LC-50 : f  
= 48,2 : 0,69  
= 69,85

LC-50, tumbuhan kayu apu 42.9 mg/L

Berdasarkan hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa tumbuhan eceng gondok lebih bisa beradaptasi dengan pewarna rodhamin B bila dibandingkan dengan tumbuhan kayu apu. Ketahanan respons biologis tumbuhan eceng gondok lebih besar daripada kayu apu yang dibuktikan dari hasil uji toksisitas yaitu LC-50 eceng gondok sebesar (99,5 mg/L) dan LC-50 kayu apu (42,9 mg/L).

#### **4.6 Tahap *Range Finding Test* (RFT) dengan Metilen Biru**















Tahap *Range Finding Test* (RFT) selanjutnya yaitu dengan pewarna metilen biru dengan variasi konsentrasi yang sama dengan sebelumnya yaitu 0 mg/L sebagai kontrol, 30 mg/L, 50 mg/L, 70 mg/L, 90 mg/L, 110 mg/L. Dengan bak yang sama yaitu 12 L dan volume air yang digunakan 6 L dan dilakukan selama 7 hari.

Berikut ini, merupakan rumus :

- Pewarna Metilen Biru,  
 $C_{16}H_{18}N_3SCl \rightarrow 16 : 18 : 3 : 1 : 1 = 39$   
 $(16 \times Ar C) : (18 \times Ar H) : (3 \times Ar N) : (1 \times Ar S) : (1 \times Ar Cl) =$   
 $(16 \times 12) : (18 \times 1) : (3 \times 14) : (1 \times 32) : (1 \times 35,5) =$   
 $192 : 18 : 42 : 32 : 35,5 = 319,5$
- $\frac{39}{319,5} \times \% \text{ kemurnian metilen biru (80\%)} = 0,10 \text{ gram}$   
 metilen biru















Pada RFT metilen biru dihari ketujuh menggunakan konsentrasi  $C_3$  yaitu 70 mg/L pada tumbuhan *E.crassipes* dikarenakan pada konsentrasi 90 dan 100 mg/L mengalami layu pada daun dan menggunakan konsentrasi  $C_1$  yaitu 30 mg/L pada tumbuhan *P.startiotes* dikarenakan konsentrasi 50, 70, 90, 110 mg/L mengalami layu pada daun dan daun berwarna biru pekat dan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

**Tabel 4.13** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru








Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna metilen biru							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
0							
30							










**Tabel 4.13** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru (Lanjutan)

Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna metilen biru							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
50							
70							








**Tabel 4.13** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru (Lanjutan)

Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna metilen biru							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
90							





























**Tabel 4.13** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru (Lanjutan)

Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna metilen biru							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
110							








**Tabel 4. 14** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Metilen Biru

Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna metilen biru							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
0							

**Tabel 4.14** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Metilen Biru (Lanjutan)

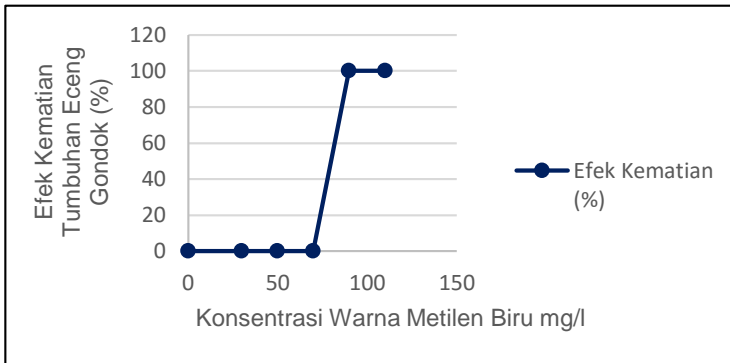
Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna metilen biru							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
30							
50							
70							
90							

**Tabel 4.14** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Metilen Biru (Lanjutan)

Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna metilen biru							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
110							

**Tabel 4. 15** Hasil *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru

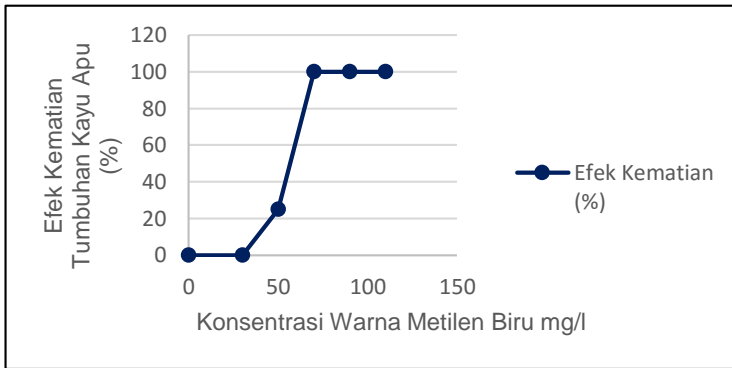
konsentrasi warna mg/L	Jumlah Eceng Gondok	Hidup	Letal	Efek Kematian (%)
0	3	3	-	0
30	3	3	-	0
50	3	3	-	0
70	3	3	-	0
90	3	-	3	100
110	3	-	3	100



**Gambar 4.14** Efek Kematian pada Tumbuhan *E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru

**Tabel 4. 16** Hasil *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Metilen Biru

konsentrasi warna mg/L	Jumlah Kayu Apu	Hidup	Letal	Efek Kematian (%)
0	4	4	-	0
30	4	4	-	0
50	4	3	1	25
70	4	0	4	100
90	4	0	4	100
110	4	0	4	100





**Gambar 4.15** Efek Kematian pada Tumbuhan *P.stratiotes* dengan Pewarna Metilen Biru

#### 4.7 Uji *Plant Cells Analysis* dengan Pewarna Metilen Biru

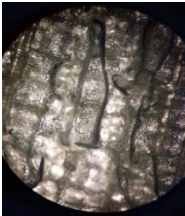
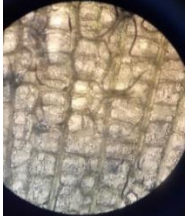
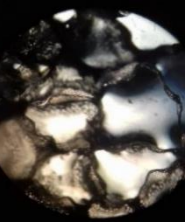
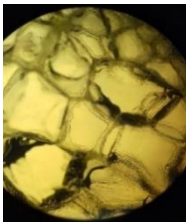

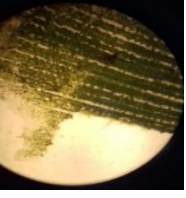
Uji *plant cells analysis* ini dilakukan sebelum dan sesudah pada tahap *range finding test* (RFT) dimana uji ini untuk membandingkan dimana tumbuhan sebelum di beri larutan pewarna dan sesudah di beria larutan pewarna. Dari pengamatan menggunakan mikroskop, dimana masing-masing dari daun, batang hingga akar diamati secara terpisah.

**Tabel 4. 17** Uji *Cells Analysis E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru pada Konsentrasi 70 mg/L



	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
Akar		




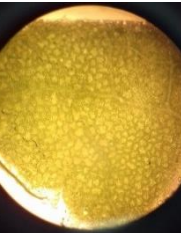


**Tabel 4.17** Uji *Cells Analysis E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru pada Konsentrasi 70 mg/L (Lanjutan)

	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
Batang		
		
Daun		

**Tabel 4.17** Uji *Cells Analysis E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru pada Konsentrasi 70 mg/L (Lanjutan)

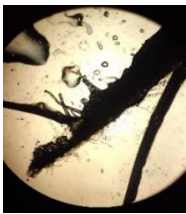

	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
Akar		

**Tabel 4. 18** Uji *Cells Analysis P.stratiotes* dengan Pewarna Metilen Biru pada Konsentrasi 30 mg/L

	Sebelum RFT ( <i>P.stratiotes</i> )	Sesudah RFT ( <i>P.stratiotes</i> )
Daun		
Akar		



**Tabel 4.18** Uji *Cells Analysis P.stratiotes* dengan Pewarna Metilen Biru pada Konsentrasi 30 mg/L (Lanjutan)

	Sebelum RFT ( <i>P.stratiotes</i> )	Sesudah RFT ( <i>P.stratiotes</i> )
Akar		

Berdasarkan hasil dari tabel uji *plant cells analysis* pada Tabel 4.17 dan 4.18 bahwa penggunaan metilen biru terhadap tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* ditunjukkan bahwa pewarna metilen biru hanya terkontaminasi pada akar pada masing-masing tumbuhan tersebut. Sedangkan pada batang *E.crassipes* yang terserap hanya lapisan luar yaitu lapisan epidermis. Jaringan epidermis adalah sederet lapisan sel yang terletak atau berada paling luar dari tubuh tumbuhan. Hal ini menunjukkan bahwa pewarna metilen biru tidak terlalu pekat bila dibandingkan dengan pewarna rhodamin B.

#### 4.8 Uji Toksisitas pada Metilen Biru

##### 4.8.1 Perhitungan LC-50 Tumbuhan *E.crassipes* dengan Pewarna Metilen Biru

1. Memasukkan data hasil *acute toxicity test* dan menghitung prosentase kematian.

Contoh : Konsentrasi 90 mg/L

$\Sigma$ mortalitas = 3 tumbuhan

$\Sigma$ biota = 3 tumbuhan

Maka :  $R = \frac{3}{3} \times 100 \% = 100 \%$

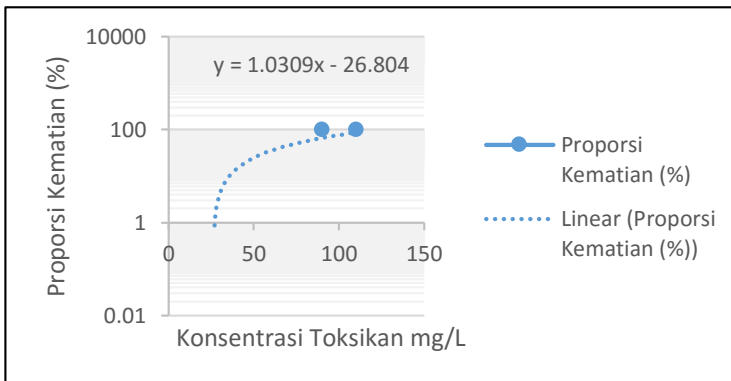
Perhitungan prosentase proporsi kematian dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini :

**Tabel 4.16** Perhitungan proporsi kematian tumbuhan akibat larutan warna metilen biru

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (%)
0	3	0	0
30	3	0	0
50	3	0	0
70	3	0	0
90	3	3	100
110	3	3	100

Sumber : Hasil Perhitungan

- Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi kematian biota pada grafik log-log serta mencari garis korelasi dan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis harapan. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.16



**Gambar 4.16** Log-log proporsi harapan pada tumbuhan *E.crassipes* dengan larutan warna metilen biru

3. Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) tiap konsentrasi zat dengan cara memasukkan data konsentrasi toksikan (sebagai  $x$ ) ke dalam persamaan  $RH = 1,0309 x - 26,804$  (sebagai  $y$ )

Contoh perhitungan :

Konsentrasi 30 mg/L, maka :

$$y = 1,0309 x - 26,804$$

$$= 1,0309 (30) - 26,804$$

$$y = 4$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.17.

4. Menghitung nilai perbedaan mutlak antara respon uji (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi toksikan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.17.
5. Menghitung  $\text{Chi}^2$  tiap konsentrasi dengan bantuan Nomograf  $\text{Chi}^2$ .

**Tabel 4.17** Proporsi respon harapan, selisih mutlak, dan  $\text{Chi}^2$  tumbuhan *E.crassipes* dengan larutan warna metilen biru

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\sum$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (R)	Proporsi (RH)	(R-RH)	Chi2
30	3	0	0	4	4	0,5
50	3	0	0	25	25	0,3
70	3	0	0	45	45	0,8
90	3	3	100	66	34	0,5
110	3	3	100	87	13	0,1
$\sum$ variasi = 5	15				total	2,2

6. Menghitung  $\chi^2$  perhitungan yang mengacu pada Tabel 4.17 menggunakan rumus :

$$\chi^2 \text{ perhitungan} = (\sum \chi^2) \times \left( \frac{\sum \text{Biota}}{\sum \text{toksikan}} \right) = 2,2 \times \left( \frac{15}{5} \right) = 6,6$$

7. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh  $\chi^2$  (95%) yang akan dibandingkan dengan nilai  $\chi^2$  perhitungan. Tingkat kebebasan didapat dengan rumus :

$$N = K - 2, \text{Dimana } K \text{ merupakan jumlah variasi toksikan} \\ = 5 - 2 = 3$$

Selanjutnya nilai tingkat kebebasan (N) digunakan dalam memperoleh  $\chi^2$  (95%) yang dipaparkan pada Tabel 4.18

**Tabel 4.18**  $\chi^2$  untuk batas kepercayaan 95 %

Tingkat Kebebasan (N)	$\chi^2$ (95%)
1	8,34
2	5,99
<b>3</b>	<b>7,82</b>
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5
9	16,9
10	18,8

*Sumber : Mangkoediharjo, 1999*

Berdasarkan Tabel 4.18 maka nilai  $N = 3$  diperoleh nilai  $\chi^2$  (95%) sebesar 7,82.

Keterangan :

- g. Jika  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%) maka garis korelasi konsentrasi efek harapan dapat diterima untuk perhitungan lanjut.
- h. Jika tidak demikian, maka dicoba kembali hingga memenuhi  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%)
- i. Jika dengan banyak pengulangan  $\chi^2$  perhitungan  $< \chi^2$  (95%) belum terpenuhi, maka uji toksisitas harus diulang.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai  $\chi^2$  perhitungan (6.6)  $< \chi^2$  (95%) (7,82), sehingga garis korelasi konsentrasi respon harapan yang telah didapat.

- Berdasarkan garis korelasi maka ditetapkan batasbatas kepercayaan 95% dari nilai LC-50. Hal ini mengacu pada persamaan garis proporsi respon harapan dengan memasukkan nilai LC (sebagai y).

Contoh perhitungan LC-50 :

$$y = 1,0309 x - 26,804$$

$$50 = 1,0309 x - 26,804$$

$$x = 74,5$$

Nilai batas-batas adalah sebagai berikut :

$$LC-45 = 69,6 ; LC-50 = 74,5 ; LC-55 = 79,3$$

- Menghitung kemiringan garis korelasi konsentrasi efek harapan.

$$S = \left( \frac{LC55}{LC50} + \frac{LC50}{LC45} \right) \times \frac{1}{2}$$
$$= \left( \frac{79,3}{74,5} + \frac{74,5}{69,6} \right) \times \frac{1}{2} = 1.06$$

- Menghitung Faktor LC-50

$$F(\text{LC-50}) = S \left( \frac{2,77}{N \cdot 0,5} \right) = 1,06 \left( \frac{2,77}{20 \cdot 0,5} \right) = 0,66$$

- Menghitung batas-batas kepercayaan 95 % LC-50

- Batas atas = LC-50 x f  
= 74,5 x 0,66  
= 49,17
- Batas bawah = LC-50 : f  
= 74,5 : 0,66  
= 112,88

LC-50, tumbuhan eceng gondok 74,5 mg/L

#### 4.8.2 Perhitungan LC-50 Tumbuhan *P.stratiotes* dengan Pewarna Metilen Biru

1. Memasukkan data hasil *acute toxicity test* dan menghitung prosentase kematian.

Contoh : Konsentrasi 50 mg/L

$\Sigma$ mortalitas = 1 tumbuhan

$\Sigma$ biota = 4 tumbuhan , Maka :  $R = \frac{1}{4} \times 100 \% = 25 \%$

Perhitungan prosentase proporsi kematian dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut ini :

**Tabel 4.19** Perhitungan proporsi kematian tumbuhan akibat larutan warna metilen biru

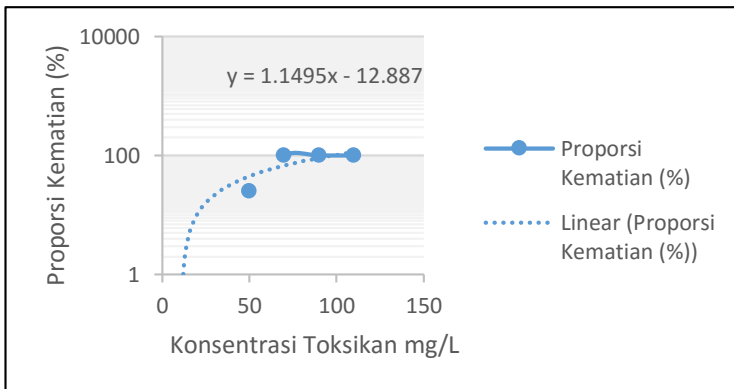
Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (%)
0	4	0	0
30	4	0	0

**Tabel 4.19** Perhitungan proporsi kematian tumbuhan akibat larutan warna metilen biru (Lanjutan)

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (%)
50	4	1	25
70	4	4	100
90	4	4	100
110	4	4	100

Sumber : Hasil Perhitungan

- Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi kematian biota pada grafik log-log serta mencari garis korelasi dan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis harapan. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.17



**Gambar 4.17** Log-log proporsi harapan pada tumbuhan *P.stratiotes* dengan larutan warna metilen biru

3. Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) tiap konsentrasi zat dengan cara memasukkan data konsentrasi toksikan (sebagai x) ke dalam persamaan  $RH = 1,1495 x - 12,887$  (sebagai y)

Contoh perhitungan :

Konsentrasi 30 mg/L, maka :

$$y = 1,1495 x - 12,887$$

$$= 1,1495 (30) - 12,887$$

$$y = 26$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.20.

4. Menghitung nilai perbedaan mutlak antara respon uji (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi toksikan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.20.
5. Menghitung  $\chi^2$  tiap konsentrasi dengan bantuan Nomograf  $\chi^2$ .

**Tabel 4.20** Proporsi respon harapan, selisih mutlak, dan  $\chi^2$  tumbuhan *P.stratiotes* dengan larutan warna metilen biru

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (R)	Proporsi (RH)	(R-RH)	Chi2
30	4	0	0	26	4	0,2
50	4	1	25	46	25	0,25
70	4	4	100	68	45	0,3
90	4	4	100	91	34	0,15
110	4	4	100	114	13	1
$\Sigma$ variasi = 5	20				total	1,9



6. Menghitung  $\chi^2$  perhitungan yang mengacu pada Tabel 4.20 menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \chi^2 \text{ perhitungan} &= (\sum \chi^2) \times \left( \frac{\sum \text{Biota}}{\sum \text{toksikan}} \right) \\ &= 1,9 \times \left( \frac{20}{5} \right) \\ &= 7,6 \end{aligned}$$

7. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh  $\chi^2$  (95%) yang akan dibandingkan dengan nilai  $\chi^2$  perhitungan. Tingkat kebebasan didapat dengan rumus :

$$\begin{aligned} N &= K - 2, \text{Dimana } K \text{ merupakan jumlah variasi toksikan} \\ &= 5 - 2 \\ &= 3 \end{aligned}$$

Selanjutnya nilai tingkat kebebasan (N) digunakan dalam memperoleh  $\chi^2$  (95%) yang dipaparkan pada Tabel 4.21

**Tabel 4. 21**  $\chi^2$  untuk batas kepercayaan 95 %

Tingkat Kebebasan (N)	Chi2 (95%)
1	8,34
2	5,99
<b>3</b>	<b>7,82</b>
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1

**Tabel 4.21** Chi<sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 % (Lanjutan)

Tingkat Kebebasan (N)	Chi <sup>2</sup> (95%)
8	15,5
9	16,9
10	18,8

*Sumber : Mangkoediharjo, 1999*

Berdasarkan Tabel 4.21 maka nilai N = 3 diperoleh nilai chi<sup>2</sup> (95%) sebesar 7,82.

Keterangan :

- j. Jika chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%) maka garis korelasi konsentrasi efek harapan dapat diterima untuk perhitungan lanjut.
- k. Jika tidak demikian, maka dicoba kembali hingga memenuhi chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%)
- l. Jika dengan banyak pengulangan chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%) belum terpenuhi, maka uji toksisitas harus diulang.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai chi<sup>2</sup> perhitungan (7,6) < chi<sup>2</sup> (95%) (7,82), sehingga garis korelasi konsentrasi respon harapan yang telah didapat.

- Berdasarkan garis korelasi maka ditetapkan batasbatas kepercayaan 95% dari nilai LC-50. Hal ini mengacu pada persamaan garis proporsi respon harapan dengan memasukkan nilai LC (sebagai y).

Contoh perhitungan LC-50 :

$$y = 1,1495 x - 12,887$$

$$50 = 1,1495 x - 12,887$$

$$x = 54,7$$

Nilai batas-batas adalah sebagai berikut :

$$LC-45 = 50,4$$

$$LC-50 = 54,7$$

$$LC-55 = 59,1$$

- Menghitung kemiringan garis korelasi konsentrasi efek harapan.

$$S = \left( \frac{LC55}{LC50} + \frac{LC50}{LC45} \right) \times \frac{1}{2}$$
$$= \left( \frac{59,1}{54,7} + \frac{54,7}{50,4} \right) \times \frac{1}{2} = 1,08$$

- Menghitung Faktor LC-50

$$F (LC-50) = S \left( \frac{2.77}{N \ 0.5} \right)$$
$$= 1,08 \left( \frac{2.77}{20 \ 0.5} \right)$$
$$= 0,67$$

- Menghitung batas-batas kepercayaan 95 % LC-50

- Batas atas = LC-50 x f  
= 54,7 x 0,67  
= 36,65
- Batas bawah = LC-50 : f  
= 54,7 : 0,67  
= 81,64

LC-50, tumbuhan kayu apu 54,7 mg/L

Sama halnya dengan kesimpulan dari penggunaan rhodamin B, menggunakan metilen biru bisa ditarik kesimpulan bahwa tumbuhan eceng gondok lebih bisa beradaptasi daripada tumbuhan kayu apu. Pada penggunaan metilen biru dihasilkan pada uji toksisitas LC-50 untuk tumbuhan eceng gondok sebesar

(74,5 mg/L) dan LC-50 untuk tumbuhan kayu apu sebesar (54,7 mg/L).

#### 4.9 Tahap *Range Finding Test* (RFT) dengan Metil Violet

Tahap *Range Finding Test* (RFT) yang terakhir yaitu dengan pewarna metil violet dengan variasi konsentrasi yang sama dengan sebelumnya yaitu 0 mg/L sebagai kontrol, 30 mg/L, 50 mg/L, 70 mg/L, 90 mg/L, 110 mg/L. Dengan bak yang sama yaitu 12 L dan volume air yang digunakan 6 L dan dilakukan selama 7 hari.

Berikut ini, merupakan rumus :

- Pewarna Metil Violet,  
 $C_{24}H_{27}N_3HCl \rightarrow 24 : 27 : 3 : 1 : 1 = 56$

Massa Unsur =

$$(24 \times \text{Ar C}) : (27 \times \text{Ar H}) : (3 \times \text{Ar N}) : (1 \times \text{Ar H}) : (1 \times \text{Ar Cl}) =$$










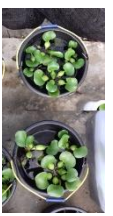


















$$(24 \times 12) : (27 \times 1) : (3 \times 14) : (1 \times 1) : (1 \times 35,5) =$$

$$288 : 27 : 42 : 1 : 35,5 = 393,5$$















- $\frac{56}{393,5} \times \% \text{ kemurnian metil violet (88\%)} = 0,13 \text{ gram metil violet}$

Pada RFT metil violet dihari ketujuh menggunakan konsentrasi  $C_3$  yaitu 70 mg/L pada tumbuhan *E.crassipes* dikarenakan pada konsentrasi 90 dan 100 mg/l mengalami layu pada daun dan menggunakan konsentrasi  $C_2$  yaitu 50 mg/L pada tumbuhan *P.startiotes* dikarenakan konsentrasi 70, 90, 110 mg/L mengalami layu pada daun dan daun berwarna ungu pekat dan dapat dilihat pada Tabel 4.22








**Tabel 4.22** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Metil Violet

Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna metilen biru							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
0							
30							
50							
70							










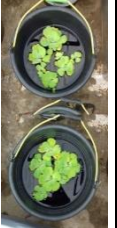











**Tabel 4.22** Tahap *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Metil Violet (Lanjutan)

Tumbuhan <i>E.crassipes</i> dengan pewarna metilen violet							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
90							
110							

**Tabel 4.23** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Metil Violet















Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna metilen violet							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
0							

**Tabel 4.23** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Metil Violet (Lanjutan)

Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna metilen violet							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
30							
50							
70							



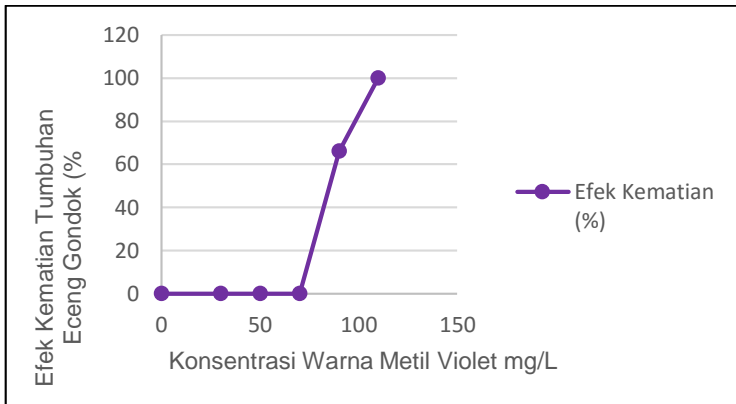
**Tabel 4.23** Tahap *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Metil Violet (Lanjutan)

Tumbuhan <i>P.stratiotes</i> dengan pewarna metilen violet							
Kon-sentrasi (mg/L)	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7
90							
110							

**Tabel 4.24** Hasil *Range Finding Test E.crassipes* dengan Pewarna Metil Violet

Konsentrasi warna mg/L	Jumlah Eceng Gondok	Hidup	Letal	Efek Kematian (%)
0	3	3	-	0
30	3	3	-	0
50	3	3	-	0
70	3	3	-	0
90	3	1	2	66
110	3	-	3	100

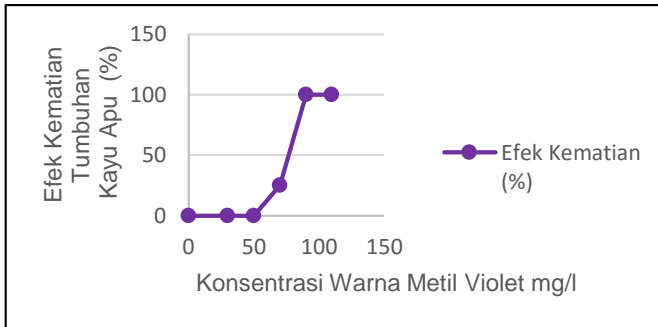




**Gambar 4.18** Efek Kematian pada Tumbuhan *E.crassipes* dengan Pewarna Metil Violet

**Tabel 4.25** Hasil *Range Finding Test P.stratiotes* dengan Pewarna Metil Violet

Konsentrasi warna mg/L	Jumlah Kayu Apu	Hidup	Letal	Efek Kematian (%)
0	4	4	-	0
30	4	4	-	0
50	4	4	-	0
70	4	3	1	25
90	4	0	4	100
110	4	0	4	100


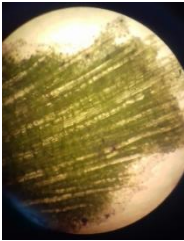


**Gambar 4.19** Efek Kematian pada Tumbuhan *P.stratiotes* dengan Pewarna Metil Violet


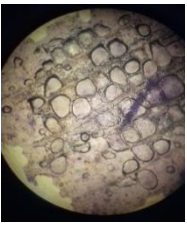

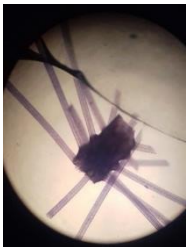
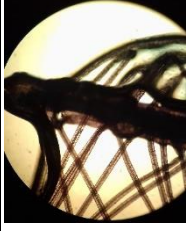

#### 4.10 Uji *Plant Cells Analysis* dengan Pewarna Metil Violet

Uji *plant cells analysis* ini dilakukan sebelum dan sesudah pada tahap *range finding test* (RFT) dimana uji ini untuk membandingkan dimana tumbuhan sebelum di beri larutan pewarna dan sesudah di beri larutan pewarna. Dari pengamatan menggunakan mikroskop, dimana masing-masing dari daun, batang hingga akar di amati secara terpisah.


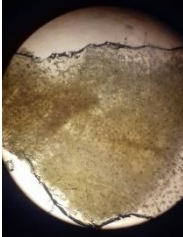
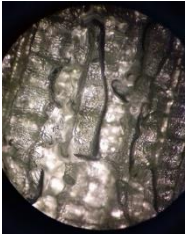
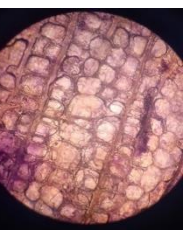
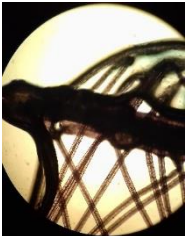

**Tabel 4.26** Uji *Cells Analysis E.crassipes* dengan Pewarna Metil Violet pada Konsentrasi 70 mg/L

	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
Daun		

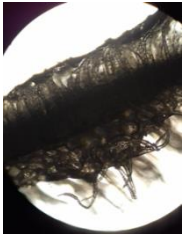
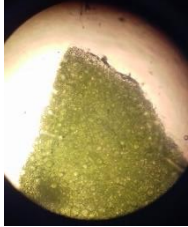
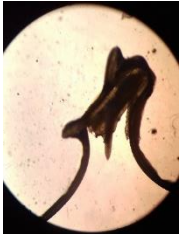



**Tabel 4.26** Uji *Cells Analysis E.crassipes* dengan Pewarna Metil Violet pada Konsentrasi 70 mg/L (Lanjutan)

	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
<b>Batang</b>		
<b>Akar</b>		
		


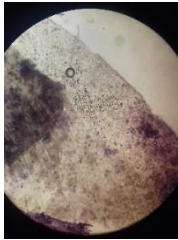

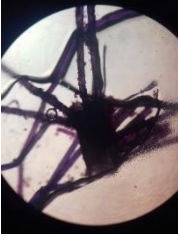


**Tabel 4.27** Uji *Cells Analysis E.crassipes* dengan Pewarna Metil Violet pada Konsentrasi 50 mg/L

	Sebelum RFT ( <i>E.crassipes</i> )	Sesudah RFT ( <i>E.crassipes</i> )
Daun		
Batang		
Akar		

**Tabel 4. 28** Uji *Cells Analysis P.stratiotes* dengan Pewarna Metil Violet pada Konsentrasi 50 mg/L

	Sebelum RFT ( <i>P.stratiotes</i> )	Sesudah RFT ( <i>P.stratiotes</i> )
Daun		
Akar	 	 

**Tabel 4.29** Uji *Cells Analysis P.stratiotes* dengan Pewarna Metil Violet pada Konsentrasi 70 mg/L

	<b>Sebelum RFT (<i>P.stratiotes</i>)</b>	<b>Sesudah RFT (<i>P.stratiotes</i>)</b>
<b>Daun</b>		
<b>Akar</b>		
		

Pada tabel diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa metilen violet terlihat terserap terhadap tumbuhan yaitu pada akar, batang dan daun. Sama halnya dengan pewarna rhodamin B, pada bagian batang mengalami kerusakan sel-sel dan dinyatakan mati pada bagian batang yaitu lapisan luar (epidermis) dan sel yang mati disebut sel aerenkim.

Secara keseluruhan pada uji *cells analysis* dari ketiga warna tersebut, dapat disimpulkan bahwa pewarna rhodamin B dan metilen violet lebih cepat menyerap terhadap tumbuhan. Pada bagian sel-sel dari pencemar kedua wana tersebut juga mengalami kerusakan. Berbeda dengan pewarna metilen biru yang hanya terserap ke akar dan tidak mengalami kerusakan pada sel-sel batang.

#### **4.11 Uji Toksisitas pada Metil Violet**

##### **4.11.1 Perhitungan LC-50 Tumbuhan *E.crassipes* dengan Pewarna Metil Violet**

1. Memasukkan data hasil *acute toxicity test* dan menghitung prosentase kematian.

Contoh : Konsentrasi 90 mg/L

$\Sigma$ mortalitas = 2 tumbuhan

$\Sigma$ biota = 3 tumbuhan

Maka :  $R = \frac{2}{3} \times 100 \% = 66 \%$

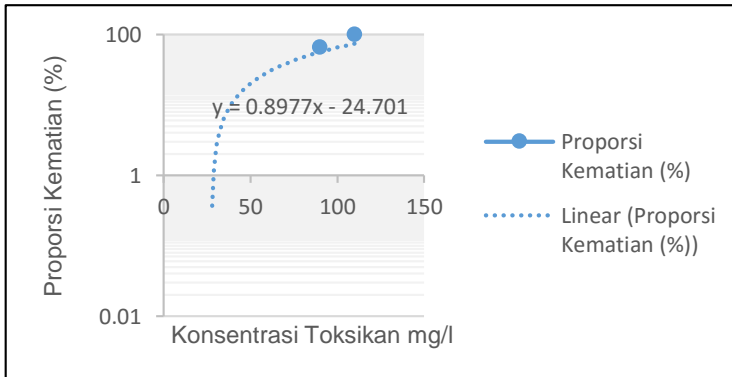
Perhitungan prosentase proporsi kematian dapat dilihat pada Tabel 4.30 berikut ini :

**Tabel 4.30** Perhitungan proporsi kematian tumbuhan akibat larutan warna metil violet

Konsentrasi Toksik (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (%)
0	3	0	0
30	3	0	0
50	3	0	0
70	3	0	0
90	3	2	66
110	3	3	100

Sumber : Hasil Perhitungan

- Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi kematian biota pada grafik log-log serta mencari garis korelasi dan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis harapan. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.20



**Gambar 4.20** Log-log proporsi harapan pada tumbuhan *E. crassipes* dengan larutan warna metil violet

- Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) tiap konsentrasi zat dengan cara memasukkan data konsentrasi toksikan



(sebagai  $x$ ) ke dalam persamaan  $RH = 0,8977 x - 24,701$ (sebagai  $y$ )

Contoh perhitungan :

Konsentrasi 30 mg/L, maka :

$$y = 0,8977 x - 24,701$$

$$= 0,8977 (30) - 24,701$$

$$y = 2$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.31.

4. Menghitung nilai perbedaan mutlak antara respon uji (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi toksikan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.31.

5. Menghitung  $Chi^2$  tiap konsentrasi dengan bantuan Nomograf  $Chi^2$ .

**Tabel 4. 31** Proporsi respon harapan, selisih mutlak, dan  $Chi^2$  tumbuhan *E.crassipes* dengan larutan warna metil violet

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\sum$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (R)	Proporsi (RH)	(R-RH)	Chi2
30	3	0	0	2	2	0,2
50	3	0	0	20	20	0,25
70	3	0	0	38	38	0,55
90	3	2	66	56	10	0,45
110	3	3	100	74	26	0,35
$\sum$ variasi = 5	15				total	1,8

6. Menghitung  $Chi^2$  perhitungan yang mengacu pada Tabel 4.31 menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Chi}^2 \text{ perhitungan} &= (\sum \text{Chi}^2) \times \left( \frac{\sum \text{Biota}}{\sum \text{toksikan}} \right) \\ &= 1,8 \times \left( \frac{15}{5} \right) \\ &= 5,4 \end{aligned}$$

7. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh Chi<sup>2</sup> (95%) yang akan dibandingkan dengan nilai chi<sup>2</sup> perhitungan. Tingkat kebebasan didapat dengan rumus :

$$\begin{aligned} N &= K - 2, \text{Dimana } K \text{ merupakan jumlah variasi toksikan} \\ &= 5 - 2 = 3 \end{aligned}$$

Selanjutnya nilai tingkat kebebasan (N) digunakan dalam memperoleh chi<sup>2</sup> (95%) yang dipaparkan pada Tabel 4.32

**Tabel 4. 32** Chi<sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 %

Tingkat Kebebasan (N)	Chi2 (95%)
1	8,34
2	5,99
<b>3</b>	<b>7,82</b>
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5

**Tabel 4.32** Chi<sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 % (Lanjutan)

Tingkat Kebebasan (N)	Chi <sup>2</sup> (95%)
9	16,9
10	18,8

*Sumber : Mangkoediharjo, 1999*

Berdasarkan Tabel 4.32 maka nilai N = 3 diperoleh nilai chi<sup>2</sup> (95%) sebesar 7,82.

Keterangan :

- m. Jika chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%) maka garis korelasi konsentrasi efek harapan dapat diterima untuk perhitungan lanjut.
- n. Jika tidak demikian, maka dicoba kembali hingga memenuhi chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%)
- o. Jika dengan banyak pengulangan chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%) belum terpenuhi, maka uji toksisitas harus diulang.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai chi<sup>2</sup> perhitungan (5,4) < chi<sup>2</sup> (95%) (7,82), sehingga garis korelasi konsentrasi respon harapan yang telah didapat.

- Berdasarkan garis korelasi maka ditetapkan batasbatas kepercayaan 95% dari nilai LC-50. Hal ini mengacu pada persamaan garis proporsi respon harapan dengan memasukkan nilai LC (sebagai y).

Contoh perhitungan LC-50 :

$$y = 0,8977 x - 24,701$$

$$50 = 0,8977 x - 24,701$$

$$x = 83,2$$

Nilai batas-batas adalah sebagai berikut :

$$LC-45 = 77,6$$

$$LC-50 = 83,2$$

$$LC-55 = 88,7$$

- Menghitung kemiringan garis korelasi konsentrasi efek harapan.

$$S = \left( \frac{LC55}{LC50} + \frac{LC50}{LC45} \right) \times \frac{1}{2}$$
$$= \left( \frac{88,7}{83,2} + \frac{83,2}{77,6} \right) \times \frac{1}{2} = 1,06$$

- Menghitung Faktor LC-50

$$F (LC-50) = S \left( \frac{2.77}{N^{0.5}} \right)$$
$$= 1,06 \left( \frac{2.77}{20^{0.5}} \right)$$
$$= 0,66$$

- Menghitung batas-batas kepercayaan 95 % LC-50

- Batas atas = LC-50 x f  
= 83,2 x 0,66  
= 54,91
- Batas bawah = LC-50 : f  
= 83,2 : 0,66  
= 126,06

LC-50, tumbuhan eceng gondok 83,2 mg/L

#### 4.11.2 Perhitungan LC-50 Tumbuhan *P.stratiotes* dengan Pewarna Metil Violet

1. Memasukkan data hasil *acute toxicity test* dan menghitung prosentase kematian

Contoh : Konsentrasi 70 mg/L

$\Sigma$ mortalitas = 1 tumbuhan

$\Sigma$ biota = 4 tumbuhan

Maka :  $R = \frac{1}{4} \times 100 \% = 25 \%$

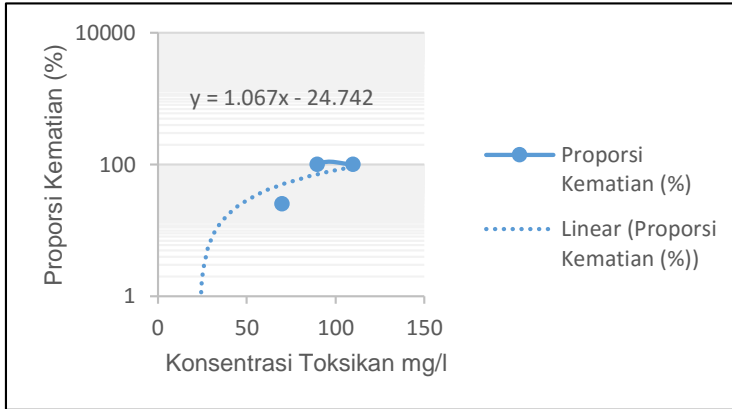
Perhitungan prosentase proporsi kematian dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut ini :

**Tabel 4. 33** Perhitungan proporsi kematian tumbuhan akibat larutan warna metii violet

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	$\Sigma$ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (%)
0	4	0	0
30	4	0	0
50	4	0	0
70	4	1	25
90	4	4	100
110	4	4	100

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi kematian biota pada grafik log-log serta mencari garis korelasi dan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis harapan. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.21



**Gambar 4.21** Log-log proporsi harapan pada tumbuhan *P.stratiotes* dengan larutan warna metil violet

- Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) tiap konsentrasi zat dengan cara memasukkan data konsentrasi toksikan (sebagai  $x$ ) ke dalam persamaan  $RH = 1,067 x - 24,742$  (sebagai  $y$ )

Contoh perhitungan :

Konsentrasi 30 mg/L, maka :

$$y = 1,067 x - 24,742$$

$$= 1,067 (30) - 24,742$$

$$y = 7$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.34.

- Menghitung nilai perbedaan mutlak antara respon uji (R) dan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi toksikan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.34.
- Menghitung  $\text{Chi}^2$  tiap konsentrasi dengan bantuan Nomograf  $\text{Chi}^2$ .

**Tabel 4.34** Proporsi respon harapan, selisih mutlak, dan Chi<sup>2</sup> tumbuhan *P.startiotes* dengan larutan warna metil violet

Konsentrasi Toksikan (mg/L)	∑ Biota Uji	Mortalitas Tumbuhan	Proporsi Kematian (R)	Proporsi (RH)	(R-RH)	Chi <sup>2</sup>
30	4	0	0	7	7	0,5
50	4	0	0	29	29	0,3
70	4	1	25	50	25	0,25
90	4	4	100	71	29	0,3
110	4	4	100	93	7	0,1
∑ variasi = 5	20				total	1,45

6. Menghitung Chi<sup>2</sup> perhitungan yang mengacu pada Tabel 4.34 menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Chi}^2 \text{ perhitungan} &= (\sum \text{Chi}^2) \times \left( \frac{\sum \text{Biota}}{\sum \text{toksikan}} \right) \\ &= 1,45 \times \left( \frac{20}{5} \right) \\ &= 5,8 \end{aligned}$$

7. Menghitung tingkat kebebasan (N) untuk memperoleh Chi<sup>2</sup> (95%) yang akan dibandingkan dengan nilai chi<sup>2</sup> perhitungan. Tingkat kebebasan didapat dengan rumus :

$$\begin{aligned} N &= K - 2, \text{Dimana } K \text{ merupakan jumlah variasi toksikan} \\ &= 5 - 2 \\ &= 3 \end{aligned}$$

Selanjutnya nilai tingkat kebebasan (N) digunakan dalam memperoleh chi<sup>2</sup> (95%) yang dipaparkan pada Tabel 4.35

**Tabel 4.35** Chi<sup>2</sup> untuk batas kepercayaan 95 %

Tingkat Kebebasan (N)	Chi2 (95%)
1	8,34
2	5,99
<b>3</b>	<b>7,82</b>
4	9,49
5	11,1
6	12,6
7	14,1
8	15,5
9	16,9
10	18,8

*Sumber : Mangkoediharjo, 1999*

Berdasarkan Tabel 4.35 maka nilai N = 3 diperoleh nilai chi<sup>2</sup> (95%) sebesar 7,82.

Keterangan :

- p. Jika chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%) maka garis korelasi konsentrasi efek harapan dapat diterima untuk perhitungan lanjut.
- q. Jika tidak demikian, maka dicoba kembali hingga memenuhi chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%)
- r. Jika dengan banyak pengulangan chi<sup>2</sup> perhitungan < chi<sup>2</sup> (95%) belum terpenuhi, maka uji toksisitas harus diulang.



Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa nilai  $\chi^2$  perhitungan (5,8) <  $\chi^2$  (95%) (7,82), sehingga garis korelasi konsentrasi respon harapan yang telah didapat.

- Berdasarkan garis korelasi maka ditetapkan batasbatas kepercayaan 95% dari nilai LC-50. Hal ini mengacu pada persamaan garis proporsi respon harapan dengan memasukkan nilai LC (sebagai y).

Contoh perhitungan LC-50 :

$$y = 1,067 x - 24,742$$

$$50 = 1,067 x - 24,742$$

$$x = 70,04$$

Nilai batas-batas adalah sebagai berikut :

$$LC-45 = 65,3$$

$$LC-50 = 70,04$$

$$LC-55 = 74,7$$

- Menghitung kemiringan garis korelasi konsentrasi efek harapan.

$$S = \left( \frac{LC55}{LC50} + \frac{LC50}{LC45} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$= \left( \frac{74.7}{70.04} + \frac{70.04}{65.3} \right) \times \frac{1}{2} = 1.07$$

- Menghitung Faktor LC-50

$$F (LC-50) = S \left( \frac{2.77}{N 0.5} \right)$$

$$= 1,07 \left( \frac{2.77}{20 0.5} \right)$$

$$= 0,66$$

- Menghitung batas-batas kepercayaan 95 % LC-50

- Batas atas =  $LC-50 \times f$   
=  $70,04 \times 0,66$   
= 46,23
- Batas bawah =  $LC-50 : f$   
=  $70,04 : 0,66$   
= 106,12

LC-50, tumbuhan kayu apu 70,04 mg/L

Sama halnya dengan hasil dari penggunaan rhodamin B dan metilen biru, menggunakan metile violet juga dapat ditarik kesimpulan bahwa tumbuhan eceng gondok lebih bisa beradaptasi daripada tumbuhan kayu apu dan ketahanan respons biologis eceng gondok lebih besar daripada kayu apu. Hal ini membuktikan pada hasil uji toksisitas yaitu LC-50 eceng gondok sebesar (83,2 mg/L) dan LC-50 kayu apu (70,04 mg/L).

Secara keseluruhan dari hasil uji toksisitas ketiga warna tersebut, dapat disimpulkan bahwa tumbuhan eceng gondok memiliki ketahanan respons biologis yang lebih besar bila dibandingkan dengan tumbuhan kayu apu.

#### **4.12 Uji *Phytotreatment* pada Pewarna Rodhamin B, Metilen Biru dan Metil Violet**

Pada penelitian utama kali ini yaitu uji *phytotreatment* dimana dengan sistem batch. Tumbuhan yang digunakan pada tahap uji ini merupakan tumbuhan yang sudah melakukan tahap aklimatisasi pada sebelumnya, agar tumbuhan sudah beradaptasi dengan kondisi yang akan nantinya digunakan dalam uji *phytotreatment*. Konsentrasi limbah yang digunakan adalah konsentrasi limbah hasil RFT yang tidak menimbulkan efek kematian pada tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* dan dilakukan selama 30 hari.

Volume air limbah yang digunakan pada uji *phytotreatment* sebanyak 18 Liter. Parameter yang akan diuji adalah warna, ph dan suhu. Perhitungan uji *phytotreatment* dapat dilihat di bawah ini:

- Perlakuan pada tahap RFT tumbuhan *E.crassipes*  
 Volume limbah = 6 Liter  
 Jumlah tumbuhan = 3 tumbuhan
- Perlakuan pada tahap uji *phytotreatment* tumbuhan *E.crassipes*  
 Volume limbah = 18 Liter  
 Jumlah tumbuhan =  $\frac{3 \text{ tumbuhan}}{6 \text{ liter}} \times 18 \text{ liter}$   
 = 9 tumbuhan

Dari perhitungan tersebut, didapatkan kebutuhan tumbuhan *E.crassipes* untuk satu reaktor sebanyak 9 tumbuhan.

- Perlakuan pada tahap RFT tumbuhan *P.stratiotes*  
 Volume limbah = 6 Liter  
 Jumlah tumbuhan = 4 tumbuhan
- Perlakuan pada tahap uji *phytotreatment* tumbuhan *E.crassipes*  
 Volume limbah = 18 Liter  
 Jumlah tumbuhan =  $\frac{4 \text{ tumbuhan}}{6 \text{ liter}} \times 18 \text{ liter}$   
 = 12 tumbuhan

Dari perhitungan tersebut, didapatkan kebutuhan tumbuhan *P.stratiotes* untuk satu reaktor sebanyak 12 tumbuhan.

Setelah perhitungan berapa kebutuhan tumbuhan yang akan di gunakan untuk uji *phytotreatment*, maka dilakukan perhitungan untuk berapa konsentrasi yang akan digunakan pada uji ini. Perhitungan dapat dilihat di bawah ini :

Untuk tumbuhan *P.startiotes* (rodhamin B dan metilen biru)

- $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$   
 $1000 \text{ mg/L} \times 180 \text{ ml} = C_2 \times 18.000 \text{ ml}$   
 $180.000 = C_2 \times 18.000$   
 $C_2 = \frac{180.000}{18.000} = 10 \text{ mg/L}$

Untuk tumbuhan *P.startiotes* (metil violet)

- $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$   
 $1000 \text{ mg/L} \times 300 \text{ ml} = C_2 \times 18.000 \text{ ml}$   
 $300.000 = C_2 \times 18.000$   
 $C_2 = \frac{300.000}{18.000} = 17 \text{ mg/L}$

Untuk tumbuhan *E.crassipes* (rodhamin B,metilen biru, metil violet)

- $$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times 420 \text{ ml} = C_2 \times 18.000 \text{ ml}$$

$$420.000 = C_2 \times 18.000$$

$$C_2 = \frac{420.000}{18.000} = 23 \text{ mg/L}$$

Pada tahap uji *phytotreatment* ini, tumbuhan eceng gondok menggunakan konsentrasi kecil yaitu konsentrasi terbaik sebesar 10-20 mg/L didalam warna sintetik. Hal tersebut dilakukan karena pada konsentrasi sebesar 50 mg/L keatas mengandung racun senyawa yang mengakibatkan tanaman tidak dapat menyesuaikan diri (Ranjitha,2015).

Dilakukan perhitungan beban limbah warna dimaksudkan supaya tumbuhan dapat menerima akumulasi beban sesuai dengan hasil uji RFT dan tidak memberikan efek kematian pada tumbuhan. Berikut ini perhitungan beban yang mampu diterima oleh tumbuhan:

- Tumbuhan eceng gondok pada pewarna rhodamin B

  - Tahap *Range Finding Test* = Konsentrasi x Volume air

$$= 70 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$$

$$= 420 \text{ mg/ 3 tumbuhan}$$

$$= 0,42 \text{ gr/ 3 tumbuhan}$$
  - Kemampuan tiap tumbuhan =  $\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$

$$= \frac{0,42 \text{ gr}}{3 \times 1,4874}$$

$$= 0,09 \text{ gr warna /gr}$$
- Cek Beban pada tiap uji *phytotreatment* =

Konsentrasi uji *phytotreatment* x Volume air =

$$23 \text{ mg/L} \times 18 \text{ L} = 414 \text{ mg/ 9 tumbuhan}$$

$$= 0,414 \text{ gr/ 9 tumbuhan}$$
- Kemampuan tiap tumbuhan =  $\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$

$$= \frac{0,414 \text{ gr}}{9 \times 1,4874}$$

$$= 0,03 \text{ gr warna /gr}$$

- Tumbuhan eceng gondok pada pewarna metilen biru
  - Tahap *Range Finding Test* = Konsentrasi x Volume air
 
$$= 70 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$$

$$= 420 \text{ mg/ 3 tumbuhan}$$

$$= 0,42 \text{ gr/ 3 tumbuhan}$$
  - Kemampuan tiap tumbuhan = 
$$\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$$

$$= \frac{0,42 \text{ gr}}{3 \times 1,2127}$$

$$= 0,11 \text{ gr warna/gr}$$
  - Cek Beban pada tiap uji *phytotreatment* =  
 Konsentrasi uji phytotreatment x Volume air =  

$$23 \text{ mg/L} \times 18 \text{ L} = 414 \text{ mg/ 9 tumbuhan}$$

$$= 0,414 \text{ gr/ 9 tumbuhan}$$
  - Kemampuan tiap tumbuhan = 
$$\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$$

$$= \frac{0,414 \text{ gr}}{9 \times 1,2127}$$

$$= 0,04 \text{ gr warna/gr}$$
- Tumbuhan eceng gondok pada pewarna metil violet
  - Tahap *Range Finding Test* = Konsentrasi x Volume air
 
$$= 70 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$$

$$= 420 \text{ mg/ 3 tumbuhan}$$

$$= 0,42 \text{ gr/ 3 tumbuhan}$$
  - Kemampuan tiap tumbuhan = 
$$\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$$

$$= \frac{0,42 \text{ gr}}{3 \times 1,674}$$

$$= 0,08 \text{ gr warna/gr}$$
  - Cek Beban pada tiap uji *phytotreatment* =  
 Konsentrasi uji phytotreatment x Volume air =  

$$23 \text{ mg/L} \times 18 \text{ L} = 414 \text{ mg/ 9 tumbuhan}$$

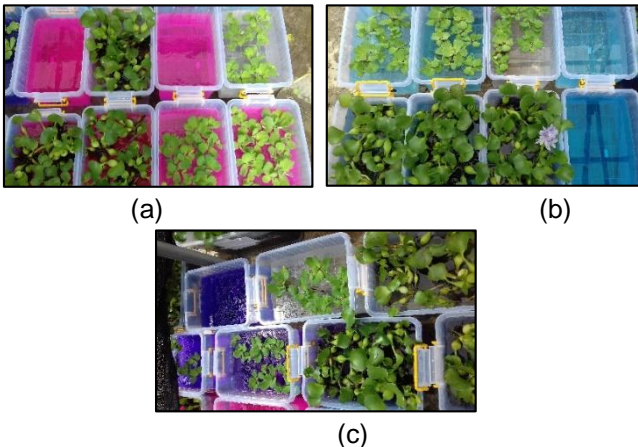
$$= 0,414 \text{ gr/ 9 tumbuhan}$$
  - Kemampuan tiap tumbuhan = 
$$\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$$

$$= \frac{0,414 \text{ gr}}{9 \times 1,674}$$

$$= 0,03 \text{ gr warna/gr}$$

- Tumbuhan kayu apu pada pewarna rhodamin B
- Tahap *Range Finding Test* = Konsentrasi x Volume air  
 $= 30 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$   
 $= 180 \text{ mg/ 4 tumbuhan}$   
 $= 0,180 \text{ gr/ 4 tumbuhan}$
  - Kemampuan tiap tumbuhan =  $\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$   
 $= \frac{0,18 \text{ gr}}{4 \times 1,0874}$   
 $= 0,04 \text{ gr warna/gr}$
  - Cek Beban pada tiap uji *phytotreatment* =  
 Konsentrasi uji *phytotreatment* x Volume air =  
 $10 \text{ mg/L} \times 18 \text{ L} = 180 \text{ mg/12 tumbuhan}$   
 $= 0,180 \text{ gr/ 12 tumbuhan}$
  - Kemampuan tiap tumbuhan =  $\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$   
 $= \frac{0,180 \text{ gr}}{12 \times 1,0874}$   
 $= 0,01 \text{ gr warna/gr}$
- Tumbuhan kayu apu pada pewarna metilen biru
- Tahap *Range Finding Test* = Konsentrasi x Volume air  
 $= 30 \text{ mg/L} \times 6 \text{ L}$   
 $= 180 \text{ mg/ 4 tumbuhan}$   
 $= 0,180 \text{ gr/ 4 tumbuhan}$
  - Kemampuan tiap tumbuhan =  $\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$   
 $= \frac{0,18 \text{ gr}}{4 \times 1,0485}$   
 $= 0,04 \text{ gr warna/gr}$
  - Cek Beban pada tiap uji *phytotreatment* =  
 Konsentrasi uji *phytotreatment* x Volume air =  
 $10 \text{ mg/L} \times 18 \text{ L} = 180 \text{ mg/12 tumbuhan}$   
 $= 0,180 \text{ gr/ 12 tumbuhan}$
  - Kemampuan tiap tumbuhan =  $\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$   
 $= \frac{0,180 \text{ gr}}{12 \times 1,0485}$   
 $= 0,01 \text{ gr warna/gr}$

- Tumbuhan kayu apu pada pewarna metil violet
- Tahap *Range Finding Test* = Konsentrasi x Volume air  
 = 50 mg/L x 6 L  
 = 300 mg/ 4 tumbuhan  
 = 0,300 gr/ 4 tumbuhan
  - Kemampuan tiap tumbuhan =  $\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$   
 =  $\frac{0,300 \text{ gr}}{4 \times 0,9531}$   
 = 0,08 gr warna/gr
  - Cek Beban pada tiap uji *phytotreatment* =  
 Konsentrasi uji phytotreatment x Volume air =  
 17 mg/L x 18 L = 306 mg/12 tumbuhan  
 = 0,306 gr/ 12 tumbuhan
  - Kemampuan tiap tumbuhan =  $\frac{\text{Beban Tumbuhan}}{\text{Berat Kering}}$   
 =  $\frac{0,306 \text{ gr}}{12 \times 0,9531}$   
 = 0,02 gr warna/gr



**Gambar 4.22** Kondisi Reaktor  
 (a) Rodhamin B (b) Metilen Biru (c) Metil Violet

#### 4.12.1 Analisa Warna

Sebelum memasukkan hasil analisa dari ketiga warna tersebut, terlebih dahulu membuat kalibrasi warna agar dapat dibaca. Warna rhodamin B memiliki panjang gelombang 538 nm (Yamlean,2011), warna metilen biru 670 nm (Widiastuti,2009) , metil violet 581 nm (Sanjaya, 2014). Setelah mendapatkan panjang gelombang optimum, dibuat kurva kalibrasi untuk menentukan konsentrasi larutan pada saat penelitian. Panjang gelombang optimum dan regresi warna sudah didapatkan, kemudian melakukan analisa warna disetiap reaktor. Berikut hasil analisa warna pada masing-masing reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan 4.25.

Pada tumbuhan *E.crassipes* terhadap warna rhodamin B, metilen biru, dan metil violet memiliki pengaruh terhadap penurunan warna pada limbah. Penurunan warna pada metilen biru mencapai 59 % sedangkan pada kontrol mencapai 59%. Penurunan warna violet menunjukkan efisiensi penyisihan sebesar 51 % sedangkan pada kontrol mencapai 51 % dan pada warna rhodamin B penurunan warna sebesar 52 % dan pada kontrol mencapai sebesar 52 %. Pada tumbuhan *P.startiotes* terhadap warna rhodamin B menunjukkan efisiensi penyisihan rhodamin B mencapai 78 % dan pada kontrol mencapai 78 %. Pada penurunan warna metil violet warna sebesar 55 % dan pada kontrol sebesar 55 %, warna metilen biru dapat menurunkan penyisihan warna sebesar 74 % dan pada kontrol sebesar 75 % dan dapat dilihat dengan konsentrasi warna pada Lampiran LB 2.

Berdasarkan hasil di atas, persentase penyisihan warna metilen biru oleh *E.crassipes* mencapai persentase tertinggi dibandingkan dengan dua warna lainnya. Hal ini disebabkan karena dilihat dari struktur kimianya, diketahui bahwa metilen biru ( $C_{16}H_{18}N_3SCl$ ) mempunyai rantai C yang lebih pendek dari rhodamin B ( $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$ ) dan metil violet ( $C_{24}H_{27}N_3HCl$ ) sehingga proses degradasi warna oleh mikroorganisme *indigenous* yang ada di air maupun akar tumbuhan lebih cepat. Zat dapat direduksi dan dapat dipecah rantai ikatannya dengan bantuan mikroorganisme pengurai. Proses awal yang terjadi yaitu mendegradasi senyawa rantai panjang penyusun zat menjadi






rantai pendek yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi tumbuhan untuk sintesis komponen-komponen penyusun sel baru (Carliell *et al.* 1995). Hal ini diperkuat dari analisis uji sel, bahwa pada akar *E.crassipes* telah terjadi penyerapan ketiga warna tersebut (rhodamin B, metilen biru dan metil violet). Semakin lama waktu pemaparan maka persentase penyisihan warna oleh tumbuhan *E.crassipes* semakin meningkat, hal ini dikarenakan adanya waktu kontak yang lebih lama antara akar tumbuhan dengan limbah dalam reaktor uji *phytotreatment*.


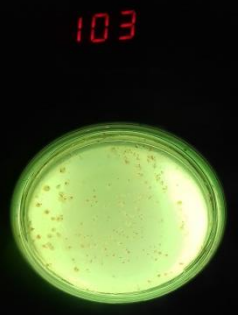

Walaupun demikian, penyisihan warna terjadi juga pada reaktor kontrol. Hal ini dapat disebabkan adanya mikroorganisme *indigenous* yang ada dalam air yang dapat melakukan proses degradasi pada warna tersebut. Kenaikan nilai penyisihan warna ini menggambarkan terjadi proses penguraian oleh mikroorganisme yang terjadi di zona akar atau yang lebih dikenal dengan istilah rizodegradasi (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010). Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyisihan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet oleh tumbuhan *E.crassipes* kurang efektif karena mikroorganime *indigenous* yang lebih berperan dan hal ini dikarenakan adanya proses reduksi oksidasi (redoks) terhadap pewarna sintesis yaitu terjadinya reaksi pelepasan oksigen dari suatu senyawa dan reaksi pengikatan (penggabungan) oksigen oleh suatu zat yang terjadi terhadap warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet. Pengolahan limbah cair dengan menggunakan proses biologi juga banyak diterapkan untuk mereduksi senyawa organik dari limbah cair industri tekstil. Namun, efisiensi penghilangan warna melalui proses biologi ini seringkali tidak memuaskan, karena zat warna mempunyai sifat tahan terhadap degradasi biologi (Suparno, 2010).

Penyisihan warna oleh tumbuhan *P.startiotes* menghasilkan persentase yang hampir sama pada reaktor kontrol pada ketiga-tiga warna. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan *P.startiotes* tidak efektif digunakan dalam proses fito pengolahan warna maka dilakukan uji CFU pada ketiga warna tersebut. Dan didapatkan hasil pada Tabel 4.36 , 4.37 dan 4.38.



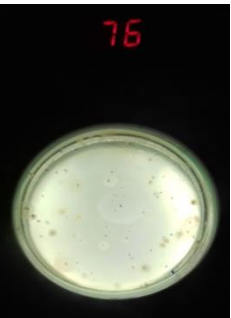
**Tabel 4.36** Uji CFU pada warna rhodamin B

No.	Tumbuhan	Coloni	Warna
1.	<i>E. crassipes</i> (dengan pengenceran $10^{-4}$ )		Rhodamin B
2.	<i>P. stratiotes</i> (dengan pengenceran $10^{-4}$ )		Rhodamin B
3.	Kontrol tanpa tumbuhan (dengan pengenceran $10^{-4}$ )		Rhodamin B

**Tabel 4.37 Uji CFU pada warna metilen biru**

No.	Tumbuhan	Coloni	Warna
1.	<i>E.crassipes</i> (dengan pengenceran $10^{-4}$ )		Metilen Biru
2.	<i>P.stratiotes</i> (dengan pengenceran $10^{-4}$ )		Metilen Biru
3.	Kontrol tanpa tumbuhan (dengan pengenceran $10^{-4}$ )		Metilen Biru

**Tabel 4.38** Uji CFU pada warna metil violet

No.	Tumbuhan	Coloni	Warna
1.	<i>E. crassipes</i> (dengan pengenceran $10^{-3}$ )		Metil Violet
2.	<i>P. stratiotes</i> (dengan pengenceran $10^{-4}$ )		Metil Violet
3.	Kontrol tanpa tumbuhan (dengan pengenceran $10^{-3}$ )		Metil Violet

Dari hasil perhitungan jumlah koloni dalam sampel dapat dihitung sebagai berikut :

- Pada warna Rhodamin B dengan tumbuhan *E.crassipes*

$$\begin{aligned} \text{Koloni per mL} &= \frac{\text{jumlah koloni percawan}}{\text{ml sampel pada cawan}} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \\ &= \frac{59}{10} \times \frac{1}{10^{-4}} \\ &= 59 \times 10^{-1} \times 10^4 \\ &= 59 \times 10^3 \\ &= 59.000 \end{aligned}$$

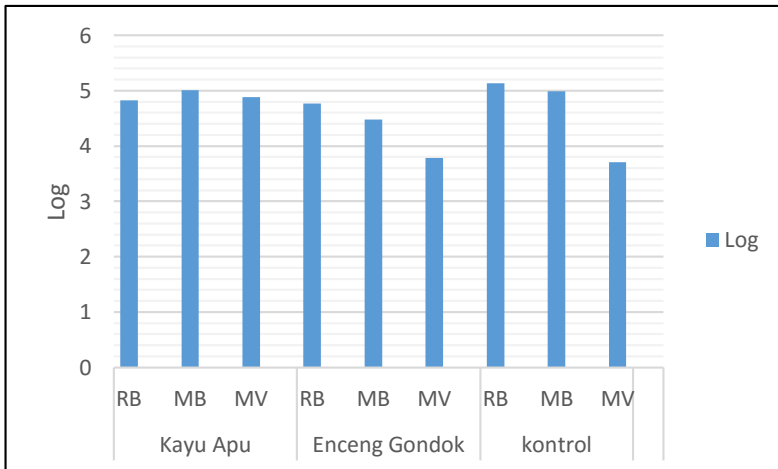
$$\text{Log } (59 \times 10^3) = 4,77$$

Hasil hasil log uji CFU yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.39.

**Tabel 4.39** Hasil Log Uji CFU

No.	Kode	Koloni	Log
1.	Rhodamin B dengan <i>P.stratiotes</i>	67.000	4,83
2.	Kontrol (Rhodamin B)	134.000	5,13
3.	Metilen Biru dengan <i>E.crassipes</i>	30.000	4,48
4.	Metilen Biru dengan <i>P.stratiotes</i>	103.000	5,01
5.	Kontrol (Metilen Biru)	98.000	4,99
6.	Metil Violet dengan <i>E.crassipes</i>	6.000	3,78
7.	Metil Violet dengan <i>P.stratiotes</i>	5.300	3,72
8.	Kontrol (Metil Violet)	76.000	4,88

Hasil uji CFU dapat dilihat bahwa pada pewarna rhodamin B dari kontrol tanpa tumbuhan memiliki nilai log yang tinggi yaitu sebesar 5,13 bila dibandingkan dengan tumbuhan *P.stratiotes* dan *E.crassipes*. Hal ini dikarenakan, bahwa adanya mikroorganisme *indigenous* di dalam media limbah tersebut. CFU pewarna metilen biru pada tumbuhan *P.stratiotes* memiliki nilai log yang lebih besar yaitu 5,01 dibandingkan dengan kontrol tanpa tumbuhan dan pada tumbuhan *E.crassipes*. Hal ini juga menguatkan hasil penyisihan warna metilen biru oleh tumbuhan *P.stratiotes*. Telah disebutkan bahwa presentase removal pada warna metilen biru oleh tumbuhan *P.strestiototes* yaitu sebesar 74% sedangkan penyisihan warna tersebut di kontrol dan *E.crassipes* masing-masing sebesar 59% dan 59%. Pada pewarna metil violet hasil dari log lebih besar pada kontrol tanpa tumbuhan yaitu sebesar 4,88 dan dapat dilihat pada Gambar 4.23

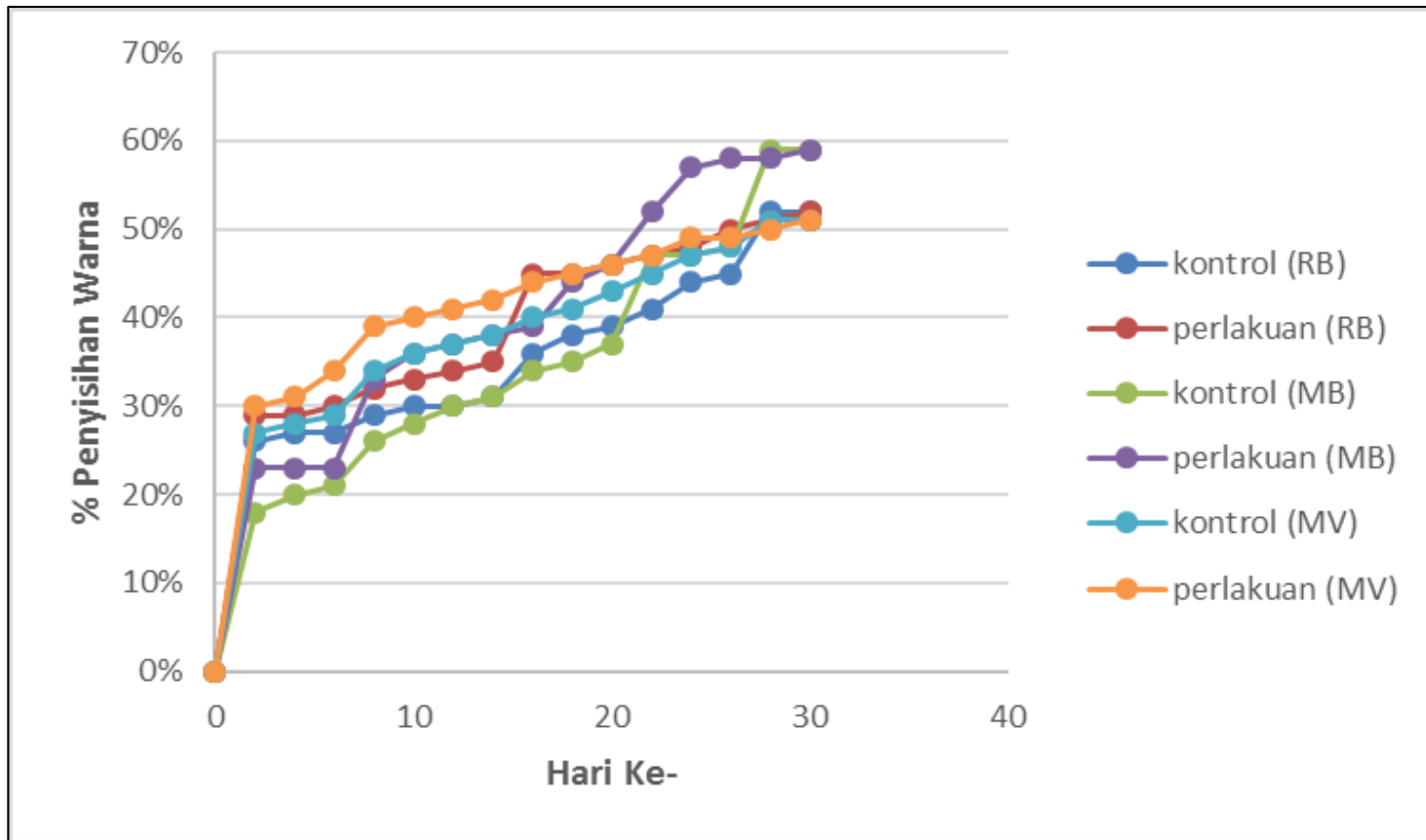


**Gambar 4. 23** Log pada jumlah koloni

#### **4.12.3 Analisa pH**

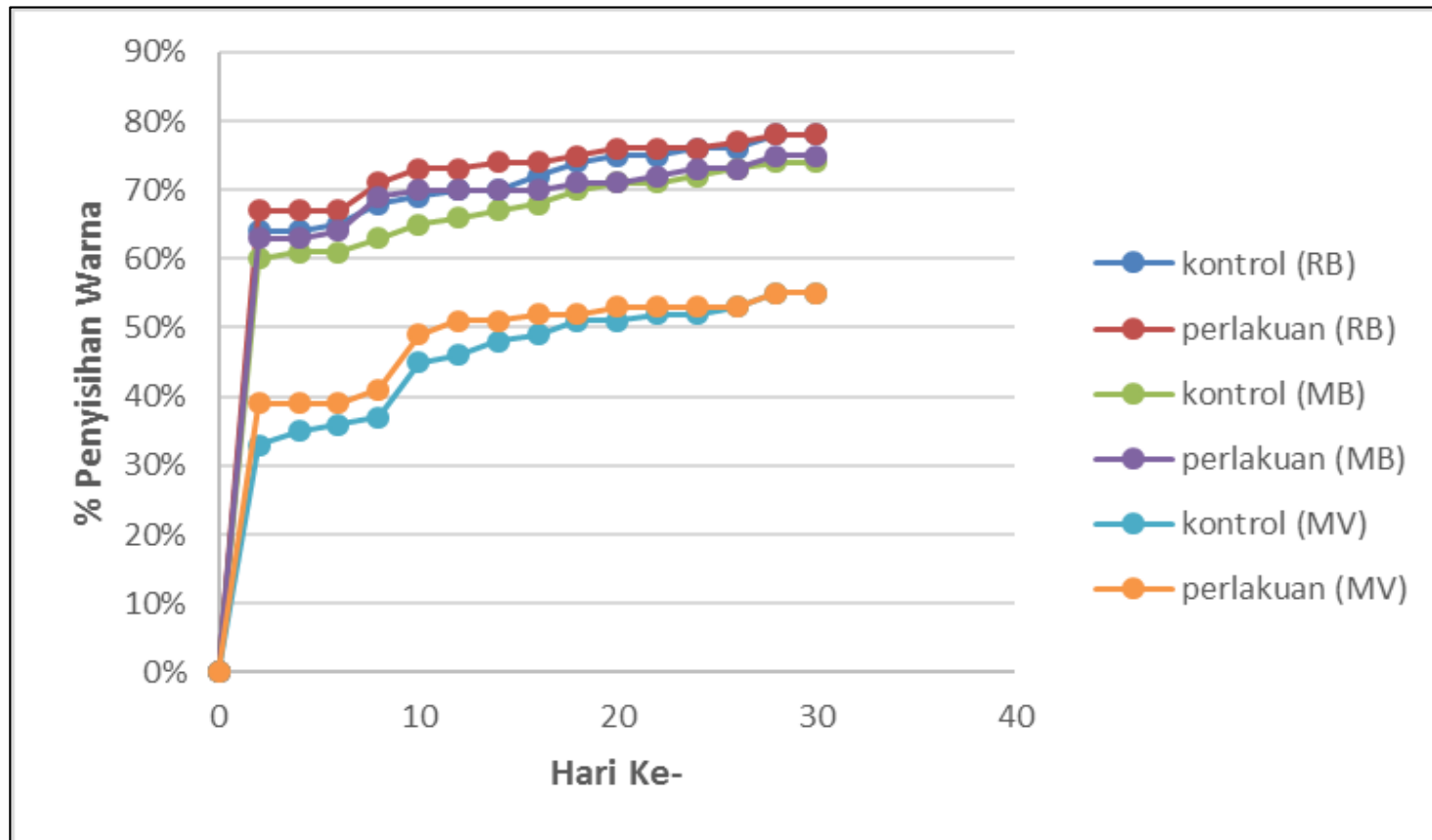
pH dan suhu merupakan parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan kinerja mikroorganisme (Gregory, 2006). pH diukur menggunakan pH meter yang langsung digunakan di dalam reaktor uji. pH diamati sebagai parameter pendukung dalam penelitian ini. Nilai pH menunjukkan pada konsentrasi ion  $H^+$  dan ion  $OH^-$  pada limbah. Semakin tinggi ion  $OH^-$  menandakan bahwa limbah tersebut bersifat basa. Semakin tinggi ion  $H^+$  menandakan bahwa limbah tersebut bersifat asam. Hasil analisa pH menunjukkan bahwa pH pada air limbah berfluktuasi pada kisaran 7,10 – 8,91.

Semakin lama waktu pemaparan, pH masing-masing reaktor menuju ke arah pH netral. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan air limbah dapat mempengaruhi nilai pH air yang diolah menjadi lebih rendah. Hasil uji pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 4.26 dan 4.27.

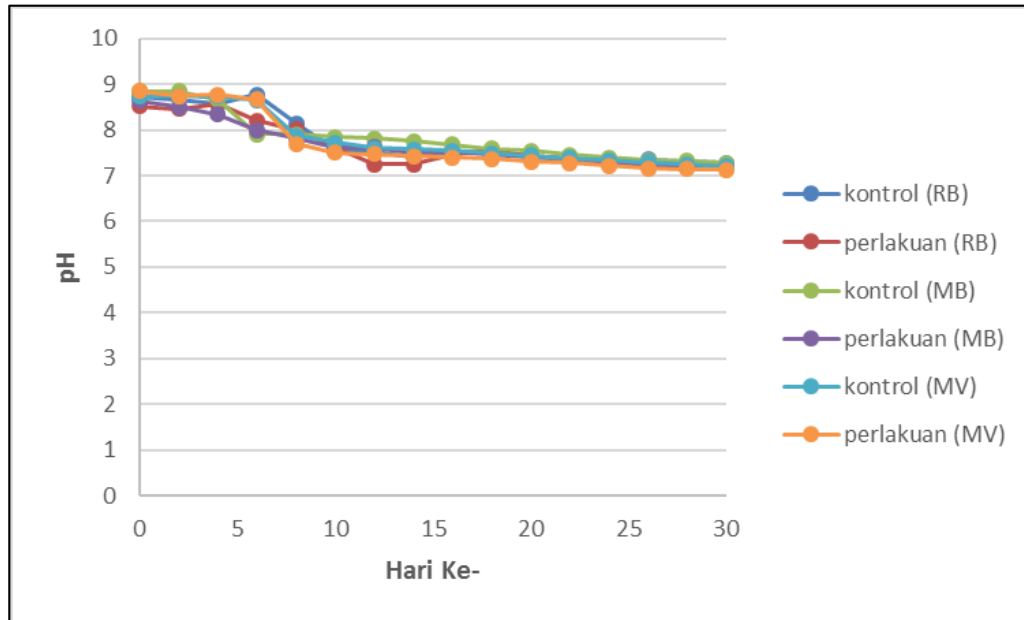


**Gambar 4.24** % Prosentase Penyisihan Warna pada Tumbuhan *E. crassipes*

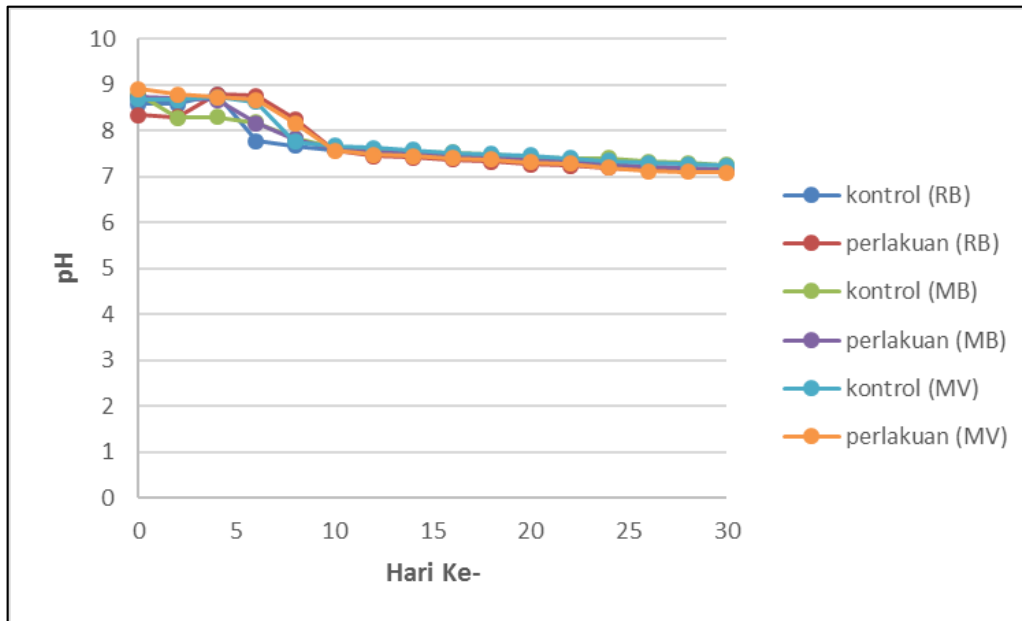




Gambar 4.25 % Prosentase Penyisihan Warna pada Tumbuhan *P.stratiotes*



**Gambar 4.26** Uji pH pada Tumbuhan *P.startiotes*



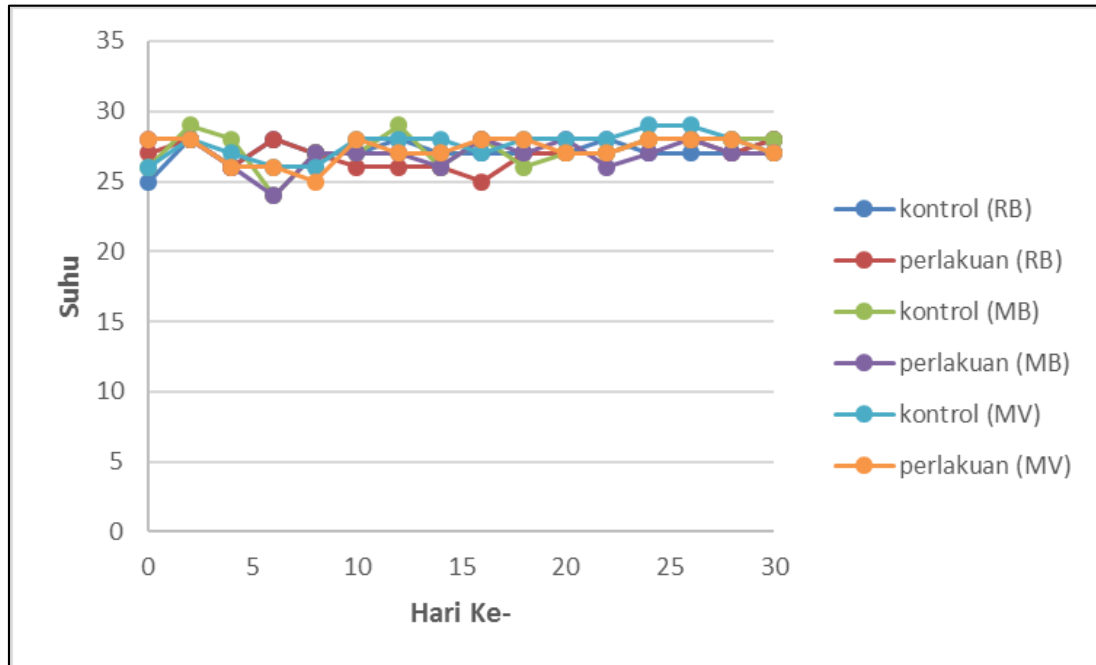
**Gambar 4.27** Uji pH pada Tumbuhan *E. crassipes*

#### 4.12.4 Analisa Suhu

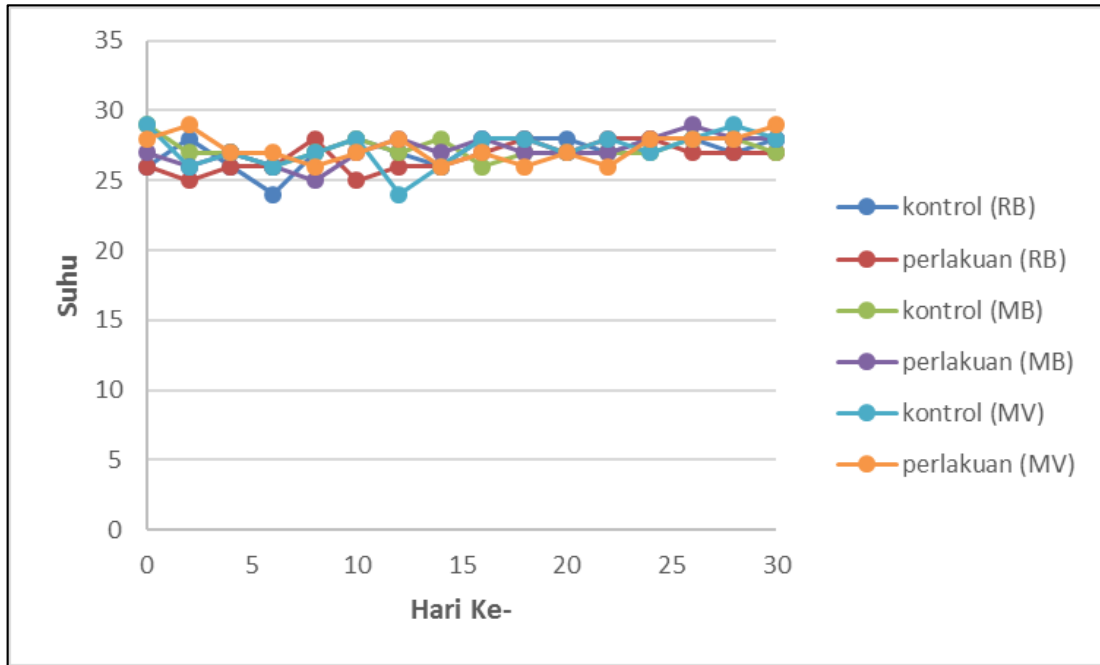
Suhu diukur menggunakan *thermometer* yang langsung digunakan di dalam reaktor uji. Suhu diamati sebagai parameter pendukung dalam penelitian ini dan dapat dilihat pada Gambar 4.28 dan 4.29. Suhu merupakan derajat atau tingkat panas. Pengukuran suhu bertujuan untuk mengetahui suhu dari limbah pewarnaan pada setiap reaktor. Suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses pertukaran zat (metabolisme) pada makhluk hidup. (Permana, 2003).

Suhu limbah cair selama penelitian adalah 24-29 °C, hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilaporkan oleh Purwandari (2009), suhu pertumbuhan tanaman air adalah 22-30 °C. Hal ini sesuai dengan Gopal dan Sharma dalam Iman (2002) bahwa suhu optimum pertumbuhan tanaman eceng gondok adalah 24 – 30 °C dan suhu tanaman kayu apu adalah 24 – 29 °C (Siregar,2005).

Nilai suhu tidak menunjukkan perbedaan karena kedalaman bak-bak percobaan yang digunakan untuk penelitian sangat dangkal sehingga penyebaran suhunya relatif homogen atau seragam. Perubahan suhu disebabkan perubahan cuaca yang terjadi selama penelitian terjadi musim hujan sehingga intensitas sinar matahari menjadi kurang karena tertutup oleh suhu disekitarnya. Hal lain yang mempengaruhi adalah kerapatan tanaman pada masing-masing bak percobaan, semakin tinggi tingkat kerapatan tanaman akan mempengaruhi intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam air limbah. Dengan suhu yang semakin rendah maka proses fotosintesis akan semakin aktif karena suhu mempengaruhi pertukaran (metabolisme) dari makhluk hidup dan jumlah oksigen yang larut di dalam air limbah, suhu akan mempengaruhi proses perombakan bahan organik, pembusukan aerobik dan pertumbuhan organisme, suhu juga dapat mempengaruhi sensitifitas organisme perairan sehingga ikut mempengaruhi proses penyerapan logam berat oleh tanaman air (Effendi,2000).



**Gambar 4.28** Uji Suhu pada Tumbuhan *P.stratiotes*



**Gambar 4.29** Uji Suhu pada Tumbuhan *E. crassipes*

#### 4.12.5 Analisa Morfologi Tumbuhan

Analisa morfologi tumbuhan dilakukan pada uji *phytotreatment* dengan mengamati karakteristik fisik tumbuhan berupa panjang tumbuhan, lebar daun, pada tumbuhan *Eichhornia crassipes*. Pengamatan terhadap panjang tumbuhan, lebar daun, dan jumlah daun dilakukan pada tumbuhan *Pistia stratiotes*.

Analisa morfologi tumbuhan ini berfungsi untuk mengetahui pengaruh air limbah terhadap perkembangan tumbuhan. Analisa ini dilakukan dengan membandingkan tumbuhan yang terpapar limbah dengan tumbuhan yang tidak terpapar limbah (menggunakan air PDAM). Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing karakteristik tumbuhan:

➤ Analisa Morfologi Tumbuhan *E.Crassipes*

Hasil analisa tumbuhan *E.Crassipes* dengan pewarna rhodamin B, metilen biru dan metil violet tidak berbeda jauh dari segi panjang tumbuhan, lebar daun dan dapat dilihat pada Gambar 4.30, 4.31, 4.35, 4.36, 4.40, 4.41. Pada analisa panjang tumbuhan terjadi peningkatan dimana saat terpapar limbah bila dibandingkan dengan pertambahan panjang tumbuhan di reaktor masing-masing kontrol.

Hasil selisih dari reaktor terpapar limbah dengan reaktor kontrol yaitu 1 sampai 3 cm. Hal ini menunjukkan bahwa proses degradasi kontaminan sebagai lanjutan dari proses penyerapan yang dilakukan tumbuhan. Fitodegradasi tidak bergantung pada kehadiran mikroorganisme seperti yang terjadi pada rhizodegradasi. Fitodegradasi dapat terjadi pada kontaminan seperti zat organik, limbah yang mengandung klorin, dan zat anorganik (Pivetz, 2001).

Pada analisa lebar daun pada tumbuhan *Eichhornia Crassipes* dari ketiga warna juga tidak terlalu jauh antara reaktor terpapar limbah dengan reaktor pada masing-masing kontrol yaitu selisih antara 1 sampai 2 cm. Hal ini menunjukkan bahwa fitoproses yang terjadi meliputi fitoekstraksi yang merupakan proses penyerapan kontaminan dari medium tumbuhan. Kontaminan yang terserap kemudian terdistribusi ke dalam

berbagai organ tubuh salah satunya adalah batang (Mangkoedihardjo dan Samudro, 2010).

➤ Analisa Morfologi Tumbuhan *P.Stratiotes*

Hasil analisa pada tumbuhan *P.Stratiotes* juga hampir sama dengan eceng gondok dari ketiga pewarna rhodamin B, metilen biru dan metil violet tidak terpaut jauh dari segi panjang tumbuhan, lebar daun dan jumlah daun dan dapat dilihat pada Gambar 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.38, 4.39, 4.40, 4.43, 4.44.

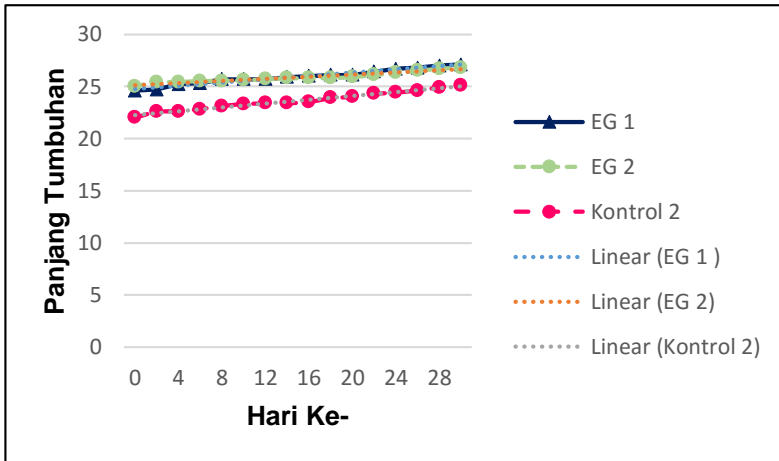
Pada panjang tumbuhan terjadi peningkatan dengan terpapar limbah bila dibandingkan dengan reaktor kontrol dengan selisih yaitu 1 sampai 4 cm. Hal ini berkaitan dengan proses rhizodegradasi dimana proses penguraian kontaminan yang terjadi secara alami akibat peranan akar tumbuhan. Kontaminan organik dalam tanah dapat dipecah menjadi zat-zat anorganik seperti karbon dioksida dan air oleh aktivitas mikroba pada akar tumbuhan (Pivetz, 2001). Hal ini menunjukkan tidak terdapat pengaruh limbah yang dapat menghambat pertumbuhan lebar daun *Pistia Stratiotes*.

Hasil analisa lebar daun pada tumbuhan kayu apu dari ketiga warna tidak berbeda jauh dengan selisih 1 sampai 2 cm dan hasil analisa pada jumlah daun kayu apu hanya meningkat satu helai daun saja yaitu dari jumlah lima ke enam.

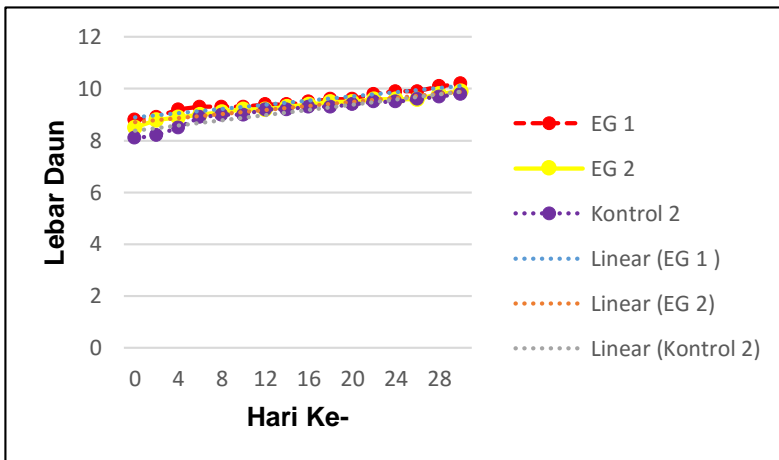
Berdasarkan hasil pengamatan dari minggu tumbuhan, lebar daun dan jumlah daun pada minggu pertama belum seberapa meningkat hal ini menandakan bahwa removal warna pada minggu pertama dengan tiga warna hanya sedikit mengalami peningkatan.

Pada minggu selanjutnya sudah mengalami peningkatan dari segi minggu tumbuhan, jumlah daun dan lebar daun. Hal ini dikarenakan tumbuhan sudah dapat menyerap kandungan organik ataupun polutan dalam limbah dengan baik karena bantuan dari mikroorganisme yang tumbuh dan bekerja pada bagian akar tanaman.

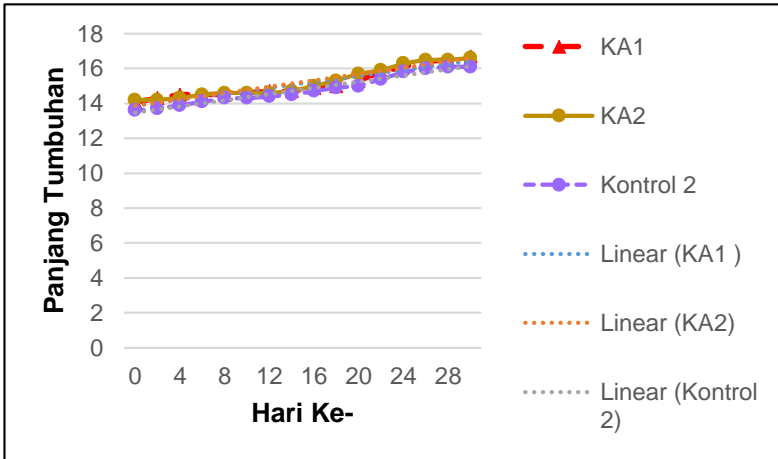




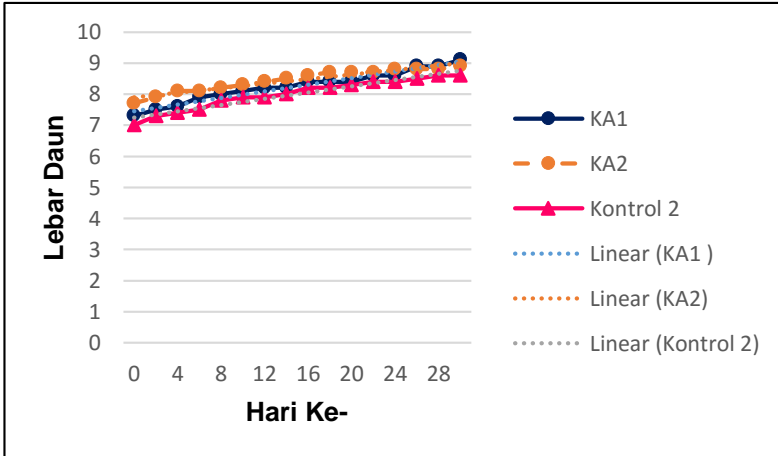
**Gambar 4.30** Analisa Morfologi Panjang Tumbuhan *E.crassipes* pada Rhodamin B



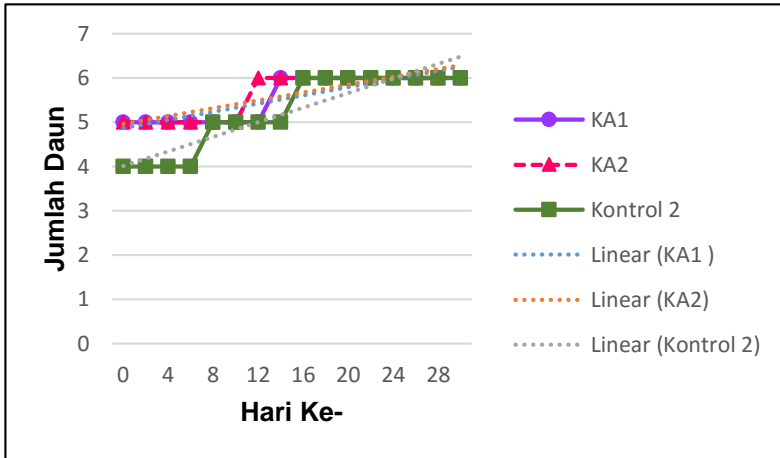
**Gambar 4.31** Analisa Morfologi Lebar Daun *E.crassipes* pada Rhodamin B



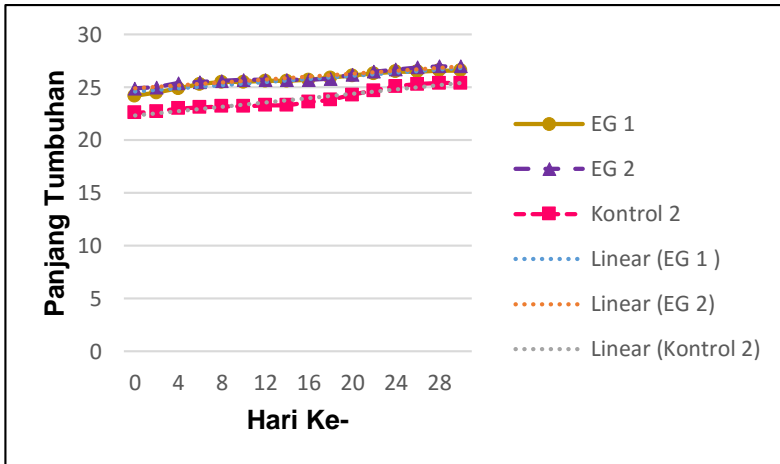
**Gambar 4.32** Analisa Morfologi Panjang Tumbuhan *P.stratiotes* pada Rhodamin B



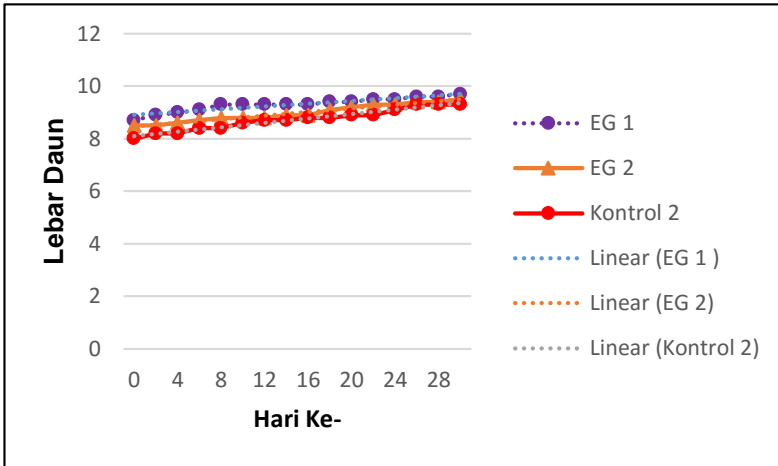
**Gambar 4.33** Analisa Morfologi Lebar Daun *P.stratiotes* pada Rhodamin B



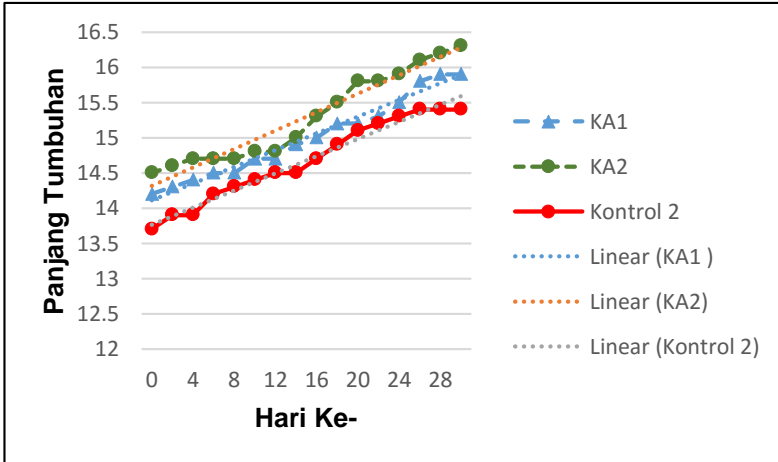
**Gambar 4.34** Analisa Morfologi Jumlah Daun *P.stratiotes* pada Rhodamin B



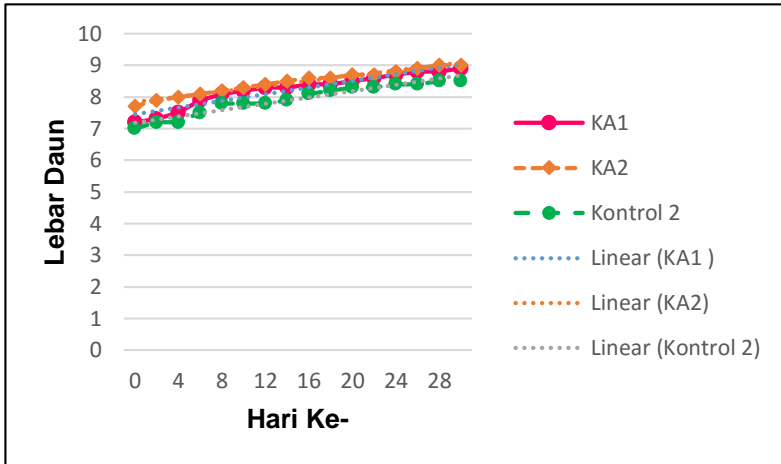
**Gambar 4.35** Analisa Morfologi Panjang Tumbuhan *E.crassipes* pada Metilen Biru



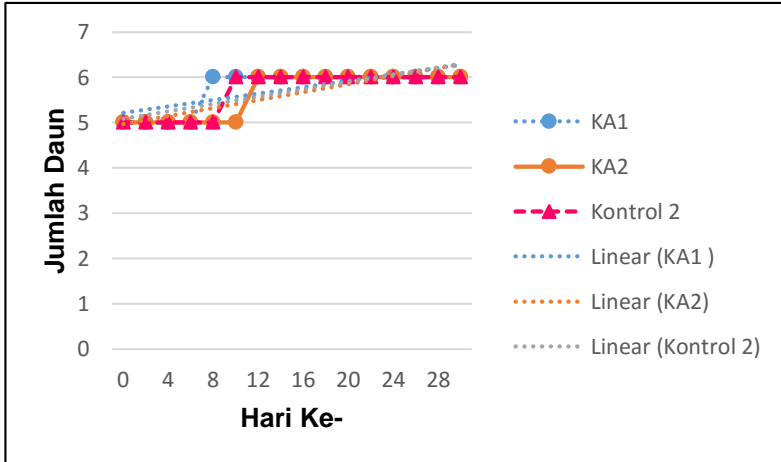
**Gambar 4.36** Analisa Morfologi Lebar Daun *E. crassipes* pada Metilen Biru



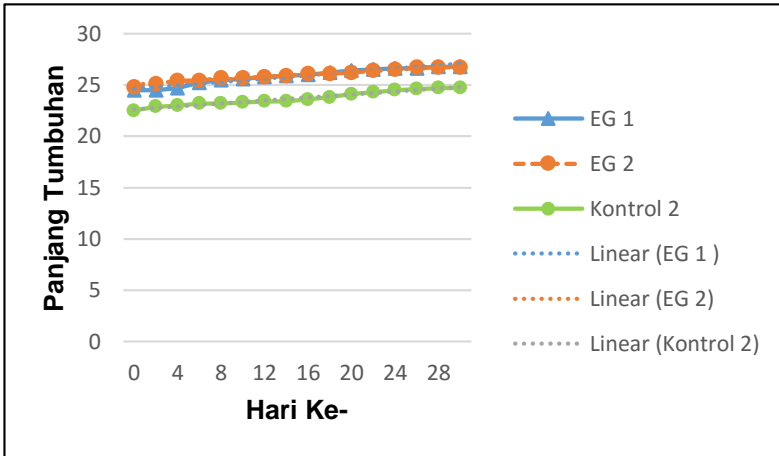
**Gambar 4.37** Analisa Morfologi Panjang Tumbuhan *P. stratiotes* pada Metilen Biru



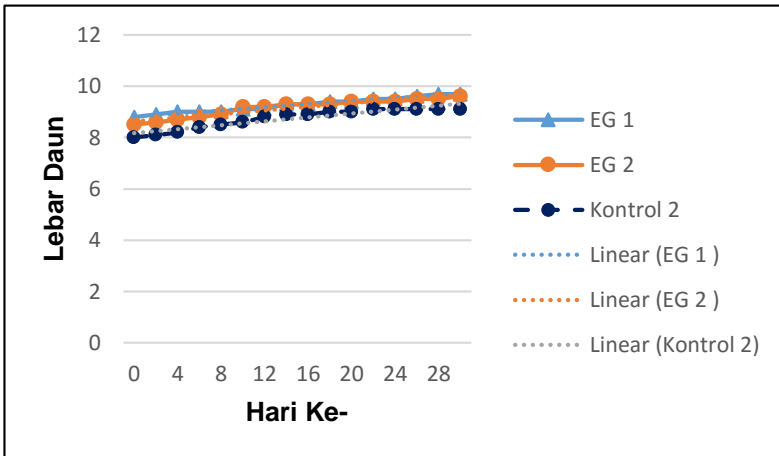
**Gambar 4.38** Analisa Morfologi Lebar Daun *P.stratiotes* pada Metilen Biru



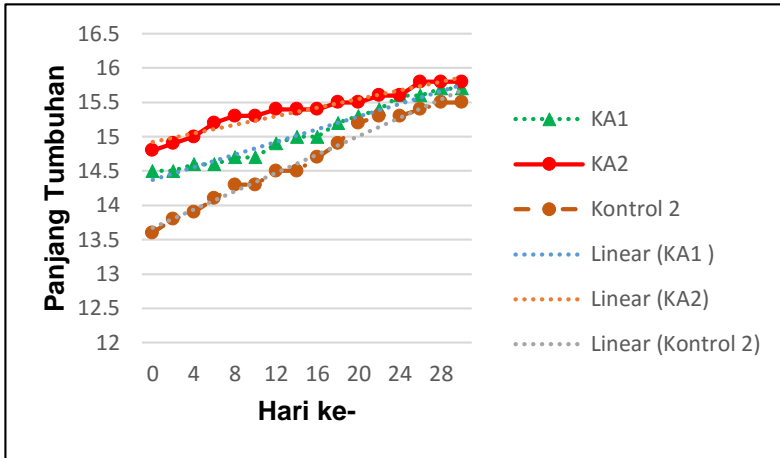
**Gambar 4.39** Analisa Morfologi Jumlah Daun *P.stratiotes* pada Metilen Biru



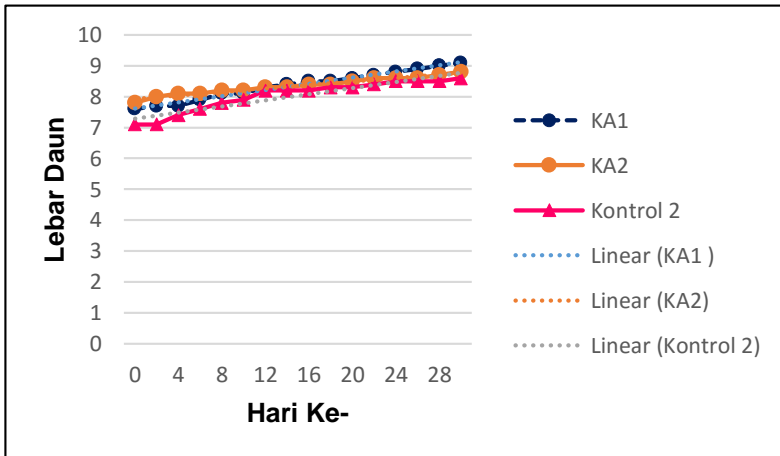
**Gambar 4.40** Analisa Morfologi Panjang Tumbuhan *E. crassipes* pada Metil Violet



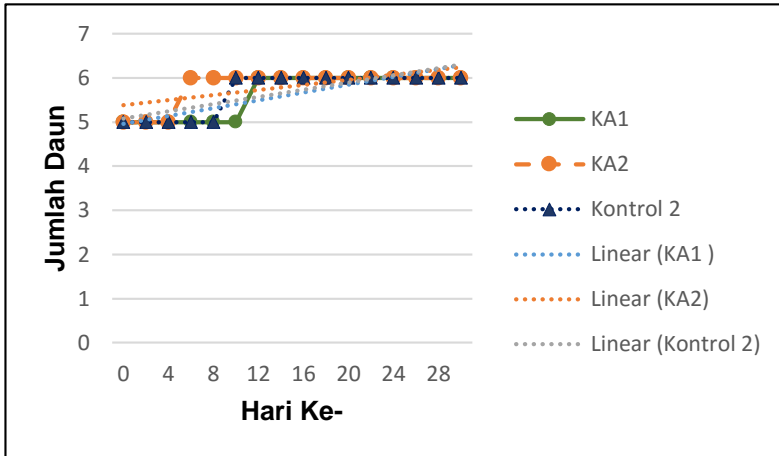
**Gambar 4.41** Analisa Morfologi Lebar Daun *E. crassipes* pada Metil Violet



**Gambar 4.42** Analisa Morfologi Panjang Tumbuhan *P.stratiotes* pada Metil Violet



**Gambar 4.43** Analisa Morfologi Lebar Daun *P.stratiotes* pada Metil Violet



**Gambar 4.44** Analisa Morfologi Jumlah Daun *P.stratiotes* pada Metil Violet

#### 4.12.6 Analisa Berat Basah Dan Berat Kering

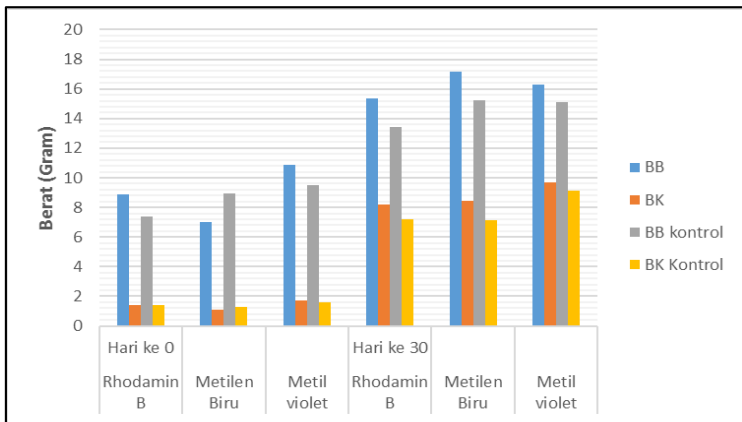
Analisa berat basah dan berat kering tumbuhan dilakukan pada hari pertama dan akhir pengamatan. Tumbuhan diambil dari masing-masing reaktor yaitu 1 tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes*. Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk mengetahui biomassa yang terkandung dalam tumbuhan. Biomassa tumbuhan bertambah karena tumbuhan menyerap karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari udara dan mengubah menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis. (Heddy, *dkk.*, 1986) Hasil analisa berat basah dan berat kering dapat dilihat pada Gambar 4.45 sampai Gambar 4.46.

Dari data yang ditampilkan pada Gambar 4.45 sampai Gambar 4.46 terlihat bahwa terjadi peningkatan berat kering seiring bertambahnya waktu pemaparan. Berat kering pada masing-masing reaktor uji memiliki nilai yang lebih besar dari pada reaktor kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* menyerap lebih banyak nutrisi yang

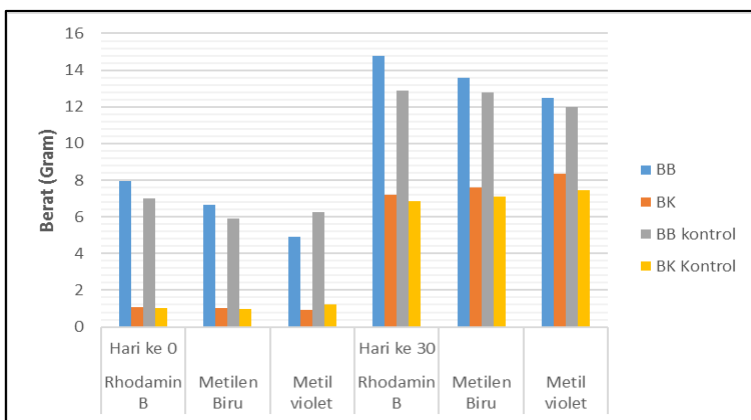


berasal dari limbah pewarnaan. Kenaikan biomassa pada masing-masing reaktor berkaitan dengan naiknya removal penyisihan warna dalam uji *phytotreatment*, karena semakin banyak kontaminan yang diserap oleh tumbuhan. Organisme yang satu memengaruhi organisme yang lainnya sehingga terdapat pengaruh langsung pada persediaan sumber daya, terjadilah keterkaitan simbiosis, dalam hal ini adalah simbiosis mutualisme (Herjanto, 2008).

Pada pewarna metilen biru dengan tumbuhan *E.crassipes* dan pewarna metil violet ddengan tumbuhan *P.stratiotes* terhadap berat basah kontrol memiliki prosentase berat yang tinggi dibandingkan dengan berat basah tumbuhan. Hal ini juga bisa disebabkan bahwa kenaikan biomassa menunjukkan adanya fitoproses berupa fitodegradasi kontaminan sebagai lanjutan dari proses penyerapan dan proses metabolik yang dilakukan oleh tumbuhan (Pivetz, 2001).



**Gambar 4.45** Berat Basah dan Berat Kering pada Tumbuhan *E.crassipes*



**Gambar 4.46** Berat Basah dan Berat Kering pada Tumbuhan *P.stratiotes*

#### 4.12.7 Uji statistik

Dalam penelitian ini, hasil analisa parameter utama berupa warna dalam masing-masing reaktor diuji signifikansi dalam uji statistik. Uji statistik bertujuan untuk mengetahui pengaruh antar masing-masing variabel dalam penelitian ini. Uji signifikansi dalam penelitian ini menggunakan Anova dengan *software* SPSS 16.0. Uji anova bertujuan untuk mengetahui signifikansi dari masing-masing variabel. Hasil uji statistik Anova ini menunjukkan variabel manakah yang paling berpengaruh terhadap efisiensi warna pada larutan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet.

Uji statistik ini menggunakan uji anova dengan tingkat kepercayaan sebesar 95%. Pengaruh yang signifikan dalam uji statistik ditunjukkan dengan P-value yang lebih kecil dari 0,05 (P-value <0,05). Nilai P-value <0,05 menunjukkan bahwa variabel tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi removal warna, sebaliknya jika nilai P-value >0,05 maka variabel tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi removal warna pada larutan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet. Hasil uji Anova disajikan pada Tabel 4.40 untuk parameter warna.

**Tabel 4.40** Hasil Uji Anova

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2164.628 <sup>a</sup>	5	432.926	20774.886	.000
Intercept	67901.038	1	67901.038	3258380.943	.000
Pewarna	690.429	2	345.215	16565.883	.000
Tumbuhan	1095.432	1	1095.432	52566.719	.000
Pewarna * Tumbuhan	378.766	2	189.383	9087.972	.000
Error	.250	12	.021		
Total	70065.916	18			
Corrected Total	2164.878	17			

Dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa variabel jenis tumbuhan, jenis pewarna, interaksi keduanya mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap respon, hal tersebut terlihat pada hasil nilai signifikan kurang dari nilai alpha 5%. Model di atas sangat baik/valid, terlihat pada nilai R Squared yang mempunyai nilai 1 sehingga korelasinya kuat.

Selanjutnya di uji post hoc dikarenakan untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda dan yang tidak berbeda. Uji post hoc merupakan uji kelanjutan dari uji ANOVA jika hasil yang diperoleh pada uji ANOVA adalah  $H_0$  ditolak atau terdapat perbedaan tiap kelompok dan dapat dilihat pada Tabel 4.41 dan 4.42 bahwa pada *mean difference* semua jenis pewarna mempunyai perbedaan yang signifikan terhadap respon (variabel).

**Tabel 4.41** Hasil Uji Post Hoc

(I) Pewarna	(J) Pewarna	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Rhodamin B	Metilen Biru	-1.8883	.08334	.000	-2.1107	-1.6660
	Metil Violet	12.0917	.08334	.000	11.8693	12.3140
Metilen Biru	Rhodamin B	1.8883	.08334	.000	1.6660	2.1107
	Metil Violet	13.9800	.08334	.000	13.7576	14.2024
Metil Violet	Rhodamin B	-12.0917	.08334	.000	-12.3140	-11.8693
	Metilen Biru	-13.9800	.08334	.000	-14.2024	-13.7576

**Tabel 4.42** Statistika deskriptif tipe warna terhadap respon

Dependent Variable: Respon

Pewarna	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Rhodamin B	64.820	.059	64.692	64.948
Metilen Biru	66.708	.059	66.580	66.837
Metil Violet	52.728	.059	52.600	52.857

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Uji toksisitas pada pewarna rhodamin B, metilen biru dan metil violet dengan tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* :
  - Nilai LC-50 tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* terhadap pewarna rhodamin B sebesar 99,5 mg/L dan kayu apu sebesar 42,9 mg/L.
  - Nilai LC-50 tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* terhadap pewarna metilen biru sebesar 74,5 mg/L dan tumbuhan kayu apu sebesar 54,7 mg/L.
  - Nilai LC-50 tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* terhadap pewarna metil violet sebesar 83,2 mg/L dan LC-50 kayu apu 70,04 mg/L.
  - Secara keseluruhan dari hasil uji toksisitas ketiga warna tersebut, dapat disimpulkan bahwa tumbuhan *E.crassipes* memiliki fisik yang kuat dan ketahanan respons biologis yang lebih bila dibandingkan dengan tumbuhan *P.stratiotes*.
2. Efisiensi penyisihan warna pada hari ke 30 :
  - Pada tumbuhan *E.crassipes* terhadap warna metilen biru mencapai 59 % sedangkan pada kontrol mencapai 59%, warna rhodamin B mencapai 52 % dan pada kontrol mencapai 52 % dan metil violet sebesar 51 % sedangkan pada kontrol mencapai 51 %.
  - Pada tumbuhan *P.stratiotes* terhadap warna metilen biru mencapai 74 % sedangkan pada kontrol mencapai 75%, warna rhodamin B mencapai 78 % dan pada kontrol mencapai 78 % dan metil violet sebesar 55 % sedangkan pada kontrol mencapai 55 %.
  - Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa tumbuhan *E.crassipes* dan *P.stratiotes* tidak efektif digunakan dalam fitopengolahan warna rhodamin B, metilen biru dan metil violet karena persentase

penyisihan tidak berbeda dengan penyisihan pada reaktor kontrol pada hari ke 30 pemaparan dikarenakan adanya mikroorganisme *indigenous* yang lebih berperan dan hal ini dikarenakan adanya proses reduksi oksidasi (redoks) terhadap pewarna sintesis.

- Presentase removal warna pada tumbuhan *P.stratiotes* terhadap warna metilen biru pada perlakuan hanya mencapai 1 %. Removal terbesar disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yaitu mencapai 78%.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian dengan menambahkan mikroorganisme yang sesuai pada proses fitopengolahan untuk meningkatkan persentase penyisihan warna.
2. Penelitian dengan limbah asli yang berisi berbagai campuran zat warna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung Nugroho, 2005. *Strategi Jitu memilih Metode statistic Penelitian dengan SPSS*, Andi Jogyakarta
- Al-Baldawia, I.A.W., Abdullaha, S.R.S., Sujab, F., Anuara, N., Idrisc, M., 2015. *The Ratio of Plant Numbers to the Total Mass of Contaminant as One Factor in Scaling-up Phytoremediation Process*. Sciences & Engineering Journal, 74(3), hal. 111-114.
- A. Ranjitha ; P. K. M. Anu Geetham ; A. Malarvizh. 2015. *Phytodegradation of Textile Dyes by Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) and Composting the Waste by Earthworm*. Dharmapuram Gnanambigai Govt. Arts College (w), Mayiladuthurai, Tamil Nadu, India
- Ariguna et al., 2014. *Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dan Limbah Tekstil Buatan dengan Teknik Elektrooksidasi*. e-Journal Kimia Visvitalis Universitas Pendidikan Ganesha, Jurusan Pendidikan Kimia
- Birhanli, A., Oznen, M., 2005. *Evaluation of the toxicity and teratogenity of six commercial textile dyes using the frog embryo teratogenesis assay-xenopus*. Drug Chem. Toxicol. 1, 51–65.
- Carliell C.M., Barclay, S.J., Naidoo, No, Bucley, CA, Mulholland, D.A. dan Senior, E., *Microbial Decolorization of Reactive Red Dye Under Anaerobic Condition*. Water SA, 21(1), 61-69, 1995.
- Connel DW dan Miller GJ. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Yanti K, Penerjemah. Penerbit University Indonesia. Jakarta. Terjemahan dari Chemistry and Toxicology of Pollution.
- Degon, E., Yesilada, E., Ozata, L., Yologiu, S., 2005. *Genotoxic testing of four textile dyes in two crosses of Drosophila using wing somatic mutation and recombination test*. Drug Chem. Toxicol.
- Dhir, B., Sharmila, P., Saradhi, P.P. (2009) '*Potential of Aquatic Macrophytes for removing*

- contaminants from the Environment- Critical Review.'* *Environmental Science and Technology*. (39).pp. 754-781.
- Dhote, S. and Dixit, S. (2009) '*Water quality improvement through macrophytes- a review.*' *Environmental Monitoring and Assessment*. (152). pp. 149–153.
- Donatus. 1998. *Toksikologi Dasar*. Yogyakarta. UGM Press.
- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius : Yogyakarta.
- EPA. 1998. *Health effect Test Guidelines*. OPPTS 870.1100. Acute Toxicity Testing - Acute Oral Toxicity. EPA 712-C-98-190.
- Furqon. 2009. *Statistika Terapan untuk Penelitian*. Cetakan ketujuh. ALFABETA: Bandung.
- Gunnarsson, C.C. dan Petersen, C.M. (2007). *Water Hyacinths as A Resource in Agriculture and Energy Production: A Literature Review*. Waste Management No.27, hal.117–129. Elsevier Ltd.
- Gercel, O., Gercel, H. F., Koparal, A. S. and U.B.Outveren (2008) *Removal of disperse dye from aqueous solution by novel adsorbent prepared from biomass plant material*. *Journal of Hazardous Materials*, 160: 668-674.
- Gregory, Peter. 2006. *Plant Roots, Growth, Activity and Interaction with Soils*. Australia : Black Well.
- Guyton AC dan Hall JE. 1997. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Ed ke-9. Setiawan I, Tengadi KA, Santoso A, Penerjemah: Setiawan I, Editor. Jakarta. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Terjemahan dari : *Textbook of Medical Physiology*.
- Hamdaoui, O. and Chiha, M., 2006, *Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran*, *Acta Chim*. 54 : 407–418
- Heddy, S., S.B Soemitro, dan S. Soekartomo. 1986. *Pengantar Ekologi*. Penerbit Rajawali. Jakarta
- Herjanto, Eddy. 2008. *Manajemen Operasi*. Edisi Ketiga. Jakarta: Grasindo
- Iman, F.R. 2002. *Pengamatan Perubahan parameter Fisika – Kimia Air Akibat Penutupan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Dalam Bak Semen*. *Jurnal Central Kalimantan Fisheries*. 3(2) : 59-64



- Kah, A., Norhashimah, M., Jie, Q., 2016. *Phytoremediation of Methylene Blue and Methyl Orange Using Eichhornia crassipes*. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 7, No. 10
- Karenlampi, S.K., Schat, H., Vangronsveld, J., Verkleij, J. A. C., van der Lelie, D., Mergeay, M. Tervahauta A.I. 2000. *Genetic Engineering in the Improvement of Plants for Phytoremediation of Metal Polluted Soils*. *Environ. Pollut*, 107, hal 225–231.
- Kim, H.T., Lee, Y., Yang, J., Lee, B., Park, C.H., Kim, S., 2004. *Decolorization of dye solution by a membrane bioreactor (MBR) using white-rot fungi*. *Desalination* 168, 287–293.
- Kurniawan, M.W., Purwanto,P., dan Sudarso,S. 2013. *Strategi Pengelolaan Air Limbah Sentra UMKM Batik yang Berkelanjutan di Kabupaten Sukoharjo* . *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 11(2), hal. 62-72.
- Laksono, S., 2012. *Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter*. Tugas Akhir. Universitas Indonesia, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan. Depok
- Mall, I.D. , Srivastva, V. C., Kumar, G. V. A. and I. M. Mishra., 2006. *Characterization of mesoporous fertilizer plant waste carbon for adsorptive removal of dyes from aqueous solution*. *Colloids and Surfaces*. 278: 175-187.
- Manashika,2015. *Analisis Pengaruh Variasi Densitas Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) pada Fitoremediasi Limbah Cair Kopi*. [Skripsi]. Jurusan Teknik Pertanian. Universitas Jember.
- Mangkoediharjo, S. 1999. *Ekotoksikologi dan Keteknikan*. Jurusan Teknik Lingkungan. Surabaya
- Mangkoedihardjo, S dan Samudro. 2009. *Ekotoksikologi Teknosfer*. Penerbit Guna Widya. Surabaya
- Mangkoedihardjo, S dan Samudro. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Graha Ilmu: Yogyakarta
- Mukti, A.M. 2008. *Penggunaan Tumbuhan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Sebagai Pre Treatment Pengolahan Air Minum Pada Air Selokan Mataram*. Tugas Akhir untuk Memperoleh Gelar Sarjana, Ull, Yogyakarta.

- Munir, Erman. 2006. *Pemanfaatan Mikroba Dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif Untuk Lingkungan*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Muthunarayanan, Santhiya. M, Swabna. V, Geetha. A., 2011. *Phytodegradation of textile dyes by Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) from aqueous dye solutions*. Department of Environmental Biotechnology, School of Environmental Sciences, Bharathidasan University, Trichy620024
- Mutschler E. 1991. *dinamika Obat*. Ed ke-5. Mathilda B, Widiyanto, Penerjemah. Bandung. Penerbit ITB. Terjemahan dari Arzneimittel wirkungen 5 Vollig neurbear beitete und ewwiterteauflage.
- Nigam, P., Armour, G., Banat, I.M., Singh, D., Marchant, R., 2000. *Physical removal of textile dyes effluents and solid-state fermentation of dye-adsorbed, agricultural residues*. *Bioresour. Technol.* 72, 219–266.
- Park, C.H., Lee, M., Lee, B., Kim, S.W., Chase, H.A., Lee, J., Kim, S., 2006. *Biodegradation and biosorption for decolorization of synthetic dyes by funaliatropi*. *J. Biochem. Eng.*, 1–7.
- Pivetz, B.E. 2001. *Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground water at Hazardous Waste Sites*. Man Tech Environmental Resources Services Corporation, Ada, Ok, 36pp
- Puspita, dkk. 2011. *Kemampuan Tumbuhan Air sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang terdapat pada Limbah Cair Industri Batik*. *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*. Vol 39. No. 1. ISSN 0126-4265.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya*. Sekretariat Daerah Provinsi Jawa Timur.
- Permana, D. 2003. *Keanekaragaman Makrobentos di Bendungan Bapang dan Bendungan Ngablabaan Sragen*. [Skripsi]. Surakarta: Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret.
- Rambe, A. 2009. *Pemanfaatan Biji Kelor Moringa oleifera Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan*

- Limbah Cair Industri Tekstil. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara Medan
- Sanjaya, 2014. *Degradasi Metilen Biru dan Metil Violet oleh Fotokatalis*. Jurusan Kimia. Fmipa UNP Padang, 25131
- Simanjuntak, 2014. Uji Toksisitas Ekstrak Daun (*Myristica fragrans Houtf*) dengan Metodr Brine Shrimp Lethality Test (BSLT)
- Suelee, A. L. 2015. *Phytoremediation Potential of Vetiver Grass (Vetiverie zozanioides) for Water Contaminated with Selected Heavy Metal*. Project Report for the Degree of Bachelor of Environmental Science and Technology, Universiti Putra Malaysia.
- Suteu, D.; Zaharia, C. & Malutan, T. 2011. Removal of Orange 16 reactive dye from aqueous solution by wasted sunflower seed shells. *Journal of the Serbian Chemical Society*, Vol.178, No.3, pp.907-924
- Selvam, K;K. Swaminathan and Keon-Sang Chae. 2003. Decolourization of azo dyes and a dye industry effluent by a white rot fungus *Thelephora* sp. *Bioresource Technology* 88. 115-119
- Soedarsono, 2014. *Kemampuan Eceng Gondok (Eichhornia sp.), Kangkung Air (Ipomea sp.), Kayu Apu (Pistia sp.) Dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium)*. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
- Syafrudin. dkk, 2012. *Pengaruh Waktu Tinggal dan Jumlah Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.) Terhadap Penurunan Konsentrasi BOD, COD, dan Warna*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Uversitas Diponegoro.
- Taufik, M. 2013. *Komparasi Pemberian Air Irigasi Dengan Sistim Continous Flow dan Intermittent Flow*. *Surya Beton*, 1(1).
- Tee, H.C., Seng, C.E., dan Lim Noor, A. Md, P.E. 2009. *Performance comparison of constructed wetlands with gravel- and rice husk-based media for phenol and nitrogen removal*. *Sci. Total Environ*, 407, hal. 3563–3571.

- United State-Environmental Protection Agency (USEPA). 2002. *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluent and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*. 5th Edition, October 2002. EPA-821-R-02-012.U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Vamerali, T., Bandiera, M., Coletto, C., Zanetti, F., Dickinson, N.M., dan Mosca, G. 2009. *Phytoremediation Trial on Metals and Arsenic Contaminated Pyrate Wastes (Torviscosa, Italy)*. *Environmental Pollution*, 157: 887-894.
- Vasanthi M, Geetha A, Jeganathan M, Bhuvanewari M. 2006. "Phytoremediation of aqueous dye solution using blue devil (*Eichhornia crassipes*)". *Journal of Current Sciences*, 9 / 2, pp 903906.
- Widiastuti, 2009. *Adsorpsi Metilen Biru dengan Abu Dasar PT. IPMOMI Probolinggo Jawa Timur dengan Metode Kolom*. Jurusan Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Noipember. Surabaya
- Yamlean, Paulina. 2011. Identifikasi dan Penetapan Kadar Rhodamin B di Kota Manado. Program Studi Farmasi FMIPA Universitas Sam Ratulangi Manado, 95115
- Yulianto, A., Hakim, L., Purwaningsih, I., dan Pravitasari, V. A. 2009. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium dengan Menggunakan Metode lektrokoagulasi. *Jurnal Teknik* Vol 5 (1).
- Zaharia, C.; Suteu, D.; Muresan, A.; Muresan, R. & Popescu, A. 2009. *Textile wastewater treatment by homogenous oxidation with hydrogen peroxide*. *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol.8, No.6, pp.1359-1369.

## LAMPIRAN A 1

### PROSEDUR ANALISI LABORATORIUM

#### 1. Prosedur Analisa Warna secara Spektrofotometri

##### 3. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Metoda alat spektrofotometri yaitu sampel yang diukur mempunyai kecenderungan menyerap pancaran dari gelombang elektromagnetik, sehingga pada panjang gelombang tertentu dapat terlihat.

Alat spektrofotometer yang digunakan dapat langsung memperlihatkan absorbansi. Kemudian dengan membuat pembacaan pada beberapa konsentrasi yang diukur absorbansinya pada panjang gelombang tertentu, dapat digambarkan kurva kalibrasi dan persamaan regresinya.

Prosedur pembuatan kurva kalibrasi dilakukan dengan langkah berikut:

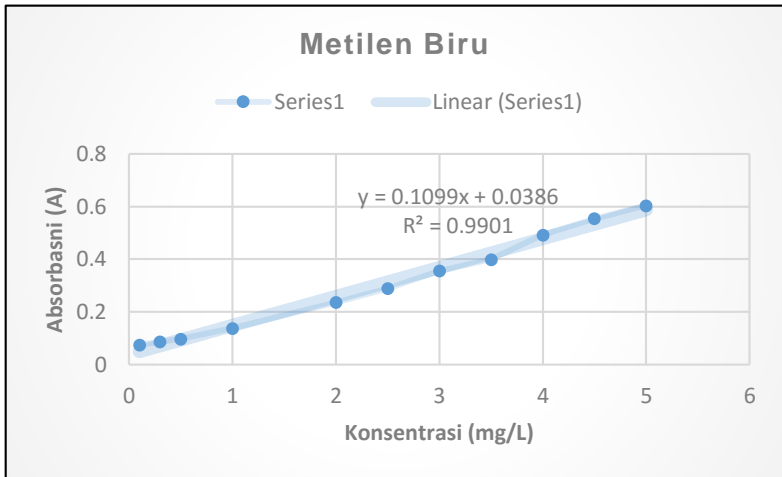
1. Membuat larutan untuk kalibrasi dengan 0,1 ; 0,3 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 3,5 ; 4 ; 4,5 ; 5 mg/l
2. Melakukan pembacaan pada spektrofotometri
3. Didapatkan nilai absorbansi pada masing-masing konsentrasi tersebut
4. Plot kurva kalibrasi pada grafik antara nilai absorbansi dan konsentrasi warna sebagai (mg/l), masing-masing warna rhodamin B, metilen biru, dan metil violet

**Tabel LA.1** Data Kalibrasi Warna Metilen Biru

Metilen Biru	
mg/l	A
0,1	0,075
0,3	0,086
0,5	0,097
1	0,138
2	0,236
2,5	0,289

**Tabel LA.1** Data Kalibrasi Warna Metilen Biru (Lanjutan)

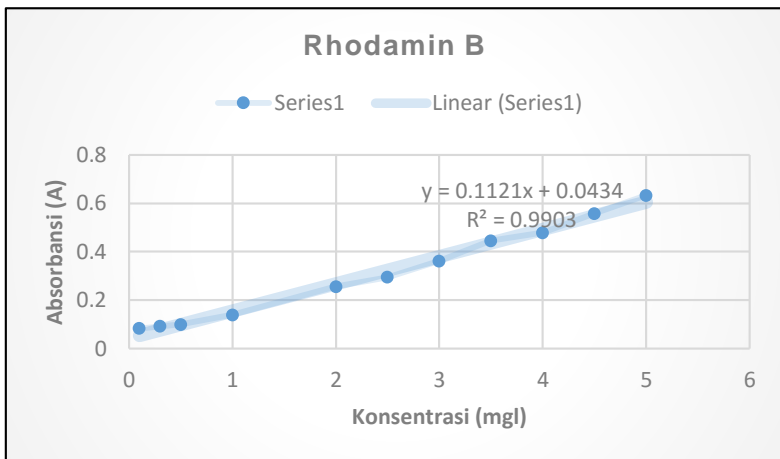
Metilen Biru	
mg/l	A
3	0,356
3,5	0,399
4	0,493
4,5	0,554
5	0,604



**Gambar LA.1** Hasil Regresi Warna Metilen Biru

**Tabel LA.2** Data Kalibrasi Warna Rhodamin B

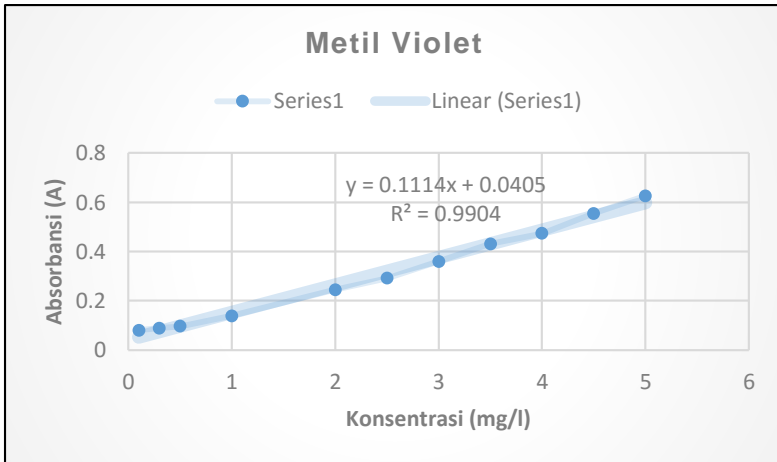
Rhodamin B	
mg/l	A
0,1	0,083
0,3	0,092
0,5	0,099
1	0,139
2	0,256
2,5	0,294
3	0,362
3,5	0,445
4	0,478
4,5	0,558
5	0,632



**Gambar LA.2** Hasil Regresi Warna Rhodamin B

**Tabel LA.3** Data Kalibrasi Warna Metil Violet

Metil Violet	
mg/l	A
0,1	0,08
0,3	0,089
0,5	0,096
1	0,139
2	0,245
2,5	0,291
3	0,36
3,5	0,431
4	0,473
4,5	0,555
5	0,626



**Gambar LA.3** Hasil Regresi Warna Metil Violet



## LAMPIRAN B 2

### DATA HASIL ANALISIS

#### 1. Data Propagasi

Tabel LB.1 Panjang Tumbuhan *P.stratiotes*

Hari Ke	Panjang Tumbuhan (cm)
0	2,9
3	3
6	3,2
9	4
12	4,1
15	5
18	5,3
21	5,5
24	5,7
27	6
30	6,3
33	6,9
36	8,2
39	8,7
42	9,4
45	14
48	14,9
51	15,4
54	15,9
57	16,9
60	17,6
63	18
66	22,5
69	22,5
72	22,5
75	22,7

**Tabel LB.2** Lebar Daun *P.stratiotes*

Hari Ke	Lebar Daun (cm)
0	1,4
3	1,6
6	2
9	3
12	3,1
15	3,2
18	3,5
21	4
24	4,5
27	5
30	5,2
33	5,3
36	5,8
39	5,6
42	5,6
45	7
48	7,1
51	7,4
54	7,8
57	8,4
60	8,9
63	9,1
66	10,4
69	10,4
72	10,4
75	10,4

**Tabel LB.3** Jumlah Daun *P.stratiotes*

Hari Ke	Jumlah Daun (helai)
0	2
3	2
6	2
9	2
12	2
15	2
18	2
21	3
24	3
27	3
30	3
33	3
36	4
39	4
42	4
45	5
48	5
51	5
54	5
57	6
60	6
63	6
66	7
69	7
72	7
75	7

**Tabel LB.4** Panjang Tumbuhan *E.crassipes*

Hari Ke	Panjang Tumbuhan (cm)
0	9
3	9,2
6	9,5
9	9,9
12	10,4
15	10,6
18	10,9
21	11
24	13,3
27	14,2
30	19
33	19,5
36	19,9
39	20,1
42	20,4
45	21
48	21,5
51	22,7
54	23,3
57	23,9
60	24,6
63	25,9
66	26,7
69	27
72	27
75	27

**Tabel LB.5** Lebar Daun *E.crassipes*

Hari Ke	Lebar Daun (cm)
0	2
3	2,1
6	2,3
9	2,5
12	2,5
15	2,5
18	2,9
21	3,1
24	3,1
27	3,1
30	3,2
33	3,7
36	4,3
39	4,7
42	5,3
45	5,7
48	6,3
51	6,7
54	7
57	7,1
60	8,8
63	9
66	9
69	9
72	9
75	9

## 2. Data Uji warna

**Tabel LB.6** Data Uji Warna Tumbuhan *E.crassipes* pada Rhodamin B

Tumbuhan Eceng Gondok						
Pewarna Rhodamin B						
Hari Ke	R1 (mg/L)	A	R2 (mg/L)	A	Kontrol (mg/L)	A
0	22,46	2,560	22,47	2,561	22,50	2,566
2	15,95	1,832	15,94	1,830	16,55	1,899
4	15,94	1,830	15,92	1,828	16,39	1,881
6	15,72	1,806	15,73	1,807	16,35	1,876
8	15,38	1,768	15,36	1,766	15,96	1,832
10	15,05	1,730	15,05	1,730	15,81	1,815
12	14,86	1,709	14,87	1,710	15,70	1,803
14	14,63	1,683	14,65	1,685	15,55	1,786
16	12,44	1,438	12,45	1,439	14,39	1,656
18	12,26	1,418	12,27	1,419	13,94	1,606
20	12,07	1,396	12,00	1,389	13,37	1,587
22	11,86	1,373	11,84	1,371	13,27	1,531
24	11,70	1,355	11,71	1,356	12,68	1,465
26	11,30	1,310	11,29	1,309	12,39	1,432
28	10,99	1,276	10,94	1,271	10,90	1,265
30	10,93	1,269	10,92	1,268	10,85	1,260

**Tabel LB.7** Data Uji Warna Tumbuhan *E.crassipes* pada Metilen Biru

Tumbuhan Eceng Gondok						
Pewarna Metilen Biru						
Hari Ke	R1 (mg/L)	A	R2 (mg/L)	A	Kontrol (mg/L)	A
0	20,11	2,249	20,11	2,249	20,16	2,253
2	15,61	1,754	15,59	1,752	16,54	1,854
4	15,50	1,750	15,54	1,748	16,20	1,819
6	15,54	1,746	15,55	1,747	16,02	1,799
8	13,57	1,530	13,56	1,529	14,94	1,680
10	12,91	1,457	12,92	1,458	14,48	1,630
12	12,65	1,429	12,65	1,429	14,09	1,587
14	12,44	1,406	12,45	1,407	13,83	1,558
16	12,26	1,386	12,22	1,382	13,39	1,510
18	11,36	1,287	11,35	1,286	13,10	1,478
20	10,91	1,238	10,90	1,237	12,93	1,460
22	9,74	1,109	9,76	1,111	10,79	1,225
24	8,56	0,989	8,63	0,987	10,66	1,210
26	8,53	0,976	8,54	0,977	10,45	1,187
28	8,42	0,964	8,39	0,961	8,34	0,955
30	8,36	0,957	8,34	0,955	8,29	0,950

**Tabel LB.8** Data Uji Warna Tumbuhan *E.crassipes* pada Metil Violet

Tumbuhan Eceng Gondok						
Pewarna Metil Violet						
Hari Ke	R1 (mg/L)	A	R2 (mg/L)	A	Kontrol (mg/L)	A
0	21,90	2,480	21,90	2,480	21,92	2,482
2	15,38	1,754	15,35	1,751	15,94	1,752
4	15,18	1,732	15,20	1,734	15,88	1,733
6	14,41	1,646	14,43	1,648	15,58	1,649
8	13,39	1,532	13,38	1,531	14,52	1,535
10	13,19	1,510	13,21	1,512	14,10	1,512
12	12,87	1,474	12,89	1,476	13,89	1,477
14	12,68	1,453	12,70	1,455	13,55	1,457
16	12,37	1,418	12,39	1,420	13,17	1,421
18	12,10	1,388	12,02	1,379	12,89	1,383
20	11,87	1,363	11,84	1,360	12,60	1,365
22	11,60	1,333	11,62	1,335	12,17	1,338
24	11,29	1,298	11,27	1,296	11,60	1,299
26	11,09	1,276	11,11	1,278	11,32	1,279
28	10,95	1,260	10,98	1,263	10,86	1,260
30	10,88	1,253	10,86	1,250	10,81	1,245



**Tabel LB.9** Data Uji Warna Tumbuhan *P.stratiotes* pada Rhodamin B

Tumbuhan Kayu Apu						
Pewarna Rhodamin B						
Hari Ke	R1 (mg/L)	A	R2 (mg/L)	A	Kontrol (mg/L)	A
0	22,40	2,555	22,42	2,557	22,52	2,567
2	7,53	0,888	7,51	0,885	8,19	0,962
4	7,52	0,886	7,49	0,883	8,11	0,953
6	7,50	0,885	7,47	0,881	7,87	0,926
8	6,47	0,769	6,46	0,768	7,22	0,853
10	6,14	0,732	6,12	0,730	6,95	0,822
12	5,97	0,713	5,98	0,714	6,76	0,801
14	5,84	0,698	5,86	0,701	6,69	0,793
16	5,80	0,694	5,81	0,695	6,24	0,743
18	5,55	0,666	5,56	0,667	5,85	0,699
20	5,50	0,660	5,51	0,661	5,72	0,685
22	5,41	0,650	5,44	0,653	5,55	0,666
24	5,32	0,640	5,33	0,641	5,42	0,651
26	5,14	0,620	5,16	0,622	5,39	0,648
28	4,97	0,600	4,99	0,603	4,95	0,598
30	4,92	0,595	4,93	0,596	4,89	0,592

**Tabel LB.10** Data Uji Warna Tumbuhan *P.stratiotes* pada Metilen Biru

Tumbuhan Kayu Apu						
Pewarna Metilen Biru						
Hari Ke	R1 (mg/L)	A	R2 (mg/L)	A	Kontrol (mg/L)	A
0	20,20	2,258	20,20	2,258	20,28	2,266
2	7,53	0,866	7,53	0,869	8,11	0,930
4	7,52	0,865	7,51	0,864	7,89	0,906
6	7,22	0,832	7,21	0,831	7,79	0,895
8	6,30	0,731	6,29	0,730	7,50	0,863
10	6,11	0,710	6,13	0,712	7,16	0,826
12	6,02	0,700	6,00	0,698	6,81	0,787
14	5,99	0,697	5,97	0,695	6,57	0,761
16	5,97	0,695	5,95	0,693	6,45	0,748
18	5,92	0,689	5,93	0,690	6,10	0,709
20	5,84	0,680	5,86	0,683	5,95	0,693
22	5,59	0,653	5,57	0,651	5,90	0,687
24	5,48	0,641	5,49	0,642	5,71	0,666
26	5,38	0,630	5,42	0,634	5,54	0,648
28	5,24	0,615	5,20	0,610	5,19	0,609
30	5,11	0,600	5,12	0,601	5,09	0,598

**Tabel LB.11** Data Uji Warna Tumbuhan *P.stratiotes* pada Metil Violet

Tumbuhan Kayu Apu						
Pewarna Metil Violet						
Hari Ke	R1 (mg/L)	A	R2 (mg/L)	A	Kontrol (mg/L)	A
0	21,98	2,489	21,98	2,489	21,90	2,481
2	13,46	1,540	13,44	1,538	14,70	1,678
4	13,37	1,530	13,38	1,531	14,29	1,632
6	13,33	1,525	13,32	1,524	14,08	1,609
8	12,91	1,479	12,92	1,480	13,92	1,591
10	11,11	1,278	11,12	1,279	12,08	1,386
12	10,82	1,246	10,84	1,248	11,78	1,353
14	10,76	1,239	10,75	1,238	11,47	1,318
16	10,63	1,225	10,63	1,225	11,19	1,286
18	10,49	1,209	10,50	1,210	10,88	1,253
20	10,44	1,203	10,43	1,202	10,73	1,236
22	10,36	1,195	10,35	1,194	10,57	1,218
24	10,32	1,190	10,30	1,188	10,46	1,206
26	10,28	1,186	10,26	1,184	10,36	1,195
28	9,99	1,154	9,95	1,150	9,93	1,147
30	9,95	1,150	9,93	1,147	9,91	1,144

**Tabel LB.12 % Removal Warna pada Tumbuhan *E.crassipes* pada Rhodamin B**

<b>Tumbuhan Eceng Gondok</b>			
<b>Rhodamin B (% removal)</b>			
<b>Hari Ke</b>	<b>EGRB 1</b>	<b>EGRB 1</b>	<b>EGKRB</b>
0	0%	0%	0%
2	29%	29%	26%
4	29%	29%	27%
6	30%	30%	27%
8	32%	32%	29%
10	33%	33%	30%
12	34%	34%	30%
14	35%	35%	31%
16	45%	45%	36%
18	45%	45%	38%
20	46%	47%	39%
22	47%	47%	41%
24	48%	48%	44%
26	50%	50%	45%
28	51%	51%	52%
30	51%	51%	52%

**Tabel LB.13** % Removal Warna pada Tumbuhan *E.crassipes* pada Metilen Biru

<b>Tumbuhan Eceng Gondok</b>			
<b>Metilen Biru (% removal)</b>			
<b>Hari Ke</b>	<b>EGMB 1</b>	<b>EGMB 1</b>	<b>EGKMB</b>
0	0%	0%	0%
2	23%	23%	18%
4	23%	23%	20%
6	23%	23%	21%
8	33%	33%	26%
10	36%	36%	28%
12	37%	37%	30%
14	38%	38%	31%
16	39%	39%	34%
18	44%	44%	35%
20	46%	46%	37%
22	52%	52%	47%
24	57%	57%	47%
26	58%	58%	48%
28	58%	58%	59%
30	59%	59%	59%

**Tabel LB.14** % Removal Warna pada Tumbuhan *E.crassipes* pada Metil Violet

<b>Tumbuhan Eceng Gondok</b>			
<b>Metil Violet (% removal)</b>			
<b>Hari Ke</b>	<b>EGMV 1</b>	<b>EGMV 1</b>	<b>EGKMV</b>
0	0%	0%	0%
2	30%	30%	27%
4	31%	31%	28%
6	34%	34%	29%
8	39%	39%	34%
10	40%	40%	36%
12	41%	41%	37%
14	42%	42%	38%
16	44%	44%	40%
18	45%	45%	41%
20	46%	46%	43%
22	47%	47%	45%
24	49%	49%	47%
26	50%	49%	48%
28	50%	50%	51%
30	51%	51%	51%

**Tabel LB.15** % Removal Warna pada Tumbuhan *P.stratiotes* pada Rhodamin B

<b>Tumbuhan Kayu Apu</b>			
<b>Rhodamin B (% removal)</b>			
<b>Hari Ke</b>	<b>KARB 1</b>	<b>KARB 1</b>	<b>KAKRB</b>
0	0%	0%	0%
2	67%	67%	64%
4	67%	67%	64%
6	67%	67%	65%
8	71%	71%	68%
10	73%	73%	69%
12	73%	73%	70%
14	74%	74%	70%
16	74%	74%	72%
18	75%	75%	74%
20	76%	75%	75%
22	76%	76%	75%
24	76%	76%	76%
26	77%	77%	76%
28	78%	78%	78%
30	78%	78%	78%

**Tabel LB.16** % Removal Warna pada Tumbuhan *P.stratiotes* pada Metilen Biru

<b>Tumbuhan Kayu Apu</b>			
<b>Metilen Biru (% removal)</b>			
<b>Hari Ke</b>	<b>KAMB 1</b>	<b>KAMB 1</b>	<b>KAKMB</b>
0	0%	0%	0%
2	63%	63%	60%
4	63%	63%	61%
6	64%	64%	61%
8	69%	69%	63%
10	70%	70%	65%
12	70%	70%	66%
14	70%	70%	67%
16	70%	71%	68%
18	71%	71%	70%
20	71%	71%	71%
22	72%	72%	71%
24	73%	73%	72%
26	73%	73%	73%
28	74%	74%	74%
30	75%	75%	75%



**Tabel LB.17** % Removal Warna pada Tumbuhan *P.stratiotes* pada Metil Violet

<b>Tumbuhan Kayu Apu</b>			
<b>Metil Violet (% removal)</b>			
<b>Hari Ke</b>	<b>KAMV 1</b>	<b>KAMV 1</b>	<b>KAKMV</b>
0	0%	0%	0%
2	39%	39%	33%
4	39%	39%	35%
6	39%	39%	36%
8	41%	41%	37%
10	49%	49%	45%
12	51%	51%	46%
14	51%	51%	48%
16	52%	52%	49%
18	52%	52%	51%
20	53%	53%	51%
22	53%	53%	52%
24	53%	53%	52%
26	53%	53%	53%
28	55%	55%	55%
30	55%	55%	55%

### 3. Data Uji pH

**Tabel LB.12** Data Uji pH pada Rhodamin B

	UJI PH (RODHAMIN B)							
Hari ke	KA 1	KA 2	Kontrol 1 (KA)	Kontrol 2(KA)	EG 1	EG 2	Kontrol 1 (EG)	Kontrol 2(EG)
0	8,52	8,49	8,89	8,55	8,38	8,31	8,92	8,23
2	8,42	8,48	8,81	8,51	8,33	8,26	8,83	8,35
4	8,43	8,70	8,54	8,61	8,80	8,79	8,78	8,81
6	8,56	7,83	8,87	8,67	8,76	8,75	7,73	7,82
8	8,52	7,50	7,56	8,73	7,86	8,65	7,62	7,73
10	8,14	7,07	7,62	7,47	7,57	7,58	7,53	7,65
12	7,46	7,04	7,53	7,48	7,47	7,43	7,51	7,61
14	7,35	7,15	7,39	7,43	7,41	7,43	7,46	7,55
16	7,49	7,43	7,52	7,53	7,35	7,39	7,41	7,52
18	7,59	7,53	7,42	7,53	7,33	7,32	7,37	7,46
20	7,40	7,45	7,41	7,46	7,29	7,25	7,31	7,37
22	7,35	7,38	7,31	7,42	7,25	7,22	7,26	7,31
24	7,29	7,30	7,32	7,36	7,21	7,19	7,25	7,27
26	7,25	7,31	7,38	7,32	7,15	7,16	7,24	7,21
28	7,30	7,29	7,15	7,35	7,20	7,19	7,13	7,13
30	7,27	7,27	7,22	7,21	7,17	7,16	7,11	7,10

**Tabel LB.13** Data Uji pH pada Metilen Biru

	<b>UJI PH (METILEN BIRU)</b>							
Hari ke	KA 1	KA 2	Kontrol 1(KA)	Kontrol 2(KA)	EG 1	EG 2	Kontrol 1(EG)	Kontrol 2(EG)
0	8,55	8,73	8,75	8,95	8,69	8,76	8,84	8,75
2	8,52	8,48	8,81	8,89	8,65	8,74	8,21	8,35
4	8,32	8,36	8,72	8,61	8,63	8,73	8,30	8,29
6	7,98	8,01	7,92	7,87	8,62	7,71	8,12	8,24
8	7,93	7,69	7,92	7,88	7,96	7,68	7,98	7,69
10	7,64	7,58	7,86	7,82	7,60	7,63	7,63	7,64
12	7,75	7,48	7,83	7,78	7,54	7,56	7,62	7,55
14	7,64	7,36	7,79	7,73	7,48	7,53	7,59	7,53
16	7,62	7,42	7,72	7,63	7,46	7,48	7,56	7,48
18	7,52	7,39	7,62	7,55	7,41	7,46	7,51	7,45
20	7,44	7,35	7,58	7,49	7,37	7,39	7,45	7,43
22	7,39	7,29	7,47	7,44	7,31	7,37	7,38	7,39
24	7,27	7,25	7,41	7,36	7,25	7,28	7,34	7,47
26	7,19	7,24	7,36	7,31	7,21	7,22	7,31	7,34
28	7,30	7,29	7,20	7,20	7,30	7,31	7,20	7,18
30	7,27	7,28	7,16	7,17	7,25	7,26	7,17	7,17

**Tabel LB.14** Data Uji pH pada Metil Violet

Hari Ke	UJI PH (METIL VIOLET)							
	KA 1	KA 2	Kontrol 1(KA)	Kontrol 2(KA)	EG 1	EG 2	Kontrol 1 (EG)	Kontrol 2 (EG)
0	8,79	8,89	8,76	8,69	8,83	8,98	8,86	8,52
2	8,73	8,74	8,74	8,74	8,76	8,84	8,83	8,52
4	8,74	8,80	8,70	8,74	8,72	8,74	8,73	8,73
6	8,60	8,73	8,62	8,67	8,70	8,66	8,64	8,62
8	7,83	7,57	7,89	7,87	8,02	8,32	7,76	7,75
10	7,49	7,51	7,69	7,74	7,57	7,57	7,69	7,65
12	7,45	7,48	7,59	7,63	7,49	7,47	7,62	7,63
14	7,43	7,43	7,58	7,57	7,47	7,42	7,57	7,58
16	7,39	7,38	7,55	7,53	7,43	7,39	7,53	7,53
18	7,35	7,36	7,48	7,48	7,39	7,35	7,49	7,48
20	7,29	7,33	7,42	7,45	7,35	7,29	7,47	7,45
22	7,25	7,28	7,39	7,37	7,29	7,27	7,42	7,37
24	7,20	7,21	7,34	7,34	7,18	7,19	7,37	7,33
26	7,16	7,15	7,28	7,29	7,11	7,12	7,31	7,28
28	7,24	7,23	7,14	7,13	7,27	7,25	7,10	7,09
30	7,20	7,19	7,12	7,12	7,24	7,23	7,09	7,09

#### 4. Data uji suhu

Tabel LB.15 Data Uji Suhu pada Rhodamin B

Hari Ke	UJI SUHU (RODHAMIN B)							
	KA 1	KA 2	Kontrol 1 (KA)	Kontrol 2 (KA)	EG 1	EG 2	Kontrol 1 (EG)	Kontrol 2 (EG)
0	27	26	27	23	24	27	24	27
2	27	28	27	28	24	25	28	27
4	25	26	26	26	26	26	26	26
6	28	27	28	28	25	27	23	24
8	26	27	25	28	27	29	28	25
10	24	27	27	27	26	24	28	27
12	26	26	28	27	27	24	27	26
14	26	26	26	28	26	25	26	25
16	23	26	27	27	26	27	28	27
18	26	27	28	26	27	28	28	28
20	27	27	25	28	25	28	27	28
22	25	28	27	29	27	28	26	27
24	27	29	27	27	28	27	28	28
26	28	28	28	26	26	27	28	27
28	27	27	27	26	28	28	27	27
30	28	28	28	28	28	27	27	28

**Tabel LB.16** Data Uji Suhu pada Metien Biru

Hari Ke	UJI SUHU (METILEN BIRU)							
	KA 1	KA 2	Kontrol 1 (KA)	Kontrol 2(KA)	EG 1	EG 2	Kontrol 1(EG)	Kontrol 2(EG)
0	28	28	28	24	26	28	29	28
2	28	28	29	28	27	24	27	26
4	26	26	27	28	27	27	26	27
6	25	23	25	23	25	26	26	26
8	26	27	25	28	24	26	26	27
10	27	27	27	27	26	27	28	27
12	27	27	29	28	28	28	25	28
14	26	26	24	27	27	26	27	28
16	28	28	27	28	27	28	28	24
18	27	27	25	26	27	27	27	26
20	28	28	27	27	27	27	25	28
22	26	26	27	27	26	28	27	27
24	27	27	28	28	28	27	27	27
26	27	28	28	27	28	29	28	28
28	28	27	27	27	28	28	28	27
30	28	27	27	28	27	27	28	27

**Tabel LB.17** Data Uji Suhu pada Metil Violet

Hari Ke	UJI SUHU (METIL VIOLET)							
	KA 1	KA 2	Kontrol 1(KA)	Kontrol 2(KA)	EG 1	EG 2	Kontrol 1(EG)	Kontrol 2(EG)
0	27	28	24	28	26	29	29	28
2	27	29	28	28	29	28	24	27
4	26	26	26	27	27	27	26	27
6	26	26	26	26	26	27	25	27
8	25	24	25	27	25	26	26	27
10	27	28	28	28	27	26	28	27
12	26	27	28	28	27	28	24	24
14	26	27	27	28	26	26	25	26
16	27	28	28	26	27	27	28	27
18	27	28	28	27	26	25	27	28
20	26	27	28	28	28	26	26	28
22	28	26	27	28	27	25	26	29
24	27	28	28	29	28	27	25	29
26	27	28	29	28	27	28	27	28
28	28	28	28	27	29	29	28	28
30	27	28	27	27	28	29	29	28

## 5. Data Analisa Morfologi

Tabel LB.18 Data Panjang Tumbuhan *E.crassipes* pada Rhodamin B

Pewarna Rhodamin B			
Panjang Tumbuhan Eceng Gondok (cm)			
Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 2
0	24,6	25	22
2	24,7	25,4	22,6
4	25,2	25,4	22,6
6	25,3	25,5	22,8
8	25,7	25,5	23,1
10	25,7	25,6	23,3
12	25,7	25,7	23,4
14	25,9	25,8	23,4
16	26	25,8	23,5
18	26,1	25,8	23,9
20	26,1	25,9	24
22	26,4	26,1	24,3
24	26,7	26,3	24,4
26	26,8	26,5	24,6
28	27	26,7	24,9
30	27,1	26,8	25,1



**Tabel LB.19** Data Lebar Daun *E.crassipes* pada Rhodamin B

<b>Pewarna Rhodamin B</b>			
<b>Lebar Daun Eceng Gondok (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>EG 1</b>	<b>EG 2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	8,8	8,5	8,1
2	8,9	8,8	8,2
4	9,2	8,9	8,5
6	9,3	9	8,9
8	9,3	9,1	9
10	9,3	9,2	9
12	9,4	9,2	9,2
14	9,4	9,3	9,2
16	9,5	9,4	9,3
18	9,6	9,5	9,3
20	9,6	9,5	9,4
22	9,8	9,6	9,5
24	9,9	9,6	9,5
26	9,9	9,6	9,6
28	10,1	9,8	9,7
30	10,2	9,9	9,8

**Tabel LB.20** Data Panjang Tumbuhan *P.stratiotes* pada Rhodamin B

<b>Pewarna Rhodamin B</b>			
<b>Panjang Tumbuhan Kayu Apu (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>KA1</b>	<b>KA2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	14,1	14,2	13,6
2	14,3	14,2	13,7
4	14,5	14,3	13,9
6	14,5	14,5	14,1
8	14,5	14,6	14,3
10	14,6	14,6	14,3
12	14,7	14,6	14,4
14	14,7	14,7	14,5
16	14,9	15	14,7
18	15	15,3	14,9
20	15,3	15,7	15
22	15,8	15,9	15,4
24	16,1	16,3	15,8
26	16,4	16,5	16
28	16,5	16,5	16,1
30	16,7	16,6	16,1

**Tabel LB.21** Data Lebar Daun *P.stratiotes* pada Rhodamin B

<b>Pewarna Rhodamin B</b>			
<b>Lebar Daun Kayu Apu (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>KA1</b>	<b>KA2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	7,3	7,7	7
2	7,5	7,9	7,3
4	7,6	8,1	7,4
6	7,9	8,1	7,5
8	8	8,2	7,8
10	8,1	8,3	7,9
12	8,2	8,4	7,9
14	8,2	8,5	8
16	8,4	8,6	8,2
18	8,4	8,7	8,2
20	8,4	8,7	8,3
22	8,6	8,7	8,4
24	8,6	8,8	8,4
26	8,9	8,8	8,5
28	8,9	8,8	8,6
30	9,1	8,9	8,6

**Tabel LB.22** Data Jumlah Daun *P.stratiotes* pada Rhodamin B

<b>Pewarna Rhodamin B</b>			
<b>Jumlah Daun Kayu Apu (helai)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>KA1</b>	<b>KA2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	5	5	4
2	5	5	4
4	5	5	4
6	5	5	4
8	5	5	5
10	5	5	5
12	5	6	5
14	6	6	5
16	6	6	6
18	6	6	6
20	6	6	6
22	6	6	6
24	6	6	6
26	6	6	6
28	6	6	6
30	6	6	6

**Tabel LB.23** Data Panjang Tumbuhan *E.crassipes* pada Metilen Biru

Pewarna Metilen Biru			
Panjang Tumbuhan Eceng Gondok (cm)			
Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 2
0	24,2	24,9	22,6
2	24,5	25	22,7
4	24,9	25,4	23
6	25,3	25,5	23,1
8	25,5	25,6	23,2
10	25,5	25,7	23,2
12	25,6	25,7	23,3
14	25,6	25,7	23,3
16	25,7	25,7	23,6
18	25,9	25,8	23,8
20	26,1	26,2	24,3
22	26,3	26,5	24,7
24	26,5	26,7	25,1
26	26,5	26,9	25,3
28	26,6	27	25,4
30	26,6	27	25,4

**Tabel LB.24** Data Lebar Daun *E.crassipes* pada Metilen Biru

Pewarna Metilen Biru			
Lebar Daun Eceng Gondok (cm)			
Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 2
0	8,7	8,5	8
2	8,9	8,5	8,2
4	9	8,6	8,2
6	9,1	8,7	8,4
8	9,3	8,8	8,4
10	9,3	8,8	8,6
12	9,3	8,8	8,7
14	9,3	8,9	8,7
16	9,3	8,9	8,8
18	9,4	9,1	8,8
20	9,4	9,2	8,9
22	9,5	9,3	8,9
24	9,5	9,3	9,1
26	9,6	9,4	9,3
28	9,6	9,4	9,3
30	9,7	9,5	9,3

**Tabel LB.25** Data Panjang Tumbuhan *P.stratiotes* pada Metilen Biru

<b>Pewarna Metilen Biru</b>			
<b>Panjang Tumbuhan Kayu Apu (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>KA1</b>	<b>KA2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	14,2	14,5	13,7
2	14,3	14,6	13,9
4	14,4	14,7	13,9
6	14,5	14,7	14,2
8	14,5	14,7	14,3
10	14,7	14,8	14,4
12	14,7	14,8	14,5
14	14,9	15	14,5
16	15,0	15,3	14,7
18	15,2	15,5	14,9
20	15,2	15,8	15,1
22	15,3	15,8	15,2
24	15,5	15,9	15,3
26	15,8	16,1	15,4
28	15,9	16,2	15,4
30	15,9	16,3	15,4

**Tabel LB.26** Data Lebar Daun *P.stratiotes* pada Metilen Biru

<b>Pewarna Metilen Biru</b>			
<b>Lebar Daun Kayu Apu (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>KA1</b>	<b>KA2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	7,2	7,7	7
2	7,3	7,9	7,2
4	7,5	8	7,2
6	7,9	8,1	7,5
8	8,1	8,2	7,8
10	8,2	8,3	7,8
12	8,3	8,4	7,8
14	8,3	8,5	7,9
16	8,4	8,6	8,1
18	8,4	8,6	8,2
20	8,5	8,7	8,3
22	8,6	8,7	8,3
24	8,7	8,8	8,4
26	8,8	8,9	8,4
28	8,9	9	8,5
30	8,9	9	8,5



**Tabel LB.27** Data Jumlah Daun *P.stratiotes* pada Metilen Biru

<b>Pewarna Metilen Biru</b>			
<b>Jumlah Daun Kayu Apu (helai)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>KA1</b>	<b>KA2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	5	5	5
2	5	5	5
4	5	5	5
6	5	5	5
8	6	5	5
10	6	5	6
12	6	6	6
14	6	6	6
16	6	6	6
18	6	6	6
20	6	6	6
22	6	6	6
24	6	6	6
26	6	6	6
28	6	6	6
30	6	6	6

**Tabel LB.28** Data Panjang Tumbuhan *E.crassipes* pada Metilen Violet

<b>Pewarna Metil Violet</b>			
<b>Panjang Tumbuhan Eceng Gondok (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>EG 1</b>	<b>EG 2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	24,5	24,8	22,5
2	24,5	25,1	22,9
4	24,7	25,4	23
6	25,2	25,4	23,2
8	25,5	25,7	23,2
10	25,6	25,7	23,3
12	25,8	25,8	23,4
14	25,9	25,9	23,4
16	26	26,1	23,6
18	26,2	26,1	23,8
20	26,4	26,2	24,1
22	26,5	26,4	24,3
24	26,6	26,5	24,5
26	26,6	26,7	24,6
28	26,8	26,7	24,7
30	26,8	26,7	24,7

**Tabel LB.29** Data Lebar Daun *E.crassipes* pada Metilen Violet

<b>Pewarna Metil Violet</b>			
<b>Lebar Daun Eceng Gondok (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>EG 1</b>	<b>EG 2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	8,8	8,5	8
2	8,9	8,6	8,1
4	9	8,7	8,2
6	9	8,8	8,4
8	9	8,9	8,5
10	9,1	9,2	8,6
12	9,1	9,2	8,8
14	9,3	9,3	8,9
16	9,3	9,3	8,9
18	9,4	9,3	9
20	9,4	9,4	9
22	9,5	9,4	9,1
24	9,5	9,4	9,1
26	9,6	9,5	9,1
28	9,7	9,5	9,1
30	9,7	9,6	9,1

**Tabel LB.30** Data Panjang Tumbuhan *P.stratiotes* pada Metilen Violet

<b>Pewarna Metil Violet</b>			
<b>Panjang Tumbuhan Kayu Apu (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>KA1</b>	<b>KA2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	14,5	14,8	13,6
2	14,5	14,9	13,8
4	14,6	15	13,9
6	14,6	15,2	14,1
8	14,7	15,3	14,3
10	14,7	15,3	14,3
12	14,9	15,4	14,5
14	15	15,4	14,5
16	15	15,4	14,7
18	15,2	15,5	14,9
20	15,3	15,5	15,2
22	15,4	15,6	15,3
24	15,6	15,6	15,3
26	15,6	15,8	15,4
28	15,7	15,8	15,5
30	15,7	15,8	15,5

**Tabel LB.31** Data Lebar Daun *P.stratiotes* pada Metilen Violet

<b>Pewarna Metil Violet</b>			
<b>Lebar Daun Kayu Apu (cm)</b>			
<b>Hari Ke-</b>	<b>KA1</b>	<b>KA2</b>	<b>Kontrol 2</b>
0	7,6	7,8	7,1
2	7,7	8	7,1
4	7,7	8,1	7,4
6	7,9	8,1	7,6
8	8,1	8,2	7,8
10	8,1	8,2	7,9
12	8,3	8,3	8,2
14	8,4	8,3	8,2
16	8,5	8,4	8,2
18	8,5	8,4	8,3
20	8,6	8,5	8,3
22	8,7	8,6	8,4
24	8,8	8,6	8,5
26	8,9	8,6	8,5
28	9	8,7	8,5
30	9,1	8,8	8,6

**Tabel LB.32** Data Jumlah Daun *P.stratiotes*  
pada Metilen Violet

Pewarna Metil Violet			
Jumlah Daun Kayu Apu (helai)			
Hari Ke-	KA1	KA2	Kontrol 2
0	5	5	5
2	5	5	5
4	5	5	5
6	5	6	5
8	5	6	5
10	5	6	6
12	6	6	6
14	6	6	6
16	6	6	6
18	6	6	6
20	6	6	6
22	6	6	6
24	6	6	6
26	6	6	6
28	6	6	6
30	6	6	6

## 6. Data berat basah dan berat kering

Tabel LB.33 Data Berat Basah dan Kering *E.crassipes* dan *P.stratiotes* pada Rhodamin B

Pewarna Rhodamin B				Pewarna Rhodamin B			
Tumbuhan <i>E.crassipes</i>				Tumbuhan <i>E.crassipes</i>			
Berat Basah				Berat Kering			
Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 1	Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 1
0	9,3178	8,3847	7,3873	0	1,4874	1,3274	1,4237
30	14,781	15,879	13,452	30	8,342	7,998	7,213
Pewarna Rhodamin B				Pewarna Rhodamin B			
Tumbuhan <i>P.stratiotes</i>				Tumbuhan <i>P.stratiotes</i>			
Berat Basah				Berat Kering			
Hari Ke-	KA 1	KA 2	Kontrol 1	Hari Ke-	KA 1	KA 2	Kontrol 1
0	8,8237	7,0872	6,9873	0	1,0874	1,0341	1,0428
30	15,212	14,342	12,879	30	6,980	7,453	6,874

**Tabel LB.34** Data Berat Basah dan Kering *E.crassipes* dan *P.stratiotes* pada Metilen Biru

Pewarna Metilen Biru				Pewarna Metilen Biru			
Tumbuhan <i>E.crassipes</i>				Tumbuhan <i>E.crassipes</i>			
Berat Basah				Berat Kering			
Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 1	Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 1
0	8,482	5,499	8,9651	0	1,2127	0,9929	1,2634
30	16,643	17,684	15,234	30	8,978	7,982	7,132
Pewarna Metilen Biru				Pewarna Metilen Biru			
Tumbuhan <i>P.stratiotes</i>				Tumbuhan <i>P.stratiotes</i>			
Berat Basah				Berat Kering			
Hari Ke-	KA 1	KA 2	Kontrol 1	Hari Ke-	KA 1	KA 2	Kontrol 1
0	6,5956	6,695	5,9034	0	1,0485	1,0487	0,965
30	13,342	13,798	12,765	30	8,121	7,132	7,100



**Tabel LB.35** Data Berat Basah dan Kering *E.crassipes* dan *P.stratiotes* pada Metil Violet

Pewarna Metil Violet				Pewarna Metil Violet			
Tumbuhan <i>E.crassipes</i>				Tumbuhan <i>E.crassipes</i>			
Berat Basah				Berat Kering			
Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 1	Hari Ke-	EG 1	EG 2	Kontrol 1
0	11,013	10,712	9,509	0	1,674	1,7786	1,5792
30	15,783	16,774	15,123	30	9,879	9,455	9,112
Pewarna Metil Violet				Pewarna Metil Violet			
Tumbuhan <i>P.stratiotes</i>				Tumbuhan <i>P.stratiotes</i>			
Berat Basah				Berat Kering			
Hari Ke-	KA 1	KA 2	Kontrol 1	Hari Ke-	KA 1	KA 2	Kontrol 1
0	5,111	4,685	6,249	0	0,9531	0,8587	1,2304
30	12,876	12,115	11,983	30	8,231	8,422	7,463



**LAMPIRAN C 2**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**



**Gambar LC.1** Berat Basah dan Berat Kering



**Gambar LC.2** Uji Suhu



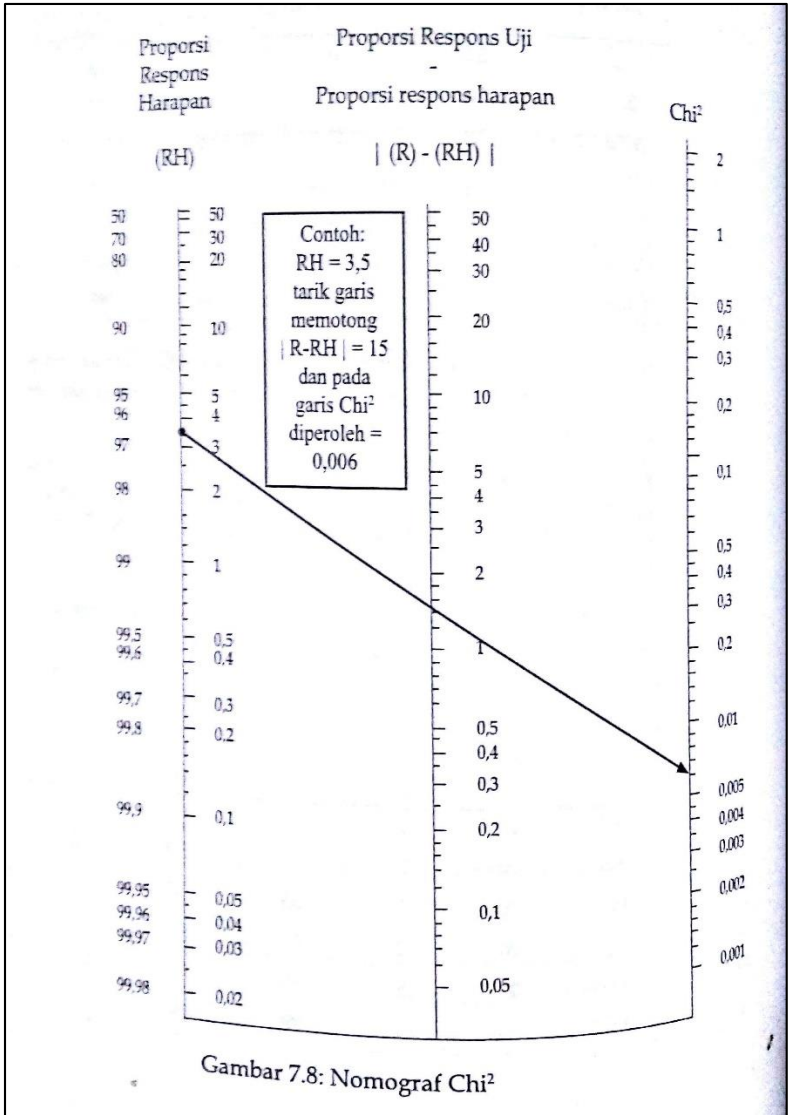
**Gambar LC.3** Uji pH



**Gambar LC.4 Uji Analisa Morfologi**



**Gambar LC.5 Uji CFU**



Gambar 7.8: Nomograf Chi<sup>2</sup>

Gambar LC.5 Nomograf Chi<sup>2</sup>

## BIOGRAFI PENULIS



Amanda Herrena dilahirkan di Sukabumi, Jawa Barat pada tanggal 29 Juli 1995. Penulis merupakan anak ketigasa dari 3 bersaudara. Penulis merupakan menempuh pendidikan formal di TK DHARMA WANITA ITS, SDN Klampis Ngasem I, SMPN 30 Surabaya, dan SMAN 17 Surabaya. Pada Tahun 2013, penulis melanjutkan kuliah di Teknik Lingkungan FTSP Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis pernah aktif sebagai anggota

Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) pada tahun 2015-2016 sebagai staff Departemen Kewirausahaan. Penulis pernah mengikuti kegiatan sebagai panitia Hari Air Sedunia pada tahun 2014 dan 2015. Pada tahun 2016, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. PetroKimia Gresik di Departemen K3 dan Lingkungan. Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik maka bisa menghubungi penulis melalui email [amanda.herrena95@gmail.com](mailto:amanda.herrena95@gmail.com)

**BORANG CEK FORMAT LAPORAN TA**

No	Kelengkapan TA	Cek Mahasiswa	Cek Pembimbing
1	Halaman judul	✓	✓
2	Abstrak dalam bahasa Indonesia	✓	✓
3	Abstrak dalam bahasa Inggris	✓	✓
4	Kata pengantar	✓	✓
5	Format sesuai dengan pedoman penulisan TA 2016	✓	✓
6	Daftar isi	✓	✓
7	Daftar gambar	✓	✓
8	Daftar tabel	✓	✓
9	Daftar lampiran	✓	✓
10	Bab I	✓	✓
11	Bab II	✓	✓
12	Bab III	✓	✓
13	Bab IV	✓	✓
14	Bab V	✓	✓
15	Daftar pustaka	✓	✓
16	Biodata	✓	✓
17	Lampiran (jika ada)	✓	✓

Mahasiswa



AMANDA HERRENA

Menyetujui

Mengetahui



Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, PhD



Dr. Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT





**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM FTA-03

**KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR**

**Nama Mahasiswa** : AMANDA HERRENA  
**NRP** : 3313100071  
**Judul** : FITO PENGOLAHAN UNTUK DEKONSENTRASI WARNA RODHAMIN B, METHYLENE BLUE DAN METHYL VIOLET DENGAN TUMBUHAN AIR *Eichhornia Crassipes* DAN *Pistia Stratiotes*

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	27/02/2017	- menunjukkan data prapageri, aklimatisasi, toksisitas, RFT	
2.	14/03/2017	- menunjukkan laporan R+T.	
3.	24/03/2017	- hasil fitopengolahan. - cek hasil absorbansi warna	
4.	3/04/2017	- diperbaiki kalimat kesimpulan - aris lagi bab 1,2,3	
5.	10/04/2017	- grafik uji warna	
6.	20/04/2017	- perbaikan (kegiatan)	
7.	29/04/2017	- persiapan progress	
8.	26/05/2017	- finansial Bab 5	

Surabaya, 12 Juni 2017  
Dosen Pembimbing,

Harmin Sulistyoning Titah, ST, MT, PhD



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM FTA-04

### FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

**Nama Mahasiswa** : AMANDA HERRENA  
**NRP** : 3313100071  
**Judul** : FITO PENGOLAHAN UNTUK DEKONSENTRASI WARNA RODHAMIN B,  
METHYLENE BLUE DAN METHYL VIOLET DENGAN TUMBUHAN AIR  
*Eichhornia Crassipes* DAN *Pistia Stratiotes*

No	Saran Perbaikan (sesuai Form KTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Contoh ditampikan tabel konsentrasi	<ul style="list-style-type: none"><li>- Gambar grafik uji warna dipisah tiap tumbuhan</li><li>- diganti panjang tumbuhan</li><li>- uji CFU.</li></ul>
2.	Proses fisik → oksidasi + reduksi	
3.	Gambar 4.23 dipisah karena tidak sama	
4.	Analisa morfologi → garis trendline	
5.	Jumlah daun → skala	
6.	BB & BK → diperjelas	
7.	tinggi tumbuhan → diganti panjang tumbuhan	
8.	ukuran gambar → sama	
9.	tambah penjelasan cells analysis	
10.	CFU kontrol	

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa Ybs, 11 Juni 2017

Harmin Sulistyoning Titah, ST, MT, PhD

3313100071



PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2016/2017

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02  
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 10 Juli 2017

Nilai TOEFL 477

Pukul

: 08.00 - 10.00

Lokasi

: TL-109

Judul

: Fitopengolahan untuk Dekonsentrasi Warna Rhodamin B, Metilen Biru dan Metil Violet dengan Tumbuhan Air Eichhornia crassipes dan Pistia Stratiotes

Nama AMANDA HERRENA

Tanda Tangan

NRP.

: 3313100071

Topik

: Penelitian

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
①	<p><u>P. Bawo</u></p> <p>⊕ Indikator tumbuhan mati</p> <p>⊕ Klorofilin → 2 skala dengan kontrol.</p>
②	<p><u>P. Irwan</u></p> <p>rapat → remove warna → Siproani</p>
③	<p><u>B. Inu</u></p> <p>foto akar saat RFT</p> <p>tambur ketan BB -BF &amp; media biru</p>

19/7/2017

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D.




PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5929387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2016/2017



Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 10 Juli 2017  
Pukul : 08.00 - 10.00  
Lokasi : TL-109  
Judul : Fitu Pengolahan untuk Dekonsentrasi Warna Rhodamin B, Metilen Biru dan Metil Violet dengan Tumbuhan Air Eichhornia crassipes dan Pistia Stratiotes  
Nama : AMANDA HERRENA  
NRP. : 3313100071  
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
	<p>dicatat oleh pembimbing</p> 

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistansi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Bieby Vojant T. ST. MR. PhD (  )  
Dosen Pembimbing Harmin Sulistiyning Titah, S.T., M.T., Ph.D. (  )



PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2016/2017

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 10 Juli 2017  
Pukul : 08.00 - 10.00  
Lokasi : TL-109  
Judul : Fito Pengolahan untuk Dekonsentrasi Warna Rhodamin B, Metilen Biru dan Metil Violet dengan Tumbuhan Air Eichhornia crassipes dan Pistia Stratiotes  
Nama : AMANDA HERRENA  
NRP. : 3313100071  
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Jelaskan operasional Batch, kriteria Hsu dan kontaknya
2.	Jelaskan mekanisme proses phytotreatment hal 36
3.	Kriteria pengolahan fitotreat parameter apa saja?
4.	Jelaskan hal 132-133
5.	Apa kelebihan dan kekurangan fito treatment
6.	Jelaskan tahap <sup>2</sup> pengolahan air limbah hal 33
7.	berikan contoh fito treatment
8.	definisi makro
9.	metode kontrol - polutan?
10.	Kesimpulan diperlihatkan (berlaku kontrol)

ok 18/7  
pembaca hasil pengujian sesuai materi sy.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistansi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji

Bambang Djolelo M.

( )

Dosen Pembimbing

Harmin Sulistyoning Titah, S.T., M.T., Ph.D.

( )



PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN FTSP-ITS  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN-ITS  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR  
Periode: Genap 2016/2017

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)  
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03  
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji  
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 10 Juli 2017  
Pukul : 08.00 - 10.00  
Lokasi : TL-104  
Judul : Fito Pengolahan untuk Dekonsentrasi Warna Rhodamin B, Metilen Biru dan Metil Violet dengan Tumbuhan Air Eichhornia crassipes dan Pistia Stratiotes  
Nama : AMANDA HERRENA  
NRP. : 3313100071  
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1/	Apakah subbab dg perubahan konsentrasi & label & prosedur politer
2/	Grafik : → <del>data</del> interpretasi.
3/	Kontrol MO → ↑
4/	penambahan MO → pengaruh dg MO - lebih baik da (foto)

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.  
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana  
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji  
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji

IRWAN BS

(IRWAN)

Dosen Pembimbing

Harmin Sulistyoning Titah, S.T., M.T., Ph.D.

(Harmin)