

**FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN  
KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatic* Forsk)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh:**

**RAVIKA NILA KANDI  
NIM. 150703034  
Mahasiswa Program Studi Biologi  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-raniry**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2019 M/1441 H**

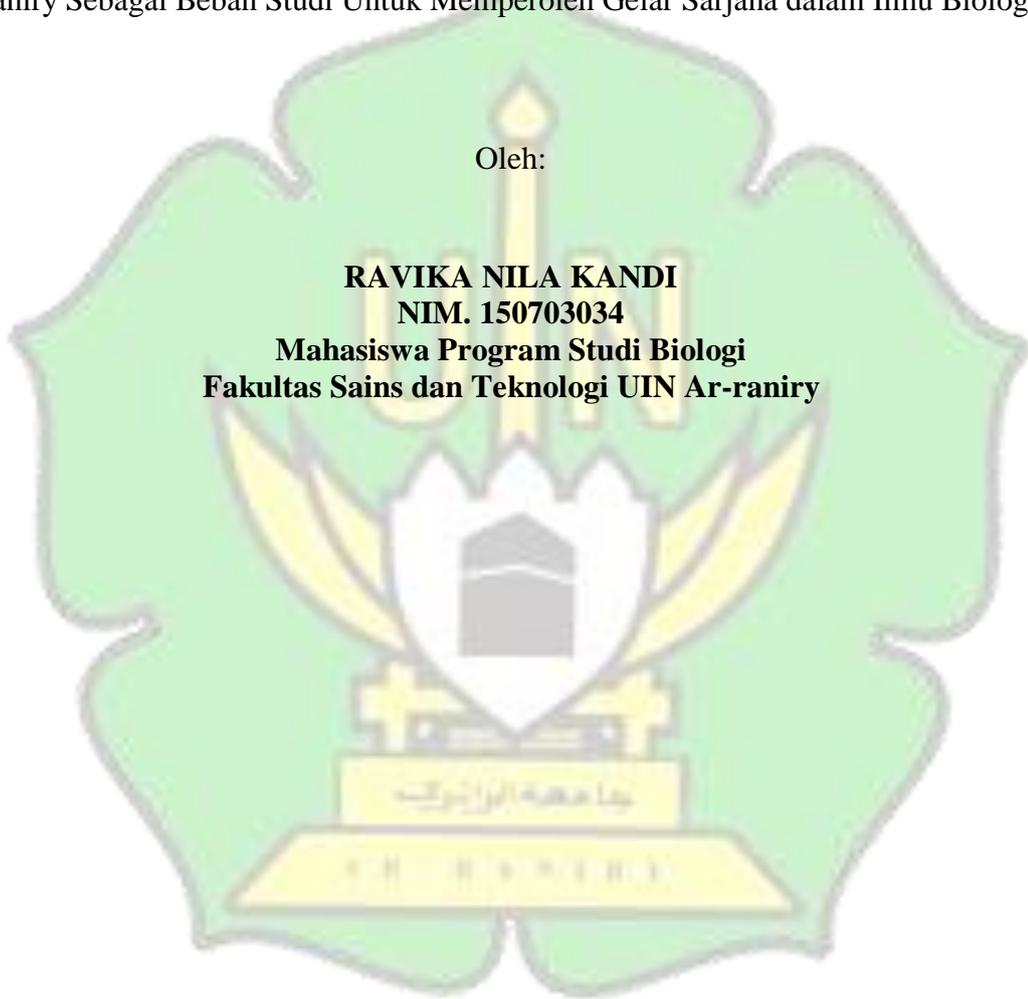
**FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN  
KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica* Forsk)**

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Sebagai Beban Studi Untuk Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Biologi

Oleh:

**RAVIKA NILA KANDI  
NIM. 150703034  
Mahasiswa Program Studi Biologi  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-raniry**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2019M/1441 H**

**FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN  
KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica* Forsk)**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Sebagai Beban Studi Untuk Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Biologi

Oleh:

**RAVIKA NILA KANDI**  
**NIM.150703034**  
**Mahasiswa Program Studi Biologi**  
**Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry**

Disetujui Oleh

Pembimbing I,



**Lina Rahmawati, M.Si**  
**NIDN. 2027057503**

Pembimbing II,



**Ilham Zulfahmi, M.Si**  
**NIDN. 1316078801**

**PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI**

**FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN  
KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica* Forsk)**

**SKRIPSI**

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus  
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program  
Sarjana (S-1) dalam Ilmu Biologi

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 28 November 2019 M  
1 Rabiul Akhir 1441 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi,

Ketua,



Lina Rahmawati, M.Si  
NIDN. 2027057503

Sekretaris,



Kamaliah, M.Si  
NIDN. 2015028401

Penguji I,



Ilham Zulfahmi, M.Si  
NIDN.1316078801

Penguji II,



Diannita Harahap, M.Si  
NIDN. 2022038701

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



  
Rizki Amsal, M.Pd  
NIDN. 2001066802

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ravika Nila Kandi  
NIM : 150703034  
Program Studi : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan  
Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penelitian skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 5 November 2019

Yang menyatakan,



**Ravika Nila Kandi**  
**NIM. 150703034**

## ABSTRAK

Nama : Ravika Nila Kandi  
NIM : 150703034  
Program Studi : Biologi Fakultas Sains dan Teknologi (FST)  
Judul : Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)  
Tanggal Sidang : 27 November 2019  
Tebal Skripsi : 88 halaman  
Pembimbing I : Lina Rahmawati, M.Si  
Pembimbing II : Ilham Zulfahmi, M.Si  
Kata Kunci : Laju Degradasi, Chemical Oxygen Demand (COD), Nitrat, Phospat, Kerusakan Akar

Fitoremediasi merupakan salah satu metode remediasi limbah cair kelapa sawit yang cukup potensial untuk dikembangkan. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) sebagai agen fitoremediasi limbah cair kelapa sawit serta mengkaji pengaruhnya terhadap pertumbuhan kangkung air. Rancangan penelitian dilakukan secara ekperimental terdiri dari lima perlakuan dan tiga ulangan dengan rincian: Perlakuan Kontrol: 0% (0 L limbah cair kelapa sawit + 10 L air), Perlakuan 1: 25% (2,5 L limbah cair kelapa sawit + 7,5 L air), Perlakuan 2: 50% (5L limbah cair kelapa sawit + 5 L air), Perlakuan 3: 75% (7,5 L limbah cair kelapa sawit + 2,5 L air), Perlakuan P4: 100% (10 L limbah cair kelapa sawit + 0 L air). Masa fitoremediasi berlangsung selama 15 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kangkung air mampu menurunkan kandungan COD sebesar 86,3%, nitrat sebesar 21,4%, dan phospat sebesar 91,0%. Kangkung air masih mampu tumbuh dengan baik pada Perlakuan 1, Perlakuan 2 dan Perlakuan 3. Sebaliknya, konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang terlalu tinggi pada Perlakuan 4 menyebabkan terjadinya kerusakan struktur akar yang berakibat pada terganggunya pertumbuhan kangkung air.

## ABSTRACT

Nama : Ravika Nila Kandi  
NIM : 150703034  
Program Studi : Biologi Fakultas Sains dan Teknologi (FST)  
Judul : Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)  
Tanggal Sidang : 28 November 2019  
Tebal Skripsi : 88 halaman  
Pembimbing I : Lina Rahmawati, M.Si  
Pembimbing II : Ilham Zulfahmi, M.Si  
Keyword : Degradation Rate, Chemical Oxygen Demand (COD), Nitrate, Fosfate, Root Structure Damage.

Phytoremediation is one of the remediation methods for palm oil mill effluent which is quite potential to be developed. The objective of this present study was to investigate the effectiveness of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) as a phytoremediation agent for palm oil mill effluent and examine its effects on the growth of water spinach. The study consisting of five treatments and three replications namely: control: 0% (0 L palm oil mill effluent + 10 L water), Treatment 1: 25% (2.5 L palm oil mill effluent + 7.5 L water), Treatment 2: 50% (5L palm oil mill effluent + 5 L water), Treatment 3: 75% (7.5 L palm oil liquid waste + 2.5 L water), Treatment 4: 100% (10 L of palm oil liquid waste + 0 L of water). The phytoremediation period lasts for 15 days. The results showed that water spinach effective to reduce COD content by 86.3%, nitrate by 21.4%, and phosphate by 91.0%. Water spinach is still able to grow well in Treatments 1, 2 and 3. In contrast, higher concentration of palm oil mill effluent in Treatment 4 causes damage to the root structure that results in disruption of water spinach gro

## KATAPENGANTAR

### الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan petunjuk-Nya dalam menyelesaikan skripsi/tugas akhir dengan judul “**Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)**”. Shalawat dan salam penulis tunjukan kepada Nabi Muhammad SAW. Penelitian ini merupakan salah satu kewajiban untuk mengaplikasikan Tridarma Perguruan Tinggi dalam upaya pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Sains dan melengkapi syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Biologi Fakultas Sains Teknologi UIN Ar-Raniry.

Penghargaan dan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda tercinta **Ari Dharma** (Alm) dan Ibunda tersayang **Mistini** yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun materil. Adik tercinta **Arifatun Nessa**, Kakek **Mistar Ahmad** dan Nenek **Rukinem** tersayang terimakasih atas do'a, dukungan dan motivasi yang tiada henti untuk penulis, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat, kesehatan, karunia dan keberkahan di dunia dan di akhirat atas budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari, bahwa selama penelitian dan penulisan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu berbagai hal. Oleh sebab itu, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak **Dr. Azhar Amsal, M. Pd**, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu **Lina Rahmawati, M.Si**, selaku Ketua Program Studi Biologi sekaligus Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, serta seluruh staff Program Studi Biologi, juga semua Dosen dan Asisten Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.
3. Bapak **Ilham Zulfahmi, M.Si**, selaku Pembimbing II yang telah banyak

4. meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi arahan serta dukungan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu **Diannita Harahap M. Si**, selaku Penasehat Akademik yang telah banyak membimbing dan memberikan nasihat kepada penulis.
6. Laboratorium Lingkungan Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh (BARISTAND) yang telah memeberikan ruang dan tempat dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir/skripsi ini sampai selesai.
7. Sahabat tercinta **Diah Novianda, Yuni Hidayah, Mindi Mailusi** yang telah mendukung dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan skripsi ini selesai.
8. Sahabat seperjuangan **Febby Yolanda Wulandrai, Elita Sabaria, Dewi Nola Nasution, Rosanti Apriyani, Dwi Yuliandhani, Sugiati, Ziah Mauretsa** yang telah mendukung dan menyemangati penulisan dalam menyelesaikan skripsi ini selesai.
9. Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhirnya penulis mengucapkan banyak terimakasih, semoga segala bantuan dan dukungan dari semua pihak yang membantu mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritikkan untuk perbaikan skripsi ini di masa depan.

BandaAceh, 5 November 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>PENGESAHAN PEMBIBING SKRIPSI</b> .....	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIANSKRIPSI</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 : PENDAHULUAN</b>	
A. Latarbelakang .....	1
B. RumusanMasalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. ManfaatPenelitian .....	4
E. PenjelasanIstilah.....	4
<b>BAB II : TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Kangkung Air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) .....	6
1. Klasifikasikangkung air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	6
2. Morfologikangkung air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	8
3. Pemanfaatankangkung air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) .....	9
B. Fitoremediasi.....	11
C. Limbah .....	14
1. PengertianLimbah .....	14
2. Karakteristik Limbah .....	15
D. LimbahCairKelapaSawit .....	15
1. PengertianLimbahCair Kelapa Sawit.....	15
2. Sumber Limbah Cair Kelapa Sawit.....	16
3. Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit .....	17
4. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	20
5. Nitrat (NO <sub>3</sub> ) danFosfat (PO <sub>4</sub> ).....	20
<b>BAB III : METODE PENELITIAN</b>	
A. Rancangan Penelitian .....	22
B. SubyekPenelitian/ PopulasiPenelitiandanSampel Penelitian ....	23

C. Instrumen Penelitian.....	24
D. Prosedur Penelitian .....	24
E. Metode Kerja.....	26
F. Teknik Analisis Data.....	27
<b>BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	29
1. Kandungan COD, Nitrat dan Fosfat.....	29
2. Kisaran rata-rata pengukuran kualitas air limbah .....	32
3. Laju degradasi limbah cair kelapa sawit .....	32
4. Pertumbuhan kangkung air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	23
B. Pembahasan.....	26
<b>BAB V : KESIMPULAN</b>	
A. Simpulan .....	45
B. Saran.....	45
<b>DAFTAR KEPUSTAKAAN</b> .....	46
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	55
<b>RIWAYAT HDUP PENULIS</b> .....	88



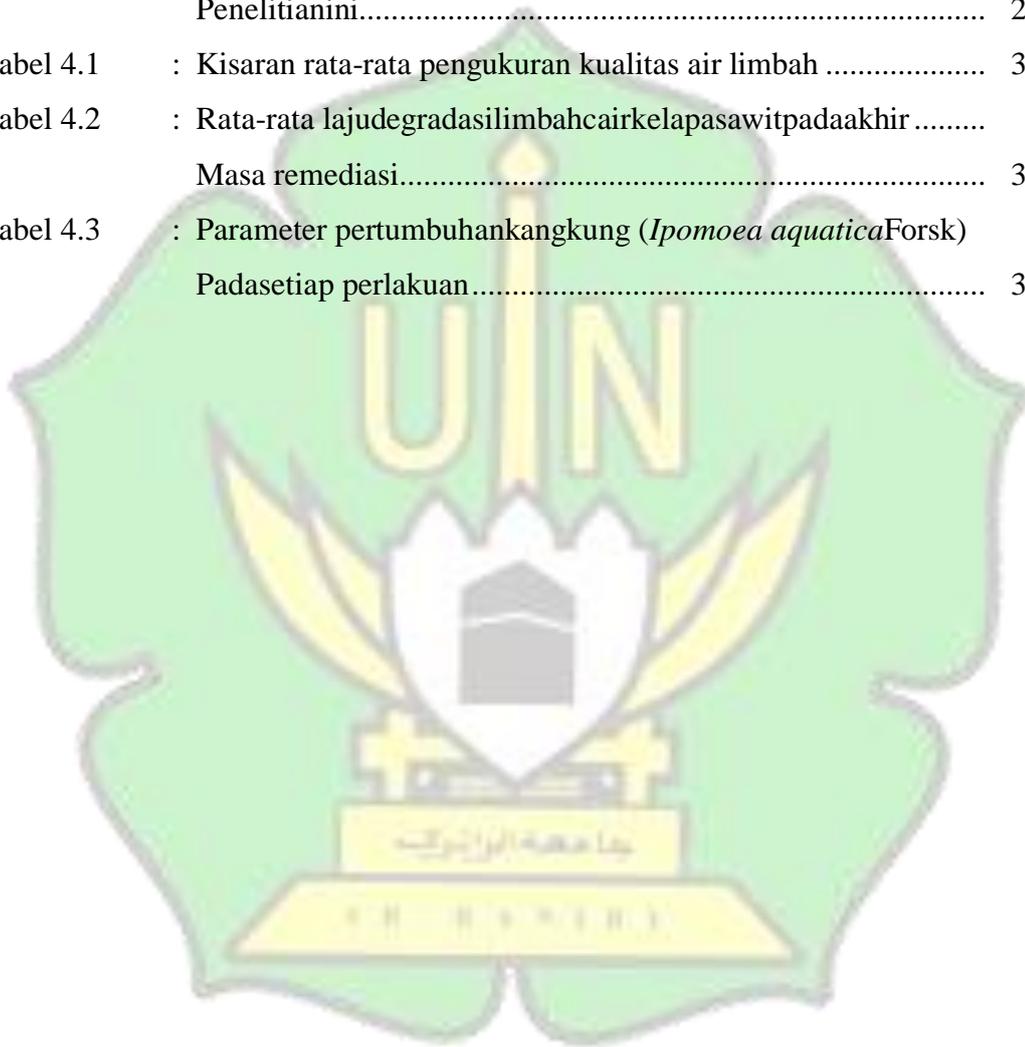
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Kangkung air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	8
Gambar 2.2 : a) Batang, b) Daun dan c) Bunga kangkung air.....	10
Gambar 4.1 : Kandungan COD pada setiap perlakuan selama masa remediasi	29
Gambar 4.2 : Kandungan nitrat pada setiap perlakuan selama masa remediasi	30
Gambar 4.3 : Kandungan fosfat pada setiap perlakuan selama masa remediasi	31
Gambar 4.4 : Tampilan makroskopis akar kangkung air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) pada setiap perlakuan pada akhir masa remediasi .....	34
Gambar 4.5 : Tampilan mikroskopis akar kangkung air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) pada setiap perlakuan pada akhir masa remediasi .....	35



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Standar bakumut limbah cair kelapasawit.....	18
Tabel 3.1	: Jadwal penelitian.....	21
Tabel 3.2	: Karakteristik limbah cair kelapasawit yang digunakan pada Penelitian ini.....	24
Tabel 4.1	: Kisaran rata-rata pengukuran kualitas air limbah .....	31
Tabel 4.2	: Rata-rata laju degradasi limbah cair kelapasawit pada akhir .....	
	Masa remediasi.....	32
Tabel 4.3	: Parameter pertumbuhan kangkung ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk) pada setiap perlakuan.....	34



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: SuratKeputusanDekanFakultasSainsdan Teknologi UIN Ar-Raniry tentang Pengangkatan Pembimbing Skripsi .....	54
Lampiran 2	: SuratMohonIzinPengumpulan Data dariDekanFakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry .....	55
Lampiran 3	: SuratMohonIzinPengumpulan Data dariBalaiRisetdan Standardisasi Industri Banda Aceh .....	56
Lampiran 4	: SuratKeteranganSelesaiMengumpulkanData dariBalai RisetdanStandardisasi Industri Banda Aceh .....	57
Lampiran 5	: Alur Penelitian .....	58
Lampiran 6	: Pengambilan Sampel.....	62
Lampiran 7	: MasaPemeliharaan Fitoremediasi .....	64
Lampiran 8	: Pengukuran Parameter FisikKimiawiLimbahCairKelapa Sawit.....	62
Lampiran 9	: Pengukuran Parameter PertumbuhanKangkung Air ( <i>Ipomoea Aquatica</i> Forsk).....	64
Lampiran 10	: HasilUjiLaboratorium Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD), Nitrat, Fosfat .....	67
Lampiran 11	: Data HasilUji Stastitik Parameter Fisik KimiawiLimbahCair Kelapa Sawit .....	75
Lampiran 12	: Data HasilUjiStastitik Parameter Pertumbuhan Kangkung Air ( <i>Ipomoea aquatica</i> Forsk).....	79

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara produsen minyak kelapa sawit terbesar dunia (Harahap *et al.*, 2019; Papilo *et al.*, 2018; Afriyanti *et al.*, 2016). Direktorat Jenderal Perkebunan (2018) mengungkapkan bahwa hingga tahun 2017 total produksi minyak sawit Indonesia mencapai 35 juta ton dengan luas perkebunan sawit mencapai 12,3 juta Ha. Meskipun demikian, pengelolaan sawit di Indonesia masih tidak terlepas dari berbagai kontroversi terutama yang terkait dengan permasalahan lingkungan seperti deforestasi (Gaveau *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2014), rusaknya ekosistem (Sayer *et al.*, 2012; Obidzinski *et al.*, 2012) dan pencemaran perairan (Zulfahmi *et al.*, 2018).

Limbah cair kelapa sawit merupakan salah satu hasil sampingan dari pengolahan kelapa sawit yang berpotensi mencemari lingkungan perairan. Menurut Ahmad *et al.*, (2011), sebanyak 2,5 m<sup>3</sup> limbah cair kelapa sawit akan dihasilkan dari setiap ton proses olahan tandan buah segar kelapa sawit. Limbah cair kelapa sawit memiliki kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan padatan tersuspensi yang tinggi (Chan *et al.*, 2013). Nilai COD limbah cair kelapa sawit sebelum proses pengolahan berada pada kisaran 45.000-65.000 mg/L, nilai BOD berada pada kisaran 21.500- 28.500 mg/L, sedangkan nilai padatan tersuspensi berada pada kisaran 15.660-23.560 mg/L (Wong *et al.*, 2009). Hasil penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa paparan limbah cair kelapa sawit terbukti berdampak

negatif menurunkan keragaman fitoplankton (Muliari dan Zulfahmi, 2016). Lebih lanjut, kontaminasi limbah cair kelapa sawit berpotensi mengganggu kinerja pernapasan dan reproduksi ikan (Muliari *et al.*, 2018; Zulfahmi *et al.*, 2018).

Dalam rangka memenuhi syarat baku mutu air limbah yang ditetapkan, maka limbah cair kelapa sawit perlu diremediasi terlebih dahulu sebelum disalurkan ke perairan. Saat ini, upaya remediasi limbah cair kelapa sawit telah dilakukan melalui berbagai metode, baik secara fisika, kimia, maupun biologi (Elystia *et al.*, 2014). Walaupun demikian, aplikasi metode fisika dan kimia dinilai masih kurang ekonomis karena memerlukan biaya besar, tempat yang luas, waktu yang lama, serta dapat menimbulkan kontaminasi terhadap air dan tanah disekitar tempat pengolahan limbah (Maulinda, 2013).

Fitoremediasi merupakan salah satu metode remediasi yang sedang mendapat perhatian besar dalam satu dekade terakhir (Elystia *et al.*, 2014). Selain berbiaya rendah, fitoremediasi juga mudah untuk diaplikasikan serta cenderung tidak menghasilkan limbah baru (ramah lingkungan). Sejauh ini, fitoremediasi limbah cair kelapa sawit dengan berbagai jenis tumbuhan masih belum banyak dilaporkan. Hasil penelitian Baihaqi *et al.* (2017) mengungkapkan bahwa fitoremediasi limbah cair kelapa sawit menggunakan *Spirogyra* sp. efektif menurunkan kandungan COD sebesar 63,6%. Pemanfaatan *Typha latifolia* dan *Chlorella* sp. juga dilaporkan efektif mereduksi kandungan COD dalam limbah cair kelapa sawit hingga 97,18% dan 77,8% (Purwanti *et al.*, 2014; Elystia *et al.*, 2019).

Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang berpotensi menjadi agen fitoremediasi limbah cair kelapa sawit. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa kangkung air telah efektif meremediasi berbagai jenis limbah, diantaranya chromium (Weerasinghe *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2010), kadmium (Wulandari *et al.*, 2014), timbal (Hapsari *et al.*, 2018), merkuri (Sinulingga *et al.*, 2015), dan limbah rumah tangga (Lestari, 2013). Selain mampu mereduksi berbagai kandungan polutan, kangkung air yang dipelihara dalam media berpolutan juga terindikasi memiliki kemampuan tumbuh yang baik (Neis, 1993). Sejauh ini, informasi terkait fitoremediasi limbah cair kelapa sawit dan kaitannya dengan pertumbuhan kangkung air masih belum diungkap.

## **B. Rumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kemampuan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) dalam meremediasi limbah cair kelapa sawit?
2. Bagaimana pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) yang dipelihara dalam media limbah cair kelapa sawit?

## **C. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menguji kemampuan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) dalam meremediasi limbah cair kelapa sawit.

2. Mengkaji pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) yang dipelihara dalam media limbah cair kelapa sawit.

#### **D. Manfaat Penelitian**

1. Penelitian ini memberikan informasi mengenai inovasi bioteknologi pereduksi limbah limbah cair kelapa sawit.
2. Pemanfaatan agen fitormediasi limbah cair kelapa sawit menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) sebagai produk bernilai lainnya.
3. Sebagai tambahan literatur tentang pengolahan limbah cair kelapa sawit.

#### **E. Penjelasan Istilah**

1. Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah sebuah proses yang melibatkan makhluk hidup yang memiliki klorofil yaitu tumbuhan, untuk mengurangi kandungan bahan pencemar yang terdapat di lingkungan (tanah, air dan udara). Fitoremediasi merupakan sebuah teknik dengan menggunakan tumbuhan untuk menurunkan atau mengurangi kadar bahan pencemar dalam lingkungan yang awalnya berbahaya menjadi tidak berbahaya lagi. Fitoremediasi didefinisikan sebagai salah satu metode remediasi dengan mengandalkan peran tumbuhan untuk dapat menyerap, mendegradasi, lalu mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar (Puspanti, 2013).

## 2. Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah cair kelapa sawit adalah hasil samping dari pengolahan kelapa sawit sebagai produk utama untuk menghasilkan produksi minyak kelapa sawit. POME (*Palm Oil Mill Effluent*) adalah limbah cair kelapa sawit yang masih mengandung banyak padatan terlarut. Padatan terlarut tersebut sebagian besar berasal dari material lignoselulosa yang terdiri dari lignin, material berselulosa, dan hemiselulosa. Sehingga kualitas limbah cair (*inlet*) yang dihasilkan sangat berpotensi mencemari badan air sebagai penerima buangan limbah (Irvan *et al.*, 2012).

## 3. Kangkung Air (*Ipomea aquatica* Forsk)

Kangkung air (*Ipomea aquatica* Forsk) adalah tanaman air yang mempunyai daya adaptasi yang cukup luas terhadap keadaan atau kondisi iklim dan tanah di daerah tropis, sehingga kangkung air dapat ditanam diberbagai daerah di Indonesia. Kangkung air dapat tumbuh dengan baik pada badan air yang tidak terlalu dalam (dangkal) atau bantaran sungai, danau, dan bahkan selokan. Kangkung air merupakan tanaman yang tidak selektif terhadap unsur hara tertentu, sehingga kangkung air dapat menyerap semua unsur yang terkandung di dalam air maupun tanah (Hapsar *et al.*, 2018).

## BAB II

### LANDASAN TEORETIS

#### A. Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

##### 1. Klasifikasi kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Kangkung air adalah tumbuhan air yang memiliki sebaran tinggi dikawasan Afrika, Asia dan Pasifik barat daya, kangkung air merupakan tanaman yang menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun, dengan sebaran populasi yang berada di dataran rendah sampai dataran tinggi. Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) adalah tanaman air yang mempunyai daya adaptasi yang cukup luas terhadap keadaan atau kondisi iklim dan tanah di daerah tropis, sehingga kangkung air dapat ditanam diberbagai daerah di Indonesia. Kangkung air dapat tumbuh dengan baik pada badan air yang tidak terlalu dalam (dangkal) atau bantaran sungai, danau, dan bahkan selokan (Hapsar *et al.*, 2018).

Kangkung air merupakan tanaman yang tidak selektif terhadap unsur hara tertentu, sehingga kangkung air dapat menyerap semua unsur yang terkandung di dalam air maupun tanah. Unsur yang paling diperlukan dalam pertumbuhan kangkung air berupa Nitrogen (N) dan Fosfat (P), Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO<sub>3</sub>) karena ion tersebut bermuatan negative sehingga selalu ada dalam larutan air dan mudah diserap oleh akar (Novizan, 2001). Fungsi unsur hara nitrogen diantaranya meningkatkan pertumbuhan tanaman, pembentukan senyawa-senyawa protein dalam tanaman, menyehatkan pertumbuhan daun dan meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun-daunan (Sutedjo, 2002).

Klasifikasi Kangkung air menurut Suratman *et al.* (2000) sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Divisio : Spermathophyta  
Kelas : Dicotyledoneae  
Ordo : Tubiflorae  
Famili : Convolvulaceae  
Genus : *Ipomoea*  
Spesies : *Ipomoea aquatica*



Gambar 2.1 Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk).

Sumber; Suryani E, 2017.

Kangkung air termasuk salah satu tumbuhan yang mudah menyerap bahan pencemar seperti logam berat dari media tumbuhnya, akibat pencemaran yang

terjadi pada media tumbuhnya seperti pada air, tanah, maupun udara. Maka besar kemungkinan terjadi penyerapan logam berat pada tumbuhan kangkung tersebut. Salah satu contoh logam berat yang dapat mencemari perairan adalah timbal (Pb) (Hapsar *et al.*, 2018)

Hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Lestari (2013), menyatakan bahwa kangkung air memiliki potensi dalam meningkatkan faktor fisik dan kimia limbah kangkung air. Penyerapan kandungan logam Pb dan Cd pada kangkung air berbeda-beda pada setiap organ tumbuhan. Kandungan logam berat tertinggi terdapat pada organ akar, diikuti dengan daun, lalu kemudian batang.

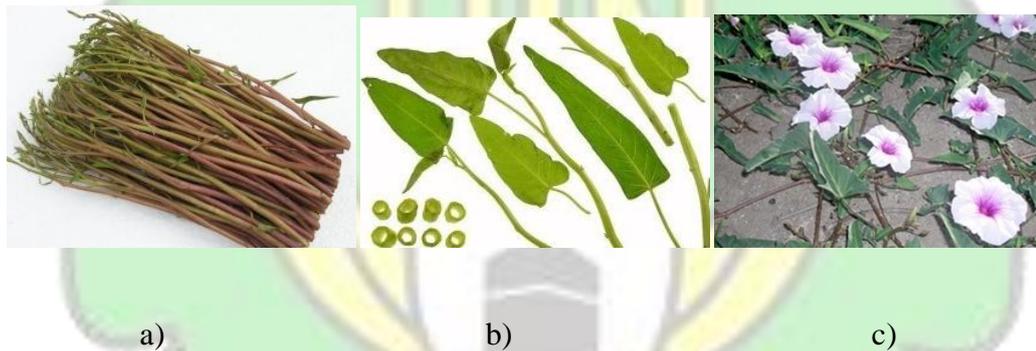
## 2. Morfologi kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Morfologi kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) terdiri dari akar, batang, daun dan bunga. Tumbuhan kangkung air memiliki sistem perakaran (Radix) tunggang, berukuran kecil sampai sedang, berkayu atau lunak, kompak atau berongga, percabangan akar banyak atau sedikit, bentuk kerucut atau filiformis, warna putih kecoklatan, kuning coklat atau kuning kotor. Panjang akar kangkung air berada dalam kisaran sekitar 15-40 cm dengan diameter 1-3 mm (Suratman *et al.*, 2000). Morfologi dari batang kangkung air berbentuk bulat dan berongga, berwarna hijau sampai hijau kecoklatan, berbuku-buku, dan banyak mengandung air (*herbaceous*) dari buku-bukunya sangat mudah sekali keluar akar. Memiliki percabangan yang banyak dan setelah tumbuh lama batangnya akan menjalar, bergetah bening hingga putih keruh (Suryani, 2017).

Daun kangkung air terdiri dari tangkai dan helai daun serta pulvinus yang tidak tampak jelas. Helai daun kangkung air berbentuk memanjang dengan ujung

daun tumpul, pangkal daun berlekuk, tepi rata, pertulangan menyirip, permukaan daun licin, ukuran helai berkisar antara 5-7 x 2-5 cm.

Morfologi bunga kangkung air berbentuk seperti lonceng, aktinomorf, berwarna putih polos atau putih merah. Terdiri dari 5 sepala yang berlekatan, 5 stamen dalam 1 lingkaran dan 1 gynoecium yang terdiri dari 2-3 bagian. Sepala berlekatan membentuk tabung pendek, sedangkan petala berdekatan membentuk bangun lonceng yang dibedakan menjadi tabung mahkota/tubus dan limbus (Suratman *et al.*, 2000).



Gambar 2.2.a) Batang, b) Daun dan c) Bunga kangkung air.

Sumber;Suryani E, 2017

### 3. Pemanfaatan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

Allah SWT telah menganugrahkan kita dengan berbagai macam tanaman salah satunya yaitu kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan karena mengandung vitamin yang dibutuhkan oleh tubuh sebagai mana dalam firman Allah SWT dalam Alqur'an Qs.Asy-syuara 26:7 yang berbunyi:

## زَوْجِكُمْ فِيهَا أَنْبَتْنَا كَمَا لَأَرْضِي لِي يَرَوْا أَوْلَمَ (٧) كَرِيمٍ

Artinya: Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya

*Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?.*

Kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) merupakan tumbuhan yang banyak dikenal oleh masyarakat luas, pemanfaatan kangkung air banyak digunakan untuk bahan masakan yang dikonsumsi oleh manusia. Selain untuk bahan masakan, kangkung air juga dimanfaatkan untuk obat-obatan, diantaranya pada bagian daun dimanfaatkan untuk pengobatan bisul, sakit kepala, demam, sakit perut, sembelit, dan penyakit kulit. Pada bagian yang lain juga dapat dimanfaatkan untuk obat-obatan yaitu dibagian akar dimanfaatkan sebagai obat cacar dan wasir.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Wirastutisna *et al.*, (2012), di dalam tumbuhan kangkung air mengandung senyawa aktif yaitu polifenol, saponin, flavonoid. Kandungan senyawa aktif merupakan penanggung jawab terhadap khasiat dari suatu tumbuhan sehingga pemeriksaan senyawa kimia perlu dilakukan pada suatu tumbuhan apabila diduga memiliki efek farmakologi. Simplisia daun kangkung air yang diperoleh dari daerah Kopo Bandung Selatan, mengandung senyawa flavonoid, seteroid/triterpenoid, dan tannin. Dua flavonoid yang terdapat di dalam simplisia daun kangkung air adalah kuersetin dan kuersetin 3-Omonoglikosida (Wirastutiana *et al.*, 2012).

Selain dimanfaatkan sebagai sumber bahan makanan ataupun obat-obatan untuk dikonsumsi, kangkung air telah dimanfaatkan sebagai campuran pakan resume ternak, dan agen remediasi berbagai jenis limbah, salah satunya limbah cair tapioka yang diremediasi dengan menggunakan kangkung air. Sehingga dengan hal ini kangkung air sangat tepat dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi (Nurkemalasari *et al.*, 2013).

## **B. Fitoremediasi**

Fitoremediasi adalah sebuah proses yang melibatkan makhluk hidup yang memiliki klorofil yaitu tumbuhan, untuk mengurangi kandungan bahan pencemar yang terdapat di lingkungan (tanah, air dan udara). Fitoremediasi merupakan sebuah teknik dengan menggunakan tumbuhan untuk menurunkan atau mengurangi kadar bahan pencemar dalam lingkungan yang awalnya berbahaya menjadi tidak berbahaya lagi. Fitoremediasi didefinisikan sebagai salah satu metode remediasi dengan mengandalkan peran tumbuhan untuk dapat menyerap, mendegradasi, lalu mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar (Puspanti, 2013).

Fitoremediasi dapat dilakukan secara *in situ* yaitu langsung di tempat terjadinya pencemaran, dan secara *ex situ* yaitu menggunakan kolam buatan yang dengan bioreaktor besar untuk penanganan limbah. Bagian alami tanaman yang dapat digunakan secara langsung terdiri dari bagian akar, batang, dan daun, maupun dalam bentuk kultur jaringan tanaman (Relf, 1996).

Penggunaan tanaman air sebagai agen remediasi (fitoremediasi) memiliki tujuan untuk menghilangkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun

anorganik. Pada saat proses fitoremediasi berlangsung, kandungan bahan organik dalam air limbah diserap dan dimanfaatkan langsung oleh tanaman untuk digunakan dalam proses pertumbuhan tanaman tersebut. Sehingga kandungan senyawa organik yang tinggi dan merupakan bahan pencemar dapat berkurang.

Ada beberapa mekanisme kerja dalam fitoremediasi terdiri dari beberapa proses yaitu (Irwanto, 2010):

1. *Phytoaccumulation (phytoextraction)*

Adalah proses tanaman dalam menarik zat kontaminan dalam air atau tanah dan di akumulasikan disekitar akar tanaman, kemudian meneruskan senyawa tersebut ke bagian tanaman seperti, akar, batang, dan daun tanaman.

2. *Rhizofiltration*

Adalah proses akar tanaman dalam mengadsorbsi zat kontaminan sehingga menempel pada akar.

3. *Phytostabilization*

Adalah proses tanaman dalam menarik zat-zat kontaminan tertentu ke bagian akar tanaman, karena tidak dapat diteruskan ke bagian lain tanaman. Zat-zat tersebut menempel erat pada akar, sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.

4. *Rhizodegradation*

Adalah proses tanaman dalam menguraikan zat-zat kontaminan dengan aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tanaman.

5. *Phytodegradation (Phytotransformation)*

Adalah proses penyerapan polutan oleh tanaman untuk proses metabolisme tanaman. Proses ini berlangsung pada daun, batang dan akar.

#### 6. *Phytovolatilization*

Adalah proses penyerapan polutan oleh tanaman dan merubahnya menjadi bersifat volatile agar tidak berbahaya lagi, kemudian untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer.

Ide dasar dengan menggunakan tumbuhan dapat digunakan untuk meremediasi bahan pencemar dilingkungan sudah dimulai dari tahun 1970. Di Caledonia seorang ahli geobotani menemukan tumbuhan seperti *Sebertia arcuminata* yang dapat mengakumulasi Nikel (Ni) hingga 20% didalam tajuknya, dan pada tahun 1980-an, beberapa peneliti mengenai akumulasi bahan pencemar sudah mengarah pada realisasi penggunaan tumbuhan untuk dapat membersihkan polutan (Hidayat, 2005).

Teknik Fitoremediasi sudah banyak digunakan dinegara-negara maju seperti Prancis, Amerika, Inggris, Jerman, Jepang, dan lain-lain dengan menggunakan berbagai jenis tanaman untuk pengolahan limbah yang bersimbiosis dengan bakteri, jamur dan organisme yang lainnya. Proses pengolahan air limbah organik pada sistem fitoremediasi secara umum sangat sederhana, bahan pencemar di degradasi oleh bakteri, jamur, dan organisme lainnya yang ikut berperan dalam proses fitoremediasi, sehingga menghasilkan zat anorganik dengan struktur yang lebih sederhana. Hasil penguraian zat organik menjadi zat anorganik tersebut lalu diabsorbsikan oleh tanaman dan melalui proses

metabolisme digunakan untuk pertumbuhan organ tanaman seperti akar, batang, daun, bunga, dan buah (Evasari, 2012).

Metode fitoremediasi dapat dilakukan secara *in situ* yaitu dilakukan secara langsung di tempat terjadinya pencemaran, dan *ex situ* yaitu dengan menggunakan lahan ataupun kolam buatan dengan peranan bioreactor besar untuk penanganan limbah. Penggunaan metode fitoremediasi sangat berkembang pesat karena metode ini mempunyai beberapa keunggulan terutama untuk tanah dan air, karena dinilai lebih efektif, efisien, bersifat berkelanjutan, dan lebih ekonomis. Dibidang ekonomi penggunaan metode fitoremediasi di tinjau lebih efektif karena biaya operasi yang digunakan relatif murah dibandingkan dengan metode konvensional, sehingga hal ini dapat menghemat biaya sebesar 75-85% (Elystia *et al.*, 2014).

### **C. Limbah**

#### **1. Pengertian limbah**

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik hasil produksi domestik (rumah tangga) ataupun industri. Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang akan dibuang berasal dari industri, rumah tangga ataupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya limbah mengandung zat-zat yang bisa membahayakan bagi kesehatan manusia, dapat mempengaruhi aktivitas makhluk hidup, dan juga dapat merusak lingkungan hidup (Notoatmojo, 2011).

Pengertian limbah menurut Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009, limbah adalah sisa suatu kegiatan atau usaha. Limbah erat kaitanya dengan pencemaran atau sebagai sumber pencemaran, karena limbah menjadi substansi

pence,aran lingkungan, Oleh sebab itu penolahan limbah sangat dibutuhkan agar dapat menangani pencemaraan lingkungan yang disebabkan oleh limbah (Pitoyo *etal.*, 2016).

## 2. Karakteristik limbah

Karakteristik limbah dipengaruhi oleh ukuran partikel (mikro), penyebarannya luas dan berdampak panjang atau lama, dan sifatnya yang dinamis.Sedangkan kualitas dari limbah dipengaruhi oleh kandungan bahan pencemar, volume limbah,dan frekuensi pembuangan limbah (Widjajanti, 2009).

Berdasarkan karakterisitiknya, maka limbah dapat digolongkan menjadi empat jenis limbah,yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas/partikel, dan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Secara umum air limbah terdiri dari 99,9% komponen air dan 0,1% bahan padatan, bahan padatan tersebut terdiri dar 70% berupa bahan organik dan 30% berupabahan anorganik (Pitoyo *etal.*, 2009).

### **D. Limbah Cair Kelapa Sawit**

#### 1. Pengertian limbah cair kelapa sawit

Limbah cair kelapa sawit adalah hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau hasil produksi yang menjadi produksi pabrik kelap sawit.POME (*Palm Oil Mill Effluent*) adalah limbah cair kelapa sawit yang masih mengandung banyak padatan terlarut.Padatan terlarut tersebut sebagian besar berasal dari material lignoselulosa yang terdiri dari lignin, material berselulosa, dan hemiselulosa.Kandungan kimiawi dari lignoselulosa membuat POME bernilai tinggi dilihat dari segi Bioteknologi (Irvan *et al.*, 2012).

Limbah cair yang dihasilkan dari seluruh proses produksi pengolahan minyak kelapa sawit diperkirakan maksimal mencapai  $\pm 60\%$  Dari seluruh tandan buah segar yang olah. Hasil penelitian Komoditas Pertanian (2006) terhadap beberapa PKS milik PTK yang dianggap telah mewakili PKS pada umumnya oleh Bank Dunia, telah diketahui bahwa kualitas limbah cair (*inlet*) yang dihasilkan berpotensi mencemari badan air sebagai penerima buangan limbah.

## 2. Sumber limbah cair kelapa sawit

Sumber limbah cair kelapa sawit berasal dari pengolahan industri kelapa sawit yang di hasilkan dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS). Limbah cair kelapa sawit bersumber dari proses pengolahan kelapa sawit yang mengandung air dengan jumlah yang besar, dengan adanya kegiatan proses produksi pabrik kelapa sawit yang rutin dilakukan menjadi sumber penambahan limbah cair kelapa sawit yang terus menerus bertambah.

Pengolahan yang berasal dari air kondensat rebusan (*sterilizer condensate*), air drab (*slude water*), karena terdapat adanya pengenceran dan air hidroksil menjadi sumber utama limbah cair yang dikeluarkan dari pengolahan. Jumlah air yang dibutuhkan ketika pengolahan akan sangat berpengaruh terhadap kualitas air limbah yang dihasilkan dan kepekatan air limbah terutama jumlah total soil, minyak/lemak, dan padatan melayang. Pabrik pengolahan kelapa sawit membutuhkan rata-rata air sebanyak  $2,2 \text{ m}^3/\text{ton}$  TBS (Tandan Buah Segar) sehingga nantinya menghasilkan air limbah sebanyak  $1,2-1,7 \text{ m}^3/\text{ton}$  TBS atau kira-kira sama dengan 2-3 ton/ton minyak yang dihasilkan (Maulinda, 2013).

Kegiatan produksi minyak kelapa sawit yang langsung memberikan efek sumber limbah cair dari proses produksi yaitu kegiatan klarifikasi minyak, proses pencucian di suatu pabrik merupakan kegiatan yang rutin dilakukan setiap periode tertentu. Pencucian yang dilakukan terhadap unit-unit perangkat proses atau mesin-mesin proses produksi minyak kelapa sawit dilakukan pembersihan disekitar lokasi unit pemrosesan di beberapa bagian penunjang, seperti power house, pump house, bengkel dan lain sebagainya (Pulungan, 2017).

### 3. Karakteristik limbah cair kelapa sawit

Limbah cair kelapa sawit ditinjau lebih lanjut mempunyai potensi untuk mencemari lingkungan karena mengandung parameter bermakna yang cukup tinggi. Parameter yang dapat digunakan untuk penilaian kualitas air limbah sebagai tolak ukur adalah sebagai berikut: *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Organic Carbon* (TOC), Padatan Tersuspensi dan teruapkan, pH, kandungan nitrogen (N) dan pospor (P), dan kandungan logam berat (Manurung, 2004).

Limbah cair kelapa sawit memiliki karakteristik berwarna kecoklatan mengandung zat padat terlarut dan tersuspensi berupa koloid serta kandungan konsentrasi tinggi dari bahan organik dengan pH 4-5 dan suhu 90-140°C (Wahyudi, *et al.*, 2018). Secara umum limbah cair kelapa sawit mengandung minyak dan lemak sekitar 5.000 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) 40.000 mg/L, *Biological Oxygen Demand* (BOD) 20.000 mg/L, Nitrogen Total (N) 500-800 mg/L (Irvan *et al.*, 2012).

Kandungan nilai COD yang tinggi menyebabkan kandungan oksigen terlarut/*Dissolved Oxygen* (DO) rendah mengakibatkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme di perairan. Selain itu kandungan keasaman di perairan akan terus rendah dengan konsentrasi suhu yang tinggi, akibatnya lingkungan perairan mengalami pencemaran lingkungan. Sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke perairan apabila langsung dibuang ke perairan (Ahmad, 2011).

Sedangkan standar baku mutu limbah cair kelapa sawit agar dapat dibuang ke perairan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia tahun 2014 terlihat pada tabel 2.4

Tabel 2.1 Standar baku mutu limbah cair kelapa sawit.

<b>Parameter</b>	<b>Kadar Paling Tinggi (mg/L)</b>	<b>Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)</b>
BOD	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan Lemak	25	0,063
Nitrogen Total (Sebagai N)	50	0,125
Ph		6,0 – 9,0
Debit limbah paling tinggi	2,5, m <sup>3</sup> per ton produk minyak sawit (CPO)	

*Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014.*

Fairolzukry *et al.*, (2008) menyatakan bahwa limbah cair kelapa sawit juga mengandung berbagai senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH). *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH) adalah kelas senyawa organik yang mengandung dua atau lebih cincin aromatik dari atom karbon dan hidrokarbon. Jenis senyawa PAH yang berhasil identifikasi dari limbah sawit adalah *Naphtalene*, *Fluorne Pheanthrene*, *Floranthene* dan *Pyrene*.

Ciri khas dari aliran air limbah yang keluar dari pabrik kelapa sawit bersumber dari tiga sumber utama yaitu, air limbah dari hasil sisa setelah sterilisasi alat, setelah proses klarifikasi minyak, dan setelah proses hydrocyclone. Limbah cair kelapa sawit memiliki kandungan yang sangat tinggi bahan organik degradable, karena pada saat proses pengolahan ekstraksi minyak kelapa sawit tidak ada bahan kimia yang dicampurkan, sehingga sisa hasil pengolahan minyak kelapa sawit salah satunya yaitu limbah cair kelapa sawit dianggap tidak beracun, tetapi diidentifikasi sebagai sumber bahan pencemaran oleh depletion oksigen terlarut ketika dibuang ke perairan langsung tanpa proses pengolahan terlebih dahulu (Rupani, *etal.*, 2010).

Limbah cair kelapa sawit mengandung senyawa organik dan anorganik yang tinggi. Kandungan unsur hara yang terkandung dalam senyawa organik limbah cair kelapa sawit dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk proses pertumbuhan. Nilai unsur hara dalam 100 ton limbah cair kelapa sawit yaitu unsur Nitrogen (N) 50-67,5 kg, Fosfat (P) 9-11 kg, Kalium (K) 100-185 kg, Magnesium (Mg) 15-32 kg (Pratiwi, 2013).

Unsur hara yang terkandung dalam senyawa organik limbah cair kelapa sawit dapat diserap dan dimanfaatkan oleh tanaman untuk proses pertumbuhan pada media tumbuhnya yaitu air, sehingga dalam hal ini tanaman air sangat berperan dalam merombak senyawa tersebut. Tetapi, kandungan senyawa organik yang tinggi dan berlebihan sukar untuk dirombak dan dimanfaatkan oleh tanaman. Apabila terjadi, hal ini sangat berpengaruh terhadap kelestarian

lingkungan terutama berpengaruh buruk terhadap mikroorganisme yang terdapat di perairan (Silalahi dan Supijanto, 2010).

#### 4. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

*Chemical oxygen Demand (COD)* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung di dalam suatu perairan. Pengukuran parameter COD didasarkan pada pernyataan bahwa hampir seluruh bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbondioksida dan air dengan mengkaitkan bantuan oksidator kuat (kalium bichromat/ $K_2Cr_2O_7$ ) dalam keadaan asam. Dengan bantuan menggunakan kalium bichromat sebagai oksidator, dapat diperkirakan sekitar 95% hingga 100% bahan organik dapat di oksidasi (Effendi, 2003).

Jumlah oksigen yang diperlukan untuk suatu reaksi oksidasi terhadap bahan organik sama dengan jumlah kalium bichromat yang dipakai pada reaksi oksidasi, maka semakin banyak oksigen yang diperlukan. Ini artinya bahwa air di lingkungan semakin banyak tercemar oleh bahan organik dan parameter pencemar yang tinggi (Wardhana, 1995).

#### 5. Nitrat ( $NO_3$ ) dan Fosfat ( $PO_4$ )

Nitrat dan Fosfat merupakan zat hara yang memiliki peran penting dan pertumbuhan dan metabolisme organisme yang hidup di air. Secara alami sumber utama nitrat dan fosfat berasal dari pelapukan batuan mineral dan dekomposisi bahan organik yang akan diurai oleh bakteri menjadi zat hara (Ruttenberg, 2004). Senyawa fosfat adalah bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan

dan merupakan unsur esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae sehingga dapat mempengaruhi tingkat hasil produktivitas suatu perairan.(Mckelvi, 1999).

Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di suatu perairan dan merupakan nutrient utama yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman dan alga. Fungsi nitrogen antara lain membangun dan memperbaiki jaringan tubuh serta memberikan energi, tumbuhan dan hewan membutuhkan energi yang berasal dari nitrogen untuk sintesa protein (Effendi, 2015). Akan tetapi, apabila kedua zat ini konsentrasinya sangat besar di perairan dan melebihi nilai ambang batas maka terjadi eutrofikasi (pengkayaan zat hara) yang ditandai dengan penurunan pertumbuhan hingga menyebabkan kematian suatu tanaman.



### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan bulan Agustus 2019. Tahap pemeliharaan, pengujian parameter pH, suhu, oksigen terlarut dan pengamatan parameter pertumbuhan kangkung air dilaksanakan di Laboratorium Ekologi dan Botani Prodi Biologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Sementara itu, pengujian parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrat dan fosfat dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standardiasi Industri (Baristan), Banda Aceh, Provinsi Aceh.

Tabel 3.1 Jadwal penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:

Aktivitas		Juni			Juli				Agustus			
		1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Mempersiapkan alat dan bahan											
2.	Pengambilan sampel limbah cair kelapa sawit dan kangkung air											
3.	Preparasi kangkung air dan limbah cair kelapa sawit											
4.	Masapemeliharaan pengamatan pertumbuhan kangkung air											
5.	Pengukuran parameter pertumbuhan kangkung air dan pengukuran parameter fisik kimiawi											
6.	Analisis pengolahan dan penyusunan data											

Penelitian dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan dengan tiga ulangan untuk masing-masing perlakuan. Model RAL digunakan karena unit percobaan yang digunakan relatif homogen, yaitu unit percobaan menggunakan satu jenis tanaman (kangkung air), dengan perbedaan pada konsentrasi limbah cair kelapa sawit dalam media pertumbuhannya. Wadah pemeliharaan yang digunakan adalah wadah plastik berdiameter 32 cm dan tinggi 28 cm dengan volume air sebanyak 16 liter. Perlakuan dengan konsentrasi limbah cair yang berbeda adalah sebagai berikut:

- a. Perlakuan P0 (0%) kontrol = 0 liter limbah cair + 10 liter air
- b. Perlakuan P1 (25%) = 2,5 liter limbah cair + 7,5 liter air
- c. Perlakuan P2 (50%) = 5 liter limbah cair + 5 liter air
- d. Perlakuan P3 (75%) = 7,5 liter limbah cair + 2,5 liter air
- e. Perlakuan P4 (100%) = 10 liter limbah cair + 0 air

## **B. Subyek Penelitian/ Populasi Sampel dan Sampel Penelitian**

### 1. Populasi

Adapun populasi penelitian ini meliputi pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan metode remediasi menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) dan pengaruh pertumbuhan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) terhadap limbah cair kelapa sawit.

### 2. Sampel

Sampel dari penelitian ini adalah limbah cair kelapa sawit dan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk).

### C. Instrumen Penelitian

#### 1. Alat dan bahan penelitian

Alat dan bahanyang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, penggaris, timbangan analitik, jerigen, timba plastik, wadah plastik berdiameter 32 cm dan tinggi 28 cm dengan volume air sebanyak 16 liter, wadah aklimatisasi dengan volume 50 liter, botol sampel, aerator, selang aerator, batu aerator, sterofom, gelas plastik, kantung plastik, gelas ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, pipet tetes, pipet volume, pH meter, *Dissolved Oxygen Meter*, COD reactor, Digital Burette Titrette, Spektrofotometer dan mikroskop stereo. Reagen Fosfatver, reagen Nitrat,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $Ag_2SO_4$ , Ferro Amonium Sulfat (FAS), Indikator feroin, 120 Liter limbah cair kelapa sawit, kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk), air dan aquades.

### D. Prosedur Penelitian

Preparasi limbah cair kelapa sawit dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 120 Liter limbah cair kelapa sawit yang diperoleh dari Pabrik Kelapa Sawit PT Ujong Neubok Dalam (UND) yang berlokasi di Gampong Ujong Lamie, Kecamatan Darul Makmur, Kabupaten Nagan Raya. Limbah cair kelapa sawit yang digunakan berasal dari kolam ke lima pengendapan limbah. Sampel limbah diangkat ke laboratorium dengan menggunakan transportasi darat. sampai dengan masa uji coba, sampel ditempatkan pada suatu wadah yang dilengkapi dengan aerasi. Karakteristik limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Karakteristik limbah cair kelapa sawit yang digunakan pada penelitian ini.

Parameter	Satuan	Hasil Uji	PERMENLH No. 1815 Tahun 2014 (kadar maks)
COD	mg/L	4.176,50	350
Nitrat	mg/L	26,33	30
Fosfat	mg/L	95,58	2
pH	-	7,53	6,0 - 9,0
Suhu	□ C	26,9	40
Oksigen terlarut	mg/L	6,5	-

Preparasi kangkung air untuk penelitian ini dikoleksi dari rawa Komplek Villa Gading Mas yang berlokasi disekitar Gampong Ceurih, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh. Sampel dibawa ke Laboratorium Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-raniry, kemudian dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan sedimen dan organisme lainnya yang menempel. Sampel kangkung air ditempatkan pada wadah penampungan aklimatisasi bervolume 50 Liter dan diberi aerasi serta pencahayaan. Masa aklimatisasi berlangsung selama empat hari.

Masa Pemeliharaan fitoremediasi dilakukan selama 15 hari dengan pengukuran variabel parameter fisik kimiawi air dilakukan setiap lima hari sekali dan pengukuran parameter pertumbuhan kangkung air dilakukan pada hari terakhir fitoremediasi. Kangkung air yang digunakan sebagai tanaman uji dipilah berdasarkan ukuran yang seragam yaitu tinggi tanaman 30-35 cm, jumlah daun lima helai, bobot basah 25 gram, panjang akar 15 cm. Setiap wadah pemeliharaan diisi dengan tiga perdu kangkung air.

Limbah dari jirgen diaduk kemudian dimasukkan kedalam wadah pemeliharaan berupa toples plastik berdiameter 32 cm, tinggi 28 cm dengan volume 16 liter sesuai dengan perlakuan yang telah ditentukan yaitu, perlakuan P0 kontrol: 0% (0 L limbah cair + 10 L air), perlakuan P1: 25% (2,5 L limbah cair + 7,5 L air), perlakuan P2: 50% (5 L limbah cair + 5 L air), perlakuan P3: 75% (7,5 L limbah cair + 2,5 L air), Perlakuan P4: 100% (10 L limbah + 0 L air). Jumlah ulangan untuk setiap perlakuan yaitu sebanyak tiga ulangan. Setiap media pemeliharaan dilengkapi dengan aerasi guna untuk mencegah pengendapan limbah pada dasar wadah pemeliharaan. Air yang digunakan berasal dari saluran air PDAM yang berada difakultas sains dan teknologi dengan treatment yang sudah dilakukan oleh pihak perusahaan hingga menjadi air bersih yang siap untuk dialirkan kemasyarakat.

#### **E. Metode Kerja**

Parameter yang diukur pada metode kerja penelitian yaitu:

##### **1. Pengukuran kandungan COD, Nitrat dan Fosfat**

Pengukuran kandungan COD diukur berdasarkan SNI 6989.73:2009 dengan metode Refluks tertutup secara Tritrimetri. Nitrat diukur berdasarkan SNI 6989.79:2011 dengan spektrofotometer Hach Lange DR/2010 Portable made in Amerika pada panjang gelombang 400 nm. Fosfat diukur berdasarkan SNI 06-6989.31-2005 pada panjang gelombang 890 nm.

## 2. Pengukuran kualitas air limbah

Pengukuran kualitas air limbah meliputi parameter fisik kimiawi diantaranya pH, suhu, dan oksigen terlarut. pH media diukur dengan menggunakan pH meter. Suhu dan oksigen terlarut diukur dengan menggunakan *Dissolved Oxygen Meter*.

## 3. Perhitungan laju degradasi limbah cair kelapa sawit

Laju degradasi limbah cair kelapa sawit untuk parameter COD, nitrat, fosfat dan warna (diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 765 nm. Chaijak *et al.*, 2017) dihitung dengan menggunakan persamaan Devi *et al.*, (2012) sebagai berikut:

$$\text{Laju Degradasi}(\%) = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100$$

dimana  $C_0$  adalah konsentrasi awal parameter pengamatan, sedangkan  $C_1$  adalah konsentrasi parameter fisik kimiawi pada selang waktu pengamatan berikutnya.

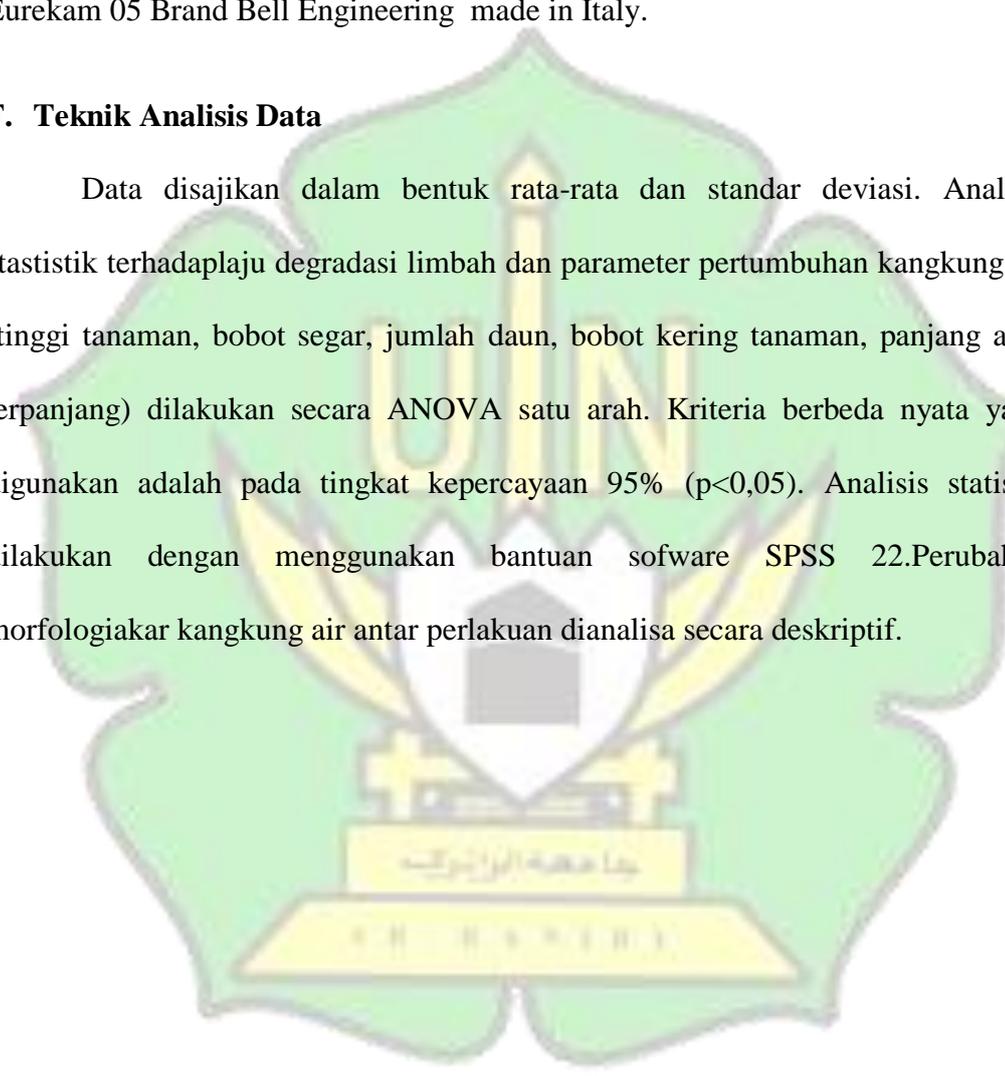
## 4. Pengukuran parameter pertumbuhan kangkung air

Parameter pertumbuhan kangkung air yang diamati meliputi tinggi akhir tanaman, bobot segar akhir, jumlah daun akhir, bobot kering akhir tanaman, panjang akar terpanjang dan morfologi akar (Anwar, 2010). Tinggi akhir diukur dari pangkal sampai pada titik tertinggi tanaman. Bobot segar tanaman diukur dengan menimbang seluruh bagian tanaman setelah dibersihkan. Jumlah daun diukur dengan menghitung jumlah daun yang telah membuka sempurna. Bobot kering diukur setelah dilakukan pengovenan pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama 48

jam(Suchaida *et al.*, 2015). Panjang akar terpanjang diukur dari pangkal akar sampai ujung akar.Perubahan morfologi akar antar perlakuan diamati dan didokumentasikan secara mikroskopis dan makroskopis menggunakan mikroskop stereo Olympus SZ51 LED made in Taiwan yang telah dilengkapi dengan kamera Eureka 05 Brand Bell Engineering made in Italy.

#### **F. Teknik Analisis Data**

Data disajikan dalam bentuk rata-rata dan standar deviasi. Analisis statistik terhadap laju degradasi limbah dan parameter pertumbuhan kangkung air (tinggi tanaman, bobot segar, jumlah daun, bobot kering tanaman, panjang akar terpanjang) dilakukan secara ANOVA satu arah. Kriteria berbeda nyata yang digunakan adalah pada tingkat kepercayaan 95% ( $p < 0,05$ ). Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan bantuan software SPSS 22. Perubahan morfologi akar kangkung air antar perlakuan dianalisa secara deskriptif.



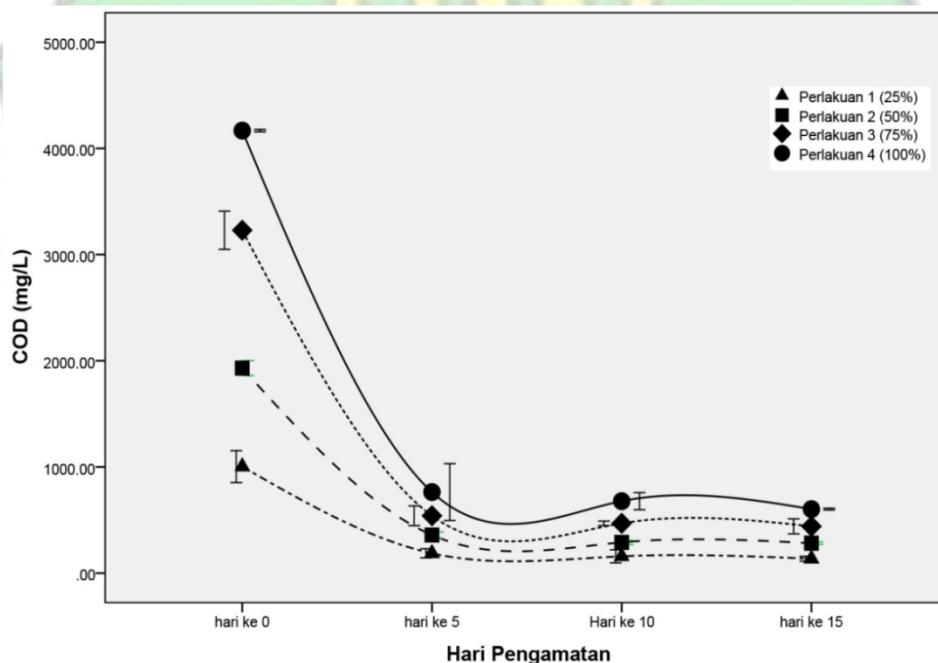
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Kandungan COD, Nitrat dan Fosfat

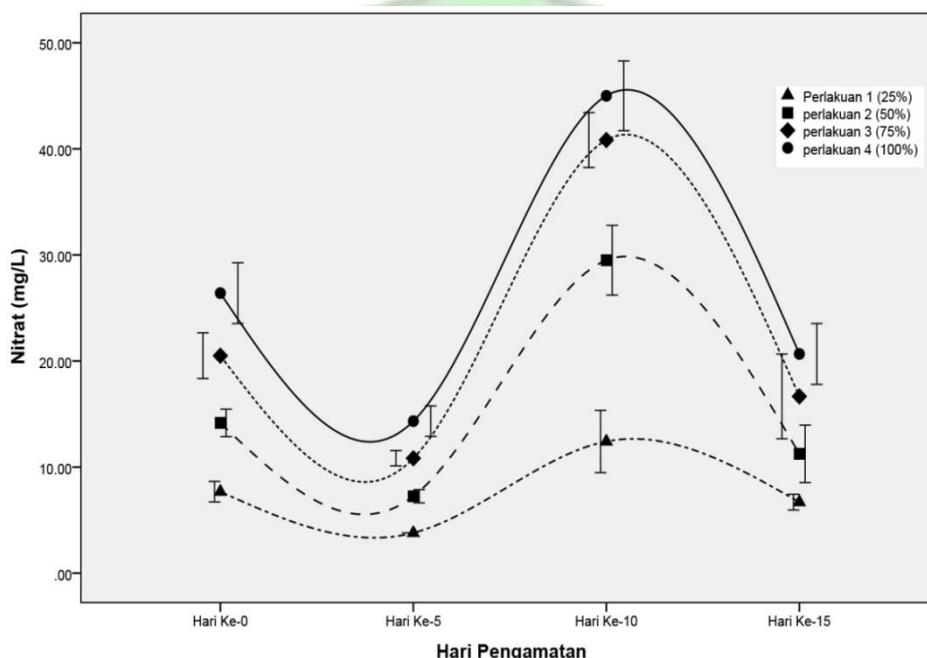
Hasil data kandungan COD, nitrat dan fosfat selama masa remediasi yang diukur setiap lima hari sekali bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan kandungan parameter tersebut terhadap lamanya waktu pemeliharaan dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang berbeda.



Gambar 4.1 Kandungan COD pada setiap perlakuan selama masa remediasi.

Berdasarkan gambar 4.1 Selama masa fitoremediasi, kandungan COD tiap perlakuan menunjukkan penurunan nilai. Kandungan COD awal pada Perlakuan 1,Perlakuan 2, Perlakuan 3 dan Perlakuan 4 yaitu masing-masing sebesar 1002,88

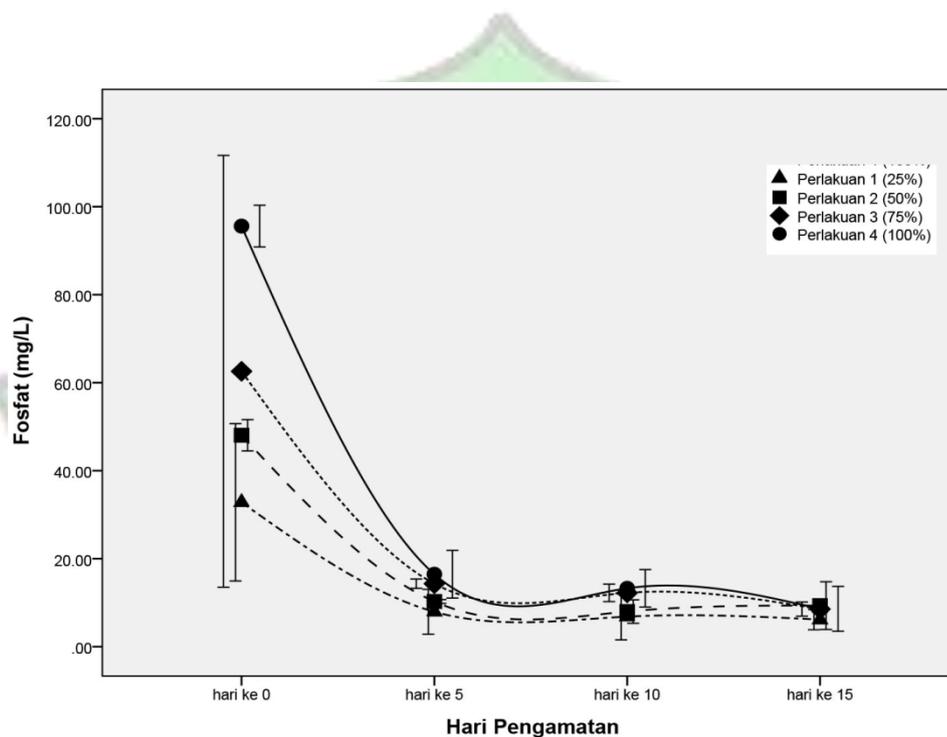
mg/L, 1930,80 mg/L, 3228,88 mg/L dan 4176,55 mg/L. Laju penurunan kandungan COD terbesar terjadi hingga hari ke lima. Setelah hari ke lima, laju penurunan kandungan COD cenderung mengecil. Kandungan COD akhir untuk masing-masing setiap perlakuan yaitu 135,05 mg/L (perlakuan 1), 281,74 mg/L (Perlakuan 2), 440,34 mg/L (Perlakuan 3) dan 602.64 mg/L (Perlakuan 4).



Gambar 4.2 Kandungan nitrat pada setiap perlakuan selama masa remediasi.

Gambar 4.2 menunjukkan kandungan nitrat awal untuk masing-masing perlakuan yaitu 7,68 mg/L (Perlakuan 1), 14,17 mg/L (Perlakuan 2), 20,50 mg/L (Perlakuan 3) dan 26,33 mg/L (Perlakuan 4). Hingga hari ke lima, kandungan nitrat pada setiap perlakuan mengalami penurunan nilai, akan tetapi, pada hari ke sepuluh terdapat kenaikan nilai kandungan nitrat pada setiap perlakuan. Kenaikan kandungan nitrat tertinggi terdapat pada Perlakuan 4, sedangkan terendah terdapat

pada Perlakuan 1 yaitu masing-masing sebesar 21,4% dan 12,7%. Setelah hari kesepuluh, kandungan nitrat pada tiap perlakuan kembali menunjukkan penurunan. Nilai akhir nitrat masing-masing perlakuan yaitu 6,70 mg/L (Perlakuan 1), 11,25 mg/L (Perlakuan 2), 16,67 mg/L (Perlakuan 3) dan 20,67 mg/L (Perlakuan 4).



Gambar 4.3 Kandungan fosfat pada setiap perlakuan selama masa remediasi.

Berdasarkan gambar 4.3 pola penurunan kandungan fosfat antar perlakuan hampir identik dengan penurunan kandungan COD. Kandungan fosfat awal untuk masing-masing perlakuan yaitu 32,82 mg/L (Perlakuan 1), 48,05 mg/L (Perlakuan 2), 62,58 mg/L (Perlakuan 3) dan 95,58 mg/L (Perlakuan 4). Penurunan kandungan fosfat terbesar terjadi hingga hari kelima. Setelah hari kelima penurunan kandungan fosfat cenderung mengecil. Nilai akhir fosfat untuk masing-masing setiap

perlakuan yaitu 6,15 mg/L(Perlakuan 1), 9,33 mg/L(Perlakuan 2) dan 8,55 mg/L(Perlakuan 3), 8,60 mg/L(Perlakuan 4).

## 2. Kisaran rata-rata pengukuran kualitas air limbah

Selama penelitian parameter fisik kimiawi air limbah yang juga ikut diukur adalah pH, suhu dan oksigen terlarut. Kisaran hasil pengukuran kualitas air selama kegiatan remediasi limbah cair kelapa sawit, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Nilai kisaran parameter pH, suhu dan oksigen terlarut

Parameter	Perlakuan					
	P0	P1	P2	P3	P4	
pH	Kisaran	8,6 - 8,8	7,4 - 8,8	7,4 - 9,2	7,5 - 9,1	7,5 - 9,2
	Rata-rata	8,7 ± 0,1	8,1 ± 0,7	8,3 ± 1,0	8,3 ± 0,8	8,3 ± 0,9
Suhu (°C)	Kisaran	29,0 - 26,6	29,0 - 26,8	27,7 - 27,0	29,0 - 26,6	27,3 - 26,2
	Rata-rata	27,8 ± 1,2	28,0 ± 0,9	27,2 ± 0,4	27,6 ± 1,1	27,1 ± 0,9
Oksigen terlarut (mg/L)	Kisaran	5,5 - 28,3	6,6 - 34,8	6,5 - 34,8	6,7 - 29,1	6,0 - 26,0
	Rata-rata	12,8 ± 10,7	18,9 ± 14,5	20,4 ± 15,9	15,8 ± 11,0	12,4 ± 9,3

## 3. Laju degradasi limbah cair kelapa sawit

Berdasarkan hasil analisis statistik hingga akhir masa remediasi, laju degradasi COD tertinggi terdapat pada Perlakuan 1, laju degradasi terendah terdapat pada Perlakuan 4 yaitu masing-masing sebesar 86,3 % dan 85,5 %. Berdasarkan hasil analisis statistik, laju degradasi kandungan COD di akhir masa remediasi pada Perlakuan 3 memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding perlakuan yang lainnya ( $p < 0,05$ ). Tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap laju degradasi nitrat antar perlakuan ( $p > 0,05$ ). Laju degradasi parameter fosfat pada

Perlakuan 1 dan Perlakuan 2 menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan perlakuan Perlakuan 3 dan Perlakuan 4 ( $p < 0,05$ ). Sebaliknya, laju degradasi warna pada Perlakuan 1 dan Perlakuan 2 menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibanding Perlakuan 3 dan Perlakuan 4 ( $p > 0,05$ ), dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rata-rata laju degradasi limbah cair kelapa sawit pada akhir masa remediasi

Parameter	Perlakuan			
	P1	P2	P3	P4
COD (%)	86.2 ± 0.57 <sup>a</sup>	85.3 ± 0.05 <sup>a</sup>	86.3 ± 0.57 <sup>b</sup>	85.5 ± 0.11 <sup>a</sup>
Nitrat (%)	12.7 ± 1.22 <sup>a</sup>	20.5 ± 7.19 <sup>a</sup>	17.5 ± 8.6 <sup>a</sup>	21.5 ± 1.50 <sup>a</sup>
Fosfat (%)	80.8 ± 3.27 <sup>a</sup>	80.5 ± 4.24 <sup>a</sup>	84.9 ± 6.75 <sup>b</sup>	90.9 ± 2.00 <sup>b</sup>
Warna (%)	95.3 ± 2.40 <sup>a</sup>	94.7 ± 2.91 <sup>a</sup>	93.7 ± 0.95 <sup>b</sup>	87.7 ± 5.26 <sup>b</sup>

\*Nilai yang diikuti abjad yang berbeda pada baris yang sama, menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ )

#### 4. Pertumbuhan kangkung air

Tinggi awal kangkung yang digunakan dalam penelitian ini berkisar antara 30,0 cm sampai 30,8 cm, sedangkan bobot basahnya berkisar antara 15,01 sampai 15,91 gram. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap parameter panjang akar terpanjang dan bobot kering tanaman antar perlakuan ( $p > 0,05$ ). Walaupun demikian, terdapat perbedaan yang signifikan pada parameter tinggi akhir, bobot besar akhir, dan jumlah daun ( $p < 0,05$ ). Tinggi akhir kangkung air menurun secara signifikan dari  $40,10 \pm 4,91$  cm pada Perlakuan Kontrol menjadi  $19,36 \pm 16,99$  cm pada Perlakuan 4. Bobot basah akhir kangkung air menurun secara signifikan dari  $19,00 \pm 6,48$  g pada Perlakuan Kontrol menjadi  $10,95 \pm 2,84$  g pada Perlakuan 4. Jumlah daun kangkung air

menurun secara signifikan dari  $6,00 \pm 1,00$  helai pada Perlakuan Kontrol menjadi  $1,33 \pm 1,52$  helai pada Perlakuan 4 (Tabel 4.3).

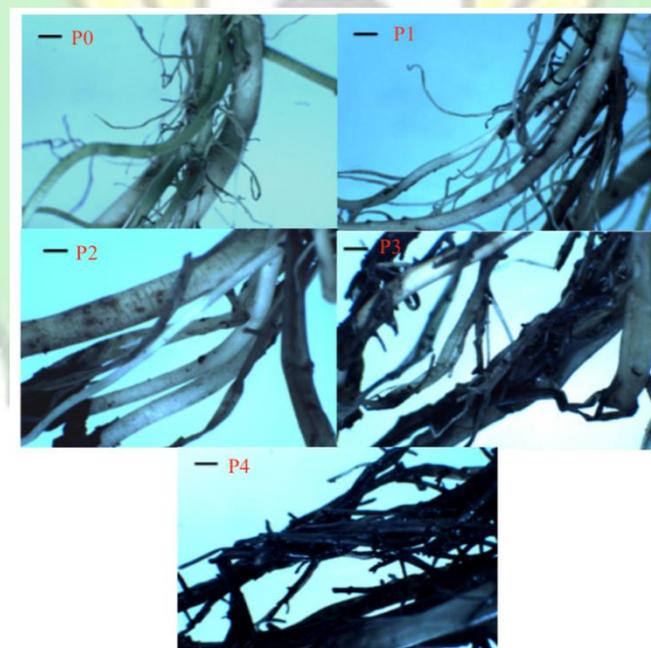
Tabel 4.3. Parameter pertumbuhan kangkung (*Ipomoea aquatica* Forsk) pada setiap perlakuan

Parameter	Perlakuan				
	P0	P1	P2	P3	P4
Tinggi awal (cm)	$30,30 \pm 0,26^a$	$30,60 \pm 0,17^a$	$30,33 \pm 0,28^a$	$30,56 \pm 0,32^a$	$30,60 \pm 0,26^a$
Tinggi akhir (cm)	$40,10 \pm 4,91^a$	$35,90 \pm 2,40^a$	$36,43 \pm 2,71^a$	$34,50 \pm 1,50^a$	$19,36 \pm 16,99^b$
Bobot basah awal (g)	$15,38 \pm 0,46^a$	$15,46 \pm 0,25^a$	$15,37 \pm 0,29^a$	$15,71 \pm 0,29^a$	$15,37 \pm 0,30^a$
Bobot basah akhir (g)	$19,00 \pm 6,48^a$	$16,48 \pm 2,73^a$	$21,01 \pm 4,19^a$	$18,91 \pm 4,52^a$	$10,95 \pm 2,84^b$
Jumlah daun akhir (Helai)	$6,00 \pm 1,00^a$	$5,66 \pm 2,30^a$	$4,66 \pm 2,51^a$	$3,66 \pm 1,15^a$	$1,33 \pm 1,52^b$
Panjang akar terpanjang (cm)	$16,53 \pm 1,69^a$	$16,03 \pm 2,13^a$	$14,96 \pm 1,02^a$	$14,90 \pm 1,21^a$	$13,30 \pm 3,16^a$
Bobot kering akhir tanaman (g)	$1,97 \pm 0,86^a$	$2,42 \pm 0,72^a$	$2,69 \pm 2,20^a$	$2,54 \pm 0,20^a$	$1,31 \pm 1,14^a$

\*Nilai yang diikuti abjad yang berbeda pada baris yang sama, menunjukkan hasil yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ).



Gambar 4.4 Tampilan makroskopis akar kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) pada setiap perlakuan pada akhir masa remediasi. Skala Bar: 1 cm.



Gambar 4.5. Tampilan mikroskopis akar kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) pada setiap perlakuan pada akhir masa remediasi. Skala Bar: 1 mm.

Morfologi akar kangkung air yang terpapar limbah cair kelapa sawit cenderung mengalami perubahan warna dan bentuk. Secara makroskopis, akar kangkung air yang terpapar limbah cair kelapa terlihat berwarna lebih gelap dibandingkan dengan akar kangkung air yang tidak terpapar limbah cair kelapa sawit (Gambar 4.1). Disamping itu, secara mikroskopis bentuk dan tekstur serabut halus akar kangkung air yang terpapar limbah cair kelapa sawit terlihat semakin pendek dan rusak (Gambar 4.2). Semakin tinggi konsentrasi limbah cair kelapa sawit yang dipaparkan, maka kerusakan struktur serabut halus akar kangkung air cenderung semakin meningkat.

## **B. Pembahasan**

Saat ini upaya meremediasi limbah cair kelapa sawit dengan menggunakan berbagai metode terus dikembangkan, salah satunya melalui fitoremediasi (Darajeh *et al.*, 2014; Ahmad *et al.*, 2007; Kamyab *et al.*, 2015;). Fitoremediasi dinilai sebagai salah satu metode remediasi limbah kelapa sawit yang efisien, ramah lingkungan dan mudah untuk diaplikasikan (Hadiyanto *et al.*, 2013; Kemyab *et al.*, 2017; Tan *et al.*, 2019). Beberapa jenis tumbuhan yang telah dilaporkan dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi limbah cair kelapa sawit antara lain *Typha latifolia* (Purwanti *et al.*, 2014), *Chrysopogon zizanioides* L. (Darajeh *et al.*, 2014), *Spyrogyra* sp. (Baihaqi *et al.*, 2017) dan *Chlorella* sp. (Elystia *et al.*, 2019).

COD merupakan salah satu parameter utama yang umum digunakan untuk menilai tingkat keberhasilan remediasi limbah cair kelapa sawit. Dalam penelitian ini, laju penurunan tertinggi kandungan COD terjadi pada hari kelima. Hasil ini

cenderung berbeda dengan beberapa penelitian fitoremediasi limbah cair kelapa sawit lainnya. Hadiyanto *et al.*, (2013), mengungkapkan bahwa laju penurunan tertinggi COD pada limbah cair kelapa sawit yang diremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) justru terjadi pada hari ke delapan. Perbedaan ini diduga berkaitan erat dengan konsentrasi limbah cair kelapa sawit awal yang digunakan pada tahap fitoremediasi. Pada penelitian ini, limbah cair kelapa sawit yang digunakan berasal dari kolam pengendapan kelima sedangkan pada penelitian Hadiyanto *et al.* (2013) berasal dari kolam pengendapan keempat, sehingga konsentrasi COD nya cenderung lebih tinggi dan memerlukan waktu yang lebih lama untuk dapat terdegradasi.

Selain dipengaruhi oleh keberadaan agen fitoremediasi, proses degradasi limbah cair kelapa sawit juga dipengaruhi oleh aktivitas bakteri *indogeneous* yang terkandung didalam limbah. Bahkan menurut Suyasa (2007), dalam kondisi tertentu laju degradasi COD oleh bakteri *indogeneous* justru lebih besar dibandingkan dengan agen fitoremediasi. Sunarti *et al.* (2014), menjelaskan bahwa bakteri *indogeneous* yang terkandung dalam limbah umumnya membutuhkan oksigen terlarut (bersifat aerob) yang cukup untuk memaksimalkan proses degradasi COD. Sebaliknya, kandungan COD yang tinggi menyebabkan terjadinya penurunan kandungan oksigen terlarut dalam media. Akibatnya aktivitas remediasi limbah cair kelapa sawit dalam kolam pengendapan menjadi terhambat. Penambahan aerasi kedalam media fitoremediasi dalam penelitian ini diduga menjadi faktor yang mendukung aktivitas bakteri tersebut sehingga laju degradasi COD dapat berlangsung lebih cepat dan maksimal.

Proses keberhasilan remediasi limbah cair kelapa sawit dengan menggunakan tanaman sangat dipengaruhi oleh keberadaan bakteri asal yang terdapat pada limbah cair tersebut. Januar *et al.*,(2013) yang menyatakan bahwa hasil isolasi asal limbah cair kelapa sawit didapatkan isolat dengan ciri bakteri *Bacillus* sp. yang dapat mendegradasi limbah cair kelapa sawit dibuktikan dengan melihat aktivitas pertumbuhannya yang mampu menurunkan kadar lipid pada limbah cair kelapa sawit tersebut. Selain bakteri, keberadaan mikroorganisme asal lainnya adalah kapang diantaranya *Aspergillus fumigates*, *Clindrocladium* sp. dan *Fumago* sp. yang diisolasi dari limbah cair kelapa sawit terbukti mampu membantu proses remediasi kandungan bahan pencemar terutama minyak dan lemak pada limbah tersebut dengan potensi kemampuannya yang berbeda-beda dan juga menyebabkan proses remediasi membutuhkan lamanya waktu yang berbeda-beda pula (Mukharomah *et al.*, 2015).

Degradasi kandungan COD hingga akhir masa remediasi dalam penelitian ini mencapai  $86.3 \pm 0.57\%$ . Hasil ini lebih tinggi dibandingkan fitoremediasi menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan teratai (*Nymphaea* sp.) yaitu masing masing sebesar 50% dan 44,51% (Hadiyanto *et al.*,2013). Walaupun demikian, nilai ini masih lebih rendah apabila dibandingkan dengan fitoremediasi menggunakan *Typha latifolia* yaitu sebesar 97,18% (Elystia *et al.*, 2014).

Hingga 15 hari masa remediasi, kandungan COD akhir pada perlakuan P1 dan P2 sudah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, sedangkan pada perlakuan P3 dan P4 masih belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan PERMENLH No.5 Tahun 2014 yaitu sebesar 350 mg/L. Perbedaan kandungan

COD akhir antar perlakuan dapat dipengaruhi oleh konsentrasi awal COD. Semakin rendah kadar limbah awal maka waktu degradasi kandungan COD menjadi semakin cepat, sebaliknya semakin tinggi kadar limbah awal maka dibutuhkan waktu degradasi yang semakin lambat.

Pada hari ke sepuluh, kandungan nitrat pada setiap perlakuan naik hingga kisaran 61–65 %. Kejadian serupa juga pernah dilaporkan terjadi saat fitoremediasi limbah tambak udang menggunakan *Spirulina* sp, dimana kandungan nitrat dalam media meningkat sebesar 35 % dari kondisi awal (Nadhira dan Moersidik, 2015). Disamping itu, Zahidah dan Shovitri (2013) juga melaporkan adanya peningkatan kandungan nitrat pada saat fitoremediasi limbah budidaya ikan (dalam sistem akuaponik) menggunakan kankung darat (*Ipomoea reptans*). Kenaikan kandungan nitrat tersebut diduga terjadi akibat adanya reaksi nitrifikasi pada media limbah cair kelapa sawit (Dewi dan Masithoh, 2013). Pada saat nitrifikasi berlangsung, kandungan ammonia didalam limbah cair kelapa sawit dirubah menjadi nitrit dan nitrat, sehingga kandungan nitrat pada setiap perlakuan menjadi meningkat. Setelah hari ke sepuluh kandungan nitrat cenderung menurun, hal ini mengindikasikan adanya penurunan laju nitrifikasi dan meningkatnya serapan nitrat oleh kankung air sebagai salah satu sumber nutrisi.

Laju penurunan kandungan nitrat tertinggi pada penelitian ini terdapat pada Perlakuan 4 sedangkan nilai terendah terdapat pada Perlakuan 1 yaitu masing masing sebesar 21,4% dan 12,7%. Kandungan akhir nitrat setiap perlakuan sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh PERMENLH No.5 Tahun 2014 dengan kadar maksimum 30 mg/L. Yang *et al.* (2019), mengungkapkan bahwa

kandungan nitrat pada perairan yang melebihi ambang batas berpotensi menyebabkan gangguan pertumbuhan, pernapasan, reproduksi hingga kematian ikan. Beberapa jenis tumbuhan lain juga dilaporkan mampu mendegradasi kandungan nitrat dalam limbah diantaranya *Spirulina platensis*, eceng gongok (*Eichhornia crassipes*) dan teratai (*Nymphaea* sp.) (Hadiyanto *et al.*, 2013).

Identik dengan COD, kandungan fosfat juga menunjukkan laju penurunan terbesar pada hari kelima. Penurunan kandungan fosfat tertinggi terdapat pada Perlakuan 4 sedangkan penurunan terendah terdapat pada Perlakuan 2 yaitu masing-masing sebesar 91,0%, dan 81,2 %. Proses cepatnya penerapan fosfat selain yang dilakukan oleh kangkung air, hal ini juga dipengaruhi oleh keberadaan bakteri pada akar kangkung air tersebut. Suwondo *et al.*, (2014) menyatakan bahwa terdapat bakteri rizosfir yang bersimbiosis pada akar tanaman *Typha angustifolia* yaitu bakteri *Actinomycetes* sp. mampu mengikat nitrogen dan material-material pencemar serta dapat melarutkan fosfat sebelum diserap oleh tanaman. Laju degradasi fosfat dalam penelitian ini masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan tumbuhan lain seperti eceng gongok (*Eichhornia crassipes*) dan teratai (*Nymphaea* sp.) yang hanya mampu mendegradasi fosfat dalam limbah cair kelapa sawit sebesar 64,0 % dan 58,0 % (Hadiyanto *et al.*, 2013). Walaupun demikian, kandungan fosfat pada akhir masa remediasi di setiap perlakuan masih belum memenuhi standar baku mutu limbah cair kelapa sawit yang sudah ditetapkan oleh PERMENLH No.5 Tahun 2014 dengan kadar maksimal sebesar 2 mg/L.

Kandungan fosfat setiap perlakuan yaitu 6,15 mg/L(P1), 9,33 mg/L(P2), 8,55 mg/L(P3), 8,60 mg/L(P4). Hal ini mengindikasikan bahwa degradasi fosfat membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan parameter COD dan nitrat. Hasil penelitian Stefhany *et al.* (2013) menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu hingga 20 hari untuk menurunkan kandungan fosfat agar memenuhi standar baku mutu pada limbah laundry menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Dipu *et al.* (2010), mengungkapkan bahwa fitoremediasi limbah industri tahu menggunakan apu-apu (*Pistia stratiotes*) selama 20 hari hanya mampu mendegradasi fosfat sebesar 69,3 %.

Parameter fisik kimiawi air limbah yang juga ikut diukur untuk mendukung kualitas limbah sebelum dibuang ke perairan adalah pH, suhu dan oksigen terlarut. Nilai pH antar perlakuan selama masa remediasi berkisar berada pada kisaran 7,5-9,2 dengan nilai rata-rata berkisar  $8,1 \pm 0,7$  hingga  $8,7 \pm 0,1$ . Nilai suhu antar perlakuan selama masa remediasi berada pada kisaran  $26,2^{\circ}\text{C}$  -  $29,0^{\circ}\text{C}$  dengan nilai rata-rata berkisar  $27,1 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$  hingga  $28,0 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ . Selama masa remediasi nilai rata-rata pH dan suhu yang didapatkan sudah memenuhi standar baku mutu limbah cair kelapa sawit yang ditetapkan yaitu 6,0-9,0 dan  $40^{\circ}\text{C}$ . Nilai oksigen terlarut antar perlakuan selama masa remediasi menunjukkan adanya peningkatan berada pada kisaran 5,5 mg/L- 34,8 mg/L dengan nilai rata-rata berkisar  $12,4 \pm 9,3$  mg/L hingga  $20,4 \pm 15,9$  mg/L. Hasil ini mendukung dengan nilai penurunan COD, semakin tinggi oksigen terlarut maka semakin rendah kandungan COD. Sebaliknya, semakin rendah oksigen terlarut maka dapat dipastikan semakin tinggi kandungan COD.

Kemampuan fitoremediasi limbah cair kelapa sawit menggunakan kangkung air juga dapat diindikasikan melalui laju degradasi warna. Baharuddin *et al.* (2009) dan Nursanti (2013), mengungkapkan adanya korelasi positif antara kandungan COD dengan perubahan warna limbah cair kelapa sawit. Disamping itu, parameter laju degradasi warna juga telah digunakan untuk menganalisis beberapa jenis polutan diantaranya limbah cair batik (Masnesia, 2017), limbah lindi (Fajariyah dan Mangkoedihardjo, 2017), limbah pencelupan (Dewi *et al.*, 2016) dan limbah industri tekstil (Kalsum, 2015). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perlakuan 1 dan Perlakuan 2 memiliki laju degradasi warna yang lebih tinggi dibandingkan Perlakuan 3 dan Perlakuan 4. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin rendah kandungan COD awal maka laju degradasi warna akan semakin efektif (Riadi *et al.*, 2014).

Kangkung air masih mampu tumbuh dengan baik pada Perlakuan 1, Perlakuan 2 dan Perlakuan 3. Sebaliknya, pada Perlakuan 4 tinggi akhir, bobot basar akhir, dan jumlah daun kangkung air mempunyai nilai lebih rendah dibanding Perlakuan Kontrol. Hal ini mengindikasikan bahwa kangkung air masih mampu tumbuh dengan baik pada media berpolutan selama masih berada pada konsentrasi batas aman. Beberapa penelitian juga ikut melaporkan hal serupa selama proses fitoremediasi beberapa jenis limbah menggunakan kangkung air diantaranya limbah cair tapioka (Nurkemalasari *et al.*, 2013), limbah tahu (Indah *et al.*, 2014), limbah budidaya ikan lele (Effendi *et al.*, 2015) dan limbah deterjen (Arsa *et al.*, 2019).

Paparan limbah cair kelapa sawit dalam konsentrasi yang lebih tinggi berpotensi menyebabkan terjadinya gangguan terhadap pertumbuhan kangkung air. Hal ini sekaligus menguatkan indikasi bahwa reduksi COD, nitrat dan fosfat pada penelitian ini, lebih dipengaruhi oleh aktivitas bakteri pengurai *indogeneus aerob* dibandingkan fitoremediasi dari kangkung air. Salah satu faktor penyebab gangguan pertumbuhan kangkung air tersebut adalah terjadinya kerusakan pada struktur akar. Meskipun tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap parameter panjang akar terpanjang antar perlakuan, akan tetapi, secara morfologi terdapat perubahan warna dan struktur akar seiring meningkatnya konsentrasi limbah cair kelapa sawit. Secara makroskopis akar kangkung air yang terpapar limbah cair kelapa sawit terlihat lembab dan berwarna lebih gelap sedangkan secara mikroskopis bentuk dan tekstur serabut halus akar kangkung air yang terpapar limbah cair kelapa sawit terlihat lebih pendek dan rusak dibandingkan dengan akar kangkung air yang tidak terpapar limbah cair kelapa sawit.

Hasil serupa juga pernah dilaporkan oleh beberapa penelitian terkait sebelumnya. Chen *et al.*, (2010) melaporkan adanya perubahan struktur dan warna akar kangkung air menjadi lebih hijau dan biru akibat paparan logam khromium (Cr) pada konsentrasi 10 mg/L. Munawwaroh dan Pangestuti (2018) mengungkapkan adanya perubahan warna akar kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) menjadi lebih gelap dan rusak akibat paparan limbah kadmium (Cd). Selain itu, Mardikaningtyas *et al.* (2016) juga melaporkan perubahan struktur akar menjadi lebih lunak disertai rambut akar yang memendek pada *Pistia stratiotes* selama fitoremediasi limbah cair pengolahan tepung.

Rusaknya sel akar kangkung air akibat paparan limbah cair kelapa sawit diduga terjadi akibat suspensi koloid padat limbah yang terserap oleh akar (Wahyudiet *al.*, 2018). Akar memiliki peran penting sebagai penyerap air, mineral dan unsur-unsur hara dari media tumbuhnya, sebagai penunjang berdirinya tanaman, serta sebagai alat respirasi. Kurtya *et al.*, (2008) menyatakan bahwa kerusakan akar tanaman akibat paparan polutan dapat mengganggu metabolisme sel penyerapan hara esensial yang berdampak terhadap rendahnya pertumbuhan tanaman.

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa limbah cair kelapa sawit berpotensi menjadi media pertumbuhan kangkung air. Implikasinya, kolam-kolam pengendapan limbah cair kelapa sawit dalam lingkungan pabrik kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai media untuk meningkatkan produksi kangkung air. Saat ini kangkung air tidak hanya digunakan sebagai tumbuhan konsumsi saja, akan tetapi sudah mulai digunakan untuk berbagai peruntukan lainnya. Saptiani *et al.*, (2016) menjelaskan bahwa ekstrak daun kangkung mampu meningkatkan daya tetas dan kelangsungan hidup larva lele (*Clarias sp*). Kangkung air juga telah digunakan sebagai bahan fermentasi probiotik dalam ransum pakan itik peking (Daud *et al.*, 2015).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Fitoremediasi limbah cair kelapa sawit menggunakan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) berhasil menurunkan kandungan COD sebesar  $86,3 \pm 0,57\%$ , nitrat sebesar  $21,5 \pm 1,50\%$ , dan fosfat sebesar  $91,0 \pm 2,00\%$ .
2. Kangkung air masih mampu tumbuh dengan baik pada media yang mengandung limbah cair kelapa sawit sebesar 25% (Perlakuan 1), 50% (Perlakuan 2), dan 75% (Perlakuan 3). Kandungan limbah cair yang terlalu tinggi mengakibatkan terjadinya kerusakan pada struktur akar yang berakibat pada terganggunya pertumbuhan kangkung air.

#### **B. Saran**

1. Perlu dilakukan pemeriksaan kandungan BOD, TSS, Total Nitrogen pada limbah cair kelapa sawit yang telah di remediasi oleh kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) agar lebih mendukung semua parameter baku mutu limbah cair kelapa sawit yang telah ditetapkan .
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang efektivitas penggunaan tumbuhan lain dalam meremediasi limbah cair kelapa sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abood S, Ghazoul J, Barus B, Obidzinski K, Lee JSH, Koh LP. 2014. Environmental Impacts of Large Scale Oil Palm Enterprises Exceed that of Smallholdings in Indonesia. *Conservation Letters*, 7(1): 25-33.
- Afriyanti D, Kroeze C, Saad A. 2016. Indonesia palm oil production without deforestation and peat conversion by 2050. *Science of the Total Environment*, 557: 562-570.
- Ahmad A, Syarfi, Atikalidia M. 2011. Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*: 1-8.
- Ahmad T, Sofiarsih L, Kusmana. 2007. The Growth of Patin Pangasiodon Hypophthalmus in a Close System Tank. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 2(1): 67-73.
- Anwar AHS. 2010. Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Kangkung Darat pada Media yang diberikan Limbah Cair Kilang Minyak Pertamina Up VI Balongan. *Agrista*, 14(2): 39-43.
- Arsa AK, Rianto C, Hidayat MNA. 2019. Efisiensi Penyerapan Fosfat Limbah Laundry Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk) dan Jeringau (*Acorus calamus*). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*: 1-7.
- Baharuddin AS, Wakisaka. M, Shirai. Y, Abd AS, Rahman. NA, Hassan. MA. 2009. Co-composting of Empty Fruit Bunches and Partially Treated Palm Oil Mill Effluents in Pilot Scale. *International Journal Agricultural Research*, 4(2):69-78.
- Baihaqi, Rahman M, Zulfahmi I, Hidayat M. 2017. Bioremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Menggunakan *Spirogyra* sp. *Jurnal Biotik*, 5(2): 125-134.
- Chaijak P, Lertworapreecha M, Sukkasem C. 2017. Decolorization and Phenol Removal of Palm Oil Mill Effluent by Termite-Associated Yeast. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering*, 11(1):29-32.
- Chan YJ, Mei-Fong C, Chung-Lim L. 2013. Optimization of Palm Oil Mill Effluent Treatment in an Integreted Anaerobic-Aerobic Bioreactor. *Sustainable Enviroment Research*, 23(3):153-170.

- Chen JC, Wang KS, Chen H, Lu CY, Huang LC, Li HC, Peng TH, Chang SH. 2010. Phytoremediation of Cr (III) by *Ipomoea aquatica* (water spinach) From Water in The Presence of EDTA and Chloride: Effect of Cr Speciation. *Bioresource Technology*, 101: 3033-3039.
- Darajeh N, Idris A, Truon P, Aziz AA, Bakar RA, Man HC. 2014. Phytoremediation Potential of Vetiver System Technology for Improving the Quality of Palm Oil Mill Effluent. *Advance In Materials Science and Enineering*, 1(4):1-10.
- Daud M, Yaman MA, Zulfan. 2015. Penggunaan Hijauan kangkung (*Ipomoea aquatica*) Fermentasi Probiotik dalam Ransum Terhadap Performans Itik Peking. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, 12(1): 479-486.
- Devi MG, Shinoon A, Hasmi ZS dan Sekhar GC. 2012. Treatment of Vegetable Oil Mill Effluent Using Crab Shell Chitosanas Adsorbent. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 9(1): 713-718.
- Dewi F, Faisal M, Mariana. 2015. Efisiensi Penyerapan Phospat Limbah Laundry Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica* Forsk) dan Jeringau (*Acorus caramus*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1): 7-10.
- Dewi IGA, Suarya S, Suprihatin IE, Dwijani SW. 2016. Penurunan COD, BOD, dan Zat Warna Limbah Pencelupan dengan Fitoeksraksi Menggunakan Kiambang (*Salvinia natans*). *Jurnal Bumi Lestari*, 16(1): 11-15.
- Dewi YS dan Masithoh M. 2013. Efektivitas Teknik Biofiltrasi Dengan Media Bio-BALL Terhadap Penurunan Kadar Nitrogen Total. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S*, 9(1): 45-53.
- Dipu S, Anju A, Kumar V, Thanga SG. 2010. Phytoremediation of Dairy Effluent by *Journal of Environmental Research*, 4(2): 90-100.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. *Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017, Perkebunan Sawit*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Efendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kansius.
- Effendi H, Utomo BA, Darmawangsa GM, Karo-Karo RE. 2015. Fitoremedisi Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp.) dengan Kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan Pakcoy (*Brassica rapa* Chinensis) dalam Sistem Resirkulasi. *Ecolab*, 9(2): 80-92.
- Elystia S, Darmayanti I, Muria SR. 2019. Pengaruh Variasi Konsentrasi Bead Alga *Chlorella* sp. dalam Flat-Fotobioreaktor untuk Menyisihkan Nutrient

- pada Palm Oil Mill Effluent(POME). *Jurnal Sains dan Teknologi*, 18(1): 14-20.
- Elystia S, Sasmita A, Purwanti. 2014. Pengolahan Kandungan COD Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Oleh *Typha Latifolia* dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 11(2): 88-95.
- Evasari J. 2012. Pemanfaatan Lahan Basah Buatan Dengan Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* Untuk Mengelola Limbah Cair Domestik (Studi Kasus: Limbah Cair Kantin Fakultas Teknik Universitas Indonesia). *Skripsi Sarjana*. Depok: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Fairolzukry AR, Sanagi MM, Ibrahim WAW, Naim AA. 2008. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Palm Oil Mill Effluent by Soxhlet Extraction and Gas Chromatography-Flame Ionization Detection. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 12(1): 16-21.
- Fajariyah C dan Mangkoedihardjo S. 2017. Kajian Literatur Pengolahan Limbah Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dengan Teknik Lahan Basah Menggunakan Tumbuhan Air. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2):190-195.
- Gaveau DLA, Sheil D, Husnayan, Salim MA, Arjasakusuma S, Ancrenaz M, Pacheco P, Meijaard E. 2016. Rapid Conversions and Avoided Deforestation: Examining four decades of Industrial Plantation Expansions in Borneo. *Scientific Reports*, 6(10):1-13
- Hadiyanto, Christwardana M, Soetrisnanto D. 2013. Phytoremediation of Palm Oil Mill Effluent by Using Aquatic Plants and Microalge for Biomass Production. *Journal of Environmental Science and Technology*, 6(2): 79-90.
- Hapsar JE, Amri C dan Suyanto A. 2018 Efektivitas Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Sebagai Fitoremediasi dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Air Limbah Batik. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 3(1): 2540 – 8267.
- Harahap F, Leduc S, Mesfun S, Khatiwada D, Kraxner F, Silveira S. 2019. Opportunities to Optimize the Palm Oil Supply Chain in Sumatra, Indonesia. *Energies*, 12 (420): 1-24.
- Hidayati. N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Ulasan Hayati*, 12(1): 35-40.
- Indah LS, Hendrarto B, Soedarsono P. 2014. Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia* sp.), Kangkung Air (*Ipomoea* sp.) dan Kayu Apu (*Pistia* sp.)

dalam Menurunkan Bahan Organik Limbah Industri Tahu (Skala Laboratorium). *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(1): 1-6.

Irvan.2012. Pengolahan Lanjutan Limbah Cair Kelapa Sawit Secara Aerobik Menggunakan Effetive Microorganisme Guna Mengurangi Nilai TSS. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2): 27-30.

Irwanto R. 2010. Fitoremediasi Lingkungan Dalam Tanaman Bali, UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi. *LIPI*, 2(4): 29-35.

Januar W, Khotimah S, dan Mulyadi A. 2013. Kemampuan Isolat Bakteri Pendegradasi Lipid dari Instalansi Pengolahan Limbah Cair PPKS PTPN-XIII Ngabang Kabupaten Landak. *Jurnal Protobiont*, 2(3): 136-140.

Kalsum U. 2015. Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Zat Penyerap Warna pada Limbah Industri Tekstil Sebagai Upaya Mengurangi Pencemaran Air. *Berkala Teknik*, 5(1): 785-800.

Kamyab H, Fadhil MMD, Keyvanfarb A, Zaimi MA, Talaiekhozania A, Shafaghatb A, Tin CL, Jeng LS, Haidar HI. 2015. Efficiency of Microalgae Chlamydomonas on the Removal of Pollutans from Palm Oil Mill Effluent(POME). *Energy Procedia*, 75: 2400-2408.

Kemyab H, Chelliapan S, Din MFM, Yassar RS, Rezanian A, Khademi T, Kumar A, Azimi M. 2017. Evaluation of Lemna minor and Chlamydomonas to treat Palm Oil Mill Effluent and Fertilizer Production. *Journal of Water Proses Engineering*. 17: 229-236.

Komoditas Pertanian Subsektor Perkebunan. 2016. *Outlok Kelapa Sawit*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jendral–Kementerian Pertanian.

Kurtyka R, Malkowski E, Kita A, Karcz W. 2008. Effect of Calcium and Cadmium on Growth and Accumulation of Cadmium, Calcium, Potassium and Sodium in Maize Seedlings. *Polish Journal of Environmental Studies*, 17(1): 51-56.

Kurtyka R, Malkowski E, Kita A, Karcz W. 2008. Effect of Calcium and Cadmium on Growth and Accumulation of Cadmium, Calcium, Potassium and Sodium in Maize Seedlings. *Polish Journal of Environmental Studies*, (17): 51-56.

Lee JSH, Abood S, Ghazoul J, Barus B, Obidzinski K, Koh LP. 2014. Environmental Impacts of Large-Scale Oil Palm Enterprises Exceed that of Smallholdings in Indonesia. *Conservation Letters*, 7(1): 25-33.

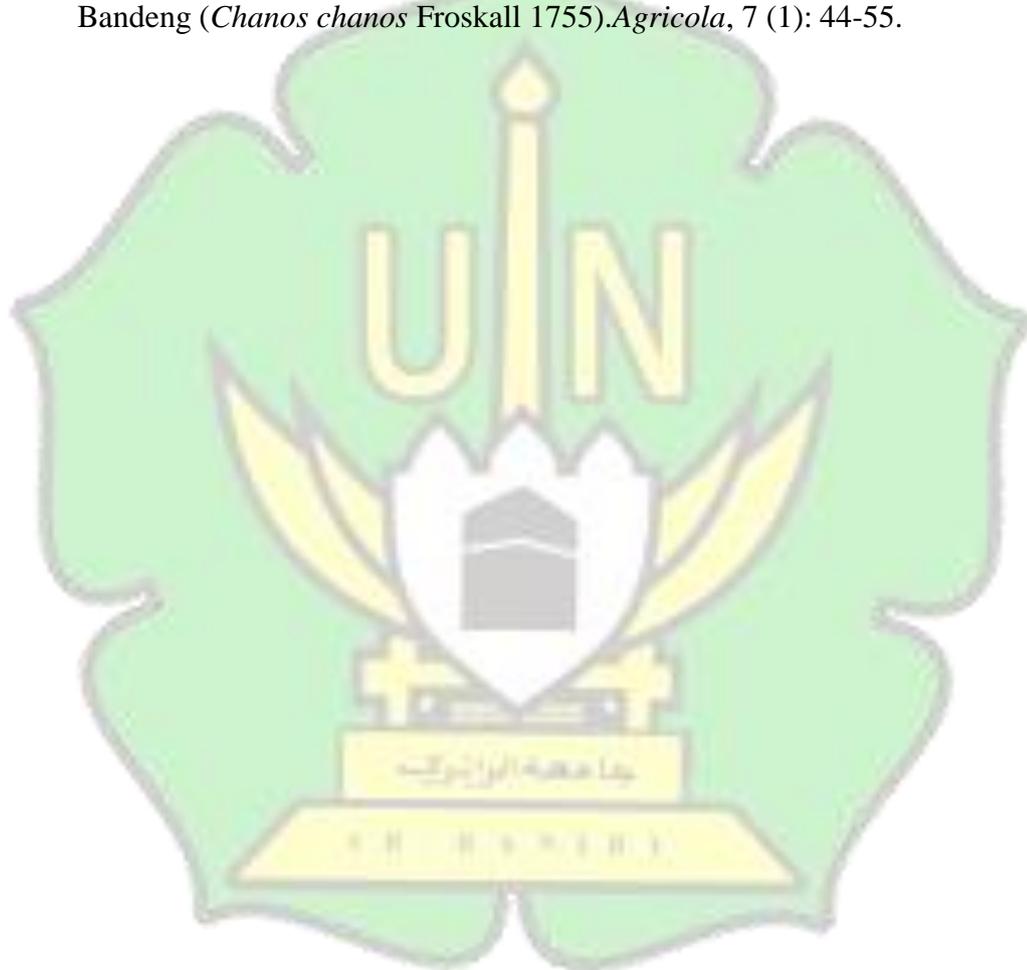
- Lestari W. 2013. Penggunaan *Ipomoea aquatica* Forsk. untuk Fitoremediasi Limbah Rumah Tangga. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*: 441-446.
- Manurung HL. 2018. Pengaruh Pemupukan Beberapa Sumber Nitrogen dan Waktu Aplikasi terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir). *Skripsi*. Medan: Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Mardikaningtyas DA, Ibrohim, Suarsini E. 2016. Efektivitas Tanaman *Pistia stratiotes* dalam Menyerap Logam Berat Kadmium (Cd) yang Terkandung Dalam Limbah Cair Pengolahan Tepung Agar Ditinjau dari Akumulasi Logam di Organ Akar dan Daun. *Prosiding Seminar Nasional II. Universitas Muhammadiyah Malang*: 65-76.
- Masnesia A. 2017. Pengolaha Limbah Cair Batik Menggunakan Metode Presipitasi dan Fitoremediasi. *Publikasi Ilmiah Universitas Muhammadiyah Surakarta*: 1-18.
- Maulinda L. 2013. Pengolahan Awal Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Secara Fisika. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 2(2): 31- 41.
- Mckelvie ID. 1999. Phosphate Handbook of Water Analysis. *New York Marcel Dekker Inc*: 273-295.
- Muliari dan Zulfahmi I. 2016. Dampak Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Komunitas Fitoplankton di Sungai Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 6(2): 137-146.
- Mukharomah E, Munawar, dan Widjajanti H. 2015. Identifikasi dan Sinergisme Kapang Lipolitik dari Limbah SBE (*Spent Bleaching Earth*) Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 13(1): 19-26.
- Munawwaroh A dan Pangestuti AA. 2018. Analisis Morfologi dan Anatomi Akar Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) Akibat Pemberian Berbagai Konsentrasi Kadmium (Cd). *Bioma*, 7(2): 111-122.
- Nadhira R dan Moersidik SS. 2015. Penurunan Kadar Amonia dan Nitrat pada Air Limbah Tambak Udang Menggunakan Fotobioreaktor (FBR) dengan Menumbuhkan (*Spirulina* sp). *Artikel Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok*: 1-20.
- Neis U. 1993. Memanfaatkan Air Limbah. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia
- Notoatmodjo, S. 2011. *Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni*. Jakarta: Edisi Revisi. PT. Rhineka Cipta.
- Novizan. 2001. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Jakarta: Agromedia Pustaka.

- Nurkemasari R, Sutisna M dan Wardhani E. 2013. Fitoremediasi Limbah Cair Tapioka Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 2(1): 1-12.
- Nursanti I. 2013. Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit Pada Proses Anaerob dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 13(4): 67-73.
- Obidzinski K, Andriani R, Komarudin H, Andrianto A. 2012. Environmental and Social Impact of Oil Palm Plantation and their Implications for Biofuel Production in Indonesia. *Ecology and Society*, 17(1): 25-44.
- Oktafiani M dan Hermana J. 2013. Pengaruh Konsentrasi Nutrient dan Konsentrasi Bakteri pada Produksi Alga dalam Sistem Bioreaktor Proses *Batch*. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2): 57-62.
- Papilo P, Hambali E, Sitanggang IS. 2018. Sustainability index assessment of palm oil-based bioenergy in Indonesia. *Journal of cleaner production*, 196: 808-820.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. *Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta: Kementrian Republik Indonesia.
- Pitoyo PNP, Artahana IW dan Sudarma IM. 2016. Kinerja Pengelolaan Limbah Hotel Peserta Proper dan Nonproper di Kabupaten Badung Provinsi Bali. *Ecotrophi*, 10(1): 33-40.
- Pratiwi D. 2013. Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Di Sungai Bahaur Estate, Bumitama Gunajaya Agro, Kalimantan Tengah. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Pulungan AS. 2017. Analisis Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Di Pabrik PT. X Tahun 2017. *Skripsi*. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Purwanti, Elystia S, Sasmita A. 2014. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan *Typha Latifolia*. *Jurnal JOM FTEKNIK*, 1(2): 1-9.
- Puspanti, A. 2013. Kajian Fitoremediasi Sebagai Salah Satu Pendukung Kegiatan Pengelolaan Lahan Paska Penambangan Batubara. *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian*. 149-155.
- Relf D. 1996. *Plant Actually Clean the Air*. Blacksburg: Consumer Horticulture, Virginia Tech.
- Riadi I, Ferydhiwati W, Loeman LDS. 2014. Pengolahan Primer Limbah Tekstil dengan Elektrokagulasi dan Analisa Biaya Operasi. *Reaktor*, 15(2): 73-78.

- Rupani PF. 2010. Review of Current Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment Methods: Vermicomposting as a Sustainable Practice. *World Applied Sciences Journal*, 10(10): 1190-1201.
- Ruttenberg KC, Holland KK, Schleinger WH. 2004. *The Global Phosphorus*. Amsterdam: Ellsevier Pergamon.
- Saptiani G, Hardi EH, Pebrianto CA. 2016. Ekstrak Daun Pepaya dan Kangkung untuk Meningkatkan Daya Tetas Telur dan Kelangsungan Hidup Larva Lele. *Jurnal Veteriner*, 17(2): 2285-2291.
- Sayer J, Ghazoul J, Nelson P, Boedihartono AK. 2012. Oil Palm Expansion Transforms Tropical Landscapes and Livelihoods. *Global Food Security*, 10: 1-6.
- Silalahi BM dan Supijanto. 2010. Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Angsana Estae Kalimantan Selatan. *Buletin Agrohorti*, 5(3): 373-383.
- Sinulingga N, Nurtjahja K, Karim A. 2015. Fitoremediasi Logam Merkuri (Hg) pada Media Air oleh Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk). *Biolink*, 2(1): 75-81.
- Stefhany CA, Sutisna M, Pharmawati K. 2013. Fitoremediasi Phospat dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Cair Industri Kecil Pencucian Pakaian (Laundry). *Jurnal Reka Lingkungan*, 1(1): 1-11.
- Suchaida A, Wicaksono KP, Suryanto A. 2015. Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea Repant* Poir) Sebagai Fitoremediasi Lumpur Sidoarjo. *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(6): 442-449.
- Sunarti TC, Suprihatin, Lauda RD. 2014. Stabilisasi Sludge Dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Menggunakan Starter Bakteri Indigenous Pada Aerobic Sludge Digester. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 3(1): 200-213.
- Suratman, Priyanto D dan Setyawan AD, 2000. Analisa Keragaman Genus *Ipomoea* Berdasarkan Karakteristik Morfologi. *Biodiversitas*, 1(2): 8-16.
- Suryani E. 2017. Efek Kalium Terhadap Cekaman Kekeringan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk) Setelah di Inokulasi dengan Mikoriza (*Rhizoctonia* sp.) Secara In Vitro. *Skripsi*. Lampung: Jurusan Biologi Universitas Lampung.
- Sutedjo M.M. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. PT Rineka Cipta. Jakarta.

- Suwondo, Wulandari S, dan Anshar S. 2014. Degradasi Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Penambahan Bakteri Rizosfer *Actinomyces* dan Tanaman *Typha angustifolia* dengan Model Constructed treatment Wetland (CTW). *Jurnal Biogenesis*, 11(1): 55-60.
- Suyasa WB. 2007. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak/Lemak dari Beberapa Sediment Perairan Tercemar dan Bak Pengolahan Limbah. *Jurnal Bumi Lestari*, 7(2): 39-42.
- Tan IAW, Jamali NS, Ting WHT. 2019. Phytoremediation of Palm Oil Mill Effluent (POME) Using *Eichhornia crassipes*. *Journal of Applied Science and Process Engineering*, 6(1): 340-354.
- Wahyudi, Akmal, dan Neliyat. 2018. Pengaruh Pemberian Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Tanah Ultisol. *Artikel Ilmiah Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jambi*: 1-13.
- Wardhana WA. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Weerasinghe A, Ariyawasaa S dan Weerasooriyab R. 2008. Phytoremediation Potential of *Ipomoea aquatica* for Cr (VI) mitigation. *Chemosphere*. 70(1): 521-524.
- Widjajanti E. 2009. *Penanganan Limbah Laboratorium Kimia Kegiatan PPM Prodi Dik Kim*. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY.
- Wirasutisna KR, Nawawi A dan Sari N. 2012. Telaah Fitokimia Daun Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsskal). *Acta Pharmaceutica Indonesia*, 37(2): 39-42.
- Wong FPS, Nandong J, Samyudia Y. 2009. Optimised Treatment of Palm Oil Mill Effluent. *International Journal of Environment and Waste Management*, 3(4): 265-277.
- Wulandari R, Purnomo T, Winarsih. 2014. Kemampuan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) dalam Menyerap Logam Berat Kadmium (Cd) Berdasarkan Konsentrasi dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *Lentera Bio*, 3(2): 83-89.
- Yang X, Peng L, Hu F, Guo W, Hallerman E, Huang Z. 2019. Acute and Chronic Toxicity of Nitrate to Fat Greenling (*Hexagrammos otakii*) juveniles. *Journal of The World Aquaculture Society*, 50: 1016-1025.
- Zahidah D dan Shovitri M. 2013. Isolasi dan Karakterisasi dan Potensi Bakteri Aerob Sebagai Pendegradasi Limbah Organik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(1): 2337-3520.

- Zulfahmi I, Muliari M, Akmal Y, Batubara AS. 2018. Reproductive Performance and Gonad Histopathology of Female Nila tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) Exposed to Palm Oil Mill Effluent. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(4): 327-332.
- Zulfahmi I, Muliari, Akmal Y.2017. Indeks Hepatosomatik dan Histopatologi Hati Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) yang dipapar Limbah Cair Kelapa Sawit.*Semdi Unaya*.301-314.
- Zulfahmi I, Muliari, Wardah I. 2017.Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Froskall 1755).*Agricola*, 7 (1): 44-55.



## LAMPIRAN 1

### Surat Keterangan Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-raniry tentang Pengangkatan Pembimbing Skripsi

  
**SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**  
Nomor: 091/Un.08/FST/KP.07.6/05/2019

**TENTANG**  
**PENETAPAN PEMBIMBING MAHASISWA FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**  
**DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**

**Menimbang** : a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi mahasiswa pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry, maka dipandang perlu menunjuk pembimbing dimaksud;  
b. bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk ditetapkan sebagai pembimbing skripsi mahasiswa.

**Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;  
2. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;  
3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;  
4. Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2012, tentang Perubahan Peraturan Pemerintah RI No. 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;  
5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;  
6. Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013, tentang Perubahan IAIN Ar-Raniry Banda Aceh Menjadi UIN Ar-Raniry Banda Aceh;  
7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;  
8. Peraturan Menteri Republik Indonesia No.21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry;  
9. Keputusan Menteri Agama No.492 Tahun 2003, tentang Pendeklarasian Wewenang Pengangkatan, Pemindahan, dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia;  
10. Surat Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh Nomor 01 Tahun 2018 tentang Satuan Biaya Khusus Tahun Anggaran 2015 di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh;  
11. Surat Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 1206 Tahun 2018, tentang mengangkat Dekan Fakultas, Wakil Dekan Fakultas, Direktur Pascasarjana, dan Wakil Direktur Pascasarjana UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

**Memperhatikan** : Keputusan Sidang/Seminar Proposal/ Skripsi Program Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh tanggal 05 April 2019.

**MEMUTUSKAN**

**Menetapkan** :  
**Pertama** : Menunjuk Saudara:  
1. **Lina Rahmawati, M. Si** Sebagai Pembimbing Pertama  
2. **Ilham Zufahmi, M. Si** Sebagai Pembimbing Kedua

Untuk membimbing Skripsi:  
Nama : **Ravika Nila Kandi**  
NIM : **150703034**  
Prodi : **Biologi**  
Judul Skripsi : **Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Kangkung Air (*Ipomea aquatica* Forsk)**

**Kedua** : Pembiayaan honorarium Pembimbing pertama dan kedua tersebut di atas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh;

**Ketiga** : Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir Semester Genap Tahun Akademik 2019/2020;

**Keempat** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di Banda Aceh  
Tanggal 2 Mei 2019

  
Amsal

**Tembusan:**  
1. Rektor UIN Ar-Raniry di Banda Aceh;  
2. Ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry;  
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;  
4. Yang bersangkutan.

## LAMPIRAN 2

### Surat Mohon Izin Pengumpulan Data dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-raniry



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Syekh Abdurrauf Kopelma Darussalam Banda Aceh  
Telp: (0651) 7552921 - Fax: (0651) 7552922 - Email: fst@arraniry.ac.id

Nomor : B- 977 /Un.08/FST/TL.00/ 06 /2019  
Lamp : -  
Hal : Mohon Izin Untuk Mengumpul Data  
Menyusun Skripsi

Kepada Yth.  
**Kepala Balai Riset Standardisasi Industri Banda Aceh (BARISTAND)**

di -  
Banda Aceh

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan ini memohon kiranya saudara memberi izin dan bantuan kepada:

N a m a : RAVIKA NILA KANDI  
N I M : 150703034  
Prodi / Jurusan : Biologi  
Semester : VIII  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
A l a m a t : Gampong Ceurih, Kec. Ulee Kareng, Banda Aceh

Untuk mengumpulkan data pada:

**Balai Riset Standardisasi Industri Banda Aceh (BARISTAND)**

Dalam rangka menyusun Skripsi Sarjana Strata Satu (S1) sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang berjudul:

**Fitoremediasi Limbah (Air Kelapa Sawit Menggunakan Kangkung Air) (Ipomoea Aquatica Forsk)**

Demikianlah harapan kami atas bantuan dan keizinan serta kerja sama yang baik kami ucapkan terima kasih

Banda Aceh, 25 Juni 2019

**a.n. Dekan**  
Wakil Dekan Bidang Akademik dan  
Kelembagaan,



**Khairiah Syahabuddin**

Kode: ###

### LAMPIRAN 3

## Surat Mohon Izin Pengumpulan Data dari Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh



BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
**BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI**  
Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Telp. (0651) 49714 Fax. (0651) 49556  
BANDA ACEH 23236

Nomor : 652 /BPPI/Baristand-Aceh/VII/2019 Banda Aceh, 25 Juli 2019  
Lampiran : -  
Perihal : **Izin Penelitian**

Kepada Yth.,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry  
di-

**DARUSSALAM**

Sehubungan dengan surat Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Nomor : B-977/Un.08/FST/TL.00/06/2019 tanggal 25 Juni 2019 perihal tersebut pada pokok surat, bersama ini kami informasikan bahwa pada prinsipnya kami dapat menerima mahasiswa/i :

No	Nama/NIM	Judul Penelitian	Penempatan
1.	Ravika Nila Kandi 150703034	Fitoremediasi Limbah (Air Kelapa Sawit Menggunakan Kangkung Air) (Ipomoea Aquatica Forsk)	Lab. Lingkungan

Untuk melakukan Penelitian pada tanggal 29 Juli 2019 di Baristand Industri Banda Aceh. Perlu kami informasikan juga bahwa biaya yang timbul akibat kegiatan dimaksud akan ditanggung oleh yang bersangkutan.

Demikian, atas perhatian dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Kepala,



*Nurbaiti, SE*  
**Nurbaiti, SE**

NIP. 19620216 198302 2 001  
SP : 632/BPPI/Baristand-Aceh/SP/7/2019  
Tanggal 22 Juli 2019

**Tembusan :**

1. Sekretaris BPPI di Jakarta
2. *Pertinggal*

F-BIBA-TU-04-SK

## LAMPIRAN 4

### Surat Keterangan Selesai Mengumpulkan Data dari Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh



BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
**BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI**  
Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Telp. (0651) 49714 Fax. (0651) 49556  
BANDA ACEH 23236

#### SURAT KETERANGAN

Nomor : 23/BPPI/Baristand-Aceh/UPP/9/2019

Yang bertanda tangan dibawah ini atas nama kepala Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh, dengan ini menerangkan :

Nama : Ravika Nila Kandi  
NIM : 150703034  
Prodi/Jurusan : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Penelitian : "Fitoremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica Forks*)".

Berdasarkan Surat Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dengan Nomor Surat : B-977/Un.08/FST/TL.00/06/2019, tanggal 25 Juni 2019 yang nama tersebut di atas telah melaksanakan Penelitian di Laboratorium Lingkungan Kimia Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh sejak tanggal 29 Juli s/d 5 September 2019.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Banda Aceh, 12 September 2019  
BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Kasi. Pengembangan Jasa Teknis,

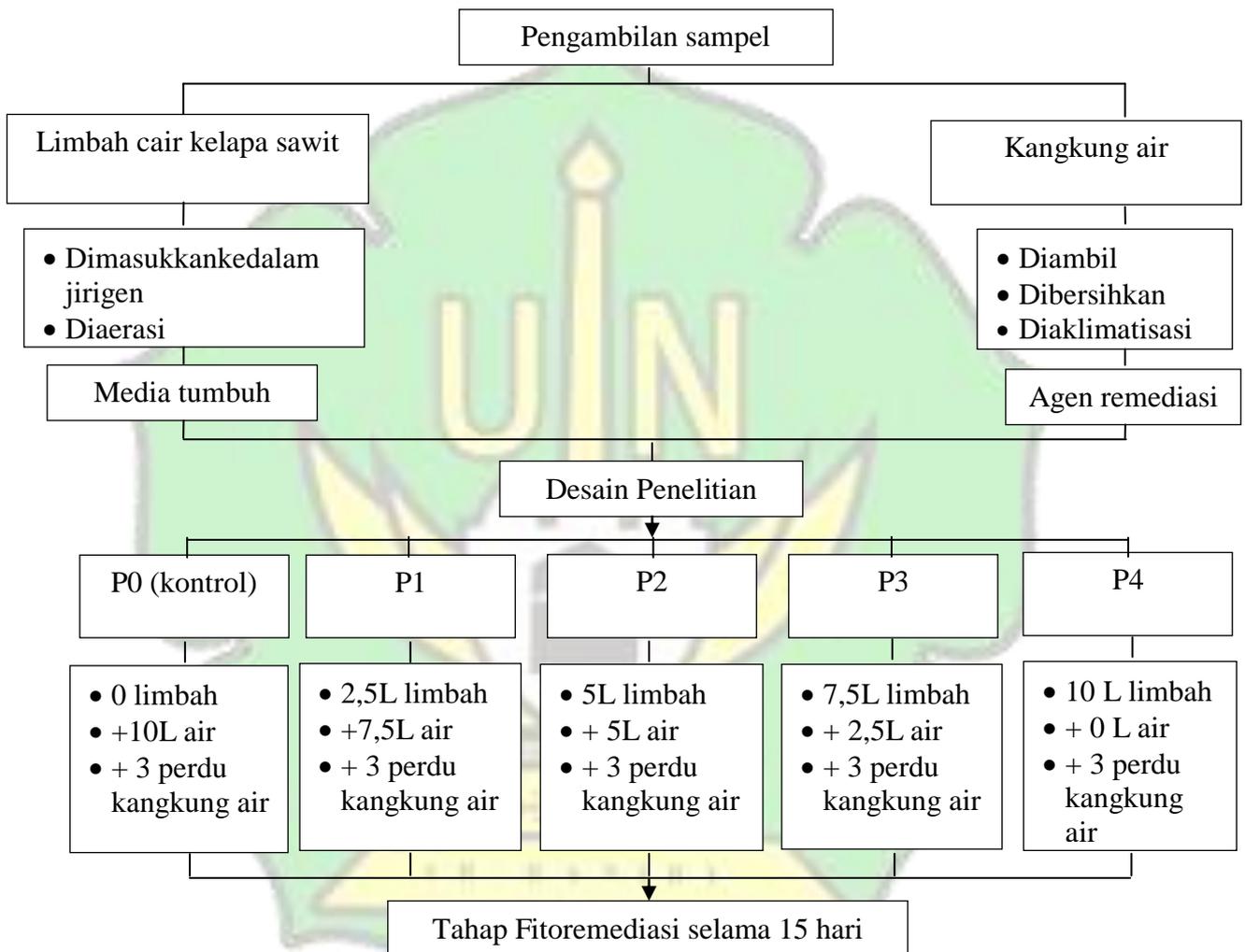
  
**NURBAITSE**  
NIP. 19620216 198302 2 001

F-BIBA-TU-04-SK

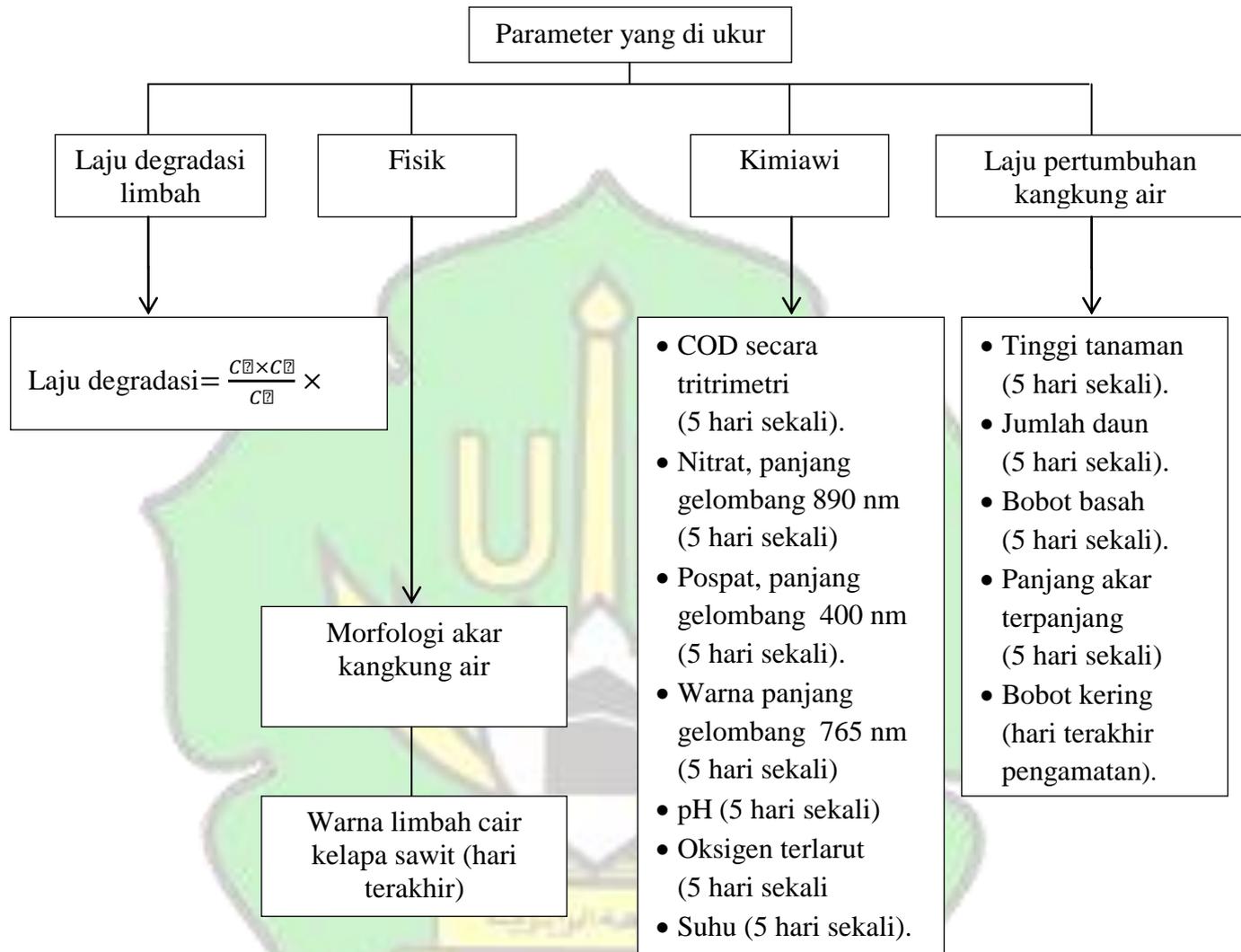
## LAMPIRAN 5

### Alur Penelitian

#### 1. Pengambilan Sampel dan Desain Penelitian



## 2. Parameter yang diukur



## LAMPIRAN 6

### Pengambilan Sampel Penelitian

#### 1. Pengambilan Sampel Limba Cair Kelapa Sawit



Keterangan: Lokasi pengambilan sampel limbah cair kelapa sawit pada kolam ke lima pengendapan limbah cair kelapa sawit.



Keterangan: Proses pengambilan sampel limbah cair kelapa sawit untuk dibawa ke laboratorium.

## 2. Pengambilan sampel kangkung air (*Ipomea aquatica* Forsk)



Keterangan: Lokasi pengambilan sampel kangkung air (*Ipomea aquatica* Forsk)



Keterangan: Proses pengambilan sampel kangkung air untuk dibawa ke laboratorium.

## LAMPIRAN 7

### Masa Pemeliharaan Fitoremediasi

#### 1. Pemeliharaan hari ke 0



#### 2. Pemeliharaan hari ke 5



### 3. Pemeliharaan hari ke 10



### 4. Pemeliharaan hari ke 15



## LAMPIRAN 8

### Pengukuran Parameter Fisik Kimiawi Limbah Cair Kelapa Sawit

#### 1. Pengukuran pH, suhu dan oksigen terlarut



Keterangan: Persiapan sampel sebelum pengujian parameter fisik kimiawi.



Keterangan: Proses pengujian pH



Keterangan: Proses pengujian Suhu dan oksigen terlarut.

## 2. Pengukuran COD, Nitrat, Fosfat dan Warna



Keterangan: Proses pengujian COD



Keterangan: Proses pengujian Nitrat

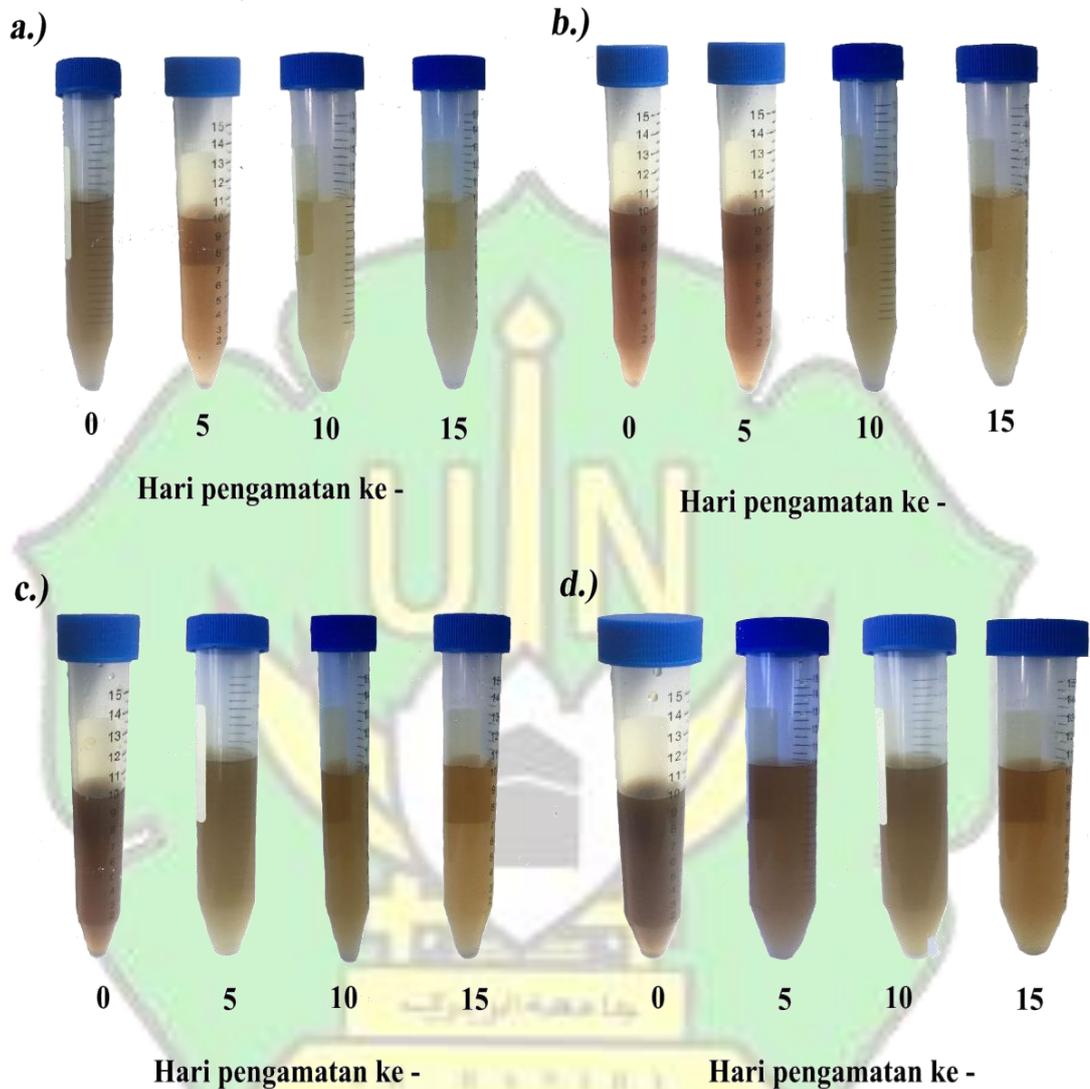


Keterangan: Proses pengujian Fosfat



Keterangan: Proses pengujian warna

### 3. Hasil pengamatan laju degradasi warna selama 15 hari pengamatan



Keterangan: Hasil pengamatan laju degradasi warna selama masa pemeliharaan pada setiap masing-masing perlakuan. a) kadar limbah 25%, b) kadar limbah 50%, c) kadar limbah 75%, d) kadar limbah 100%.

## LAMPIRAN 9

### Pengukuran Parameter Pertumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

#### 1. Pengukuran Tinggi Tanaman dan Berat Segar Tanaman



#### 2. Pengukuran Berat Kering Tanaman dan Pengamatan Morfologi Akar



## LAMPIRAN 10

### Hasil Uji Laboratorium Parameter *Chemical Oxygen Demand (COD)*, Nitrat, Fosfat

#### 1. Hasil Uji Laboratorium Hari ke 0

KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIC OF INDONESIA		BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA)		KAN Laboratorium Pengujian LP-800-IDN											
<p>Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamselumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0651) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642 E-mail: <a href="mailto:brs_bna@yahoo.com">brs_bna@yahoo.com</a> Website: <a href="http://www.baristandaceh.kemendagri.go.id">www.baristandaceh.kemendagri.go.id</a></p>															
<b>LAPORAN HASIL UJI</b> <i>Report of Analysis</i>															
Halaman : 1 dari 1 Page															
Tanggal Penerbitan Date of issue	: 1 Oktober 2019		Nomor Laporan Report Number	: 2038/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/10/2019											
Kepada To	: Ravika Nila Kandi di - Nagan Raya		Nomor Analisis Analysis Number	: 19 - 1140 - LC, 19 - 1141 - LC, 19 - 1142 - LC, 19 - 1143 - LC, 19 - 1144 - LC, 19 - 1145 - LC, 19 - 1146 - LC, 19 - 1147 - LC, 19 - 1148 - LC, 19 - 1149 - LC, 19 - 1150 - LC, 19 - 1151 - LC											
Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa : <i>The undersigned certifies that examination</i>															
Dari Contoh Of the Sample (s)	: Limbah Cair Kelapa Sawit		Nomor BAPC BAPC Number	: 450/Insd/L/08/2019											
Keterangan Contoh Identity	: Diantar		Untuk Analisis For Analysis	: Sesuai Parameter Uji											
Kode Contoh Code Sample	: " P2U1, P3U1, P4U1, P5U1, P2U2, P3U2, P4U2, P5U2, P2U3, P3U3, P4U3, P5U3 "		Diambil dari Taken from	: -											
Tanggal Sampling Date of Sampling	: -		Tanggal Penerimaan Received On	: 21 Agustus 2019											
Tanggal Analisis Date of Analysis	: 21 Agustus 2019		Hasil Results	: -											
NO	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI											
				P2U1 (L 1140)	P3U1 (L 1141)	P4U1 (L 1142)	P5U1 (L 1143)	P2U2 (L 1144)	P3U2 (L 1145)	P4U2 (L 1146)	P5U2 (L 1147)	P2U3 (L 1148)	P3U3 (L 1149)	P4U3 (L 1150)	P5U3 (L 1151)
1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	1.017,18	1.962,01	3.311,16	4.196,41	974,62	1.9223,71	3.200,51	4.170,88	961,85	1.906,69	3.174,97	4.162,36
2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	8	14,75	21,5	26,0	7,8	13,75	20,0	25,5	7,25	14,0	20,0	27,5
3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	26,7	46,40	40,25	93,5	31,0	48,75	69,75	96,0	40,75	49,00	77,75	97,25

BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Manajer Teknis I LABBA,

**FITRIANA DJAFAR, S.Si., MT**  
NIP. 19790430 200212 2 001

F. 5.10.01.02

Terbit/Revisi : 3/4

\* Data hasil uji hanya berlaku untuk contoh tersebut diatas  
\* Dilarang menggandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh

## 2. Hasil Uji Laboratoriumhari ke 5

NO.	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI											
				P2U1 (L 1025)	P3U1 (L 1026)	P4U1 (L 1027)	P5U1 (L 1028)	P2U2 (L 1029)	P3U2 (L 1030)	P4U2 (L 1031)	P5U2 (L 1032)	P2U3 (L 1033)	P3U3 (L 1034)	P4U3 (L 1035)	P5U3 (L 1036)
1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	199,18	371,12	582,22	885,02	166,84	357,50	527,74	732,03	193,22	347,28	510,53	680,96
2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	3,80	7,25	10,50	15,00	3,80	7,00	11,00	14,00	3,80	7,50	11,00	14,00
3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	10,30	10,10	14,80	17,25	6,65	10,25	14,15	17,55	6,85	10,45	14,00	18,15

### LAPORAN HASIL UJI

Report of Analysis

Halaman : 1 dari 1  
Page

**Tanggal Penerbitan :** 3 September 2019  
*Date of issue*

**Nomor Laporan :** 1714/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/9/2019  
*Report Number*

**Kepada :** Ravika Nila Kandi  
**To :** di - Nagan Raya

**Nomor Analisis :** 19 - 1025 - LC, 19 - 1026 - LC, 19 - 1027 - LC, 19 - 1028 - LC, 19 - 1029 - LC, 19 - 1030 - LC, 19 - 1031 - LC, 19 - 1032 - LC, 19 - 1033 - LC, 19 - 1034 - LC, 19 - 1035 - LC, 19 - 1036 - LC  
*Analysis Number*

**Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :**  
*The undersigned certifies that examination*

**Dari Contoh :** Limbah Cair Kelapa Sawit  
*Of the Sample (s)*

**Nomor BAPC :** 412/Insd/LI/08/2019  
*BAPC Number*

**Keterangan Contoh :** Diantar  
*Identify*

**Untuk Analisis :** Sesuai Parameter Uji  
*For Analysis*

**Kode Contoh :** " P2U1, P3U1, P4U1, P5U1, P2U2, P3U2, P4U2, P5U2, P2U3, P3U3, P4U3, P5U3 "  
*Code Sample*

**Diambil dari :** -  
*Taken from*

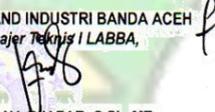
**Tanggal Sampling :** -  
*Date of Sampling*

**Tanggal Penerimaan :** 5 Agustus 2019  
*Received On*

**Tanggal Analisis :** 5 Agustus 2019  
*Date of Analysis*

**Hasil :** -  
*Results*

**BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH**  
 Manajer Teknis / LABBA,

  
**FITRIANA JUAFAR, S.Si., MT**  
 NIP. 19790430 200212 2 001

F. 5.10.01.02

Terbit/Revisi : 3/4

\* Data hasil uji hanya berlaku untuk contoh tersebut diatas  
 \* Dilarang menggandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh

### 3. Hasil Uji Laboratorium hari ke 10

NO.	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI			
				P2U1 (L 1061)	P3U1 (L 1062)	P4U1 (L 1063)	P5U1 (L 1064)
1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	179,60	297,42	459,64	711,60
2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	13,75	30,00	42,00	43,50
3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	9,00	8,50	13,15	11,45

Keterangan : \*) Parameter Uji Yang Belum Terakreditasi KAN

F. 5.10.01.02

BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Manajer Teknis / LABBA,  
FITRIANA DJAFAR, S.Si., MT  
NIP. 19790430 200212 2 001

Terbit/Revisi : 3/4

\* Data hasil uji hanya berlaku untuk contoh tersebut diatas  
\* Dilarang menggandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh

2



**Kementerian  
Perindustrian**  
REPUBLIK INDONESIA

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI  
LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA)**  
Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0651) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642  
E-mail: brs\_bna@yahoo.com Website: www.baristandaceh.kemendperin.go.id



**LAPORAN HASIL UJI**  
*Report of Analysis*

Halaman : 1 dari 1  
Page

Tanggal Penerbitan : 3 September 2019  
Date of issue

Nomor Laporan : 1719/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/9/2019  
Report Number

Kepada : Ravika Nila Kandi  
To : di - Nagan Raya

Nomor Analisis : 19 - 1065 - LC, 19 - 1066 - LC,  
Analysis Number : 19 - 1067 - LC, 19 - 1068 - LC

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :  
The undersigned certifies that examination

Dari Contoh : Limbah Cair  
Of the Sample (s)

Nomor BAPC : 425/lnsd/LJ08/2019  
BAPC Number

Keterangan Contoh : Diantar  
Identity For Analysis

Untuk Analisis : Sesuai Parameter Uji

Kode Contoh : " P2U2, P3U2, P4U2, P5U2"  
Code Sample Taken from

Diambil dari

Tanggal Sampling : -  
Date of Sampling Received On

Tanggal Penerimaan : 9 Agustus 2019

Tanggal Analisis : 9 Agustus 2019  
Date of Analysis Results

Hasil

NO.	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI			
				P2U2 (L 1065)	P3U2 (L 1066)	P4U2 (L 1067)	P5U2 (L 1068)
1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	163,43	289,40	476,67	647,15
2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	11,50	30,50	40,50	46,00
3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	6,75	8,70	11,70	14,85

Keterangan : \*), Parameter Uji Yang Belum Terakreditasi KAN

BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Manajer Teknis I LABBA,

FITRIANA DJAFAR, S.Si., MT  
NIP. 19790430 200212 2 001

F. 5.10.01.02

Terbit/Revisi : 3/4

\* Data hasil uji hanya berlaku untuk contoh tersebut diatas  
\* Dilarang menggandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh



**Kementerian  
Perindustrian**  
REPUBLIK INDONESIA

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI**

**LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA)**

Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0651) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642  
E-mail: brs\_bna@yahoo.com Website: www.baristandaceh.kemperin.go.id



**KAN**  
Laboratorium Pengujian  
LP-800-IDN

**LAPORAN HASIL UJI**  
*Report of Analysis*

Halaman : 1 dari 1  
Page

Tanggal Penerbitan : 3 September 2019  
Date of issue

Nomor Laporan : 1725/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/9/2019  
Report Number

Kepada : Ravika Nila Kandi  
To di - Nagan Raya

Nomor Analisis : 19 - 1069 - LC, 19 - 1070 - LC,  
Analysis Number 19 - 1071 - LC, 19 - 1072 - LC

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :  
The undersigned certifies that examination

Dari Contoh : Limbah Cair  
Of the Sample (s)

Nomor BAPC : 425/Insd/L/08/2019  
BAPC Number

Keterangan Contoh : Diantar  
Identity

Untuk Analisis : Sesuai Parameter Uji  
For Analysis

Kode Contoh : " P2U3, P3U3, P4U3, P5U3 "  
Code Sample

Diambil dari :  
Taken from

Tanggal Sampling :  
Date of Sampling

Tanggal Penerimaan : 9 Agustus 2019  
Received On

Tanggal Analisis : 9 Agustus 2019  
Date of Analysis

Hasil :  
Results

NO.	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI			
				P2U3 (L 1065)	P3U3 (L 1066)	P4U3 (L 1067)	P5U3 (L 1068)
1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	131,08	280,89	465,86	646,91
2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	12,00	28,00	40,00	45,50
3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	4,75	6,75	11,85	13,50

Keterangan : \*) Parameter Uji Yang Belum Terakreditasi KAN

BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Manajer Teknik, LABBA,

**FITRIANA D. AFAR, S.Si., MT**  
NIP. 19790430 200212 2 001

F. 5.10.01.02

Terbit/Revisi : 3/4

\* Data hasil uji hanya berlaku untuk contoh tersebut diatas

\* Dilarang menggandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh

#### 4. Hasil Uji Laboratorium Hari ke 15

		<b>BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI</b> <b>BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI</b> <b>LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA)</b> <small>Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0651) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642  E-mail: brs_bna@yahoo.com Website: www.baristandaceh.kemendperin.go.id</small>																																							
<b>LAPORAN HASIL UJI</b> <i>Report of Analysis</i>																																									
Halaman : 1 dari 1 Page																																									
<b>Tanggal Penerbitan :</b> 3 September 2019 <i>Date of issue</i>		<b>Nomor Laporan :</b> 1726/LHUI/LABBA/Baristand-Aceh/9/2019 <i>Report Number</i>																																							
<b>Kepada :</b> Ravika Nila Kandi <b>To</b> di – Nagan Raya		<b>Nomor Analisis :</b> 19 – 1073 – LC , 19 – 1074 – LC, <b>Analysis Number</b> 19 – 1075 – LC, 19 – 1076 – LC																																							
<b>Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :</b> <i>The undersigned certifies that examination</i>																																									
<b>Dari Contoh :</b> Limbah Cair Kelapa Sawit <i>Of the Sample (s)</i>		<b>Nomor BAPC :</b> 426/Insd/LI/08/2019 <i>BAPC Number</i>																																							
<b>Keterangan Contoh :</b> Diantar <i>Identity</i>		<b>Untuk Analisis :</b> Sesuai Parameter Uji <i>For Analysis</i>																																							
<b>Kode Contoh :</b> " P2U1, P3U1, P4U1, P5U1" <i>Code Sample</i>		<b>Diambil dari :</b> - <i>Taken from</i>																																							
<b>Tanggal Sampling :</b> - <i>Date of Sampling</i>		<b>Tanggal Penerimaan :</b> 9 Agustus 2019 <i>Received On</i>																																							
<b>Tanggal Analisis :</b> 9 Agustus 2019 <i>Date of Analysis</i>		<b>Hasil :</b> - <i>Results</i>																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">NO.</th> <th rowspan="2">PARAMETER UJI</th> <th rowspan="2">METODE UJI</th> <th rowspan="2">SATUAN</th> <th colspan="4">HASIL UJI</th> </tr> <tr> <th>P2U1 (L 1073)</th> <th>P3U1 (L 1074)</th> <th>P4U1 (L 1075)</th> <th>P5U1 (L 1076)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>COD</td> <td>SNI. 06-6989.15.2004</td> <td>mg/L</td> <td>143,0</td> <td>286,0</td> <td>473,26</td> <td>602,64</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Nitrat (NO3)</td> <td>IK.5.04.01.16</td> <td>mg/L</td> <td>7,0</td> <td>12,0</td> <td>16,0</td> <td>20,0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Phospat (PO4)</td> <td>IK.5.04.01.33</td> <td>mg/L</td> <td>6,10</td> <td>7,65</td> <td>9,2</td> <td>6,95</td> </tr> </tbody> </table>						NO.	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI				P2U1 (L 1073)	P3U1 (L 1074)	P4U1 (L 1075)	P5U1 (L 1076)	1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	143,0	286,0	473,26	602,64	2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	7,0	12,0	16,0	20,0	3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	6,10	7,65	9,2	6,95
NO.	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI																																					
				P2U1 (L 1073)	P3U1 (L 1074)	P4U1 (L 1075)	P5U1 (L 1076)																																		
1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	143,0	286,0	473,26	602,64																																		
2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	7,0	12,0	16,0	20,0																																		
3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	6,10	7,65	9,2	6,95																																		
Keterangan : *). Parameter Uji Yang Belum Terakreditasi KAN																																									
<b>BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH</b> <i>Manajer Teknis I LABBA,</i>  <b>FITRIANA DJAFAR, S.Si., MT</b> NIP. 19790430 200212 2 001																																									
F. 5.10.01.02		Terbit/Revisi : 3/4																																							

\* Data hasil uji hanya berlaku untuk contoh tersebut diatas

\* Dilarang menggandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh

 <p><b>Kementerian Perindustrian</b> REPUBLIK INDONESIA</p>	<p><b>BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI</b> <b>BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI</b> <b>LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA)</b> Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0651) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642 E-mail: <a href="mailto:brs_bna@yahoo.com">brs_bna@yahoo.com</a> Website: <a href="http://www.baristandaceh.kemendin.go.id">www.baristandaceh.kemendin.go.id</a></p>	 <p><b>KAN</b> Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Pengujian LP-800-IDN</p>
--	---	--

**LAPORAN HASIL UJI**  
*Report of Analysis*

Halaman : 1 dari 1  
Page

Tanggal Penerbitan : 3 September 2019 <i>Date of issue</i>	Nomor Laporan : 1727/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/9/2019 <i>Report Number</i>	
Kepada : Ravika Nila Kandi To : Nagan Raya	Nomor Analisis : 19 - 1077 - LC, 19 - 1078 - LC, Analysis Number : 19 - 1079 - LC, 19 - 1080 - LC	

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :  
*The undersigned certifies that examination*

Dari Contoh : Limbah Cair Kelapa Sawit <i>Of the Sample (s)</i>	Nomor BAPC : 426/Insd/L/08/2019 <i>BAPC Number</i>	
Keterangan Contoh : Diantar <i>Identity</i>	Untuk Analisis : Sesuai Parameter Uji <i>For Analysis</i>	
Kode Contoh : " P2U2, P3U2, P4U2, P5U2" <i>Code Sample</i>	Diambil dari : - <i>Taken from</i>	
Tanggal Sampling : - <i>Date of Sampling</i>	Tanggal Penerimaan : 9 Agustus 2019 <i>Received On</i>	
Tanggal Analisis : 9 Agustus 2019 <i>Date of Analysis</i>	Hasil : - <i>Results</i>	

NO.	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI			
				P2U2 (L 1077)	P3U2 (L 1078)	P4U2 (L 1079)	P5U2 (L 1080)
1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	137,04	282,59	425,59	606,05
2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	6,70	11,75	18,50	20,0
3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	5,25	11,80	7,90	7,95

Keterangan : \*). Parameter Uji Yang Belum Terakreditasi KAN

BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Manajer Teknis I LABBA,  
  
FITRIANA DJAFAR, S.Si., MT  
NIP. 19790430 200212 2 001

F. 5.10.01.02

Terbit/Revisi : 3/4

\* Data hasil uji hanya berlaku untuk contoh tersebut diatas  
\* Dilarang mengandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh



**Kementerian  
Perindustrian**  
REPUBLIK INDONESIA

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI  
LABORATORIUM PENGUJI BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH (LABBA)**  
Jln. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur Banda Aceh 23230 Telp. (0651) 49714 Fax. (0651) 49556 - 6302642  
E-mail: brs\_bna@yahoo.com Website: www.baristandaceh.kemendin.go.id



Laboratorium Penguji  
LP-800-IDN

**LAPORAN HASIL UJI**  
*Report of Analysis*

Halaman : 1 dari 1  
Page

Tanggal Penerbitan : 3 September 2019  
Date of issue

Nomor Laporan : 1728/LHU/LABBA/Baristand-Aceh/9/2019  
Report Number

Kepada : Ravika Nila Kandi  
To di – Nagan Raya

Nomor Analisis : 19 – 1081 – LC , 19 – 1082 – LC,  
Analysis Number 19 – 1083– LC, 19 – 1084 – LC

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :  
The undersigned certifies that examination

Dari Contoh : Limbah Cair Kelapa Sawit  
Of the Sample (s)

Nomor BAPC : 426/Insd/L/08/2019  
BAPC Number

Keterangan Contoh : Diantar  
Identity

Untuk Analisis : Sesuai Parameter Uji  
For Analysis

Kode Contoh : " P2U3, P3U3, P4U3, P5U3 "  
Code Sample

Diambil dari :  
Taken from

Tanggal Sampling :  
Date of Sampling

Tanggal Penerimaan : 9 Agustus 2019  
Received On

Tanggal Analisis : 9 Agustus 2019  
Date of Analysis

Hasil :  
Results

NO.	PARAMETER UJI	METODE UJI	SATUAN	HASIL UJI			
				P2U3 (L 1065)	P3U3 (L 1066)	P4U3 (L 1067)	P5U3 (L 1068)
1	COD	SNI. 06-6989.15.2004	mg/L	125,12	276,64	422,19	599,24
2	Nitrat (NO3)	IK.5.04.01.16	mg/L	6,4	10,0	15,5	22,0
3	Phospat (PO4)	IK.5.04.01.33	mg/L	7,10	8,55	8,55	10,90

Keterangan : \*), Parameter Uji Yang Belum Terakreditasi KAN

BARISTAND INDUSTRI BANDA ACEH  
Manajer Teknis / LABBA,

FITRIANA DWAFAR, S.Si., MT  
NIP. 19790430 200212 2 001

F. 5.10.01.02

Terbit/Revisi : 3/4

\* Data hasil uji hanya berlaku untuk contoh tersebut diatas

\* Dilarang mengandakan tanpa izin tertulis dari Baristand Industri Banda Aceh

## LAMPIRAN 11

### Data Hasil Uji Stastitik Parameter Fisik Kimiawi Limbah Cair Kelapa Sawit

#### 1. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

ONEWAY nilaiCOD BY perlakuan  
 /STATISTICS DESCRIPTIVES  
 /MISSING ANALYSIS  
 /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).

#### Oneway

##### Descriptives

nilaiCOD

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
perlakuan 1	3	86.2333	.57735	.33333	84.7991	87.6676	85.90	86.90
perlakuan 2	3	85.3667	.05774	.03333	85.2232	85.5101	85.30	85.40
perlakuan 3	3	86.3667	.57735	.33333	84.9324	87.8009	85.70	86.70
perlakuan 4	3	85.5333	.11547	.06667	85.2465	85.8202	85.40	85.60
Total	12	85.8750	.57228	.16520	85.5114	86.2386	85.30	86.90

##### ANOVA

nilaiCOD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.236	3	.745	4.363	.042
Within Groups	1.367	8	.171		
Total	3.603	11			

#### Post Hoc Tests

##### Multiple Comparisons

Dependent Variable: nilaiCOD  
 LSD

(I) perlakuan	(J) perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
perlakuan 1	perlakuan 2	.86667*	.33747	.033	.0884	1.6449
	perlakuan 3	-.13333	.33747	.703	-.9116	.6449
	perlakuan 4	.70000	.33747	.072	-.0782	1.4782
perlakuan 2	perlakuan 1	-.86667*	.33747	.033	-1.6449	-.0884
	perlakuan 3	-1.00000*	.33747	.018	-1.7782	-.2218
	perlakuan 4	-.16667	.33747	.635	-.9449	.6116
perlakuan 3	perlakuan 1	.13333	.33747	.703	-.6449	.9116
	perlakuan 2	1.00000*	.33747	.018	.2218	1.7782
	perlakuan 4	.83333*	.33747	.039	.0551	1.6116
perlakuan 4	perlakuan 1	-.70000	.33747	.072	-1.4782	.0782
	perlakuan 2	.16667	.33747	.635	-.6116	.9449
	perlakuan 3	-.83333*	.33747	.039	-1.6116	-.0551

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## 2. Nitrat

ONEWAY NilaiNitrat BY Perlakuan  
 /STATISTICS DESCRIPTIVES  
 /MISSING ANALYSIS  
 /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05) .

### Oneway

#### Descriptives

NilaiNitrat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
perlakuan 1	3	12.7667	1.22202	.70553	9.7310	15.8023	11.70	14.10
perlakuan 2	3	20.5333	7.19745	4.15545	2.6539	38.4128	14.50	28.50
perlakuan 3	3	17.5000	8.66025	5.00000	-4.0133	39.0133	7.50	22.50
perlakaun 4	3	21.5000	1.50000	.86603	17.7738	25.2262	20.00	23.00
Total	12	18.0750	6.02979	1.74065	14.2439	21.9061	7.50	28.50

#### ANOVA

NilaiNitrat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	138.849	3	46.283	1.418	.307
Within Groups	261.093	8	32.637		
Total	399.943	11			

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: NilaiNitrat  
 LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
perlakuan 1	perlakuan 2	-7.76667	4.66452	.134	-18.5231	2.9897
	perlakuan 3	-4.73333	4.66452	.340	-15.4897	6.0231
	perlakaun 4	-8.73333	4.66452	.098	-19.4897	2.0231
perlakuan 2	perlakuan 1	7.76667	4.66452	.134	-2.9897	18.5231
	perlakuan 3	3.03333	4.66452	.534	-7.7231	13.7897
	perlakaun 4	-.96667	4.66452	.841	-11.7231	9.7897
perlakuan 3	perlakuan 1	4.73333	4.66452	.340	-6.0231	15.4897
	perlakuan 2	-3.03333	4.66452	.534	-13.7897	7.7231
	perlakaun 4	-4.00000	4.66452	.416	-14.7564	6.7564
perlakaun 4	perlakuan 1	8.73333	4.66452	.098	-2.0231	19.4897
	perlakuan 2	.96667	4.66452	.841	-9.7897	11.7231
	perlakuan 3	4.00000	4.66452	.416	-6.7564	14.7564

### 3. Pospat

ONEWAY NilaiPospat BY Perlakuan  
 /STATISTICS DESCRIPTIVES  
 /MISSING ANALYSIS  
 /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).

#### Oneway

##### Descriptives

NilaiPospat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
perlakuan 1	3	80.8667	3.27159	1.88886	72.7396	88.9938	77.10	83.00
perlakuan 2	3	80.5667	4.24421	2.45040	70.0235	91.1099	75.70	83.50
perlakuan 3	3	84.9000	6.75796	3.90171	68.1123	101.6877	77.10	89.00
perlakuan 4	3	90.9667	2.00333	1.15662	85.9901	95.9432	88.70	92.50
Total	12	84.3250	5.78700	1.67056	80.6481	88.0019	75.70	92.50

##### ANOVA

NilaiPospat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	211.582	3	70.527	3.598	.066
Within Groups	156.800	8	19.600		
Total	368.382	11			

#### Post Hoc Tests

##### Multiple Comparisons

Dependent Variable: NilaiPospat

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
perlakuan 1	perlakuan 2	.30000	3.61478	.936	-8.0357	8.6357
	perlakuan 3	-4.03333	3.61478	.297	-12.3690	4.3024
	perlakuan 4	-10.10000*	3.61478	.023	-18.4357	-1.7643
perlakuan 2	perlakuan 1	-.30000	3.61478	.936	-8.6357	8.0357
	perlakuan 3	-4.33333	3.61478	.265	-12.6690	4.0024
	perlakuan 4	-10.40000*	3.61478	.021	-18.7357	-2.0643
perlakuan 3	perlakuan 1	4.03333	3.61478	.297	-4.3024	12.3690
	perlakuan 2	4.33333	3.61478	.265	-4.0024	12.6690
	perlakuan 4	-6.06667	3.61478	.132	-14.4024	2.2690
perlakuan 4	perlakuan 1	10.10000*	3.61478	.023	1.7643	18.4357
	perlakuan 2	10.40000*	3.61478	.021	2.0643	18.7357
	perlakuan 3	6.06667	3.61478	.132	-2.2690	14.4024

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## 4. Warna

```
ONEWAY nilaiWarna BY Perlakuan
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).
```

### Oneway

[DataSet1]

#### Descriptives

nilaiWarna	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
perlakuan 1	3	95.5333	2.40069	1.38604	89.5697	101.4970	93.10	97.90
perlakuan 2	3	94.7667	2.91433	1.68259	87.5271	102.0063	91.70	97.50
perlakuan 3	3	93.7000	.95394	.55076	91.3303	96.0697	92.60	94.30
perlakuan 4	3	87.7667	5.26909	3.04211	74.6775	100.8558	81.70	91.20
Total	12	92.9417	4.24338	1.22496	90.2456	95.6378	81.70	97.90

#### ANOVA

nilaiWarna	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	112.209	3	37.403	3.485	.070
Within Groups	85.860	8	10.732		
Total	198.069	11			

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: nilaiWarna

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
perlakuan 1	perlakuan 2	.76667	2.67488	.782	-5.4016	6.9350
	perlakuan 3	1.83333	2.67488	.512	-4.3350	8.0016
	perlakuan 4	7.76667*	2.67488	.020	1.5984	13.9350
perlakuan 2	perlakuan 1	-.76667	2.67488	.782	-6.9350	5.4016
	perlakuan 3	1.06667	2.67488	.700	-5.1016	7.2350
	perlakuan 4	7.00000*	2.67488	.031	.8317	13.1683
perlakuan 3	perlakuan 1	-1.83333	2.67488	.512	-8.0016	4.3350
	perlakuan 2	-1.06667	2.67488	.700	-7.2350	5.1016
	perlakuan 4	5.93333	2.67488	.057	-.2350	12.1016
perlakuan 4	perlakuan 1	-7.76667*	2.67488	.020	-13.9350	-1.5984
	perlakuan 2	-7.00000*	2.67488	.031	-13.1683	-.8317
	perlakuan 3	-5.93333	2.67488	.057	-12.1016	.2350

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## LAMPIRAN 12

### Data Hasil Uji Stastitik Parameter Pertumbuhan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk)

#### 1. Tinggi awal tanaman

```
ONEWAY VAR00001 BY tinggiawal
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).
```

#### Oneway

##### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
control	3	30.3000	.26458	.15275	29.6428	30.9572	30.00	30.50
perlakuan 1	3	30.6000	.17321	.10000	30.1697	31.0303	30.50	30.80
perlakuan 2	3	30.3333	.28868	.16667	29.6162	31.0504	30.00	30.50
perlakuan 3	3	30.5667	.32146	.18559	29.7681	31.3652	30.20	30.80
perlakuan 4	3	30.6000	.26458	.15275	29.9428	31.2572	30.30	30.80
Total	15	30.4800	.26511	.06845	30.3332	30.6268	30.00	30.80

##### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.271	4	.068	.949	.476
Within Groups	.713	10	.071		
Total	.984	14			

#### Post Hoc Tests

##### Multiple Comparisons

VAR00001  
LSD

(I) tinggiawal	(J) tinggiawal	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control	perlakuan 1	-.30000	.21807	.199	-.7859	.1859
	perlakuan 2	-.03333	.21807	.882	-.5192	.4526
	perlakuan 3	-.26667	.21807	.249	-.7526	.2192
	perlakuan 4	-.30000	.21807	.199	-.7859	.1859
perlakuan 1	control	.30000	.21807	.199	-.1859	.7859
	perlakuan 2	.26667	.21807	.249	-.2192	.7526
	perlakuan 3	.03333	.21807	.882	-.4526	.5192
	perlakuan 4	.00000	.21807	1.000	-.4859	.4859
perlakuan 2	control	.03333	.21807	.882	-.4526	.5192
	perlakuan 1	-.26667	.21807	.249	-.7526	.2192
	perlakuan 3	-.23333	.21807	.310	-.7192	.2526
	perlakuan 4	-.26667	.21807	.249	-.7526	.2192
perlakuan 3	control	.26667	.21807	.249	-.2192	.7526
	perlakuan 1	-.03333	.21807	.882	-.5192	.4526
	perlakuan 2	.23333	.21807	.310	-.2526	.7192
	perlakuan 4	-.03333	.21807	.882	-.5192	.4526
perlakuan 4	control	.30000	.21807	.199	-.1859	.7859
	perlakuan 1	.00000	.21807	1.000	-.4859	.4859
	perlakuan 2	.26667	.21807	.249	-.2192	.7526
	perlakuan 3	.03333	.21807	.882	-.4526	.5192

## 2. Tinggi akhir tanaman

ONEWAY VAR00001 BY tinggiakhir  
 /STATISTICS DESCRIPTIVES  
 /MISSING ANALYSIS  
 /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).

### Oneway

#### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
control	3	40.1000	4.91121	2.83549	27.8999	52.3001	34.70	44.30
perlakuan 1	3	35.9000	2.40000	1.38564	29.9381	41.8619	33.50	38.30
perlakuan 2	3	36.4333	2.71355	1.56667	29.6925	43.1742	33.30	38.00
perlakuan 3	3	34.5000	1.50997	.87178	30.7490	38.2510	33.10	36.10
perlakuan 4	3	19.3667	16.99598	9.81263	-22.8537	61.5870	.00	31.80
Total	15	33.2600	10.11341	2.61127	27.6594	38.8606	.00	44.30

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	775.163	4	193.791	2.951	.075
Within Groups	656.773	10	65.677		
Total	1431.936	14			

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

VAR00001  
LSD

(I) tinggiakhir	(J) tinggiakhir	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control	perlakuan 1	4.20000	6.61702	.540	-10.5436	18.9436
	perlakuan 2	3.66667	6.61702	.592	-11.0770	18.4103
	perlakuan 3	5.60000	6.61702	.417	-9.1436	20.3436
	perlakuan 4	20.73333*	6.61702	.011	5.9897	35.4770
perlakuan 1	control	-4.20000	6.61702	.540	-18.9436	10.5436
	perlakuan 2	-.53333	6.61702	.937	-15.2770	14.2103
	perlakuan 3	1.40000	6.61702	.837	-13.3436	16.1436
	perlakuan 4	16.53333*	6.61702	.032	1.7897	31.2770
perlakuan 2	control	-3.66667	6.61702	.592	-18.4103	11.0770
	perlakuan 1	.53333	6.61702	.937	-14.2103	15.2770
	perlakuan 3	1.93333	6.61702	.776	-12.8103	16.6770
	perlakuan 4	17.06667*	6.61702	.027	2.3230	31.8103
perlakuan 3	control	-5.60000	6.61702	.417	-20.3436	9.1436
	perlakuan 1	-1.40000	6.61702	.837	-16.1436	13.3436
	perlakuan 2	-1.93333	6.61702	.776	-16.6770	12.8103
	perlakuan 4	15.13333*	6.61702	.045	.3897	29.8770
perlakuan 4	control	-20.73333*	6.61702	.011	-35.4770	-5.9897
	perlakuan 1	-16.53333*	6.61702	.032	-31.2770	-1.7897
	perlakuan 2	-17.06667*	6.61702	.027	-31.8103	-2.3230
	perlakuan 3	-15.13333*	6.61702	.045	-29.8770	-.3897

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### 3. Bobot basah awal

```

ONEWAY VAR00001 BY Bobotbasahawal
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=LSD ALPHA(0.05) .

```

#### Oneway

##### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
control	3	15.3833	.46918	.27088	14.2178	16.5489	15.01	15.91
perlakuan 1	3	15.4633	.25697	.14836	14.8250	16.1017	15.31	15.76
perlakuan 2	3	15.3767	.29771	.17188	14.6371	16.1162	15.19	15.72
perlakuan 3	3	15.7167	.29195	.16856	14.9914	16.4419	15.38	15.90
perlakuan 4	3	15.3733	.30288	.17487	14.6209	16.1257	15.16	15.72
Total	15	15.4627	.31192	.08054	15.2899	15.6354	15.01	15.91

##### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.259	4	.065	.586	.680
Within Groups	1.104	10	.110		
Total	1.362	14			

#### Post Hoc Tests

##### Multiple Comparisons

VAR00001  
LSD

(I) Bobotbasahawal	(J) Bobotbasahawal	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control	perlakuan 1	-.08000	.27124	.774	-.6844	.5244
	perlakuan 2	.00667	.27124	.981	-.5977	.6110
	perlakuan 3	-.33333	.27124	.247	-.9377	.2710
	perlakuan 4	.01000	.27124	.971	-.5944	.6144
perlakuan 1	control	.08000	.27124	.774	-.5244	.6844
	perlakuan 2	.08667	.27124	.756	-.5177	.6910
	perlakuan 3	-.25333	.27124	.372	-.8577	.3510
	perlakuan 4	.09000	.27124	.747	-.5144	.6944
perlakuan 2	control	-.00667	.27124	.981	-.6110	.5977
	perlakuan 1	-.08667	.27124	.756	-.6910	.5177
	perlakuan 3	-.34000	.27124	.239	-.9444	.2644
	perlakuan 4	.00333	.27124	.990	-.6010	.6077
perlakuan 3	control	.33333	.27124	.247	-.2710	.9377
	perlakuan 1	.25333	.27124	.372	-.3510	.8577
	perlakuan 2	.34000	.27124	.239	-.2644	.9444
	perlakuan 4	.34333	.27124	.234	-.2610	.9477
perlakuan 4	control	-.01000	.27124	.971	-.6144	.5944
	perlakuan 1	-.09000	.27124	.747	-.6944	.5144
	perlakuan 2	-.00333	.27124	.990	-.6077	.6010
	perlakuan 3	-.34333	.27124	.234	-.9477	.2610

#### 4. Bobot basah akhir

```

ONEWAY VAR00001 BY bobotakhir
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).

```

#### Oneway

##### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
control	3	19.0033	6.48297	3.74295	2.8987	35.1079	14.01	26.33
perlakuan 1	3	16.4800	2.73099	1.57674	9.6958	23.2642	13.42	18.67
perlakuan 2	3	21.0100	4.19622	2.42269	10.5860	31.4340	17.14	25.47
perlakuan 3	3	18.9167	4.52527	2.61266	7.6753	30.1581	15.82	24.11
perlakuan 4	3	10.9500	2.84121	1.64038	3.8920	18.0080	8.30	13.95
Total	15	17.2720	5.15546	1.33113	14.4170	20.1270	8.30	26.33

##### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	180.810	4	45.203	2.363	.123
Within Groups	191.292	10	19.129		
Total	372.102	14			

#### Post Hoc Tests

##### Multiple Comparisons

VAR00001  
LSD

(I) bobotakhir	(J) bobotakhir	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control	perlakuan 1	2.52333	3.57111	.496	-5.4336	10.4803
	perlakuan 2	-2.00667	3.57111	.587	-9.9636	5.9503
	perlakuan 3	.08667	3.57111	.981	-7.8703	8.0436
	perlakuan 4	8.05333*	3.57111	.048	.0964	16.0103
perlakuan 1	control	-2.52333	3.57111	.496	-10.4803	5.4336
	perlakuan 2	-4.53000	3.57111	.233	-12.4869	3.4269
	perlakuan 3	-2.43667	3.57111	.511	-10.3936	5.5203
	perlakuan 4	5.53000	3.57111	.153	-2.4269	13.4869
perlakuan 2	control	2.00667	3.57111	.587	-5.9503	9.9636
	perlakuan 1	4.53000	3.57111	.233	-3.4269	12.4869
	perlakuan 3	2.09333	3.57111	.571	-5.8636	10.0503
	perlakuan 4	10.06000*	3.57111	.018	2.1031	18.0169
perlakuan 3	control	-.08667	3.57111	.981	-8.0436	7.8703
	perlakuan 1	2.43667	3.57111	.511	-5.5203	10.3936
	perlakuan 2	-2.09333	3.57111	.571	-10.0503	5.8636
	perlakuan 4	7.96667*	3.57111	.050	.0097	15.9236
perlakuan 4	control	-8.05333*	3.57111	.048	-16.0103	-.0964
	perlakuan 1	-5.53000	3.57111	.153	-13.4869	2.4269
	perlakuan 2	-10.06000*	3.57111	.018	-18.0169	-2.1031
	perlakuan 3	-7.96667*	3.57111	.050	-15.9236	-.0097

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level

## 5. Jumlah daun

```
ONEWAY VAR00001 BY jumlahdaun
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).
```

### Oneway

#### Descriptives

VAR00001

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
control	3	6.0000	1.00000	.57735	3.5159	8.4841	5.00	7.00
perlakuan 1	3	5.6667	2.30940	1.33333	-.0702	11.4035	3.00	7.00
perlakuan 2	3	4.6667	2.51661	1.45297	-1.5849	10.9183	2.00	7.00
perlakuan 3	3	3.6667	1.15470	.66667	.7982	6.5351	3.00	5.00
perlakuan 4	3	1.3333	1.52753	.88192	-2.4612	5.1279	.00	3.00
Total	15	4.2667	2.31352	.59735	2.9855	5.5479	.00	7.00

#### ANOVA

VAR00001

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	42.267	4	10.567	3.235	.060
Within Groups	32.667	10	3.267		
Total	74.933	14			

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

VAR00001  
LSD

(I) jumlahdaun	(J) jumlahdaun	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control	perlakuan 1	.33333	1.47573	.826	-2.9548	3.6215
	perlakuan 2	1.33333	1.47573	.388	-1.9548	4.6215
	perlakuan 3	2.33333	1.47573	.145	-.9548	5.6215
	perlakuan 4	4.66667*	1.47573	.010	1.3785	7.9548
perlakuan 1	control	-.33333	1.47573	.826	-3.6215	2.9548
	perlakuan 2	1.00000	1.47573	.513	-2.2881	4.2881
	perlakuan 3	2.00000	1.47573	.205	-1.2881	5.2881
	perlakuan 4	4.33333*	1.47573	.015	1.0452	7.6215
perlakuan 2	control	-1.33333	1.47573	.388	-4.6215	1.9548
	perlakuan 1	-1.00000	1.47573	.513	-4.2881	2.2881
	perlakuan 3	1.00000	1.47573	.513	-2.2881	4.2881
	perlakuan 4	3.33333*	1.47573	.047	.0452	6.6215
perlakuan 3	control	-2.33333	1.47573	.145	-5.6215	.9548
	perlakuan 1	-2.00000	1.47573	.205	-5.2881	1.2881
	perlakuan 2	-1.00000	1.47573	.513	-4.2881	2.2881
	perlakuan 4	2.33333	1.47573	.145	-.9548	5.6215
perlakuan 4	control	-4.66667*	1.47573	.010	-7.9548	-1.3785
	perlakuan 1	-4.33333*	1.47573	.015	-7.6215	-1.0452
	perlakuan 2	-3.33333*	1.47573	.047	-6.6215	-.0452
	perlakuan 3	-2.33333	1.47573	.145	-5.6215	.9548

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## 6. Bobot kering

```

ONEWAY VAR00001 BY Bobotkering
  /STATISTICS DESCRIPTIVES
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).

```

### Oneway

#### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
control	3	1.9700	.86481	.49930	-1.783	4.1183	1.04	2.75
perlakuan 1	3	2.4233	.72473	.41842	.6230	4.2237	1.99	3.26
perlakuan 2	3	2.6967	.20404	.11780	2.1898	3.2035	2.52	2.92
perlakuan 3	3	2.5467	.20404	.11780	2.0398	3.0535	2.37	2.77
perlakuan 4	3	1.3100	1.14503	.66108	-1.5344	4.1544	.00	2.12
Total	15	2.1893	.80704	.20838	1.7424	2.6363	.00	3.26

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.783	4	.946	1.773	.211
Within Groups	5.335	10	.534		
Total	9.118	14			

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

VAR00001  
LSD

(I) Bobotkering	(J) Bobotkering	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control	perlakuan 1	-.45333	.59638	.465	-1.7821	.8755
	perlakuan 2	-.72667	.59638	.251	-2.0555	.6021
	perlakuan 3	-.57667	.59638	.356	-1.9055	.7521
	perlakuan 4	.66000	.59638	.294	-.6688	1.9888
perlakuan 1	control	.45333	.59638	.465	-.8755	1.7821
	perlakuan 2	-.27333	.59638	.657	-1.6021	1.0555
	perlakuan 3	-.12333	.59638	.840	-1.4521	1.2055
	perlakuan 4	1.11333	.59638	.091	-.2155	2.4421
perlakuan 2	control	.72667	.59638	.251	-.6021	2.0555
	perlakuan 1	.27333	.59638	.657	-1.0555	1.6021
	perlakuan 3	.15000	.59638	.807	-1.1788	1.4788
	perlakuan 4	1.38667 <sup>*</sup>	.59638	.042	.0579	2.7155
perlakuan 3	control	-.57667	.59638	.356	-.7521	1.9055
	perlakuan 1	.12333	.59638	.840	-1.2055	1.4521
	perlakuan 2	-.15000	.59638	.807	-1.4788	1.1788
	perlakuan 4	1.23667	.59638	.065	-.0921	2.5655
perlakuan 4	control	-.66000	.59638	.294	-1.9888	.6688
	perlakuan 1	-1.11333	.59638	.091	-2.4421	.2155
	perlakuan 2	-1.38667	.59638	.042	-2.7155	-.0579
	perlakuan 3	-1.23667	.59638	.065	-2.5655	.0921

## 7. Panjang akar terpanjang

ONEWAY VAR00001 BY Panjangakarpanjang  
 /STATISTICS DESCRIPTIVES  
 /MISSING ANALYSIS  
 /POSTHOC=LSD ALPHA(0.05).

### Oneway

#### Descriptives

VAR00001

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
control	3	16.5333	1.69214	.97696	12.3298	20.7368	15.10	18.40
perlakuan 1	3	16.0333	2.13620	1.23333	10.7267	21.3399	13.60	17.60
perlakuan 2	3	14.9667	1.02632	.59255	12.4171	17.5162	14.10	16.10
perlakuan 3	3	14.9000	1.21655	.70238	11.8779	17.9221	14.10	16.30
perlakuan 4	3	13.3000	3.16070	1.82483	5.4484	21.1516	10.00	16.30
Total	15	15.1467	2.04481	.52797	14.0143	16.2790	10.00	18.40

#### ANOVA

VAR00001

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18.637	4	4.659	1.168	.381
Within Groups	39.900	10	3.990		
Total	58.537	14			

### Post Hoc Tests

#### Multiple Comparisons

VAR00001  
LSD

(I) Panjangakarpanjang	(J) Panjangakarpanjang	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
control	perlakuan 1	.50000	1.63095	.765	-3.1340	4.1340
	perlakuan 2	1.56667	1.63095	.359	-2.0673	5.2007
	perlakuan 3	1.63333	1.63095	.340	-2.0007	5.2673
	perlakuan 4	3.23333	1.63095	.076	-.4007	6.8673
perlakuan 1	control	-.50000	1.63095	.765	-4.1340	3.1340
	perlakuan 2	1.06667	1.63095	.528	-2.5673	4.7007
	perlakuan 3	1.13333	1.63095	.503	-2.5007	4.7673
	perlakuan 4	2.73333	1.63095	.125	-.9007	6.3673
perlakuan 2	control	-1.56667	1.63095	.359	-5.2007	2.0673
	perlakuan 1	-1.06667	1.63095	.528	-4.7007	2.5673
	perlakuan 3	.06667	1.63095	.968	-3.5673	3.7007
	perlakuan 4	1.66667	1.63095	.331	-1.9673	5.3007
perlakuan 3	control	-1.63333	1.63095	.340	-5.2673	2.0007
	perlakuan 1	-1.13333	1.63095	.503	-4.7673	2.5007
	perlakuan 2	-.06667	1.63095	.968	-3.7007	3.5673
	perlakuan 4	1.60000	1.63095	.350	-2.0340	5.2340
perlakuan 4	control	-3.23333	1.63095	.076	-6.8673	.4007
	perlakuan 1	-2.73333	1.63095	.125	-6.3673	.9007
	perlakuan 2	-1.66667	1.63095	.331	-5.3007	1.9673
	perlakuan 3	-1.60000	1.63095	.350	-5.2340	2.0340

## RIWAYAT HIDUP PENULIS

1. Nama : Ravika Nila Kandi
2. Tempat/Tanggal Lahir : Serbajadi, 18 September 1997
3. Nomor Induk Mahasiswa : 150703034
4. Jenis Kelamin : Perempuan
5. Agama : Islam
6. Kebangsaan/Suku : Indonesia
7. Alamat/No. Telp : Lr. Flamboyan III No.8, Gampong Peurada,  
Syiah Kuala, Banda Aceh. 085206056064
8. E-mail : [ravikanilakandi@gmail.com](mailto:ravikanilakandi@gmail.com)
9. Nama Orang Tua
  - a. Ayah : Ari Dharma (Alm)  
Pekerjaan : -
  - b. Ibu : Mistini  
Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga
  - c. Alamat Orang Tua : Desa Serbajadi, Kecamatan Darul Makmur,  
Kabupaten Nagan Raya.
10. Riwayat Pendidikan :
  - a. SD : SD Negeri Serbajadi (2003-2009)
  - b. SLTP : SMP Negeri 2 Darul Makmur (2009-2012)
  - c. SMA : SMA Negeri 5 Banda Aceh (2012-2015)
  - d. Perguruan Tinggi : Program Studi Biologi Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh(2015-2019)

Banda Aceh, 5 November 2019

**Ravika Nila Kandi**  
**NIM. 150703034**