

**Pemodelan Matematika pada Pengolahan Limbah Air  
Lindi menggunakan Sistem *Biofilter* dan  
*Constructed Wetland* dengan  
Tanaman *Canna* sp**

**Skripsi**



**William Wijaya  
31140053**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta  
2018**

**Pemodelan Matematika pada Pengolahan Limbah Air  
Lindi menggunakan Sistem *Biofilter* dan  
*Constructed Wetland* dengan  
Tanaman *Canna* sp**

**Skripsi**



**William Wijaya  
31140053**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta  
2018**

**Pemodelan Matematika pada Pengolahan Limbah Air  
Lindi menggunakan Sistem *Biofilter* dan  
*Constructed Wetland* dengan  
Tanaman *Canna* sp**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana



**William Wijaya  
31140053**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta  
2018**

**LEMBAR PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : WILLIAM WIJAYA

NIM : 311400053

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**“Pemodelan Matematika pada Pengolahan Limbah Air Lindi menggunakan Sistem Biofilter dan Constructed Wetland dengan Tanaman *Canna sp*”**

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggungjawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 30 Juli 2017

METERAI  
TEMPEL  
066E7AFF184986837  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH  
William Wijaya

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

PEMODELAN MATEMATIKA PADA PENGOLAHAN LIMBAH AIR LINDI  
MENGUNAKAN SISTEM *BIOFILTER* DAN *CONSTRUCTED WETLAND*  
DENGAN TANAMAN *CANNA SP*

telah diajukan dan dipertahankan oleh:

**WILLIAM WIJAYA**  
**31140053**

dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains pada tanggal 20 Agustus 2018

**Nama Dosen**

**Tanda Tangan**

1. Ir. Suhardi Djojoatmodjo, M.Si  
(Dosen Pembimbing I / Dosen Penguji)
2. Dra. Haryati B.Sutanto, M.Sc  
(Dosen Pembimbing II / Dosen Penguji)
3. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes  
(Dosen Penguji)

Yogyakarta, 20 Agustus 2018

Disahkan Oleh:

Dekan,



**Drs. Kisworo, M.Sc.**

Ketua Program Studi,

**Dra. Aniek Prasetyaningsi, M.Si**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat, kasih yang tidak pernah berkesudahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pemodelan Matematika pada Pengolahan Limbah Air Lindi”, yang disusun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana (S1) pada Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta, dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa terwujudnya penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas segala rahmat, bimbingan dan berkatNya yang dilimpahkan ke penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Kisworo, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta dan Ibu Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si. selaku Ketua Program Studi Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.
4. Suhardi Djojoatmodjo, Ir, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing, memberikan motivasi serta arahan sejak awal penulisan dan semenjak kuliah di UKDW, Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc, selaku dosen pembimbing II dan dosen wali yang memberikan arahan dan motivasi dari awal menempuh studi di UKDW.
5. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes atas kesediaannya sebagai tim penguji skripsi.
6. Bapak Dr. Guntoro dan Bapak Dr. Dhira Satwika, M.Sc. selaku dosen pembimbing pada topik skripsi sebelumnya yang pernah dilakukan.
7. Bapak Tri Yahya Budiarso, S.Si., M.P. selaku dosen wali pada awal semester perkuliahan di UKDW.
8. Yayasan AA Rachmat atas dukungan finansial terutama untuk skripsi yang telah diberikan kepada penulis serta Bapak Crisna Julius dan staff di Biro 3.
9. Livia Teja Laksmana sebagai partner yang selalu memberikan semangat dan bantuan selama proses berjalannya skripsi.
10. Teman-teman di Fakultas Bioteknologi angkatan 2014 atas kebersamaan dan persaudaraan selama menuntut ilmu di Fakultas Bioteknologi UKDW.
11. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Bioteknologi untuk bantuan dan motivasi.
12. Para laboran dan staf di laboratorium Bioteknologi.
13. Semua pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca, demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi berkat untuk para peneliti lain.

Yogyakarta, 30 Juni 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iiiv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL DAN GRAFIK.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
GLOSARIUM.....	x
ABSTRAK.....	xi
<i>ABSTRACT</i> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Air Lindi.....	3
2.2. Karakteristik Air Lindi.....	3
2.3. Biofilter.....	3
2.4. <i>Constructed Wetland</i> .....	4
2.5. Tanaman <i>Canna</i> sp.....	4
2.6. <i>Mathematical Modelling</i> .....	5
2.7. Regresi.....	6
2.8. Persamaan Diferensial Biasa.....	6
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>7</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	7
3.2. Desain Penelitian.....	7
3.2.1. Jenis Penelitian.....	7
3.2.2. Perlakuan.....	7
3.3. Parameter yang Diuji.....	7

3.3.1. Parameter Kimia .....	7
3.4. Alat Penelitian .....	7
3.5. Bahan Penelitian .....	7
3.6. Cara Kerja .....	8
3.6.1. Persiapan .....	8
3.6.3. Sistem Aklimatisasi .....	9
3.6.4. <i>Steady State</i> .....	10
3.6.5. Pengambilan dan Pengukuran Sampel.....	100
3.6.6. Analisis Data .....	100
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>122</b>
4.1. Pertumbuhan Tanaman .....	122
4.2. BOD .....	133
4.3. COD.....	177
4.4. Nitrat .....	211
4.5. Fosfat.....	255
4.6. TDS.....	29
4.7. Hasil Pemodelan .....	292
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>333</b>
5.1. Kesimpulan.....	333
5.2. Saran .....	333
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>344</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>366</b>



## DAFTAR TABEL DAN GRAFIK

### Halaman

#### Daftar Tabel

Tabel 1. Karakteristik lindi berdasarkan Umur TPA .....	3
Tabel 2. Perbandingan $BOD_{obs}$ dan $BOD_{PDB}$ dan penentuan nilai toleransi .....	15
Tabel 3. Perbandingan $COD_{obs}$ dan $COD_{PDB}$ dan penentuan nilai toleransi .....	19
Tabel 4. Perbandingan $Nitrat_{obs}$ dan $Nitrat_{PDB}$ dan penentuan nilai toleransi .....	23
Tabel 5. Perbandingan $Fosfat_{obs}$ dan $Fosfat_{PDB}$ dan penentuan nilai toleransi .....	27
Tabel 6. Perbandingan $TDS_{obs}$ dan $TDS_{PDB}$ dan penentuan nilai toleransi .....	30

#### Daftar Grafik

Grafik 1. Selisih Panjang Tanaman Awal dan Akhir Penelitian .....	13
Grafik 2. Selisih Berat Tanaman Awal dan Akhir Penelitian .....	13
Grafik 3. Grafik tren hasil analisis regresi BOD dan regresi Ln BOD .....	16
Grafik 4. Plot Grafik Eksponensial Analisis BOD .....	16
Grafik 5. Grafik Perbandingan Plot Hasil Observasi dan PDB .....	16
Grafik 6. Grafik tren hasil analisis regresi COD dan regresi Ln COD .....	19
Grafik 7. Plot Grafik Eksponensial Analisis COD .....	20
Grafik 8. Grafik Perbandingan Plot Hasil Observasi dan PDB .....	20
Grafik 9. Grafik tren hasil analisis regresi Nitrat dan regresi Ln Nitrat .....	23
Grafik 10. Plot Grafik Eksponensial Analisis Nitrat .....	24
Grafik 11. Grafik Perbandingan Plot Hasil Observasi dan PDB .....	24
Grafik 12. Grafik tren hasil analisis regresi Fosfat dan regresi Ln Fosfat .....	27
Grafik 13. Plot Grafik Eksponensial Analisis Fosfat.....	28
Grafik 14. Grafik Perbandingan Plot Hasil Observasi dan PDB .....	28
Grafik 15. Grafik tren hasil analisis regresi TDS dan regresi ln TDS .....	31
Grafik 16. Plot Grafik Eksponensial Analisis TDS .....	31
Grafik 17. Grafik Perbandingan Plot Hasil Observasi dan PDB .....	31

**DAFTAR GAMBAR**

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Tanaman <i>Canna</i> sp .....	4
Gambar 2. Bentuk Sistem Pengolahan Air Lindi .....	8
Gambar 3. Susunan Media dalam Reaktor Biofilter Anaerob dan <i>Constructed Wetland</i> .....	8
Gambar 4. Susunan Reaktor Pengolahan Limbah Air Lindi .....	9
Gambar 5. Bagan Alir Analisis Data .....	10

©UKDW

**DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Foto-Foto Penelitian.....	37
Lampiran 2. Langkah Pembuatan Model Matematika Umum .....	40
Lampiran 3. Cara Kerja Pengukuran Parameter .....	42
Lampiran 4. Tabulasi Data Pengukuran Parameter .....	44
Lampiran 5. Hasil Analisis Regresi dan ANOVA dengan SPSS .....	48
Lampiran 6. Scan Lembar Hasil Pengukuran COD, Nitrat, dan Fosfat di BLK Yogyakarta ..	53

©UKDW

## GLOSARIUM

HRT	: <i>Hydraulic Retention Time</i> (waktu tinggal air limbah)
<i>Constructed Wetland</i>	: Lahan basah buatan yang merujuk pada lahan irigasi, kolam, dan sejenisnya
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
TDS	: <i>Total Dissolved Solid</i>
ppm	: Satuan <i>part per million</i> atau sepersatujuta nilainya sama dengan mg/l
SPSS	: Perangkat lunak untuk analisa statistik
MAPLE	: Perangkat lunak untuk keperluan di bidang matematika
Linearitas	: Uji untuk melihat adanya pengaruh antar variabel
Aerob	: Kondisi di mana oksigen tinggi
Anerob	: Kondisi di mana oksigen sangat rendah atau bahkan tidak ada sama sekali
e	: Fungsi eksponensial atau basis logaritma natural dengan nilai 2.71828183
Ln	: Logaritma alami berbasis e
Biofilter	: Bioreaktor yang berisi media yang digunakan untuk menumbuhkan organisme hidup untuk degradasi polutan
Tren	: Pola garis yang terbentuk untuk melihat tren data

## **Pemodelan Matematika pada Pengolahan Limbah Air Lindi menggunakan Sistem Biofilter dan *Constructed Wetland* dengan Tanaman *Canna sp***

William Wijaya

Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana

### **ABSTRAK**

Pada pengolahan limbah air lindi sering ditemukan masalah dalam pengolahan limbah air lindi seperti sistem pengolahan yang *collaps*, keluaran yang masih belum masuk dalam baku mutu, maupun kondisi *inlet* yang kerap fluktuatif. Penelitian skala laboratorium yang pernah dilakukan seringkali menemui masalah ketika percobaan yang dilakukan masih belum memuaskan, di mana dalam pengolahan limbah keluaran dari proses pengolahan limbah belum masuk dalam baku mutu, dan suatu sistem yang dibangun belum optimal sehingga sulit untuk diimplementasikan ke lapangan dan titik-titik perbaikan sistem sulit untuk diidentifikasi. Diperlukan analisis untuk memperbaiki dan mempercepat proses penelitian sehingga data yang didapatkan lebih rasional dan lebih akurat. Oleh karena itu dibutuhkan model matematika alternatif untuk memprediksi, menginterpretasi, mengoptimasi dalam suatu proses biologi. Secara garis besar sistem yang akan digunakan yaitu Biofilter Anaerob dan *Wetland Subsurface Flow System* dengan tanaman *Canna sp*. Model matematika deterministik dibangun dalam penelitian ini dengan maksud bahwa keseluruhan proses di alam dideskripsikan, diidentifikasi, dengan sistem yang dibangun. Dalam penelitian ini dilakukan analisis parameter BOD, COD, Nitrat, Fosfat, dan TDS menggunakan analisis *mathematical modelling* dengan persamaan diferensial biasa terkhusus regresi linier yang dapat digunakan untuk prediksi, interpretasi, dan evaluasi proses pengolahan limbah dengan sistem biofilter dan *constructed wetland*. Dari hasil analisis yang dilakukan, didapatkan model matematika dengan persen toleransi berturut-turut 14,99%; 3,83%; 10,96%; 3,53% yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai BOD, COD, Nitrat, dan TDS, sedangkan model matematika untuk fosfat dengan % toleransi 53,08% tidak layak digunakan untuk alat prediksi nilai dikarenakan % toleransi masih di atas 20%. Faktor-faktor yang dapat menurunkan tingkat keakuratan dari model matematika pada sistem Biofilter dan *Constructed Wetland* dengan tanaman *Canna sp* seperti kurangnya kontrol terhadap populasi mikrobial, jumlah daun pada tanaman (fotosintesis). Variasi ukuran media, rasio media, dan biomassa tanaman memiliki kemungkinan untuk meningkatkan akurasi dari data.

**Kata kunci :** *Lindi, Biofilter, Wetland, Model Matematika, HRT*

## Mathematical Modelling of Leachate Wastewater Treatment using Biofilter and Constructed Wetland System with *Canna sp*

William Wijaya

Field of Study: Biology, Faculty: Biotechnology, Duta Wacana Christian University

### ABSTRACT

*In leachate wastewater treatment, problems are often found such as collapsed systems, outputs that are still not met the quality standard, as well as fluctuating inlet conditions. Laboratory-scale research that has been done often encounters problems when the experiments are still unsatisfactory, where in the processing of the waste has not met the quality standard, and a system that is built is not optimal. The implementation is difficult in the field and the problems are difficult to identify. Analysis is needed to improve and speed up the research process so that the data obtained is more rational and more accurate. Therefore, an alternative mathematical model is needed to predict, interpret, and optimize a biological process. The systems to be used in this study are Anaerobic Biofilter and Subsurface Flow System Wetland with *Canna sp*. The deterministic mathematical model was built in this study with the intention that the whole process in nature was described, identified, with the system built. The parameters BOD, COD, Nitrate, Phosphate, and TDS were analysed using mathematical modeling analysis with ordinary differential equations in particular linear regression that can be used for prediction, interpretation, and evaluation of waste treatment processes with biofilter systems and constructed wetland. From the results of the analysis, we obtained a mathematical model with a percent tolerance of 14.99%; 3.83%; 10.96%; 3.53% which can be used to predict BOD, COD, Nitrate and TDS values. While the mathematical model for phosphate with a tolerance of 53.08% is not feasible to use for a value predictor because % tolerance is still above 20%. Factors that reduce the accuracy of the mathematical model in the Biofilter and Constructed Wetland systems with *Canna sp* plants such as lack of control of the microbial population, the number of leaves in plants (photosynthesis). Variations in media size, media ratio, and plant biomass have the possibility to increase the accuracy of the data.*

**Keywords:** *Leachate, Biofilter, Wetland, Mathematical Modelling, HRT*

## **Pemodelan Matematika pada Pengolahan Limbah Air Lindi menggunakan Sistem Biofilter dan *Constructed Wetland* dengan Tanaman *Canna sp***

William Wijaya

Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana

### **ABSTRAK**

Pada pengolahan limbah air lindi sering ditemukan masalah dalam pengolahan limbah air lindi seperti sistem pengolahan yang *collaps*, keluaran yang masih belum masuk dalam baku mutu, maupun kondisi *inlet* yang kerap fluktuatif. Penelitian skala laboratorium yang pernah dilakukan seringkali menemui masalah ketika percobaan yang dilakukan masih belum memuaskan, di mana dalam pengolahan limbah keluaran dari proses pengolahan limbah belum masuk dalam baku mutu, dan suatu sistem yang dibangun belum optimal sehingga sulit untuk diimplementasikan ke lapangan dan titik-titik perbaikan sistem sulit untuk diidentifikasi. Diperlukan analisis untuk memperbaiki dan mempercepat proses penelitian sehingga data yang didapatkan lebih rasional dan lebih akurat. Oleh karena itu dibutuhkan model matematika alternatif untuk memprediksi, menginterpretasi, mengoptimasi dalam suatu proses biologi. Secara garis besar sistem yang akan digunakan yaitu Biofilter Anaerob dan *Wetland Subsurface Flow System* dengan tanaman *Canna sp*. Model matematika deterministik dibangun dalam penelitian ini dengan maksud bahwa keseluruhan proses di alam dideskripsikan, diidentifikasi, dengan sistem yang dibangun. Dalam penelitian ini dilakukan analisis parameter BOD, COD, Nitrat, Fosfat, dan TDS menggunakan analisis *mathematical modelling* dengan persamaan diferensial biasa terkhusus regresi linier yang dapat digunakan untuk prediksi, interpretasi, dan evaluasi proses pengolahan limbah dengan sistem biofilter dan *constructed wetland*. Dari hasil analisis yang dilakukan, didapatkan model matematika dengan persen toleransi berturut-turut 14,99%; 3,83%; 10,96%; 3,53% yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai BOD, COD, Nitrat, dan TDS, sedangkan model matematika untuk fosfat dengan % toleransi 53,08% tidak layak digunakan untuk alat prediksi nilai dikarenakan % toleransi masih di atas 20%. Faktor-faktor yang dapat menurunkan tingkat keakuratan dari model matematika pada sistem Biofilter dan *Constructed Wetland* dengan tanaman *Canna sp* seperti kurangnya kontrol terhadap populasi mikrobial, jumlah daun pada tanaman (fotosintesis). Variasi ukuran media, rasio media, dan biomassa tanaman memiliki kemungkinan untuk meningkatkan akurasi dari data.

**Kata kunci :** *Lindi, Biofilter, Wetland, Model Matematika, HRT*

## Mathematical Modelling of Leachate Wastewater Treatment using Biofilter and Constructed Wetland System with *Canna sp*

William Wijaya

Field of Study: Biology, Faculty: Biotechnology, Duta Wacana Christian University

### ABSTRACT

*In leachate wastewater treatment, problems are often found such as collapsed systems, outputs that are still not met the quality standard, as well as fluctuating inlet conditions. Laboratory-scale research that has been done often encounters problems when the experiments are still unsatisfactory, where in the processing of the waste has not met the quality standard, and a system that is built is not optimal. The implementation is difficult in the field and the problems are difficult to identify. Analysis is needed to improve and speed up the research process so that the data obtained is more rational and more accurate. Therefore, an alternative mathematical model is needed to predict, interpret, and optimize a biological process. The systems to be used in this study are Anaerobic Biofilter and Subsurface Flow System Wetland with *Canna sp*. The deterministic mathematical model was built in this study with the intention that the whole process in nature was described, identified, with the system built. The parameters BOD, COD, Nitrate, Phosphate, and TDS were analysed using mathematical modeling analysis with ordinary differential equations in particular linear regression that can be used for prediction, interpretation, and evaluation of waste treatment processes with biofilter systems and constructed wetland. From the results of the analysis, we obtained a mathematical model with a percent tolerance of 14.99%; 3.83%; 10.96%; 3.53% which can be used to predict BOD, COD, Nitrate and TDS values. While the mathematical model for phosphate with a tolerance of 53.08% is not feasible to use for a value predictor because % tolerance is still above 20%. Factors that reduce the accuracy of the mathematical model in the Biofilter and Constructed Wetland systems with *Canna sp* plants such as lack of control of the microbial population, the number of leaves in plants (photosynthesis). Variations in media size, media ratio, and plant biomass have the possibility to increase the accuracy of the data.*

**Keywords:** *Leachate, Biofilter, Wetland, Mathematical Modelling, HRT*



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

TPST/Tempat Pembuangan Sampah Terpadu memiliki keluaran limbah air lindi yang kerap mencemari lingkungan utamanya pencemaran air tanah. Dengan karakteristiknya yang tinggi akan bahan organik dan anorganik, seringkali ditemukan masalah dalam pengolahan limbah air lindi seperti sistem pengolahan yang *collaps*, keluaran yang masih belum masuk dalam baku mutu, maupun kondisi *inlet* yang kerap fluktuatif. Disamping itu peraturan dalam pembuangan air limbah ke badan air menjadi semakin ketat yang artinya TPST harus mampu untuk meningkatkan kapasitas yang bisa meningkatkan beban operasional. Diperlukan sistem pengolahan limbah yang murah, efisien, serta mudah sehingga dapat mengurangi masalah yang terjadi di TPST.

Penelitian skala laboratorium yang pernah dilakukan seringkali menemui masalah ketika percobaan yang dilakukan masih belum memuaskan, di mana dalam pengolahan limbah keluaran dari proses pengolahan limbah belum masuk dalam baku mutu. Penelitian harus kembali diulangi dari proses awal yang tentunya memakan waktu, biaya, dan tenaga yang tentunya tidak efisien. Penelitian skala laboratorium umumnya juga sering menemui kesulitan ketika suatu sistem yang dibangun belum optimal sehingga sulit untuk diimplementasikan ke lapangan dan titik-titik perbaikan sistem sulit untuk diidentifikasi.

Oleh karena itu diperlukan analisis untuk memperbaiki dan mempercepat proses penelitian sehingga data yang didapatkan lebih rasional dan lebih akurat. Hal ini sudah didukung oleh perkembangan riset pada bioteknologi, yaitu dengan *tools regresi linier, mathematical modelling, dan rancangan blok*. Metode analisis ini adalah metode alternatif untuk memprediksi, mengintrepertasi, maupun mengoptimasi dalam suatu proses biologi, maupun produk kimiawi suatu substrat. Aplikasi dari *tools* pada komputer memungkinkan simulasi dari proses biologi yang kompleks untuk menguji hipotesis maupun saran untuk eksperimen. Proses diawali dengan melakukan analisis regresi linier hasil penelitian di laboratorium, sehingga didapatkan gradien dari suatu persamaan regresi linier data. Koefisien dari persamaan regresi linier ini kemudian digunakan pada persamaan diferensial biasa ordo 1 yang menjadi *mathematical modelling*. *Mathematical modelling* dibantu dengan operasi matematik, yaitu dengan metode variabel terpisah atas *independent variable* dan *dependent variable* dan asumsi (Motta & Pappalardo, 2012).

Dalam suatu pengolahan limbah terkhusus air lindi seringkali ditemui limbah dalam kondisi fluktuatif namun kondisi keluaran harus dalam suatu standar tertentu. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil keluaran tetap masuk ke dalam standar adalah dengan penetapan HRT (*Hydraulic Retention Time*) atau waktu tinggal limbah dalam suatu sistem. Model matematika deterministik dibangun dalam penelitian ini dengan maksud bahwa keseluruhan proses di alam dideskripsikan, diidentifikasi, dengan sistem yang dibangun. Model matematika deterministik dapat memformulasi sistem dalam waktu yang kontinu walaupun sebuah proses dinamik seperti waktu tinggal, yang dijelaskan dalam bentuk persamaan diferensial. Persamaan diferensial ini mewakili matematika model dikarenakan jumlah parameter yang banyak, seringkali mustahil untuk mengestimasi setiap parameter pengukuran satu per satu. Dalam penelitian ini akan digunakan persamaan diferensial biasa, persamaan regresi ordo 1 dan dapat direkomendasikan *tools mathematical modelling* untuk menentukan HRT yang optimal untuk penurunan parameter BOD dan parameter lainnya seperti COD, Fosfat, dan TDS. Diidentifikasi pula faktor

faktor yang dapat menurunkan keakuratan dari hasil pemodelan yang kemudian diberikan kepada peneliti selanjutnya agar pemodelan ini dapat menjadi lebih akurat dan dapat direkomendasikan kepada TPST.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang yang diuraikan di atas, maka rumusan masalah yang dibahas dalam program ini adalah sebagai berikut

- a. Apakah model matematika yang dirancang dapat digunakan sebagai alternatif alat untuk prediksi BOD, COD, Nitrat, Fosfat, dan TDS dalam sistem biofilter dan *constructed wetland* dengan tanaman *Canna sp*?
- b. Faktor-faktor yang dapat menurunkan tingkat keakuratan dari model matematika yang didapatkan dari pemodelan?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

- a. Menawarkan *tools* model matematik khususnya persamaan diferensial biasa untuk prediksi BOD, COD, Nitrat, Fosfat, dan TDS pada sistem biofilter dan *constructed wetland* dengan tanaman *Canna sp*.
- b. Mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menurunkan tingkat keakuratan dari model matematika yang didapatkan.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

*Tools mathematical modelling* dari hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi, pedoman dan pertimbangan pihak pemerintah terkhususnya TPST dalam perbaikan sistem pengolahan limbah setempat.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

1. Model matematika dengan persen toleransi berturut-turut 14,99%; 3,83%; 10,96%; 3,53% dapat digunakan untuk memprediksi nilai BOD, COD, Nitrat, dan TDS. Sedangkan model matematika untuk fosfat dengan % toleransi 53,08% tidak layak digunakan untuk alat prediksi nilai dikarenakan % toleransi masih di atas 20%.
2. Faktor-faktor yang dapat menurunkan tingkat keakuratan dari model matematika pada sistem *Biofilter* dan *Constructed Wetland* dengan tanaman *Canna* sp seperti kurangnya kontrol terhadap populasi mikrobia, jumlah daun pada tanaman (fotosintesis). Variasi ukuran media, rasio media, dan biomassa tanaman memiliki kemungkinan untuk meningkatkan akurasi dari data.

#### 5.2. Saran

1. Penambahan perlakuan untuk mengetahui berapa perbandingan HRT antara reaktor biofilter anaerob maupun constructed wetland untuk menurunkan parameter baik BOD, COD, Nitrat, Fosfat maupun TDS sekaligus.
2. Peningkatan waktu aklimatisasi dan penggunaan selain air sawah
3. Perlakuan *pre-treatment* untuk menaikkan rasio BOD/COD
4. Penggunaan *tool* persamaan diferensial parsial digunakan untuk melihat pengaruh beberapa parameter. Parameter yang digunakan tidak hanya waktu (t), melainkan parameter lainnya seperti populasi mikrobia, jumlah daun pada tanaman (fotosintesis), ukuran media, rasio media, dan biomassa tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Analisa, J., Banjarmasin, K., Oktiyani, N., Poltekkes, K., Puspita, E. I., Thuraidah, A. 2016. Pengaruh Genjer ( *Limnocharis Flava* ) Terhadap Penurunan Biological Oxygen Demand (Bod) Limbah Industri Karet, 2(1), 6–10.
- Burgess, D.N and Borrie M.S. 1982. Mathematics And its Applications. ISBN 0-85312-286- 5. Modelling with Differential Equations. England: Ellis Horwood Limited
- Edwin, J. Purcell, Ridgon. 2003. Kalkulus. Erlangga : Jakarta
- Fajariyah, C., Literatur, A. P., & Lindi, A. K. 2017. Kajian Literatur Pengolahan Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah dengan Teknik Lahan Basah menggunakan Tumbuhan Air, 6(2).
- France, J., Dijkstra, J., & Dhanoa, M. 1996. Growth functions and their application in animal science. *Annales de Zootechnie*, 45(Suppl. 1), 165–174. <https://doi.org/10.1051/animres:19960637>
- Gardner, F.P., R.B. Pearce dan R.L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Penerjemah: Susilo, H.. Yogyakarta: Universitas Indonesia Press.
- Hakim, B.A. 2016. Studi Awal Potensi Limbah Cair Sampah Sebagai Sumber Energi Alternatif Biogas Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), (January). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2207.3364>
- Herlambang, Idaman, Nusa S. 2002. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. BBPT. Jakarta.
- Hermawati, E., Wiryanto, & Solichatun. (2005). Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu ( *Pistia stratiotes L.* ) dan Genjer ( *Limnocharis flava L.* ). *BioSMART*, 7(1980), 115–124.
- Hidri S., Ja'faruddin & Side S. 2015. Penyelesaian Persamaan Lotka-Volterra Dengan Metode Transformasi Diferensial Syafruddin Side,. *Jurnal MSA*.
- Josina. 2012. *Jurnal Ekotrofik Pertumbuhan Tanaman Bunga Kana (Canna indica L) Dalam Menyerap Limbah Deterjen Pada Berbagai Jenis Tanah*. FP. Flores
- Kaufman, P. B., J. L., A. P., & N. S. G. 1975. *Laboratory Experiment in Plant Physiology*. New York: Macmillan Publishing Corporation
- Kusuma, R.T. 2005. Studi Penurunan Kandungan COD Dan BOD5 Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Tanaman Kana ( *Canna sp.* ) Dalam Sistem *Sub-Surface Flow Constructed Wetland* (Studi Kasus Gedung Teknik Lingkungan ITS Surabaya). Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Madigan, Michael T., David, P., Clarck, David S., John, M. Martinko. 2011. *Brock Microbiology of microorganisms*. San Francisco: Benjamin Cummings publishing.
- Maramis, A. 2008. Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA, Alumni Program Pasca Sarjana Magister Biologi Terapan, Universitas Satya Wacana, Salatiga.
- Motta, S., Pappalardo, F., 2012. Mathematical modeling of biological systems. *Briefings in Bioinformatics*, 14(4) : 411–422.
- Nam, C. M. 2011. Removal Efficiency And Kinetic Study Of Bod And Cod Using Aerobic And Anaerobic Digestion. Faculty of Engineering and Science Universiti Tunku Abdul Rahman
- Noor, A.M., Shiam L. C., Hong F. W., Soetardjo S., dan Khalil H. P. S. A. 2010. “Application of Vegetated Constructed Wetland with Different Filter Media for Removal of Ammoniacal

- Nitrogen and Total Phosphorus in Landfill Leachate,” *Int. J. Chem. Eng. Appl.*, vol. 1, no. 3, pp. 270–275, 2010.
- Priyanti, Etyun Yunita. 2013. Uji Kemampuan Daya Serap Tumbuhan Genjer (*Limnocharis flava*) Terhadap Logam Berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. 283-289
- Ranade, V. V., & Bhandari, V. M. 2014. *Industrial Wastewater Treatment , Recycling , and Reuse Industrial*.
- Rizka. 2005. “Studi Penurunan kandungan COD dan BOD Air Limbah Domestik dengan Menggunakan tanaman Kana (*Canna Sp*) dalam Sistem *Sub-Surface Flow Constructed Wetland*. Jurusan Teknik Lingkungan ITS, Surabaya
- Rybicki, S. 1997. *Phosphorus Removal From Wastewater - A Literature Review*. Division of Water Resources Engineering.
- Samudro G. dan Mangkoedihardjo S. 2010. “Review nn BOD, COD and BOD/COD Ratio: a Triangle Zone for Toxic, Biodegradable and Stable Levels,” *Int. J. Acad. Res.*, vol. 2, no. 4, pp. 235–239.
- Sunarsih, Purwanto, Budi, W.S. 2015. *Modeling Of Domestic Wastewater Treatment Facultative Stabilization Ponds*. 4: 689-698
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Cetakan Pertama. UI Press, Jakarta.
- Suswati, A. C. S. P., & Wibisono, G. 2013. Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). *Indonesian Green Technology Journal*, 2(2), 70–77.
- Titriesmi dan Nida Sopiah. 2006. *Teknologi Biofilter Untuk Pengolahan Limbah Amonia*,. Balai Teknologi Lingkungan – BPPT. Vol 7 No.2 hal : 173-179. ISSN 1441-318X. Jakarta
- Vymazal, J. 2002. *The Use of Sub-surface Constructed Wetland for Wastewater treatment in The Czech Republic : 10 Years experience*. *Ecological Engineering*, 18 (5). ‘
- Weber-Scannell, P. K., & Duffy, L. K. 2007. Effects of total dissolved solids on aquatic organisms: A review of literature and recommendation for salmonid species. *American Journal of Environmental Sciences*, 3(1), 1–6. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2007.1.6>
- Yalcuk, A., dan Ugurlu A. 2009. “Comparison of Horizontal and Vertical Constructed Wetland System for Landfill Leachate Treatment,” *Bioresour. Technol.*, vol. 100, pp. 2521–2526, 2009.