

**Pemodelan Matematika untuk Karakteristik BOD dan  
COD Air Lindi pada Reaktor Aerasi dengan  
Variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT)**

Skripsi

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



**Edo Fransiskus Aritonang  
31130038**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
Yogyakarta  
2017**

## Lembar Pengesahan

Skripsi dengan judul:

PEMODELAN MATEMATIKA UNTUK KARAKTERISTIK BOD DAN  
COD AIR LINDI PADA REAKTOR AERASI DENGAN  
VARIASI *HYDRAULIC RETENTION TIME* (HRT)

telah diajukan dan dipertahankan oleh:

**EDO FRANSISKUS ARITONANG**

**31130038**

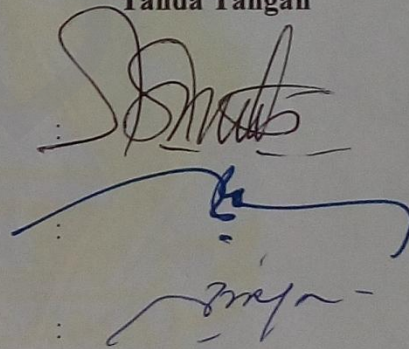
dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana

dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains pada tanggal 30 Oktober 2017

### Nama Dosen

1. Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, SU  
(Ketua Tim Penguji)
2. Suhardi Djojoatmodjo, Ir, M.Si  
(Dosen Pembimbing I / Dosen Penguji)
3. Dra. Haryati B. Sutanto, M.Sc  
(Dosen Pembimbing II / Dosen Penguji)

### Tanda Tangan



Yogyakarta, 30 Oktober 2017

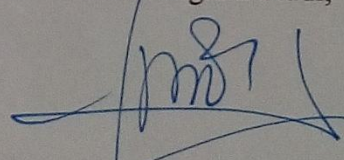
Disahkan Oleh:

Dekan,



(Drs. Kisworo, M.Sc.)

Ketua Program Studi,



(Dra. Aniek Prasetyaningsi, M.Si)

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : EDO FRANSISKUS ARITONANG

NIM : 311300038

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**"Pemodelan Matematika untuk Karakteristik BOD dan COD Air Lindi pada Reaktor Acrasi dengan Variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT)"**

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 bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 01 November 2017



Edo Fransiskus Aritonang

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yesus Kristus, atas segala berkat, kasih yang tidak pernah berkesudahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul” Pemodelan Matematika Untuk Karakteristik BOD dan COD Air Lindi Pada Reaktor Aerasi Dengan Variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT)”, 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. Drs. Kisworo, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.
2. Suhardi Djojoatmodjo, Ir, M.Si, selaku Dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis sejak awal usulan judul sampai selesainya penelitian.
3. Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc, selaku Dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis sejak awal usulan judul sampai selesainya penelitian.
4. Dr. Dhira Satwika, M.Sc, selaku Dosen Wali penulis yang selalu memberikan arahan dan motivasi sejak awal penulis menempuh studi di UKDW
5. Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, SU, yang bersedia menjadi penguji.
6. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Bioteknologi untuk bantuan dan motivasi selama ini.
7. Para laboran dan staf di laboratorium Bioteknologi, terimakasih atas waktu dan bantuan selama penelitian di laboratorium.
8. Kedua orang tua tercinta Jamian Aritonang dan Ramliana Lumbanbatu beserta saudara/i yang senantiasa memberikan doa, semangat dan nasihat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat selesai.
9. Sahabat-sahabatku terkasih: Anderson, Gabriela, Rio, Wulan, Talita, Sasa, Elsay, Teoderikus, dan teman seperjuangan di Fakultas Bioteknologi angkatan 2013, serta sahabat lain yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang selalu memberi semangat, bantuan, saran dan sebagainya dalam proses penelitian dan penulisan.

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.

Yogyakarta, 30 Oktober 2017

Penulis

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN .....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR LAMPIRAN .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan .....	2
D. Manfaat .....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	3
A. Gambaran Umum TPST Piyungan .....	3
B. Pengertian Air Lindi ( <i>Leachate</i> ) .....	3
C. Karakteristik Air Lindi TPST Piyungan .....	4
D. Kolam Aerasi .....	5
E. <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) .....	5
F. <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) .....	6
G. <i>Hidraulic Retention Time</i> (HRT) .....	6
H. Pemodelan Matematika .....	7
I. Regresi Linier Sederhana .....	7
J. Persamaan Diferensial Biasa .....	8
BAB III METODE PENELITIAN .....	10
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	10
B. Parameter yang diukur .....	10
C. Alat dan Bahan .....	10
D. Cara Kerja .....	11
1. Tahap Pembuatan Reaktor .....	11
2. Tahap Aklimatisasi .....	12
3. Pengukuran Parameter Terukur .....	12
E. Analisis Data .....	13

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	16
A. Hasil .....	16
B. Pembahasan .....	18
4.1. Uji Laboratorium .....	18
1. BOD ( <i>Biological Oxygen Demand</i> ) .....	18
2. COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) .....	19
4.2. Laju Pertumbuhan dan Peluruhan .....	21
1. BOD ( <i>Biological Oxygen Demand</i> ) .....	21
2. COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) .....	24
4.3. Penyusunan Model .....	26
1. Pemodelan Konsentrasi BOD .....	27
2. Pemodelan Konsentrasi COD .....	30
4.4. Perbandingan Konsentrasi Hasil Model dengan Observasi Serta Persen Toleransi .....	32
BAB V PENUTUP .....	39
A. Kesimpulan .....	39
B. Saran .....	39
DAFTAR PUSTAKA .....	40
LAMPIRAN .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Trendline BOD model pada bak inlet, reaktor 1, reaktor 2, dan reaktor 3 .....	42
Lampiran 2: Trendline COD model pada bak inlet, reaktor 1, reaktor 2, dan reaktor 3 .....	44
Lampiran 3: Tabel pengukuran semua parameter .....	46
Lampiran 4 : Hasil Analisis ANOVA untuk Parameter BOD.....	47
Lampiran 5 : Hasil Analisis ANOVA untuk Parameter COD.....	48
Lampiran 6 : Penyelesaian Model Matematika dengan Metode <i>Finite Diference</i> .....	49
Lampiran 7 : Contoh Penyelesaian dengan Formulasi Model Matematika .....	50
Lampiran 8 : Glosarium .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil Pengujian Limbah Cair (Inlet dan Outlet) di TPA Piyungan Bulan November 2008 .....	4
Tabel 4.1. Rerata hasil pengukuran dan efisiensi penurunan parameter terukur pada reaktor 1 (HRT 2 hari) .....	16
Tabel 4.2. Rerata hasil pengukuran dan efisiensi penurunan parameter terukur pada reaktor 2 (HRT 3 hari) .....	16
Tabel 4.3. Rerata hasil pengukuran dan efisiensi penurunan parameter terukur pada reaktor 3 (HRT 4 hari) .....	16
Tabel 4.4. Hasil pengukuran konsentrasi BOD dalam skala “ln” pada inlet dan outlet dengan variasi HRT 2 hari, 3 hari, dan 4 hari .....	17
Tabel 4.5. Hasil pengukuran konsentrasi COD dalam skala “ln” pada inlet dan outlet dengan variasi HRT 2 hari, 3 hari, dan 4 hari .....	17
Tabel 4.6a. Persamaan garis regresi dan nilai konstanta determinasi ( $R^2$ ) untuk parameter BOD berdasarkan waktu pengamatan dengan interval waktu 4 jam .....	23
Tabel 4.6b. Persamaan garis regresi dan nilai konstanta determinasi ( $R^2$ ) untuk parameter COD berdasarkan waktu pengamatan dengan interval waktu 4 jam .....	25
Tabel 4.7. Konsentrasi BOD Terhadap Perubahan Waktu (Interval 4 jam) .....	28
Tabel 4.8. Konsentrasi COD Terhadap Perubahan Waktu (Interval 4 jam) .....	31
Tabel 4.9a. Persentase Perbedaan Konsentrasi BOD antara Model dan Observasi .....	33
Tabel 4.9b. Persentase Perbedaan Konsentrasi COD antara Model dan Observasi .....	36



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Pemodelan Matematika .....	7
Gambar 3.1. Desain Reaktor.....	11
Gambar 4.1. Hubungan penurunan konsentrasi BOD terhadap variasi waktu tinggal .....	18
Gambar 4.2. Hubungan penurunan konsentrasi COD terhadap variasi waktu tinggal .....	20
Gambar 4.3. Diagram pencar untuk parameter BOD pada (a) bak inlet, (b) bak reaktor 1, (c) bak reaktor 2, dan (d) bak reaktor 3 .....	21
Gambar 4.4. Diagram pencar untuk parameter COD pada (a) bak inlet, (b) bak reaktor 1, (c) bak reaktor 2, dan (d) bak reaktor 3 .....	24

©UKDW

# “Pemodelan Matematika Untuk Karakteristik BOD dan COD Air Lindi Pada Reaktor Aerasi Dengan Variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT)”

EDO FRANSISKUS ARITONANG<sup>1)\*</sup>

<sup>1</sup> *Fakultas Bioteknologi; Universitas Kristen Duta Wacana. Jl Dr Wahidin Sudirohusodo 5-25 Yogyakarta.*

*\*fransiskusarios@gmail.com*

## ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk menentukan waktu optimal penurunan BOD dan COD pada reaktor aerasi dengan berbagai variasi waktu tinggal (HRT), perancangan model matematika untuk parameter BOD dan COD air lindi dirumuskan secara diferensial, penentuan variabel bebas, variabel terikat, dan perbandingan persen toleransi dalam menjamin validitas dan konsistensi model yang digunakan. Tahap aklimatisasi, pada reaktor diisi penuh dengan menggunakan air parit lindi selama 2 minggu, kemudian dialirkan limbah air lindi yang diperoleh dari TPST Piyungan dengan variasi HRT yang telah ditentukan selama satu bulan. Sampling dilakukan sebanyak 3 kali pada rentang waktu 4 jam (09.00 – 21.00). Setelah sistem berjalan selama 2 bulan terlihat perbedaan HRT pada reaktor aerasi berpengaruh terhadap penurunan BOD dan COD. HRT 4 hari merupakan yang paling efektif untuk mengolah limbah air lindi dengan efisiensi penurunan nilai BOD dan COD berturut-turut 58.58 % dan 58.95 %. Proses pembuatan model matematika untuk BOD dan COD berbasis pada persamaan:  $\frac{dy}{dx} = ky$  (*Growth and Deca Equation*) yang diselesaikan dengan PDB, dimana nilai  $dx$  adalah variabel yang ditentukan (interval waktu 4 jam), dan  $k$  merupakan koefisien laju degradasi yang diperoleh dari pendekatan analisis regresi. Persen toleransi diketahui dengan membagikan data hasil observasi dan data hasil model. Perbandingan konsentrasi BOD data observasi dan BOD model pada reaktor HRT 2 hari, HRT 3 hari, dan HRT 4 hari berturut-turut 9.16 %, 8.41 %, dan 19.25 %. Persen toleransi dari untuk BOD < 20 % sehingga model matematika untuk pemodelan BOD valid dan konsisten, sedangkan persen toleransi COD observasi dan COD model pada reaktor HRT 2 hari, dan 4 hari berturut-turut sebesar 20.48 % dan 32.48 % (> 20 %) sehingga model yang digunakan belum memenuhi syarat, sedangkan perbandingan persen toleransi COD observasi dan COD model pada reaktor dengan HRT 3 hari sebesar 16.28 % (< 20 %), sehingga model yang digunakan valid dan konsisten.

*Kata kunci : Air Lindi, BOD, COD, Aerasi, PDB, Pemodelan Matematika.*

# “Mathematical Modelling for BOD and COD Characteristic of Leachate in Aeration Reactors with Variation of Hydraulic Retention Time (HRT)”

EDO FRANSISKUS ARITONANG<sup>1)\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Biotechnology; Duta Wacana Christian University. Dr Wahidin Sudirohusodo Street,5-25 Yogyakarta. \*fransiskusarios@gmail.com

## ABSTRACT

The aim of this research is known the optimal time of BOD and COD decreasing with variations of HRT in aeration reactors, Mathematical modeling of BOD and COD for leachate was done by differential method, independent variable, dependent variable, and percent tolerance comparing to ensure the validity and the consistency of the model. In acclimatization, reactor was full filled by leachate drain for 2 weeks. After that, collected leachate from TPST Piyungan was poured and flowed into the reactor for 1 month with different HRT. Sampling was done 3 times each 4 hours (09:00-21:00). BOD and COD decreasing was significant effected by Different HRT after 2 months on running. HRT 4 day is the most effective one for leachate with BOD and COD decreasing efficiency in a row of 58.58 % and 58.95 %. The basic of mathematical modeling for BOD and COD is  $\frac{dy}{dx} = ky$  (*Growth and Deca Equationy*) and solved by ODE, with dx as independent variable (interval time 4 hours), and "k" as degradation coefficient got from regression analysis method. Percent tolerance is gotten by dividing observation data with model data. The values of BOD observation and BOD model with HRT 2 day, HRT 3 day, and HRT 4 day in a row are 9.16 %, 8.41 %, and 19.25 %. The BOD percent tolerance is < 20%, it proved that the model is valid and consistent. For COD observation and COD model with HRT 2 day and HRT 4 day in a row of 20.48 % and 32.48 % (> 20 %) could not fulfill the condition yet. The values of COD observation and COD model with HRT 3 day is 16.28 % (< 20 %), it means that the model is insufient condition.

*Keywords: Leachate, BOD, COD, Aeration, ODE, Mathematical Modelling*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah sarana fisik untuk berlangsungnya upaya kegiatan pengelolaan dan pengolahan akhir sampah padat. Adanya tempat penimbunan sampah pada TPST Piyungan mengalami dekomposisi sampah organik yang akan menghasilkan gas-gas dan cairan yang disebut lindi. Lindi dari TPST merupakan bahan pencemar yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan mencemari lingkungan dan biota perairan, karena dalam lindi tersebut terdapat berbagai senyawa kimia organik maupun anorganik serta sejumlah mikroorganisme patogen (Arif, 1989 dalam Susanto dkk., 2004).

BOD dan COD merupakan parameter yang banyak digunakan untuk beban pencemaran organik pada lindi. Pada TPST yang masih beroperasi, BOD *leachate* (lindi) dapat mencapai antara 2.000 – 30.000 mg/l, COD antara 3.000 – 60.000 mg/l. Namun pada TPST yang telah beroperasi lebih dari 15 tahun, pada umumnya akan terjadi penurunan kandungan BOD, COD maupun TOC, bahkan pH dari *leachate* cenderung mendekati netral dan mempunyai kandungan karbon organik dan mineral yang relatif menurun (Tchobanoglous *et.al*, 1993).

Pengolahan air lindi yang dilakukan di Instalasi Pengolahan Lindi (IPL) Piyungan belum mencapai hasil yang optimal. Dari hasil uji laboratorium Akademi Kesehatan Lingkungan (Depkes Yogyakarta, 2001), dapat dilihat bahwa air lindi dari TPST Piyungan Yogyakarta setelah kolam pengolahan mengandung BOD = 1.032 mg/L dan COD = 1.351 mg/L, sedangkan Baku Mutu Lingkungan belum memenuhi standar (BML BOD = 150 mg/L dan BML COD = 300 mg/L). Apabila hal tersebut terjadi secara terus menerus, maka akan terjadi pencemaran sungai, air tanah, maupun air sumur.

Berdasarkan tingginya kandungan BOD dan COD pada kolam pengolahan air lindi di TPST Piyungan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu yang optimal untuk penurunan BOD dan COD pada reaktor aerasi dengan berbagai variasi waktu tinggal/ *Hidraulic Retention Time* (HRT) dengan analisis data dengan menggunakan perangkat lunak statistik, dan merancang model matematika untuk parameter BOD dan COD air lindi pada reaktor aerasi berdasarkan variasi *Hidraulic Retention Time* (HRT) yang dirumuskan melalui model-model persamaan diferensial biasa dengan berbagai asumsi, penentuan variabel bebas, variabel terikat, sampai

dengan pengambilan kesimpulan. Sehingga model matematika yang telah dirancang dapat digunakan sebagai alat teknologi untuk memprediksi laju perubahan BOD dan COD terhadap suatu fungsi waktu ( $t$ ).

#### **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh masing-masing variasi *Hidraulic Retention Time* (HRT) air lindi di dalam reaktor aerasi terhadap penurunan nilai COD dan BOD?
2. Bagaimana cara merancang model matematika berdasarkan parameter BOD dan COD pada reaktor aerasi terhadap *Hidraulic Retention Time* (HRT)?
3. Bagaimana cara validasi data yang diperoleh dari hasil penelitian sehingga dapat dipergunakan sebagai alat prediksi untuk menentukan laju perubahan BOD dan COD terhadap *Hidraulic Retention Time* (HRT)?

#### **C. Tujuan**

1. Mengetahui pengaruh berbagai variasi *Hidraulic Retention Time* (HRT) limbah di dalam reaktor aerasi terhadap penurunan BOD dan COD limbah lindi.
2. Mengetahui rancangan formulasi model matematika untuk parameter BOD dan COD pada *reaktor* aerasi berdasarkan variasi *Hidraulic Retention Time* (HRT) yang dirumuskan melalui model-model persamaan diferensial biasa.
3. Membandingkan konsentrasi BOD dan COD berdasarkan data observasi dengan penyelesaian model persamaan diferensial biasa untuk menjamin model matematika tersebut valid dan konsisten.

#### **D. Manfaat**

Sebagai alternatif untuk menentukan konsentrasi BOD dan COD berdasarkan model matematika.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang pemodelan matematika terhadap karakteristik BOD dan COD air lindi pada reaktor aerasi dengan variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. HRT 4 hari merupakan yang paling efektif pada reaktor aerasi untuk mengolah limbah air lindi dengan efisiensi penurunan nilai BOD dan COD berturut-turut sebesar 58,58 % dan 58,95 %.
2. Rancangan formulasi pemodelan matematika yang diperoleh yaitu:

	<b>BOD</b>	<b>COD</b>
<b>Inlet</b>	$\ln y = - 0,0133.t + 5,3642$	$\ln y = - 0,0399.t + 10,434$
<b>Reaktor 1</b>	$\ln y = 0,0479.t + 4,4864$	$\ln y = - 0,0355.t + 9,8106$
<b>Reaktor 2</b>	$\ln y = 0,0357.t + 4,4313$	$\ln y = - 0,0273.t + 9,5011$
<b>Reaktor 3</b>	$\ln y = - 0,0231.t + 4,2978$	$\ln y = - 0,0729.t + 9,6798$

3. Dari hasil perbandingan model matematika dengan hasil observasi berdasarkan % toleransi, pemodelan untuk parameter BOD di tiap perlakuan HRT dapat dinyatakan konsisten dan valid (< 20%). Untuk parameter COD hanya pemodelan yang menggunakan perlakuan HRT 2 hari yang dinyatakan konsisten dan valid.

#### B. Saran

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan proses validasi untuk menentukan apakah model tersebut dapat diaplikasikan pada kondisi sebenarnya di lapangan. Perlu diuji kembali nilai debit pada kolam aerasi di lapangan, koefisien laju peluruhan konsentrasi, serta penyelesaian dengan metode yang memiliki tingkat ketelitian yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfiandy, D. 2003. Pengelolaan Leachate Di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tompogunung, Kabupaten Semarang. Universitas Diponegoro Semarang.
- Baiduri, 2002. Persamaan Diferensial & Matematika Model. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Boyd, 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York.
- Burghess, D.N and Borrie M.S. 1982. Mathematics And its Applications. ISBN 0-85312-2865. *Modelling with Differential Equations*. England: Ellis Horwood Limited. Diakses pada Juni 2017.
- Claudia, N. 2004. *Calculus for Biology and Medicine*. New Jersey: Pearson Education
- Faiz Muhamad. 2010. Peluruhan Bahan Organik saat Musim Kemarau pada Bagian Payau dan Laut di Muara Sungai Cisadane Tangerang, Banten. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/62778>. Diakses pada September 2017.
- Gandhimati, R., Durai, N. J., Nidheesh, P. V., Ramesh, S. T., & Kanmani, S. 2013. *Use of Combined Coagulation-Adsorption Process As Pretreatment of Landfill Leachate*. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering 10(24):1-7.
- Gujarati, Damodar, 2003, Ekonometri Dasar. Terjemahan: Sumarno Zain, Jakarta: Erlangga.
- Hana M. I. 2011. Pemodelan Total Nitrogen pada Sungai Pesanggtahan Akibat Input Lindi TPA Cipayung Kota Depok Berupa Beban Impuls. (Skripsi). Depok: Program Studi Teknik Lingkungan Depok.
- Kaswinarni, F. 2007. Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu. (Tesis). Semarang: Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Kurnia, A. 2011. Model Numerik Perubahan Total Suspended Solid di Sungai Menggunakan Metode Runge Kutta Kasus Sungai Pesanggrahan. (Skripsi). Depok : Program Studi Teknik Lingkungan Depok.
- Machdar. 2008. Pengaruh Air Lindi Terhadap Pembuangan khir Sampah. Repository USU, [online]. <http://repository.usu.ac.id> [7 mei 2017]
- Manik, K. E. S., 2007, Pengelolaan Lingkungan Hidup, Ed., cet. 2., Jakarta: Djambatan.
- Pujiastuti, P. 2009. Perbandingan Efisiensi Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Secara Aerasi; Flokulasi, Biofilter Anaerob dan Biofilter Anaerob-aerob Ditinjau dari Parameter BOD dan COD. Biomedika. Vol, 2. No, 1. ISSN1979-35X.
- Purwanta, Jaka. 2013. Industrial Engineering Conference(IEC). ISBN 978-979-96854-5-2. Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup di IPAL Sewon Kabupaten Bantul Melalui Kajian Biaya Pemantauan dan Pengendalian Kualitas Air dan Lingkungan Sistem Jaringan

- Samorn, M., C.L. Sales, & S. Phunsiri. 2002. *Solid Waste Recycling, Disposal and Management in Bangkok*. J. Environ. Res. 28: 106 – 112
- Sugiharto. 1994. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Suhartini. 2008. Pencemaran Kadmium dan Timbal pada Air Sungai dan Sumur Warga oleh Limbah Industri Cat Yogyakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sunarsih, Purwanto, S. B. Wahyu. 2015. *Modeling of Domestic Wastewater Treatment Facultative Stabilization Ponds*. *International Journal of Technology*. 4:689-698. ISSN 2086-9614.
- Sunarto. 2003. *Peranan Dekomposisi dalam Proses Produksi Pada Ekosistem Laut*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Susanto, J. P., Ganefati, S. P., Muryani, S., & Istiqomah, H. 2004. Pengolahan Lindi (*Leachate*) Dari TPA dengan Sistem Koagulasi-Biofilter Anaerobic. *Tek Lingk P3TL-BPPT*, (2), 167–173.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., dan Vigil, S. 1993. *Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles And Management Issues*. New York: Mc Graw Hill International Editions.
- Widowati & Sutimin. 2007. *Buku Ajar Pemodelan Matematika*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wuryadi. 1981. *Kualitas Air Sumur Gali DIY Bagian Selatan dan Kemungkinan Pengaruh Lingkungan Pemukiman*. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor.