



TUGAS AKHIR - RE 184804

**ANALISIS DAMPAK PENCEMARAN LINGKUNGAN PADA
PROSES PENGOLAHAN LUMPUR TINJA IPLT KOTA BATU
DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)* DAN
*ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)***

FIRLIANDA IMANSYAH
0321154000007

DOSEN PEMBIMBING:
PROF. DR. IR. NIEKE KARNANINGROEM, M.SC.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**ANALISIS DAMPAK PENCEMARAN LINGKUNGAN PADA
PROSES PENGOLAHAN LUMPUR TINJA IPLT KOTA
BATU DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT*
(LCA) DAN *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP)**

FIRLIANDA IMANSYAH
0321154000007

DOSEN PEMBIMBING
PROF. DR. IR. NIEKE KARNANINGROEM, M.SC.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**ENVIRONMENTAL POLLUTION IMPACT ANALYSIS ON
FAECAL SLUDGE PROCESS IPLT KOTA BATU USING
LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) AND ANALYTIC
HIERARCHY PROCESS (AHP)**

**FIRLIANDA IMANSYAH
0321154000007**

**ADVISOR
PROF. DR. IR. NIEKE KARNANINGROEM, M.SC.**

**Departement of Environmental Engineering
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Pada Proses
Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu Dengan Metode
Life Cycle Assessment (LCA) Dan Analytic Hierarchy
Process (AHP)**

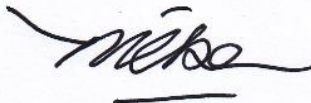
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

FIRLIANDA IMANSYAH
NRP. 0321154000007

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Dr. Ir. Nieke Karaningroem, M.Sc.
NIP. 19550128 198503 2 001



ANALISIS DAMPAK PENCEMARAN LINGKUNGAN PADA PROSES PENGOLAHAN LUMPUR TINJA IPLT KOTA BATU DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)* DAN *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)*

Nama : Firlianda Imansyah
NRP : 03211540000007
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

ABSTRAK

Pengolahan lumpur tinja di IPLT merupakan kegiatan pengolahan lanjutan dari lumpur tinja di tangki septik belum layak dibuang ke lingkungan karena masih mengandung beban organik yang tinggi. Pengolahan IPLT dilakukan secara fisik dan biologis untuk mendegradasi beban organik dan nutrisi pada lumpur tinja. Pengolahan IPLT selain membawa dampak positif namun juga membawa dampak negatif bagi lingkungan dari effluen yang dihasilkan dalam proses pengolahan lumpur tinja. IPLT Kota Batu menjadi objek dalam penelitian. Penelitian ini bertujuan menentukan dampak pencemaran lingkungan dari proses pengolahan lumpur tinja di IPLT Kota Batu dengan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)* dan menentukan alternatif dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan dengan Metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)*.

Life cycle assessment (LCA) digunakan untuk melakukan penilaian dampak lingkungan dengan metode *Impact 2002+*. Data setiap siklus proses pengolahan dianalisis dengan *software SimaPro 8.5.2*. LCA adalah metode untuk menganalisis dampak lingkungan dari suatu produk sepanjang siklus hidup. Tahapan LCA yaitu *goal* dan *scope*, *life cycle inventory (LCI)*, *life cycle impact assessment (LCIA)*, dan *interpretation data*. Kemudian dilakukan pemilihan alternatif dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan menggunakan Metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)*. AHP adalah menguraikan masalah yang kompleks menjadi suatu hasil yang representasi dalam suatu struktur multi level dengan aplikasi *expert choice*. Tahapan AHP yaitu *input goal*,

criteria, dan *alternative*; pembobotan dan skala prioritas; dan menghasilkan jawaban atau keputusan yang dianjurkan.

Hasil dari masing-masing proses pengolahan berbeda-beda. Dampak pencemaran lingkungan dari metode LCA pada proses pengolahan lumpur tinja adalah *global warming* sebesar 3.948,935 kg CO₂/tahun, *non renewable energy* sebesar 1.100.334,84 MJ, dan *aquatic eutrophication* sebesar 3.624,647 PDF-m².y. Setelah diketahui dampak pencemaran lingkungan dilakukan analisis alternatif. Analisis alternatif digunakan sebagai dasar dalam penentuan prioritas cara mengurangi dampak pencemaran dalam proses pengolahan lumpur tinja di IPLT Kota Batu. Alternatif terbaik guna mengurangi dampak pencemaran lingkungan dengan metode AHP adalah melakukan perawatan pengolahan secara terjadwal.

Kata Kunci: *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, dampak lingkungan, IPLT Kota Batu, *Life Cycle Assessment (LCA)*, lumpur tinja.

ENVIRONMENTAL POLLUTION IMPACT ANALYSIS ON FAECAL SLUDGE PROCESS IPLT KOTA BATU USING LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Name : Firlianda Imansyah
NRP : 0321154000007
Departement : Teknik Lingkungan
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

ABSTRACT

The processing of sludge in the IPLT is an advanced processing activity of sludge in septic tanks that is not feasible to be disposed of into the environment because it still contains high organic loads. IPLT processing is carried out physically and biologically to degrade organic and nutrient loads in fecal sludge. The processing of IPLT has a positive impact but also has a negative environmental impact from the effluent produced in the treatment process of sludge. IPLT *Kota Batu* became the object of research. This study aims to determine the impact of environmental pollution from the treatment process of sludge in the IPLT *Kota Batu* with the Life Cycle Assessment (LCA) Method and determine alternatives in reducing the impact of environmental pollution by the Analytic Hierarchy Process (AHP) Method.

Life cycle assessment (LCA) was used to conduct an environmental impact assessment with the Impact 2002+ method. Data for each cycle of the processing process was analyzed using SimaPro 8.5.2 software. LCA is a method for analyzing the environmental impact of a product throughout the life cycle. LCA stages are goals and scope, inventory life cycle (LCI), life cycle impact assessment (LCIA), and data interpretation. Then an alternative selection was made to reduce the impact of environmental pollution using the Analytic Hierarchy Process (AHP) Method. AHP is describing a complex problem into a result that is represented in a multi-level structure with the application of expert choice. AHP stages are input goals, criteria, and alternatives; weighting and priority scale; and produce the recommended answer or decision.

The results of each treatment process vary. The impact of environmental pollution from the LCA method on the treatment of sludge is global warming of 3,948,935 kg CO₂/year, non-renewable energy of 1,100,334.84 MJ, and aquatic eutrophication of 3,624,647 PDF-m².y. After knowing the impact of environmental pollution, an alternative analysis was carried out. An alternative analysis was used as the basis for determining the priority of ways to reduce the impact of pollution in the treatment process of sludge in the IPLT *Kota Batu*. The best alternative to reduce the impact of environmental pollution by the AHP method is to perform maintenance treatment on a scheduled basis.

Key Word: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), environmental impact, faecal sludge, IPLT Kota Batu, *Life Cycle Assessment* (LCA).

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr Wb

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu dengan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)* dan *Analytic Hierarchy Process (AHP)***”. Laporan ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan dari mata kuliah “Tugas Akhir (TA)” yang mempunyai bobot 6 sks dan harus ditempuh oleh setiap mahasiswa Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas bimbingan, saran dan kesabarannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D., Bapak Eddy Setiadi Soedjono, M.Sc., Ph.D., dan Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., selaku dosen pengarah,
3. Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc. selaku koordinator Tugas Akhir, terima kasih atas segala ilmu dan saran yang telah diberikan,
4. Bapak Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D. selaku kepala Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan,
5. Bapak Pungky, Ibu Wati, Mas Koi dan karyawan IPLT Kota Batu yang telah membantu, membimbing dan memfasilitasi penulis selama di IPLT,
6. Dr. Evy Hendriarianti, ST., MT. dan Dr. Hardianto, ST., MT. dosen Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah membantu saya dalam quisioner tugas akhir,

Penyusun mengucapkan terima kasih kepada orang tua dan adik yang sudah memberi dukungan baik secara moral dan materi. Penyusunan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal

mungkin, namun sebagaimana manusia, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.
Wassalamu'alaikum Wr Wb

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Ruang Lingkup	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Lumpur Tinja	5
2.2. Karakteristik Lumpur Tinja	5
2.3. IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur dan Tinja)	6
2.4. Unit Pengolahan pada Instalasi Pengolahan Lumpur dan Tinja	6
2.4.1. Unit <i>Solid Separation Chamber</i> (SSC)	8
2.4.2. Unit <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR)	9
2.4.3. Unit Kolam Fakultatif	10
2.4.4. Unit Kolam Maturasi	12
2.4.5. Unit Kolam Wetland	13
2.5. Parameter Kualitas Air	14
2.6. Dampak Pengolahan Lumpur Tinja Terhadap Lingkungan	17
2.6.1. <i>Global Warming</i>	17
2.6.2. <i>Aquatic Eutrophication</i>	18
2.6.3. <i>Non Renewable Energy</i>	19
2.7. LCA (<i>Life Cycle Assessment</i>)	20
2.7.1. Prinsip <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	20
2.7.2. Karakteristik dan Batasan <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	21
2.7.3. Ruang Lingkup dalam <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	22
2.8. Tahap-tahap dalam <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	22

2.8.1.	Penentuan Tujuan dan Batasan Penelitian	23
2.8.2.	Inventarisasi Data	23
2.8.3.	Perkiraan Dampak	23
2.8.4.	Interpretasi	24
2.9.	<i>Software</i> SimaPro 8.5.2	25
2.10.	Penggunaan Simapro 8.5.2	25
2.11.	Metode Pendekatan Midpoint dengan Impact 2002+	29
2.12.	AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>)	29
2.12.1.	Tahapan AHP	30
2.12.2.	<i>Expert Choice</i>	32
2.12.3.	Penggunaan <i>Expert Choice</i>	32
2.13.	Hubungan LCA dengan AHP	35
BAB III METODE PENELITIAN		37
3.1.	Wilayah Penelitian	37
3.2.	Deskripsi Umum	37
3.3.	Kerangka Penelitian	38
3.4.	Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	41
3.4.1.	Ide Penelitian	41
3.4.2.	Studi Literatur.....	42
3.4.3.	Penelitian Pendahuluan	42
3.4.4.	Pengumpulan Data	45
3.4.5.	Analisis Data dan Pembahasan.....	45
3.5.	Penginputan Data	46
3.5.1	<i>Goal and Scope</i>	46
3.5.2	<i>Life Cycle Inventory (LCI)</i>	46
3.5.3	<i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i>	47
3.5.4	Interpretasi Data	48
3.5.5	Penentuan Alternatif dengan Metode <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	48
3.5.6	Pemilihan Kriteria dalam Prosedur AHP.....	48
3.5.7	Penentuan Alternatif dalam Prosedur AHP	48
3.6	Kesimpulan dan Saran	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1.	Pengumpulan Data Sekunder dan Data Primer	51
4.1.1.	Pengumpulan Data Sekunder.....	51
4.1.2.	Pengumpulan Data Primer	51
4.2.	Pengolahan <i>Life Cycle Assessment</i> dengan <i>Software</i> SimaPro 8.5.....	66

4.3. Penentuan <i>Goal</i> dan <i>Scope</i>	67
4.4. Penentuan <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI)	69
4.4.1. <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) pada <i>Solid Separation Chamber</i>	70
4.4.2. <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) pada <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR)	72
4.4.3. <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) pada Kolam Fakultatif 1 .	74
4.4.4. <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) pada Kolam Fakultatif 2 .	75
4.4.5. <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) pada Kolam Maturasi 1 ..	77
4.4.6. <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) pada Kolam Maturasi 2 ..	79
4.4.7. Hasil <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) Keseluruhan.....	83
4.5. Penilaian Dampak atau <i>Life Cycle Impact Assessment</i> (LCIA)	84
4.6. Penilaian Dampak Keseluruhan Proses Pengolahan Lumpur Tinja.....	91
4.6.1. Analisis Karakterisasi/ <i>Characterization</i>	91
4.6.2. Analisis Normalisasi/ <i>Normalization</i>	100
4.6.3. Analisis Pembobotan/ <i>Weighting</i>	105
4.6.4. Analisis <i>Single Score</i>	107
4.7. Tahap Interpretasi Data (<i>Interpretation Data</i>)	108
4.7.1. Analisa <i>Hotspot</i> Proses dan <i>Hotspot</i> Dampak ..	108
4.7.2. Program Alternatif Perbaikan Proses Pengolahan Lumpur Tinja	109
4.8. Hubungan LCA dengan AHP	117
4.9. Penentuan Prioritas Alternatif Perbaikan	118
4.10. Pemilihan Alternatif Terbaik dengan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	119
4.11. Pemilihan Kriteria dalam Prosedur <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	120
4.12. Penyusunan Hirarki Alternatif	120
4.13. Alternatif Terbaik pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja..	121
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	131
5.1. Kesimpulan.....	131
5.2. Saran.....	131

DAFTAR PUSTAKA.....	133
LAMPIRAN	141
BIOGRAFI PENULIS	159

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Kegiatan Domestik Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup	14
Tabel 2.2 Baku Mutu Kegiatan Domestik Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur.....	14
Tabel 2.3 Kriteria Penilaian AHP.....	31
Tabel 4.1 Debit Pengolahan Lumpur Tinja.....	51
Tabel 4.2 Waktu Detensi Unit Pengolahan	52
Tabel 4.3 Hasil Analisis Laboratorium Lumpur Tinja (mg/L)	52
Tabel 4.4 Lanjutan Tabel 4.3 Hasil Analisis Laboratorium Lumpur Tinja	53
Tabel 4.5 Life Cycle Inventory pada Unit Solid Separation Chamber	71
Tabel 4.6 Life Cycle Inventory pada Unit Anaerobic Baffled Reactor (ABR)	73
Tabel 4.7 Life Cycle Inventory pada Unit Kolam Fakultatif 1	75
Tabel 4.8 Life Cycle Inventory pada Unit Kolam Fakultatif 2	76
Tabel 4.9 Life Cycle Inventory pada Unit Kolam Maturasi 1	78
Tabel 4.10 Life Cycle Inventory pada Unit Kolam Maturasi 2	80
Tabel 4.11 Impact Assessment Solid Separation Chamber.....	85
Tabel 4.12 Impact Assessment Anaerobic Baffled Reactor (ABR)	86
Tabel 4.13 Impact Assessment Kolam Fakultatif 1	87
Tabel 4.14 Impact Assessment Kolam Fakultatif 2	89
Tabel 4.15 Impact Assessment Kolam Maturasi 1	90
Tabel 4.16 Impact Assessment Kolam Maturasi 2	90
Tabel 4.17 Faktor Kerusakan Karakterisasi	95
Tabel 4.18 Hasil Characterization Dampak Lingkungan	98
Tabel 4.19 Faktor Normalisasi	100
Tabel 4.20 Hasil Normalisasi Dampak Lingkungan	104
Tabel 4.21 Hasil Pembobotan pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja	105
Tabel 4.22 Hasil analisis lumpur tinja IPLT Kota Batu pada tahun 2019.....	111
Tabel 4.23 Hasil analisis lumpur tinja IPLT Kota Batu pada Tahun 2017	111

Tabel 4.24 Perbandingan Dampak Lingkungan pada IPLT Kota Batu antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 1	113
Tabel 4.25 Perbandingan Dampak Lingkungan pada IPLT Kota Batu antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 2	114
Tabel 4.26 Perbandingan Dampak Lingkungan pada IPLT Kota Batu antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 3	116
Tabel 4.27 Alternatif Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan..	119
Tabel 4.28 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif.....	122
Tabel 4.29 Pembobotan Pemilihan Alternatif pada Kriteria Biaya Investasi dan Produksi.....	122
Tabel 4.30 Pembobotan Pemilihan Alternatif pada Kriteria Dampak Lingkungan	123
Tabel 4.31 Pembobotan Pemilihan Alternatif pada Kriteria Kemudahan Pelaksanaan	124
Tabel 4.32 perbandingan IPLT Kota Batu dan IPLT Keputih	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu	7
Gambar 2.2 Gambar SSC Pada IPLT Kota Batu	8
Gambar 2.3 Sketsa ABR dari tampak samping.....	10
Gambar 2.4 Unit ABR pada IPLT Kota Batu	10
Gambar 2.5 Skema Pengolahan Kolam Fakultatif	11
Gambar 2.6 Kolam Fakultatif pada IPLT Kota Batu	11
Gambar 2.7 Kolam Maturasi (Kolam Aerobik).....	12
Gambar 2.8 Kolam Maturasi pada IPLT Kota Batu	12
Gambar 2.9 Sketsa Kolam Wetland	13
Gambar 2.10 Kolam Wetland pada IPLT Kota Batu	14
Gambar 2.11 Ruang Lingkup pada LCA	22
Gambar 2.12 Tahapan Penyusunan LCA	23
Gambar 2.13 Penentuan Goal pada <i>Software</i> SimaPro (SimaPro Tutorial).....	26
Gambar 2.14 Penentuan Scope pada <i>Software</i> SimaPro (SimaPro Tutorial).....	26
Gambar 2.15 Data Inventory Process pada <i>Software</i> SimaPro (SimaPro Tutorial)	27
Gambar 2.16 Kriteria <i>Impact Assesment Characterisation</i> pada <i>Software</i> SimaPro (SimaPro Tutorial)	27
Gambar 2.17 Kriteria Impact Assesment Normalization pada <i>Software</i> SimaPro (SimaPro Tutorial)	28
Gambar 2.18 Kriteria Impact Assesment Weighting pada <i>Software</i> SimaPro (SimaPro Tutorial).....	28
Gambar 2.19 Kriteria Impact Assesment Single Score pada <i>Software</i> SimaPro (SimaPro Tutorial)	28
Gambar 2.20 Memasukkan <i>Goal</i> dan Kriteria (<i>Expert Choice</i> Tutorial).....	33
Gambar 2.21 Pembobotan Perhitungan Perbandingan Antar Kriteria (<i>Expert Choice</i> Tutorial)	33
Gambar 2.22 Memasukkan Skala Prioritas Perhitungan Antar Kriteria (<i>Expert Choice</i> Tutorial)	33
Gambar 2.23 Memasukkan Pembobotan Antar Alternatif (<i>Expert Choice</i> Tutorial)	34

Gambar 2.24 Sensitivity analysis pada Expert Choice (<i>Expert Choice Tutorial</i>)	34
Gambar 3.1 Lokasi IPLT Kota Batu yang Menjadi Wilayah Penelitian	37
Gambar 3.2 Kerangka Penelitian	41
Gambar 4.1 Debit Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu ...	64
Gambar 4.2 Mass Balance Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu	65
Gambar 4.3 Penentuan <i>Goal</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.5.2	67
Gambar 4.4 Penentuan <i>Scope</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.5.2....	69
Gambar 4.5 Material Balance pada Solid Separation Chamber .	70
Gambar 4.6 <i>Material Balance</i> pada ABR	72
Gambar 4.7 <i>Material Balance</i> pada Kolam Fakultatif 1	74
Gambar 4.8 <i>Material Balance</i> pada Unit Kolam Fakultatif 2	76
Gambar 4.9 <i>Material Balance</i> pada Unit Kolam Maturasi 1	77
Gambar 4.10 <i>Material Balance</i> pada Unit Kolam Maturasi 2	79
Gambar 4.11 Input Data SimaPro Unit Solid Separation Chamber	81
Gambar 4.12 Input Data SimaPro Anaerobic Baffled Reactor (ABR)	81
Gambar 4.13 Input Data SimaPro Kolam Fakultatif 1	81
Gambar 4.14 Input Data SimaPro Unit Kolam Fakultatif 2.....	82
Gambar 4.15 Input Data SimaPro Unit Kolam Maturasi 1.....	82
Gambar 4.16 Input Data SimaPro <i>Unit</i> Kolam Maturasi 2.....	82
Gambar 4.17 <i>Network</i> Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT ..	83
Gambar 4.18 <i>Network</i> Unit Solid Separation Chamber.....	85
Gambar 4.19 <i>Network</i> Unit Anaerobic Baffled Reactor (ABR)	86
Gambar 4.20 <i>Network</i> Unit Kolam Fakultatif 1	87
Gambar 4.21 <i>Network</i> Unit Kolam Fakultatif 2	88
Gambar 4.22 <i>Network Unit</i> Kolam Maturasi 1	89
Gambar 4.23 <i>Network Unit</i> Kolam Maturasi 2	91
Gambar 4.24 Diagram Characterization Impact Assessment IPLT Kota Batu	99
Gambar 4.25 Diagram Normalization Impact Assessment Proses Pengolahan Lumpur Tinja.....	104

Gambar 4.26 Diagram Weighting pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja.....	106
Gambar 4.27 Diagram <i>Single Score</i> pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja.....	107
Gambar 4.28 Diagram Skenario 1.....	114
Gambar 4.29 Diagram Skenario 2.....	115
Gambar 4.30 Diagram Skenario 3.....	117
Gambar 4.31 Hirarki Proses Pengolahan Lumpur Tinja	121
Gambar 4.32 Penentuan Kriteria Terpilih.....	126
Gambar 4.33 Penentuan Alternatif Terpilih	126
Gambar 4.34 Diagram Dynamic Kriteria dan Alternatif Proses Pengolahan Lumpur Tinja	127
Gambar 4.35 Diagram perbandingan dampak pada IPLT	129

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 GRAFIK VOLUME DAN SUMBER TINJA IPLT KOTA BATU	143
Grafik 1.1 Volume dan Sumber Tinja IPLT Kota Batu Bulan Januari 2019.....	143
LAMPIRAN 2 QUISSIONER	145
Tabel 2.1 Alternatif Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan	146
LAMPIRAN 3 HASIL QUISSIONER	151
Tabel 3.1 Contoh Pembacaan Hasil Quisioner	151
Tabel 3.2 Hasil Kuisisioner Perbandingan Antar Kriteria	151
Tabel 3.3 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Antar Kriteria Biaya.....	152
Tabel 3.4 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Antar Kriteria Dampak Lingkungan	152
Tabel 3.5 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Antar Kriteria Kemudahan Pelaksanaan	153
LAMPIRAN 4 GAMBAR HASIL PENGAMATAN.....	155
Gambar 4.1 Limbah Domestik dari truk tinja menuju Unit SSC	155
Gambar 4.2 Limbah Domestik pada unit SSC	155
Gambar 4.3 Pengambilan Sampel di unit ABR	155
LAMPIRAN 5 PROFIL HIDROLIS IPLT	157

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tercemarnya lingkungan akan menimbulkan berbagai macam penyakit, sehingga perlu perbaikan dalam sanitasi kota. Upaya menghindari permasalahan lain saat kapasitas tangki septik telah mencapai batas maksimum dilakukan pengurasan secara berkala. Tangki septik terdapat lumpur yang telah matang (stabil) akan mengendap di dasar tangki dan harus dikuras secara berkala setiap 2-5 tahun bergantung pada kondisi (Sudarmaji, 2013). Lumpur tinja yang telah matang dilakukan penyedotan oleh truk tinja kemudian dibawa ke IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja) untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. Lumpur tinja adalah hasil metabolisme tubuh yang mengandung BOD, COD, TSS, pH, N, P, dan *Escherichia coli*.

Permasalahan lingkungan terjadi karena lingkungan tidak dapat berfungsi semestinya. Secara tidak langsung, industri pengolahan limbah bertanggung jawab atas dampak lingkungan yang terjadi secara global seperti pelepasan langsung polutan kedalam air, tanah maupun udara (Bonton et al, 2012). Pada IPLT Kota Batu menggunakan unit SSC (*Solid Separation Chamber*) dan unit ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*) menggunakan prinsip pengolahan limbah secara fisik. Prinsip pengolahan limbah secara biologis adalah pemanfaatan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, *fungi*, dan *protozoa*. Unit kolam fakultatif, kolam maturasi, dan kolam wetland pada IPLT Kota Batu menggunakan pengolahan limbah secara biologis. Bahan organik dan nutrien yang terkandung dalam lumpur tinja akan didegradasi secara bertahap. Mikroorganisme mendegradasi bahan organik kompleks menjadi senyawa organik sederhana dan mengkonversikannya menjadi gas karbondioksida (CO₂), air (H₂O), dan massa bakteri sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan reproduksinya (Bitton, 2005).

Menurut Perwali Kota Batu No.15 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Lumpur Tinja bahwa IPLT Kota Batu dikelola oleh UPT PALD (Unit Pelaksana Teknis Pengolahan Air Limbah Domestik) dengan kondisi eksisting di IPLT Kota Batu tidak hanya mengolah lumpur tinja dari tangki septik, tetapi mengolah air

limbah domestik dari IPAL hotel, restoran, dan tempat wisata yang ada di Kota Batu..

Dengan kondisi yang diharapkan IPLT Kota Batu semakin memperhatikan aspek lingkungan dalam setiap kegiatannya dari kontribusi proses pengolahan dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Analisis kondisi tersebut dengan pendekatan atau metode yang diperlukan sehingga hasil dari metode atau pendekatan tersebut dapat mengetahui dampak yang diakibatkan oleh kegiatan pengolahan tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis proses menggunakan metode *life cycle assessment* (LCA) dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). *Life Cycle Analysis* (LCA) atau sering juga disebut *Life Cycle Assessment* merupakan sebuah metode berbasis *cradle to grave* (analisis keseluruhan siklus dari proses produksi hingga pengolahan limbah) yang digunakan untuk mengetahui jumlah energi, biaya, dan dampak lingkungan yang disebabkan oleh tahapan daur hidup produk dimulai dari saat pengambilan bahan baku sampai dengan produk itu selesai digunakan oleh konsumen (Harjanto, dkk, 2012). Penggunaan analisis tersebut menggunakan software SimaPro 8.5.2 sebagai perangkat untuk menganalisis penghematan energi dan pengurangan emisi gas rumah kaca, audit energi dan lingkungan global yang berfokus pada siklus hidup suatu produk, serta efisiensi penggunaan sumber daya berupa tanah, air, energi dan sumber daya alam lainnya.

Setelah mengetahui seluruh dampak yang dihasilkan pada serangkaian proses, dipilihlah satu proses yang menimbulkan dampak terbesar pada LCA. Dari kegiatan pemilihan proses ini nantinya akan dilakukan suatu alternatif pada satu proses tersebut untuk mengurangi dampak tersebut dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah tahap penilaian perbandingan, berpasangan antara faktor pada suatu tingkat hirarki untuk menentukan tingkat kepentingan kriteria (Saaty, 2008). Hal ini bertujuan untuk mengetahui penanganan apa saja yang dapat dilakukan untuk mereduksi dampak yang dihasilkan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana dampak pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA)?
2. Bagaimana alternatif dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari dampak proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP)?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan dampak pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).
2. Menentukan alternatif dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian adalah IPLT Kota Batu
2. Parameter kualitas lumpur tinja yang dianalisis yaitu BOD, COD, TSS, pH, Nitrat, dan Phospat.
3. Beban pengolahan yang digunakan adalah BOD, bCOD, Nitrogen, dan Phosphorus.
4. Pengambilan sampel effluen dilakukan pada unit pengolahan yaitu *Solid Separation Chamber* (SSC), Bak ABR (*Anaerobic Baffle Reactor*), Kolam Sedimentasi (Kolam Fakultatif), dan Kolam Maturasi.
5. Data yang digunakan berupa data primer yang berasal dari analisis pendahuluan, wawancara dan kuisisioner sedangkan data sekunder berupa dokumen yang ada di kantor IPLT
6. Menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan *software* SimaPro 8.5.2
7. Menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dengan *expert choice*.
8. Penentuan alternatif berdasarkan analisis dan saran dari narasumber yaitu pengelola IPLT Kota Batu.
9. Penelitian skala laboratorium dan skala lapangan

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai dampak pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari proses pengolahan lumpur tinja.
2. Memberikan solusi berupa alternatif terbaik dalam mencegah timbulnya dampak pencemaran lingkungan.
3. Sebagai bahan evaluasi pengelola IPLT dalam menganalisis aktivitas proses pengolahan lumpur tinja yang ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lumpur Tinja

Limbah tinja merupakan hasil buangan manusia yang akan terus bertambah jumlahnya seiring dengan pertumbuhan penduduk. Limbah tinja jika tidak diolah dengan baik dapat menjadi permasalahan lingkungan karena buangan tersebut merupakan beban dengan kadar organik dan toksisitas yang tinggi bagi lingkungan (Lestari dan Yudihanto, 2013).

Bila pada suatu waktu lumpur tinja pada tangki septik, cubluk tunggal, atau endapan lumpur dari underflow unit pengolahan air limbah lainnya sudah penuh maka harus dilakukan pembersihan dengan cara disedot dan diangkut menggunakan mobil atau truk tinja ke IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur dan Tinja) untuk disempurnakan prosesnya agar tidak merusak dan mencemari lingkungan (Direktorat PPLP, 2015).

2.2. Karakteristik Lumpur Tinja

Lumpur tinja memiliki karakteristik berbeda dengan limbah cair domestik rumah tangga yang disalurkan melalui perpipaan. Sebagai hasil penyedotan dari tangki septik, lumpur tinja bersifat lebih pekat dan memiliki konsentrasi lumpur yang sangat jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan limbah cair domestik yang disalurkan melalui perpipaan. Karena karakteristik yang berbeda, maka jenis pengolahan lumpur tinja tidak dapat mengadopsi seluruh jenis pengolahan yang dapat diterapkan untuk limbah cair domestik perpipaan. Karena kandungan lumpurnya yang sangat tinggi, maka diperlukan unit pemisahan lumpur dengan cairan sebagai tahap awal pengolahan.

Komponen yang harus disisihkan dalam pengolahan lumpur tinja adalah lumpur dan kandungan pencemar dalam bentuk koloid maupun terlarut yang terdapat dalam cairannya. Cairan harus dipisahkan dari lumpur agar dapat diolah pada unit proses biologis yang menurunkan kadar pencemar dalam bentuk terlarut. Selanjutnya lumpur dicerna/distabilkan untuk menuntaskan penguraian biologisnya.

Karakteristik lumpur tinja dari satu tangki berbeda dengan tangki lainnya. Hal ini tergantung dari beberapa faktor, diantaranya:

1. Sebagian dari limbah rumah tangga mengalir masuk ke tangki septik
2. Jumlah pengguna tangki septik
3. Frekuensi penyedotan lumpur tinja (Sony dkk, 2009)

2.3. IPLT (Instalasi Pengolahan Lumpur dan Tinja)

IPLT adalah instalasi pengolahan air limbah yang dirancang hanya menerima dan mengolah lumpur tinja yang diangkut melalui mobil (truk tinja) atau gerobak tinja. Lumpur tinja diambil dari unit pengolah limbah tinja seperti tangki septik dan cubluk tunggal ataupun endapan lumpur dari underflow unit pengolah air limbah lainnya. IPLT dirancang untuk mengolah lumpur tinja sehingga tidak membahayakan bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Lumpur akan diolah sehingga menjadi lumpur kering yang disebut dengan cake dan air olahan (effluent) yang sudah aman untuk dibuang ataupun dimanfaatkan kembali. Lumpur kering (cake) dapat dimanfaatkan menjadi pupuk dan air effluent dapat digunakan untuk keperluan irigasi (Ramadhandi, 2016).

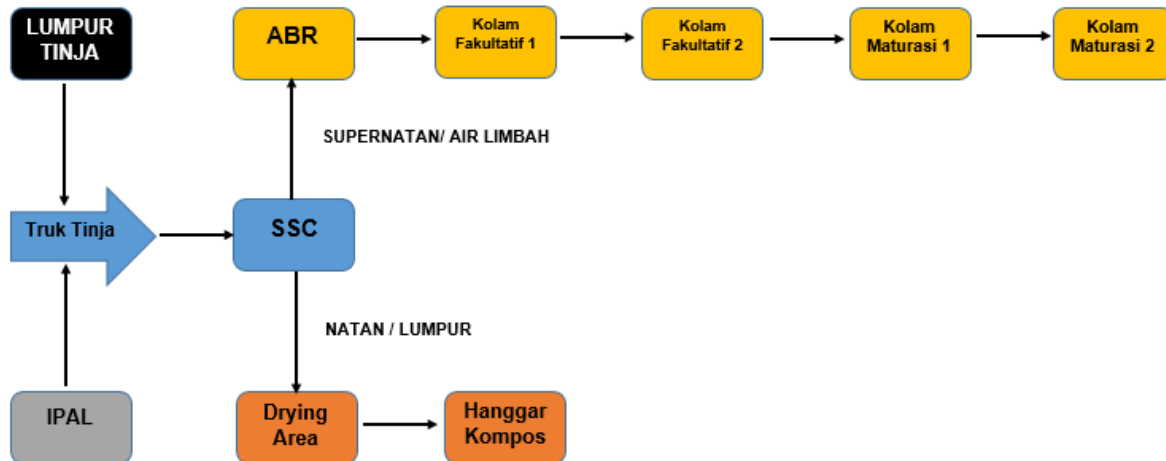
2.4. Unit Pengolahan pada Instalasi Pengolahan Lumpur dan Tinja

Proses pengolahan pada Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Batu dibagi dalam 3 tahap, yaitu:

- a. Tahap pengolahan fisik yang terdiri dari:
 - *Solid Separation Chamber* (SSC)
 - *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)
- b. Tahap Pengolahan biologis yang terdiri dari:
 - Kolam Fakultatif
 - Kolam Maturasi
 - Kolam Wetland
- c. Tahap pengolahan lumpur yang terdiri dari:
 - *Sludge Drying Bed* (SDB)

Pada proses pengolahan lumpur tinja di IPLT Kota Batu tidak hanya mengolah lumpur tinja tetapi juga mengolah dari IPAL-IPAL Kota Batu yang diambil dari restoran, tempat wisata yang ada di Kota Batu, dan Hotel. hal tersebut tertulis pada Perwalikota Batu No. 15 Tahun 2016 tentang Pengolahan Lumpur Tinja.

Berikut diagram alir pada proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Alir proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu

2.4.1. Unit *Solid Separation Chamber* (SSC)

Bak SSC sangat berperan penting dalam proses pengolahan air limbah untuk mengurugi parameter-parameter pencemar seperti BOD, COD, dan TSS. Fungsi utama pada bak ini adalah proses pemisahan lumpur dengan air. (Starina, 2016).

Pada bak SSC ini dalam satu bangunan terdapat empat buah bagian (kompartemen) dalam bangunan tersebut yang memiliki ukuran yang sama. Dimensi unit SSC dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut :

- Ketinggian Supernatan : 0,5 m
- Ketinggian Lumpur Terendapkan : 1 m
- Ketebalan Media (*gravel*) : 0,25 m
- *Freeboard* : 0,75 m
- Kedalaman Total : 1,55 m
- Panjang Total : 20 m
- Lebar : 5 m
- Volume : 155 m³



Gambar 2.2 Gambar SSC Pada IPLT Kota Batu

Sumber: UPTD PALD Kota Batu, 2016

Secara umum ada 3 proses yang terjadi pada unit SSC, yaitu :

a. Proses Filtrasi

Partikel-partikel dengan diameter yang lebih besar dari pori-pori media akan tertahan pada permukaan media. Adanya pengaruh proses pengendapan membuat partikel-partikel tersuspensi akan melewati media penyaring dan terperangkap pada media, sedangkan sebagian lolos menuju bak pengumpul filtrat.

b. Proses Dekantasi

Proses dekantasi atau pengambilan supernatan (*drain supernatant*) berlangsung jika volume lumpur sudah hampir penuh atau karena proses penyaringan sudah berhenti, dimana terjadi pengendapan di atas lapisan media sehingga akan terpisah antara lapisan padatan dengan cairan. Pengambilan supernatan dilakukan dengan mengalirkan supernatan melalui *gutter* atau pelimpah.

c. Proses Pengeringan atau Evaporasi

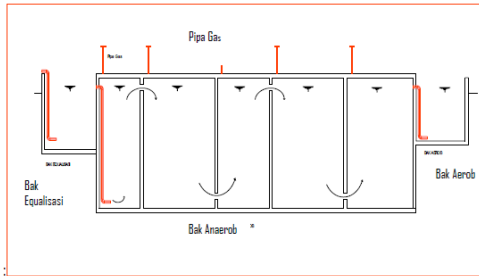
Setelah solid SSC terisi sampai batas penuh dan proses dekantasi sudah terhenti maka penambahan lumpur baru dihentikan, dan dimulai proses pengeringan atau sebagai akibat pemanasan sinar matahari (Jonrizal, 2001).

2.4.2. Unit Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

ABR merupakan salah satu sistem proses pengolahan air limbah anaerobik dengan mengatur aliran dari bawah ke atas menggunakan sekat-sekat. Seperti pada sebagian besar sistem anaerobik, sistem ini sangat membutuhkan pengaturan distribusi aliran, sehingga lumpur aktif bisa kontak dengan air limbah secara merata.

Reaktor ini berbentuk tangki persegi panjang, dibagi empat kompartemen berukuran sama. Masing-masing kompartemen dipisahkan dinding dari arah atap dan dasar tangki. Zat cair dialirkan menuju ke atas lalu kebawah antar dinding dan menuju ke atas lagi melalui sludge anaerobik blanket hingga melalui kompartemen ke empat. Dalam reaktor ini terjadi kontak antara air limbah dengan biomassa aktif, dimana dengan reaktor ini biomassa akan tertahan sebanyak mungkin.

Pengolahan air limbah industri tahu yang dilakukan menggunakan proses anaerobik dengan bentuk reaktor bersekat (*anaerobic baffled reactor*), mempunyai keuntungan karena cocok untuk daerah tropis (mikroorganisme mesofilik), sedangkan bentuk reaktor memberikan keuntungan karena memberi kontak yang lebih baik antara lumpur aktif yang ada dengan air limbah (*up flow* dan *down flow*). Skema proses pengolahan limbah dengan sistem ABR dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Kaswinarni, 2007)



Gambar 2.3 Sketsa ABR dari tampak samping

Sumber: Kaswinarni, 2007

Unit ABR memiliki dimensi unit yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut :

- Panjang : 7,02 m
- Lebar : 3,7 m
- Tinggi : 2,5 m
- Volume : 71,43 m³
- *Freeboard* : 0,25 m



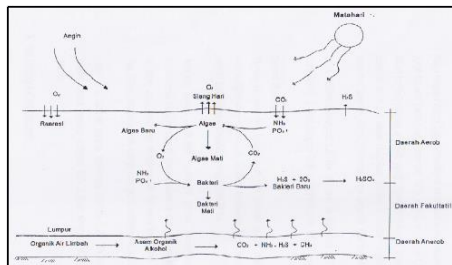
Gambar 2.4 Unit ABR pada IPLT Kota Batu

Sumber: UPTD PALD Kota Batu, 2016

2.4.3. Unit Kolam Fakultatif

Kolam fakultatif berfungsi mengolah limbah cair yang bersumber dari efluen kolam anaerobik, dimana pada lapisan dasar yang berperan menguraikan zat organik yang terkandung pada air limbah adalah bakteri anaerobik, pada lapisan bagian tengah adalah bakteri fakultatif sedangkan pada lapisan atas yang berperan adalah bakteri aerobik. Pada bagian dasar kolam fakultatif akan terbentuk asam organik dan alkohol yang terurai lebih lanjut menjadi $\text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{CH}_4$. Pada bagian atas

akan terjadi proses aerobik yang dipengaruhi oleh interaksi permukaan dan adanya bantuan sinar matahari dalam membantu proses simbiosis antara algae dan bakteri, sehingga terurainya organik dan terbentuk sel bakteri baru. Kolam fakultatif diharapkan dapat mereduksi kandungan organik dengan bantuan bakteri secara anaerobik dan aerobik sekitar 70%. Skema yang terjadi pada kolam fakultatif dapat dilihat pada Gambar 2.5 (Samina, 2013).



Gambar 2.5 Skema Pengolahan Kolam Fakultatif

Sumber: Samina, 2013

Unit Kolam Fakultatif terdiri dari dua unit dengan memiliki dimensi masing-masing yang dapat dilihat pada Gambar 2.6 sebagai berikut :

- Panjang : 28 m
- Lebar : 10 m
- Tinggi : 2 m
- *Freeboard* : 0,5 m
- Volume Total : 560 m³

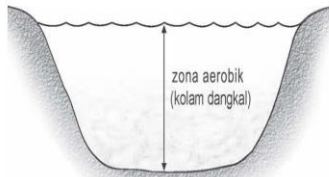


Gambar 2.6 Kolam Fakultatif pada IPLT Kota Batu

Sumber: UPTD PALD Kota Batu, 2016

2.4.4. Unit Kolam Maturasi

Kolam maturasi yaitu kolam sangat dangkal (kedalaman 1-1,5m) yang berfungsi untuk mendegradasi kandungan mikroorganisme patogen dan nutrisi. Degradasi mikroorganisme patogen dan faecal coliform dalam kolam maturasi dilakukan oleh sinar matahari melalui proses *exogenous photosensitization* yang dimediasi oleh oksigen. Jumlah dan ukuran kolam maturasi yang dibangun sangat bergantung pada kualitas bakteriologi air olahan yang ingin dicapai. Kondisi kolam yang dangkal menyebabkan kolam ini hampir tidak memiliki stratifikasi secara vertikal dan oksigen terlarut terdapat pada keseluruhan kolom air. Sketsa dapat dilihat pada Gambar 2.7 (Sunarsih, 2013)



Gambar 2.7 Kolam Maturasi (Kolam Aerobik)

Sumber: Sunarsih, 2013

Unit Kolam Maturasi memiliki dua unit dengan dimensi masing-masing yang dapat dilihat pada Gambar 2.8 sebagai berikut :

- Panjang : 15 m
- Lebar : 7,5 m
- Tinggi : 1 m
- *Freeboard* : 0,5 m
- Volume : 112,5 m³



Gambar 2.8 Kolam Maturasi pada IPLT Kota Batu

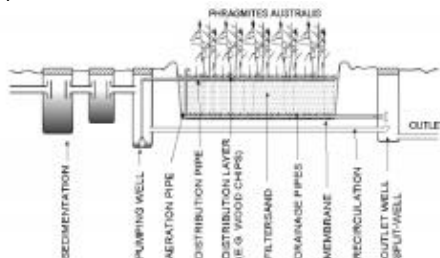
Sumber: UPTD PALD Kota Batu, 2016

2.4.5. Unit Kolam Wetland

Wetland didefinisikan sebagai sistem pengolahan air limbah yang memenuhi tiga faktor, yaitu:

- Area yang tergenang airnya dan mendukung hidupnya tumbuhan air
- Media tempat tumbuhnya tumbuhan air, berupa tanah yang selalu digenangi air
- Media tempat tumbuh tumbuhan air, bisa juga bukan tanah tetapi media yang jenuh dengan air.

Secara garis besar, wetland dibedakan atas dua, yaitu natural wetland dan constructed wetland. Natural Wetland merupakan pengolahan air yang terjadi secara alami seperti pada rawa-rawa. Constructed wetland merupakan sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang telah didesain dan dibangun dengan menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi wetland, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah (Panelin, 2018).



Gambar 2.9 Sketsa Kolam Wetland

Sumber: Vymazal, 2018

Unit Kolam Wetland memiliki satu unit dengan dimensi unit yang dapat dilihat pada Gambar 2.10 sebagai berikut :

- Panjang : 6 m
- Lebar : 3 m
- Tinggi : 1 m
- Volume : 18 m³



Gambar 2.10 Kolam Wetland pada IPLT Kota Batu
Sumber: UPTD PALD Kota Batu, 2016

2.5. Parameter Kualitas Air

Kualitas dan karakteristik air limbah dapat ditentukan dengan parameter. Parameter kualitas air limbah digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran yang terjadi pada lingkungan. Berikut standar baku mutu kegiatan domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1 berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Tabel 2.2 berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Dan/ Atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Tabel 2.1 Baku Mutu Kegiatan Domestik Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup

PARAMETER	SATUAN	KADAR PALING TINGGI
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
PH		6-9
MINYAK DAN LEMAK	mg/L	5

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68, 2016

Tabel 2.2 Baku Mutu Kegiatan Domestik Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur

PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM
BOD5	mg/L	30
COD	mg/L	50
TSS	mg/L	50
MINYAK DAN LEMAK	mg/L	10
PH		6-9

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72, 2013

Parameter-parameter dalam kualitas air limbah terdiri dari tiga macam yaitu:

1. Parameter Fisik

Total Suspended Solid (TSS) adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik (Tarigan dan Edwar, 2003).

2. Parameter Kimia

a. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendekati secara global proses biologis yang terjadi didalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Penentuan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan domestik atau industri (Gunawan, 2006). Dasar uji BOD adalah kemampuan metabolik mikroorganisme yang ditambahkan sebagai agen pendegradasi. Semakin tinggi BOD, maka semakin banyak bahan organik yang terkandung dalam air.

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. COD merupakan uji yang dilakukan untuk menentukan kandungan senyawa organik *biodegradable* atau mudah terurai dan non *biodegradable* atau tidak mudah terurai (Kumar dkk, 2010). Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi secara kimia dengan menggunakan dikromat dalam media asam (Metcalf dan Eddy, 2003).

c. pH

Derajat keasaman merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa sesuatu larutan. pH merupakan salah satu

faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kehidupan mikroorganisme dalam air (Sutrisno dan Suciastuti, 2002). pH yang cocok sangat mempengaruhi proses pengolahan limbah secara biologis. Umumnya mikroorganisme memerlukan pH antara 6,5 hingga 9. pH yang terlalu tinggi (>9) akan menghambat aktivitas mikroorganisme, sementara di bawah pH 6.5 akan menghasilkan pertumbuhan jamur dan bakteri dalam persaingan dengan metabolisme bahan organik (Jonrizal, 2001).

d. Nitrat

Sebagian besar nitrogen yang ditemukan dalam air permukaan adalah hasil dari drainase tanah dan air limbah domestik. Air limbah domestik yang merupakan sumber utama nitrogen berasal dari air limbah feses, urin dan sisa makanan. Besarnya kontribusi per kapita berkisar antara 8-12 lb nitrogen/tahun. Nitrogen ini ditemukan dalam bentuk organik (40%) dan amonia (NH_4^+) sebesar 60% (Hammer, M.J. dan Viesman, W., 2005). Kadar nitrat perairan lebih dari 0,2 mg/L dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi yang dapat merangsang pertumbuhan fitoplankton dengan cepat atau *blooming* (Simanjuntak dan Kamlasi, 2012).

e. Fosfat

Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat untuk pertumbuhannya (Winata, et al., 2000). Fosfat terlarut adalah salah satu bahan nutrisi yang menstimulasi pertumbuhan yang sangat luar biasa pada alga dan rumput-rumputan dalam danau dan sungai berair tenang. Fosfat yang berasal dari deterjen bersama-sama dengan nitrogen dan fosfat yang berasal dari bahan buangan domestik lainnya akan merangsang pertumbuhan tumbuhan air dan algae untuk berkembang secara pesat (Susana dan Suyarso, 2008).

3. Parameter Biologis

Bakteri patogen yang terdapat di dalam feces manusia diantaranya termasuk dalam familia *Enterobacteriaceae* (Triatmojo, 1993). *Coliform* juga merupakan bakteri yang selalu ada dalam pencernaan hewan dan manusia yang ditemukan dalam limbah. Bakteri yang termasuk dalam kelompok ini adalah *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter* dan *Citrobacter*. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang hanya ditemukan dan berasal dari feces hewan berdarah panas maupun manusia (Sutapa, 2006). Selain bakteri juga terdapat fungi dalam tangki septik. Fungi biasanya merupakan organisme saprofit, mereka memperoleh makanan dari degradasi bahan organik yang telah mati (Gerardi, 2006).

2.6. Dampak Pengolahan Lumpur Tinja Terhadap Lingkungan

Lumpur tinja jika tidak diolah dengan baik dapat mengakibatkan kontaminasi berpotensi mencemari badan air dan belum memenuhi standar baku mutu air. Lumpur tinja sebelum diolah masih mengandung kadar BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak, serta *Escherichia coli* yang konsentrasi tinggi (Moertinah, 2010).

Kontaminasi sumber daya air oleh polutan tinja akibat pertumbuhan populasi menimbulkan risiko yang signifikan terhadap manusia dan masalah kualitas air (Reischer et al., 2008). Diperlukannya analisa dan manajemen risiko berdasarkan proses pengolahan dan parameter effluen yang diukur untuk mencegah paparan polutan termasuk bakteri patogen ke tubuh manusia dan mengurangi pencemaran media lingkungan (tanah, air, udara) (Pall et al., 2016).

2.6.1. Global Warming

Perubahan iklim dunia merupakan tantangan yang paling serius yang dihadapi pada abad 21. Sebagian besar pakar lingkungan sepakat bahwa terjadinya perubahan iklim merupakan salah satu dampak dari pemanasan global. Meskipun masih belum sepenuhnya dimengerti dengan pasti, peningkatan konsentrasi gas rumah kaca terutama karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitro oksida (N₂O), perflorokarbon (PFC), hidroflorokarbon (HFC)

dan sulfur heksaflorida (SF_6) di atmosfer bumi diyakini menjadi penyebab timbulnya pemanasan global.

Pemanasan global (global warming) menjadi salah satu isu lingkungan utama yang dihadapi dunia saat ini. Pemanasan global yaitu fenomena peningkatan temperatur global secara gradual yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK). Cahaya matahari dipancarkan ke bumi dalam bentuk radiasi gelombang pendek. Di permukaan bumi, cahaya diserap dan dipantulkan dalam wujud radiasi infra merah gelombang panjang. Cahaya yang dipantulkan kembali, sebagian panasnya terperangkap di atmosfer. Menumpuknya jumlah GRK di lapisan atmosfer mengakibatkan panas akan tersimpan di permukaan bumi yang menyebabkan suhu rata-rata tahunan bumi meningkat (UNFCCC, 2006).

Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang pengoperasian (Singh dan Kansal, 2015). Instalasi pengolahan air limbah mengemisikan gas rumah kaca dalam jumlah yang cukup signifikan dalam bentuk karbon dioksida, metana, dan nitrogen oksida (Chang, 2014).

Pemanasan global ini bila tidak ditanggulangi diperkirakan pada tahun 2100 akan dapat meningkatkan suhu udara sebesar 1,4-5,8°C relatif terhadap suhu udara pada tahun 1990. Meningkatnya suhu udara ini akan dapat mengakibatkan adanya perubahan iklim yang sangat ekstrim di bumi. Hal ini ditandai dengan terganggunya ekosistem dan mencairnya gunung-gunung es di daerah kutub yang dapat menimbulkan naiknya permukaan air laut sebesar 9-88 cm pada tahun 2100 (Houghton et al., 2001).

2.6.2. Aquatic Eutrophication

Eutrofikasi ialah kondisi dimana perairan mengalami peningkatan kadar bahan organik dan nutrisi. Eutrofikasi ditandai dengan terjadinya peningkatan fitoplankton dan peningkatan pertumbuhan tumbuhan air (*blooming algae*). Eutrofikasi dikhawatirkan akan mengurangi kadar oksigen terlarut dalam perairan, dan tingginya kandungan ammonia yang bersifat toksik bagi biota air (Simbolon, 2016).

Limbah dari kegiatan tersebut mengandung beberapa nutrisi salah satunya adalah nitrat dan ortofosfat. Konsentrasi

yang tinggi dari kedua nutrien ini dapat memicu proses eutrofikasi dan ledakan populasi fitoplankton (Tungka dkk., 2016). Limbah organik dalam air dan sedimen waduk mengalami dekomposisi dan meningkatkan konsentrasi unsur nitrogen (N) dan fosfor (P), yang dapat mendorong pertumbuhan fitoplankton. Pada konsentrasi yang optimum, unsur hara N dan P menguntungkan bagi pertumbuhan fitoplankton yang merupakan makanan ikan sehingga dapat meningkatkan produksi ikan di waduk. Namun ketika konsentrasi unsur-unsur tersebut tinggi, terjadi pertumbuhan fitoplankton yang berlebih atau eutrofikasi dan bisa terjadi pencemaran air waduk (Rustadi, 2009).

Peningkatan nutrien yang berkelanjutan dalam konsentrasi yang tinggi pada akhirnya akan menyebabkan badan air menjadi sangat subur atau eutrofik dan menimbulkan gangguan (dampak negatif) bagi badan air tersebut yakni terjadinya. Proses peningkatan kesuburan air yang berlebihan yang disebabkan oleh masuknya nutrien dalam badan air, terutama fosfat inilah yang disebut eutrofikasi (Garno, 2012).

2.6.3. Non Renewable Energy

Sektor energi merupakan sektor yang penting di Indonesia karena selain sebagai penggerak pertumbuhan ekonomi dalam negeri juga sebagai komoditi ekspor, tetapi pertumbuhan perekonomian ini juga dapat membawa dampak yang negatif bagi sumber daya alam seperti air, udara, dan tanah. Dampak negatif tersebut dapat berupa pencemaran sebagai akibat dari penggunaan energi. Penggunaan energi dapat mencemarkan lingkungan karena adanya limbah padat, limbah cair, dan polutan akibat emisi dari pembakaran energi fosil seperti: partikel, SO₂, NO_x, dan CO₂ (Sugiyono, 2002).

Lean dan Smyth (2009) yang menjelaskan bahwa satu persen kenaikan pada konsumsi listrik per kapita dapat mempengaruhi peningkatan emisi karbon (CO₂) per kapita. Zhu dan Peng (2012) dalam penelitiannya juga mendapatkan hasil bahwa perubahan pada tingkat konsumsi dan struktur populasi penduduk merupakan faktor pengaruh utama terhadap jumlah intensitas emisi karbon.

Semua bahan bakar fosil akan menghasilkan karbon. Ketika bahan bakar tersebut mengalami pembakaran, karbon lepas ke

atmosfir sebagai karbon dioksida (CO₂). Karbon dioksida adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca, yang merupakan kontributor terhadap sesuatu yang dikenal dengan pemanasan global atau lebih tepatnya perubahan iklim (Tietenberg dan Lewis, 2011).

Kadar CO₂ saat ini disebut sebagai yang tertinggi selama 125,000 tahun belakangan. Bila ilmuwan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa dieksplorasi, efek buruk CO₂ terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi (Lubis, 2007).

2.7. LCA (Life Cycle Assessment)

Life cycle assessment (LCA) adalah teknik untuk menilai potensi dampak lingkungan yang terkait dengan suatu produk, proses, atau layanan sepanjang masa hidupnya (Kim et al., 2013; Siracusa et al., 2014). LCA memiliki dua tujuan utama sebagai alat manajemen lingkungan. Pertama adalah mengukur dan mengevaluasi lingkungan kinerja suatu produk atau proses dari "bahan mentah sampai kembalinya ke alam" sehingga membantu para pengambil keputusan untuk memilih di antara produk dan proses alternatif. Tujuan lain dari LCA adalah untuk memberikan dasar untuk menilai potensi peningkatan kinerja lingkungan dari sistem produk (Nigri et al., 2014).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi (2017) bahwa *life cycle assessment* (LCA) mampu mengidentifikasi dampak emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses produksi tahu. Siklus hidup yang dianalisa adalah proses produksi tahu, penyediaan bahan baku, pemasaran, dan pengelolaan limbah. Alternatif terbaik guna mereduksi emisi yang dilakukan dengan cara pemasangan isolator untuk mengurangi kehilangan energi, pemasangan ketel uap dan pemanfaatan teknologi biogas untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan.

2.7.1. Prinsip Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) memiliki prinsip sebagai berikut (Hamonangan, 2017):

1. Melihat siklus hidup sebagai suatu perspektif, dengan kata lain mempertimbangkan seluruh siklus hidup fisik dari suatu produk (atau jasa), mulai dari ekstraksi bahan baku,

pemakaian energi dan material produksi, proses produksi, penggunaan produk, sampai akhir hidup produk tersebut. Perspektif yang lainnya adalah melihat siklus hidup pada suatu proses tertentu yang sekarang ini banyak dilakukan sebagai penelitian

2. Mencakup semua aspek lingkungan menjadi satu penilaian umum sehingga dampak lingkungan dapat diidentifikasi
3. Memberikan transparansi dalam rangka memastikan interpretasi yang tepat atas hasil yang didapatkan oleh perhitungan
4. Bersifat iteratif karena terdiri dari empat tahapan yaitu penentuan tujuan dan ruang lingkup penelitian, *Life Cycle Inventory (LCI)*, *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*, dan interpretasi
5. Berfokus kepada lingkungan dengan mempelajari aspek lingkungan dari sistem produk dan mengesampingkan aspek ekonomi dan sosial ke luar penelitian
6. Merupakan metode yang berbasis ilmu pengetahuan meskipun keadaan ilmiah selalu berubah. LCA memberikan gambaran dari keadaan tertentu pada waktu tertentu

2.7.2. Karakteristik dan Batasan *Life Cycle Assessment (LCA)*

Life Cycle Assessment (LCA) memiliki karakteristik dan batasan untuk menilai siklus hidup, adapun batasan tersebut adalah sebagai berikut (Pujadi, 2013):

1. Karakteristik utama dari LCA adalah sifat analisis secara menyeluruh dan lengkap yang menjadi kekuatan utama metode ini
2. Metode LCA berfokus pada karakteristik fisik dari aktivitas industri dan proses ekonomi lainnya, dan tidak termasuk mekanisme pasar atau efek lain dalam pengembangan teknologi
3. LCA hanya berfokus pada aspek lingkungan dan tidak berkaitan dengan aspek ekonomi, aspek sosial, maupun aspek lainnya
4. LCA adalah sebuah alat analitis yang digunakan untuk menyediakan informasi untuk mendukung keputusan, namun LCA tidak dapat menggantikan proses pengambilan

keputusan itu sendiri

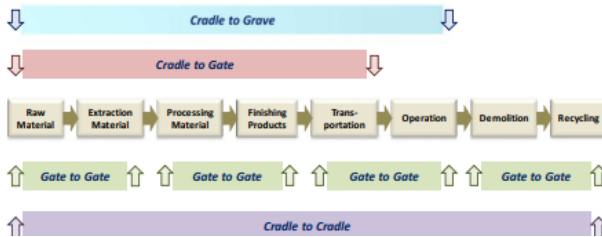
2.7.3. Ruang Lingkup dalam *Life Cycle Assessment (LCA)*

Ruang lingkup pada LCA dapat dibagi menjadi empat macam ruang lingkup yaitu (Hermawan, 2013):

- a. *Cradle to grave*, ruang lingkup pada bagian ini dimulai dari raw material sampai pada pengoperasian produk.
- b. *Cradle to gate*, ruang lingkup pada analisis daur hidup dimulai dari raw material sampai ke gate sebelum proses operasi.
- c. *Gate to gate* merupakan ruang lingkup pada analisis daur hidup yang terpendek karena hanya meninjau kegiatan yang terdekat.
- d. *Cradle to cradle* merupakan bagian dari analisis daur hidup yang menunjukkan ruang lingkup dari raw material sampai pada daur ulang material.

Skema dari ruang lingkup LCA dapat dilihat pada Gambar

2.12.



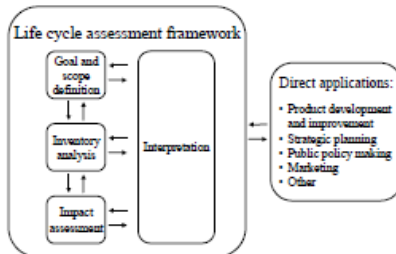
Gambar 2.11 Ruang Lingkup pada LCA

Sumber: *AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice*, 2010

2.8. Tahap-tahap dalam *Life Cycle Assessment (LCA)*

Metode LCA mencakup empat tahap, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.12, yaitu (Curran, 2007) :

1. *Goal and Scope*
2. *Life Cycle Inventory (LCI)*
3. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*
4. *Interpretation*



Gambar 2.12 Tahapan Penyusunan LCA

Sumber: ISO 14040, 2006

2.8.1. Penentuan Tujuan dan Batasan Penelitian

Fase ini bertujuan untuk memformulasikan dan mendeskripsikan tujuan, sistem yang akan dievaluasi, batasan-batasan, dan asumsi-asumsi yang berhubungan dengan dampak disepanjang siklus hidup dari sistem yang sedang dievaluasi. Tujuan dan batasan penelitian dengan LCA dijelaskan dengan beberapa keterangan seperti :

- Alasan menggunakan metode LCA
- Definisi yang tepat terhadap produk yang dimaksud
- Deskripsi dari batasan (*boundary*) penelitian

Tujuan dan batasan penelitian adalah untuk memastikan bahwa penelitian yang dilakukan mendapatkan hasil yang bersifat konsisten.

2.8.2. Inventarisasi Data

Life cycle inventory (LCI) mencakup pengumpulan data dan perhitungan *input* dan *output* ke lingkungan dari sistem yang sedang dievaluasi. Fungsi *life cycle inventory* (LCI) adalah menginventarisasi penggunaan sumber daya, penggunaan energi dan pelepasan ke lingkungan terkait dengan sistem yang sedang dievaluasi.

2.8.3. Perkiraan Dampak

Dampak lingkungan potensial yang signifikan dari proses/produk berdasarkan LCI dievaluasi menggunakan *impact assessment*. Fase ini bertujuan untuk mengelompokkan dan menilai dampak lingkungan yang signifikan. Dalam proses perkiraan dampak lingkungan, maka metode yang digunakan akan dipilih sesuai dengan penelitian yang dilakukan. Beberapa tahapan

dalam penentuan nilai dampak lingkungan yang dihasilkan kedalam bentuk angka. Beberapa tahapan yang dilakukan adalah:

1. *Classification and Characterization*

Classification adalah langkah mengidentifikasi dan mengelompokkan substansi yang berasal dari LCI kedalam kategori *impact* yang heterogen yang telah ditentukan sebelumnya. *Characterization* merupakan penilaian besarnya substansi yang berkontribusi pada kategori *impact*. Nilai kontribusi relatif dari substansi dapat diketahui dengan mengalikan substansi yang berkontribusi pada kategori *impact* dengan *characterization factors*.

2. *Normalization*

Normalization adalah prosedur yang diperlukan untuk menunjukkan kontribusi relatif dari semua kategori *impact* pada seluruh masalah lingkungan di suatu daerah. *Normalization* dimaksudkan untuk menciptakan satuan yang seragam untuk semua kategori *impact*. Nilai *normalization* dapat diketahui dengan mengalikan nilai *characterization* dengan nilai "normal", sehingga semua *impact category* sudah memakai unit yang sama dan bisa dibandingkan.

3. *Weighting*

Weighting didapatkan dengan mengalikan *impact category* dengan *weighting factor* dan ditambahkan untuk mendapatkan nilai total.

4. *Single Score*

Single Score digunakan untuk mengklasifikasikan nilai *impact category* berdasarkan aktivitas atau proses. Dari nilai *single score* akan terlihat aktivitas mana yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan.

2.8.4. Interpretasi

Tahapan terakhir dari metode LCA adalah menginterpretasi data. Hasil dari ketiga tahapan sebelumnya, kemudian diambil kesimpulan akhir. Kombinasi hasil dari *life cycle inventory* dan *life cycle impact assessment* digunakan untuk menginterpretasikan, menarik kesimpulan dan rekomendasi yang konsisten dengan *goal* dan *scope* yang telah diidentifikasi sebelumnya.

2.9. **Software SimaPro 8.5.2**

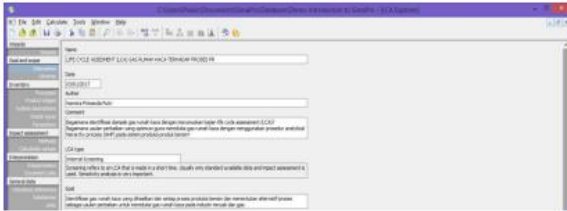
SimaPro merupakan sebuah software yang digunakan untuk melakukan analisis LCA. SimaPro merupakan suatu alat yang profesional yang dapat membantu di dalam suatu proses untuk menganalisa aspek yang berkaitan dengan lingkungan dari suatu produk yang diproduksi (Santoso dan Ronald, 2012). SimaPro memiliki kelebihan dibandingkan software lainnya, diantaranya sebagai berikut (Pre, 2014):

- Bersifat fleksibel
- Dapat digunakan secara multi-user-version sehingga dapat menginput data secara berkelompok meskipun berbeda lokasi
- Memiliki metode dampak yang beragam
- Dapat menginventarisasi data dalam jumlah banyak
- Data yang didapatkan memiliki nilai transparansi yang tinggi, dimana hasil interaktif analisis dapat melacak hasil lainnya kembali ke asal-usulnya.
- Mudah terhubung dengan perangkat lain, salah satunya adalah AHP
- Hadir dengan 3 versi yang diklasifikasikan berdasarkan pengguna
 - SimaPro *Compact*: untuk mengatur tugas kompleks
 - SimaPro *Analyst*: untuk melakukan permodelan siklus hidup dan berisi fitur analisis yang canggih
 - SimaPro *Developer*: untuk untuk menciptakan alat penilaian siklus hidup yang berdedikasi dengan fitur diperpanjang

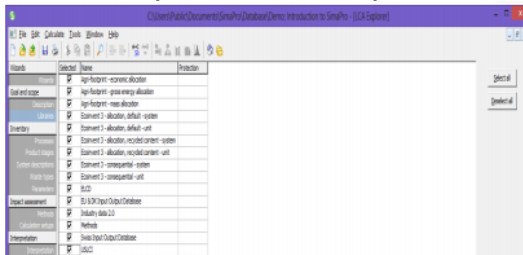
2.10. **Penggunaan Simapro 8.5.2**

SimaPro 8.5.2 adalah software generasi ke-8 dari interpretasi penggunaan metode LCA, dimana memiliki tujuan untuk menganalisa lingkungan dari suatu produk. Hasilnya akan mengkalkulasi inputan seperti kuantitas dan kualitas bahan baku dan menghasilkan outputan suatu nilai grafik. Terdapat beberapa tahapan pada SimaPro yakni (Putri, 2017):

- a. Menentukan Tujuan dan Ruang Lingkup
 - *Text field*, untuk menginput data dan tujuan melakukan penelitian LCA
 - Pemilihan *libraries*, untuk memilih metode



Gambar 2.13 Penentuan Goal pada Software SimaPro (SimaPro Tutorial)

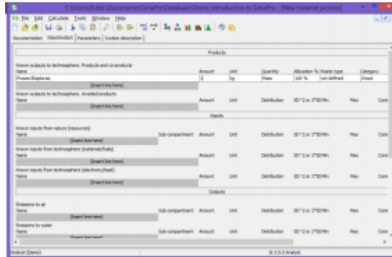


Gambar 2.14 Penentuan Scope pada Software SimaPro (SimaPro Tutorial)

Pada tahap ini dipilih *scope* penelitian yang dipilih adalah *Ecoinvent database*. *Scope* ini dipilih dikarenakan fokus terhadap:

- *Input*
Input data yang dimasukkan merupakan sumber material dan energi. Pada proses produksi bensin di setiap proses mengeluarkan gas rumah kaca.
 - *Output*
Output yang diharapkan adalah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses produksi bensin.
- b. Melakukan Inventarisasi
- *Process*, menunjukkan hal hal yang termasuk dalam proses produksi suatu produk yang membutuhkan data seperti material yang digunakan dan energi yang digunakan.
 - *Product stages*, mendeskripsikan bagaimana suatu produk diproduksi, digunakan, dan dibuang.
 - *System description*, rekaman terpisah untuk

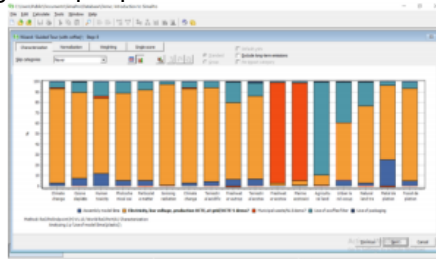
- mendeskripsikan struktur dari system
- *Waste types*, terdapat *waste scenarios* dan *disposal scenarios*



Gambar 2.15 Data Inventory Process pada Software SimaPro (SimaPro Tutorial)

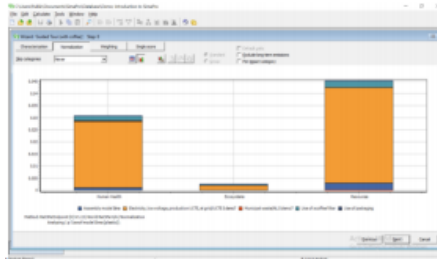
Pada tahap ini diinput data, seperti proses pada produksi bensin yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kemudian dimasukkan beban emisi yang dihasilkan, dimana data ini dalam jumlah per tahun.

- c. Penilaian terhadap cemaran
 - *Characterisation*, merupakan senyawa kimia pada suatu proses yang memiliki kontribusi pada 14 impact category yang terdapat pada LCA.



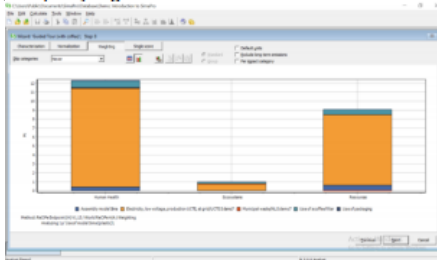
Gambar 2.16 Kriteria Impact Assesment Characterisation pada Software SimaPro (SimaPro Tutorial)

- *Normalization*, merupakan penilaian dengan membandingkan hasil dari *impact category indicator* dengan buku acuan atau nilai normal. Hal ini bertujuan untuk menyeragamkan satuan dari segala *impact categories* dan juga untuk menunjukkan kontribusi dari *impact categories*



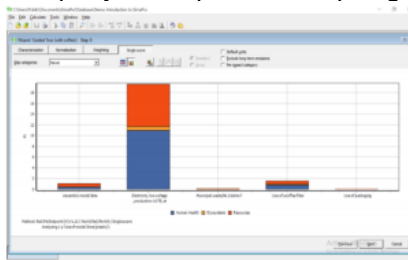
Gambar 2.17 Kriteria Impact Assesment Normalization pada Software SimaPro (SimaPro Tutorial)

- *Weighting*, proses mengkalikan impact category indicator dengan weighting score dan diakumulasikan sebagai total score. Tahap ini memberikan bobot terhadap kategori dampak yang berbeda.



Gambar 2.18 Kriteria Impact Assesment Weighting pada Software SimaPro (SimaPro Tutorial)

- *Single score*, proses yang memperlihatkan produksi yang mempunyai dampak terhadap lingkungan.



Gambar 2.19 Kriteria Impact Assesment Single Score pada Software SimaPro (SimaPro Tutorial)

- Interpretasi data, mengevaluasi suatu kesimpulan untuk

digambarkan dan bagaimana dapat dipertanggung jawabkannya.

2.11. Metode Pendekatan Midpoint dengan Impact 2002+

Impact 2002+ merupakan suatu metodologi penilaian dampak dengan implementasi pendekatan *midpoint / damage* gabungan yang sesuai, yang menghubungkan semua jenis inventaris siklus hidup. Metode *Impact 2002+* ini juga merupakan kombinasi dari 4 metode yaitu *impact 2002*, *Eco-indicator*, CML, dan IPCC. Kelebihan dari *Impact 2002+* adalah metode ini dapat menyangkut seluruh *midpoint* yang ada pada metod LCA, sedangkan dalam metode lain seperti salah satunya TRACI hanya mencakup beberapa *midpoint* saja.

2.12. AHP (Analytic Hierarchy Process)

Hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih tersruktur dan sistematis (Saaty, 2008).

Model AHP merupakan model dari sebuah pohon terbaik yang mempunyai suatu tujuan tunggal di puncak pohon untuk mewakili tujuan dari masalah pengambilan keputusan. Dari seratus persen bobot keputusan berada di titik ini, yang mana tujuannya adalah titik daun yang menunjukkan kriteria, baik kualitatif maupun kuantitatif, sedangkan bobot tujuan harus dibagi diantara beberapa titik kriteria berdasarkan rating dan setiap alternatif dibandingkan dengan masing-masing kriteria (Sarwindah, 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Utomo, dkk (2011) bahwa *Analytic Hierarchy Process* (AHP) mampu menentukan alternatif pengelolaan lingkungan industri komponen alat berat. Penelitian tersebut dianalisa adalah kebijakan model pengelolaan lingkungan industri komponen alat berat berbasis partisipasi dan kemitraan masyarakat. Penelitian tersebut dapat membantu dalam pemilihan alternatif prioritas, serta penyusunan strategi secara sistematis guna dijadikan masukan bagi para pengambilan keputusan. Hasil alternatif yang dilakukan pada

penelitian tersebut menghasilkan bahwa industri komponen alat berat bermitra dalam pengelolaan lingkungan berkaitan dengan limbah yang bernilai ekonomis, selain itu membentuk kelembagaan baru dengan saham terbesar perusahaan, dan perusahaan lebih menentukan arah kebijakan dalam pengelolaan lingkungan industri komponen alat berat terkait pengelolaan limbah ekonomis.

2.12.1. Tahapan AHP

Dalam metode AHP dilakukan langkah-langkah sebagai berikut (Syaifulah, 2010):

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan

Dalam tahap ini menentukan masalah yang akan dipecahkan secara jelas, detail dan mudah dipahami. Dari masalah yang ada ditentukan solusi yang mungkin cocok bagi masalah tersebut. Solusi dari masalah mungkin berjumlah lebih dari satu. Solusi tersebut nantinya akan dikembangkan lebih lanjut.

2. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan utama
Setelah menyusun tujuan utama sebagai level teratas akan disusul level hirarki yang berada di bawah yaitu kriteria-kriteria yang cocok untuk mempertimbangkan atau menilai alternatif yang diberikan dan menentukan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda.

3. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya.

Matriks yang digunakan bersifat sederhana, memiliki kedudukan kuat untuk kerangka konsistensi, mendapatkan informasi lain yang mungkin dibutuhkan dengan semua perbandingan yang mungkin dan mampu menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk perubahan pertimbangan. Pendekatan dengan matriks mencerminkan aspek ganda dalam prioritas yaitu mendominasi dan didominasi. Perbandingan dilakukan berdasarkan judgment dari pengambil keputusan dengan

menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya.

4. Mendefinisikan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilaian seluruhnya

Hasil perbandingan dari masing-masing elemen akan berupa angka dari 1 (satu) sampai 9 (sembilan) yang menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen. Apabila suatu elemen dalam matriks dibandingkan dengan dirinya sendiri maka hasil perbandingan diberi nilai 1 (satu). Skala 9 (sembilan) telah terbukti dapat diterima dan bisa membedakan intensitas antar elemen. Hasil perbandingan tersebut diisikan pada sel yang bersesuaian dengan elemen yang dibandingkan. Skala perbandingan perbandingan berpasangan dan maknanya yang diperkenalkan oleh Saaty bisa dilihat pada Tabel 2.3, yaitu:

Tabel 2.3 Kriteria Penilaian AHP

Tingkat Kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Kedua elemen sangat penting	Elemen A1 dan A2 sama-sama penting
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting	Elemen A1 cukup penting dibandingkan A2
5	Elemen yang satu lebih penting	Elemen A1 lebih penting dibandingkan A2
7	Satu elemen sangat lebih penting	Elemen A1 sangat penting dibandingkan dengan A2
9	Satu elemen mutlak lebih penting	Elemen A1 mutlak lebih penting dibandingkan A2
2,4,6,8	Nilai tengah diantara da penilaian yang berdampingan	Nilai ini diberikan jika diperlukan kompromi memilih skala

Sumber: Saaty, 1993

5. Menghitung nilai vektor eigen dan menguji konsistensinya
Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.
6. Mengulangi langkah 3, 4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki
7. Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan
Bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan. Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata.
8. Memeriksa konsistensi hirarki
Rasio konsistensi dengan melihat index konsistensi. Konsistensi yang diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10%.

2.12.2. Expert Choice

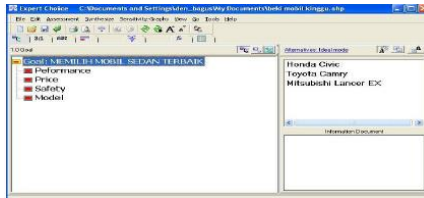
Software atau perangkat lunak yang penulis gunakan dalam pengambilan keputusan berdasarkan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah Expert Choice 2000. Expert Choice 2011 adalah sebuah perangkat lunak yang mendukung *collaborative decision* dan sistem perangkat keras yang memfasilitasi group membuat keputusan yang lebih efisien, analitis, dan dapat dibenarkan.

2.12.3. Penggunaan Expert Choice

Cara menggunakannya adalah dengan cara sebagai berikut (Lestari, 2009):

1. Memasukkan *goal*, kriteria, dan alternatif
Pada kolom *goal* merupakan hal yang ingin dicapai pada penelitian dalam pemilihan suatu keputusan. Pada kolom kriteria merupakan komponen yang dijadikan pertimbangan bagi peneliti untuk pemilihan keputusan terbaik. Disisi lain, terdapat kolom alternatif yang ditulis

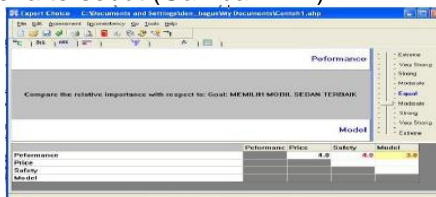
penulis sebagai output yang akan dipilih dalam suatu keputusan.



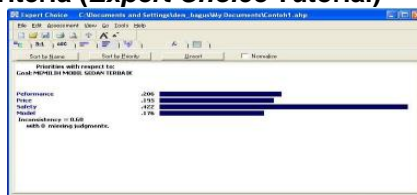
Gambar 2.20 Memasukkan Goal dan Kriteria (*Expert Choice Tutorial*)

2. Pembobotan dan Skala Prioritas

Sebelum melakukan perhitungan, kriteria yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya akan dilakukan proses pembobotan. Pembobotan berdasarkan kebutuhan peneliti dalam melakukan penelitian kemudian dilakukan perhitungan dengan membandingkan satu kriteria terhadap kriteria lainnya. Nilai yang dimasukkan pada perhitungan merupakan angka kepentingan dimana setiap angka sudah memiliki sifat kepentingan yang berbeda (Gambar 2.20). Setelah pembobotan, peneliti melakukan skala prioritas dari seluruh kriteria tersebut (Gambar 2.21).



Gambar 2.21 Pembobotan Perhitungan Perbandingan Antar Kriteria (*Expert Choice Tutorial*)

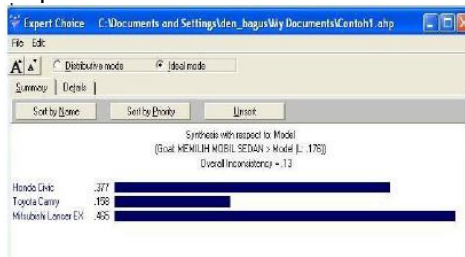


Gambar 2.22 Memasukkan Skal Prioritas Perhitungan Antar Kriteria (*Expert Choice Tutorial*)

3. Menghasilkan jawaban atau keputusan yang dianjurkan

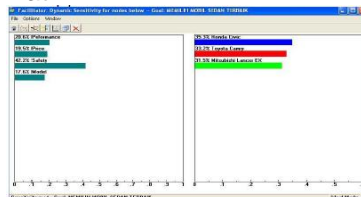
Tahap ini merupakan tahap akhir dalam pengambilan keputusan dengan Expert Choice. Terdapat 2 tahap yaitu:

- Synthesizing untuk mendapatkan hasil
Merupakan hasil sintesa pada alternatif dimana dilakukan pembobotan terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan peneliti.



Gambar 2.23 Memasukkan Pembobotan Antar Alternatif (Expert Choice Tutorial)

- Sensitivity analysis
Dilakukan untuk mengetahui variasi dari prioritas kriteria untuk mengamati sejauh mana efek terhadap prioritas alternatif.



Gambar 2.24 Sensitivity analysis pada Expert Choice (Expert Choice Tutorial)

Dalam memilih kriteria pada setiap masalah pengambilan keputusan perlu memperhatikan kriteria sebagai berikut:

- Lengkap, mencakup aspek penting dan digunakan dalam pengambilan keputusan
- Operasional, setiap kriteria mempunyai arti bagi pengambilan keputusan
- Tidak berlebihan, menghindari adanya kriteria yang mengandung pengertian yang sama

- d. Minimum, diusahakan agar jumlah kriteria minimum untuk mempermudah pemahaman.

2.13. Hubungan LCA dengan AHP

LCA adalah pendekatan cradle to grave yang dimulai dengan pengumpulan bahan baku dari bumi untuk menciptakan produk dan berakhir pada titik ketika semua bahan dikembalikan ke bumi. LCA memungkinkan estimasi dampak lingkungan kumulatif yang dihasilkan dari semua tahapan dalam siklus hidup produk, sehingga akan diketahui bagian mana yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan paling besar (EPA, 2006). Setelah diketahui dampaknya maka akan diperoleh beberapa alternatif perbaikan untuk masing-masing kegiatan dalam supply chain. Alternatif perbaikan yang diusulkan untuk masing-masing rantai dapat digunakan sebagai dasar pembuatan alternatif untuk life cycle yang ada sehingga didapatkan supply chain yang sesuai dengan konsep green supply chain management (Putri, 2014). Adapun pemilihan alternatif dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yang ada melalui pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP). Menurut Yancadianti, et al., (2015), AHP adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengan efektif atas persoalan yang kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan. Persoalan diatas dipecahkan dengan menata variabel dalam susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel, dan mensintesis pertimbangan untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas dan pengaruh paling tinggi. AHP membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menstruktur suatu hirarki kriteria, pihak yang berkepentingan, hasil dan dengan menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Wilayah Penelitian

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Batu merupakan salah satu Unit Pelaksana Teknis Pengelolaan Air Limbah Domestik (UPT PALD) dari Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman, dan Pertanahan Kota Batu. IPLT Kota Batu terletak di Desa Tlekung, Kecamatan Junrejo, Kota Batu yang satu lokasi dengan TPA Kota Batu. Kondisi IPLT yang masih tergolong baru karena baru dioperasikan pada tahun 2016, sehingga IPLT tidak mengalami perubahan dan peningkatan unit.



Gambar 3.1 Lokasi IPLT Kota Batu yang Menjadi Wilayah Penelitian

Sumber: UPTD PALD Kota Batu, 2016

Hasil pengolahan dari lumpur tinja berupa air terolah yang sebagian besar dilepas ke lingkungan menuju Kolam Wetland. Selain air terolah, pengolahan juga menghasilkan lumpur kering hasil *dewatering* dimanfaatkan menjadi pupuk tanaman dan tanah urug. IPLT menyediakan kendaraan pengangkut tinja sendiri sebanyak 2 truk tinja dengan ukuran volume sebesar 4 m³, tetapi truk tinja tersebut hanya mengisi sebesar 3m³ karena medan menuju IPLT curam dan IPLT bekerja sama dengan perusahaan penyedotan WC seluruh Kota Batu yang terdiri dari CV. Abadi, CV. Mitra Jaya, CV. Antasena, CV. Paimo, dan CV. Purnama.

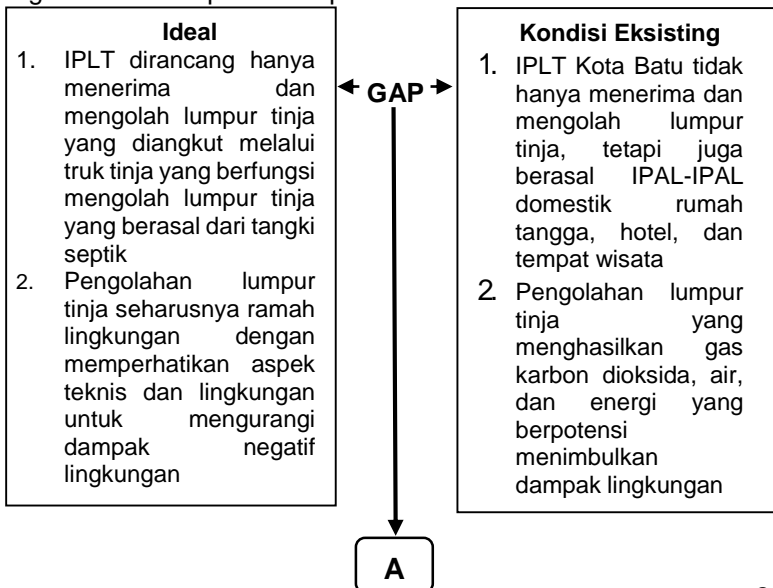
3.2. Deskripsi Umum

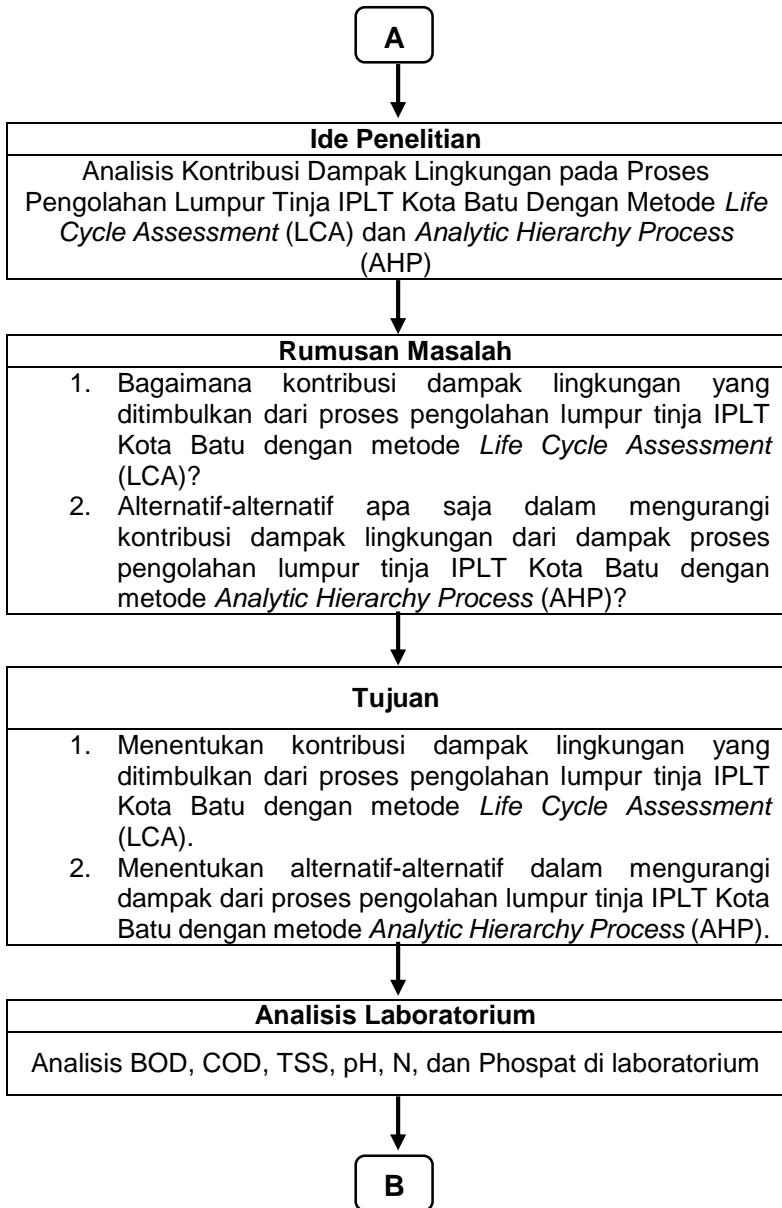
Metode penelitian digunakan sebagai dasar prosedur dan langkah-langkah sistematis dalam melakukan penelitian. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang

ditumbulkan dalam proses pengolahan lumpur tinja terhadap effluen menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)* dan *Analytic Hierarchy Process (AHP)*.

3.3. Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan kerangka acuan yang berisi rangkaian pokok kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian. Kerangka penelitian dapat berupa diagram alir yang disusun dengan menggambarkan langkah kerja yang sistematis dan terencana. Kerangka penelitian dapat mempermudah proses pengerjaan penelitian agar konsisten dengan tujuan dan rumusan yang telah direncanakan. Susunan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian ini yaitu mengetahui dampak dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dan mengurangi dampak dari proses pengolahan tersebut. Dengan tujuan tersebut, dikembangkan menjadi ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data lapangan, menganalisis dengan *Life Cycle Assessment (LCA)* menggunakan SimaPro 8.5.2, menentukan kebijakan alternatif hasil LCA. Alternatif yang dihasilkan kemudian akan dipilih sesuai kepentingannya menggunakan *Expert Choice* dengan pendekatan *Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Kerangka penelitian dalam tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.





B

Pengumpulan Data

1. Data Primer : hasil analisis laboratorium, wawancara dan kuisioner
2. Data Sekunder : kondisi eksisting pengolahan lumpur tinja di IPLT, jumlah debit pelayanan, dan parameter effluen lumpur tinja

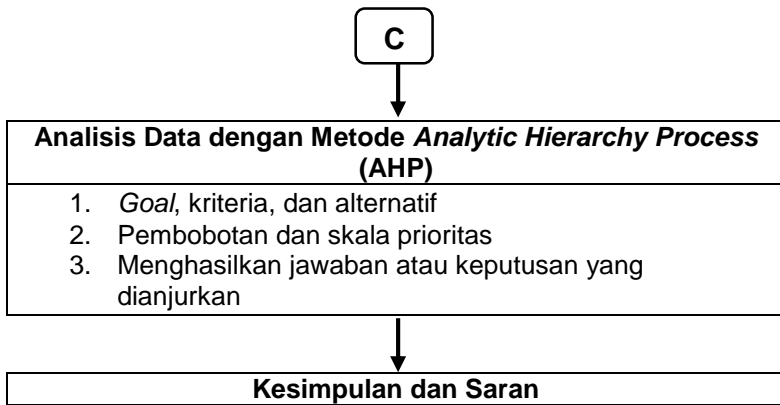
Studi Literatur

1. Karakteristik lumpur tinja
2. Syarat kualitas lumpur tinja
3. Proses pengolahan lumpur tinja
4. Gambaran umum instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT) Kota Batu
5. Metode *Life Cycle Assessment (LCA)*
6. *Software SimaPro 8.5.2* pada Metode *Life Cycle Assessment (LCA)*
7. Metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)*
8. *Software expert choice* pada *Analytic Hierarchy Process (AHP)*
9. Penelitian terdahulu berupa Jurnal, *website*, Majalah, Buku, dll

Analisis Data dengan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)*

1. *Goal and Scope*
2. *Life Cycle Inventory (LCI)*
3. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*
4. Interpretasi data dari hasil yang dilakukan sebelumnya

C



Gambar 3.2 Kerangka Penelitian

3.4. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan saat penelitian. Tahapan penelitian meliputi ide studi, studi literatur, pengumpulan data, survei lapangan, pelaksanaan penelitian, analisa data dan pembahasan, kesimpulan dan saran. Tujuan dari pembuatan tahapan penelitian adalah untuk memudahkan pemahaman dan penjelasan melalui deskripsi setiap tahap penelitian. Berikut langkah atau tahapan yang dilakukan dalam penelitian

3.4.1. Ide Penelitian

Instalasi pengolahan lumpur tinja (IPLT) merupakan badan usaha pengelolaan limbah tinja untuk keperluan masyarakat. Kualitas hasil pengolahan/ effluen perlu diwaspadai agar tidak terjadi penurunan kualitasnya dengan adanya permasalahan. Permasalahannya antara lain pada berlangsungnya proses pengolahan secara fisik dan biologis dan peralatan pengolahan yang mengalami penurunan efisiensi kinerja hingga kerusakan. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan analisis proses pengolahan lumpur tinja dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) untuk mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan dan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan alternatif cara mengurangi dampak dari proses pengolahan lumpur tinja di IPLT Kota Batu.

3.4.2. Studi Literatur

Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini berasal dari berbagai sumber yaitu *text book*, jurnal penelitian baik internasional maupun nasional, tugas akhir, tesis, laporan kerja praktik, peraturan pemerintah, makalah seminar, dan *website* yang memuat informasi yang berkaitan dengan penelitian ini. Literatur yang diperlukan antara lain adalah definisi lumpur tinja, karakteristik lumpur tinja, persyaratan kualitas lumpur tinja, Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT), proses pengolahan lumpur tinja pada IPLT, dampak negatif dari proses pengolahan lumpur tinja, metode *Life Cycle Assessment* (LCA), metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP), dan penelitian terdahulu.

3.4.3. Penelitian Pendahuluan

1. Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi dari Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Batu.

2. Pelaksanaan Penelitian Laboratorium

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan melalui sampling pada unit-unit pengolahan lumpur tinja.

A. Pengambilan Sampel

Pada setiap unit terdapat satu titik sampling yaitu pada *inlet* dan *outlet*. Sampel *inlet* diambil dengan menggunakan botol plastik 1,5 L dan botol kaca 140 mL. Unit yang menjadi tempat *sampling* adalah *Solid Separation Chamber* (SSC). Sampel *outlet* diambil dengan menggunakan botol plastik 1,5 L dan botol kaca 140 mL. Unit yang menjadi tempat *sampling* adalah *Solid Separation Chamber* (SSC), *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), *Fakultative Pond* (*Sedimentation Pond*), dan *Maturation Pond*. Sampling dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.59:2008 yaitu metode pengambilan contoh air limbah

B. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan untuk mengetahui karakteristik effluen apakah telah memenuhi atau melebihi baku mutu yang ditetapkan. Analisis laboratorium yang dilakukan adalah pengukuran kualitas sampel lumpur tinja sesuai dengan parameter BOD,

COD, TSS, dan pH. Berikut persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk analisis laboratorium:

1. Persiapan Alat

- Peralatan untuk pengambilan sampel yaitu botol 600 mL dan botol kaca 140 mL sebagai wadah sampel.
- Peralatan untuk analisis laboratorium.

2. Persiapan Bahan

Berikut penjelasan dari masing-masing parameter yang dianalisis :

• Parameter **Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

Prinsip analisis BOD menggunakan metode *winkler*. Prinsipnya menggunakan titrasi iodometri. Sampel yang akan dianalisis terlebih dahulu ditambahkan larutan $MnCl_2$ dan $NaOH-KI$ sehingga akan terjadi endapan MnO_2 . Kemudian dengan menambahkan H_2SO_4 atau HCl maka endapan yang terjadi akan larut kembali dan juga akan membebaskan molekul iodium (I_2) yang ekuivalen dengan oksigen terlarut. Iodium yang dibebaskan ini selanjutnya dititrasi dengan larutan standar natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dan menggunakan indikator larutan amilum (kanji). Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 5210 B* (APHA, 2012).

• Parameter **Chemical Oxygen Demand (COD)**

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus *reflux*, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat dilakukan dengan cara titrasi. Kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat

dihitung dan nilai COD dapat ditentukan. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 5220 C* (APHA, 2012).

- **Parameter *Total Suspended Solid (TSS)***
Pengukuran TSS dilakukan dengan metode gravimetri. Sampel yang tercampur dengan baik disaring dan residu ditahan pada filter kemudian dikeringkan hingga berat konstan pada 103°C sampai 105°C. Peningkatan berat filter mewakili total padatan tersuspensi. Jika material tersuspensi menyumbat filter dan memperpanjang proses penyaringan, dapat diatasi dengan meningkatkan diameter filter atau mengurangi volume sampel. Untuk mendapatkan perkiraan total padatan tersuspensi, hitung selisih antara total padatan terlarut dan total zat padat. Analisis ini dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 2540 D* (APHA, 2012).
- **Parameter pH**
Analisa parameter pH menggunakan pH meter, dimana penggunaannya adalah dengan mencelupkan pH meter kedalam sampel sehingga didapatkan nilai pH untuk masing-masing sampel yang akan diuji. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 4500-H+* (APHA, 2012).
- **Parameter Nitrat**
Cara uji ini digunakan untuk menentukan kadar nitrogen organik dalam air dan air limbah sampai kadar 100 mg/L secara makro kjeldahl, selanjutnya ammonia yang terbentuk dapat ditetapkan secara titrimetri. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 4500 NO₃⁻* (APHA, 2005).
- **Parameter Fosfat**
Prinsip penentuan fosfat dengan metode spektrofotometri secara asam askorbat. Prinsip dari metode ini didasarkan pada pembentukan

senyawa kompleks fosfomolibdat yang berwarna biru. Kompleks tersebut selanjutnya direduksi dengan asam askorbat membentuk warna biru kompleks *molybdenum*. Intensitas warna yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi fosfor. Warna biru yang timbul diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 700 nm sampai 880 nm. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods* 4500 P (APHA, 2005).

3.4.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai acuan yang akan digunakan dalam penentuan parameter penelitian. Data yang dikumpulkan yaitu :

1. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan analisis pendahuluan kualitas effluen lumpur tinja, wawancara kepada narasumber yang memahami kegiatan pengolahan tersebut dan kuisioner. Narasumber yang dipilih adalah narasumber yang memahami proses pengolahan lumpur tinja di IPLT Kota Batu. Narasumber yang diwawancarai akan memilih alternatif yang memungkinkan untuk diaplikasikan pada pengolahan tersebut. Hasil dari data ini nantinya akan digunakan untuk menentukan alternatif kebijakan pada pendekatan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Kuisioner yang akan diisikan terlampir pada lampiran.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini yaitu :

- a. Jumlah limbah yang masuk dalam pengolahan di IPLT Kota Batu
- b. Besar nilai effluen yang dihasilkan dari pengolahan IPLT Kota Batu

3.4.5. Analisis Data dan Pembahasan

Data primer dan data sekunder yang telah diperoleh diinput kedalam SimaPro 8.5.2 untuk menganalisis *Life Cycle Assessment* (LCA) kemudian hasil tersebut diinterpretasi kedalam *Expert Choice* dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

untuk menentukan alternatif untuk mengurangi dampak tersebut. Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) sangat ditentukan oleh pengumpulan data primer dan data sekunder yang akurat. Data primer dan sekunder yang dibutuhkan sesuai dengan penjelasan sebelumnya.

3.5 Penginputan Data

Sebelum melakukan pengolahan data, maka terlebih dahulu dilakukan proses input data debit lumpur tinja, jumlah energi yang digunakan dan effluen yang dihasilkan dari proses pengolahan lumpur tinja di IPLT Kota Batu. Penentuan tujuan dan cakupan didasarkan kepada tujuan dalam penelitian ini yaitu, menentukan dampak negatif dari proses pengolahan lumpur tinja. Tujuan ini menjadi landasan dalam penggunaan SimaPro 8.5.2. Penginputan data, seperti debit pengolahan yang digunakan dan energi yang dibutuhkan pada setiap unit proses pengolahan. Kemudian memasukan effluen yang dihasilkan dari proses tersebut. Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengolahan data. Data yang telah didapatkan dianalisis dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Langkah-langkah analisis dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).

3.5.1 Goal and Scope

Langkah awal adalah menentukan tujuan dari penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan dampak negatif dari proses pengolahan lumpur tinja. Tujuan dari penelitian ini juga didukung dengan penentuan batasan-batasan dan ruang lingkup penelitian. Batasan ini dipilih karena berdasarkan *input* dan *output* yang terjadi pada kegiatan proses pengolahan lumpur tinja. Input penelitian ini merupakan debit pengolahan dan penggunaan energi sedangkan output penelitian merupakan lepasnya effluen dan dampak negatifnya.

3.5.2 Life Cycle Inventory (LCI)

Untuk tahap kedua pada LCA adalah fase *Life Cycle Inventory* (LCI). LCI melakukan penginputan data berupa debit lumpur tinja dan energi yang digunakan pada setiap proses pengolahan lumpur tinja. Kemudian memasukan effluen yang dihasilkan. Pada langkah ini membutuhkan waktu yang cukup lama dikarenakan kualitas, akurasi dan representatif data sangat

berpengaruh terhadap hasil akhir (Boggia et al, 2009). Data yang diinput dikonversi dalam satuan per liter produk dalam kurun waktu tertentu. Hasil pada tahap ini akan disajikan dalam sebuah *flow sheet* atau *process tree*.

3.5.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Tahap ketiga pada LCA adalah tahap *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) atau tahap analisa mengenai jenis dan besarnya nilai tiap kategori dampak yang dihasilkan. Dampak lingkungan yang dihasilkan dilakukan penilaian menggunakan metode *Impact 2002+*. *Impact category* yang tersedia pada metode ini adalah *global warming 100a*, *ozone depletion*, *ozone formation*, *acidification*, *terrestrial eutrophication*, *aquatic eutrophication EP*, *human toxicity*, *ecotoxicity*, *hazardous waste*, *slag/ashes*, *bulk waste*, *radioactive waste*, dan 29 *resouces*. Hasil penginputan data *Life Cycle Inventory* diperoleh grafik dari setiap proses dimana menunjukkan nilai *impact assessment* yang menjadi prioritas. Prioritas *impact assessment* pada penelitian ini dipilih berdasarkan besarnya dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Pada tahapan penentuan dampak terdapat beberapa langkah seperti *characterization*, *normalization*, dan *weighting*.

a. Characterization

Characterization adalah mengalikan kualitas effluen yang berkontribusi pada *impact category* dengan *characterization factor* untuk menggambarkan kontribusi relatif substansi tersebut. Dimana besar effluen yang dihasilkan dari setiap kegiatan tersebut mempengaruhi keseluruhan *impact category*.

b. Normalization

Normalization merupakan penyetaraan satuan sesuai dengan masing-masing *impact category* yang dipilih. *Impact category* terpilih pada penelitian ini ditentukan berdasarkan dampak terbesar yang timbul akibat proses pengolahan lumpur tinja.

c. Weighting

Weighting melakukan pembobotan pada *impact categories*, dimana hasil dari *impact category* akan dikalikan dengan *weighting factor* dan kemudian diakumulasi sehingga mendapat *total score*.

d. Single Score

Single score merupakan klasifikasi semua nilai dari *impact category* berdasarkan proses ataupun material pembentuknya. Hasil dari *single score* akan didapatkan faktor yang berkontribusi pada dampak lingkungan, baik dari material ataupun proses produk.

3.5.4 Interpretasi Data

Tahap akhir dalam LCA dihasilkan alternatif untuk dilakukan perbaikan dalam masing-masing proses pengolahan. Alternatif yang dihasilkan tidak hanya satu, namun ada beberapa alternatif sebagai pertimbangan dalam mengambil keputusan.

3.5.5 Penentuan Alternatif dengan Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Analisa dilakukan dari hasil pengolahan data pada SimaPro 8.5.2, dimana menghasilkan beberapa alternatif. Pemilihan alternatif dilakukan adalah berdasarkan data primer pada kuisioner yang diberikan kepada narasumber yang berada pada IPLT Kota Batu. Pemilihan narasumber berdasarkan metode sampling tidak acak yaitu *purposive sampling* dimana peneliti memilih subjek berdasarkan kemampuan subjek dalam pemilihan alternatif guna mengurangi dampak proses lumpur tinja IPLT Kota Batu. Beberapa alternatif tersebut dianalisa menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Dimana dalam pembobotan prioritas alternatif akan dilakukan perhitungan beban elemen dengan *expert choice*.

3.5.6 Pemilihan Kriteria dalam Prosedur AHP

Dari hasil *Life Cycle Assessment* (LCA) akan diketahui grafik perbandingan dampak pencemar lingkungan. Kriteria yang dipilih berdasarkan alternatif yang dikeluarkan pada SimaPro 8.5.2.

3.5.7 Penentuan Alternatif dalam Prosedur AHP

Alternatif yang digunakan guna mengurangi dampak pencemar lingkungan berdasarkan output alternatif yang dihasilkan pada proses LCA di SimaPro 8.5.2.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang berisi

mengenai informasi dampak proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu terhadap lingkungan dan cara mengurangi dampak dengan berbagai alternatif pada permasalahan tersebut. Saran diberikan untuk perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengumpulan Data Sekunder dan Data Primer

4.1.1. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder didapatkan dari pihak IPLT Kota Batu meliputi debit pengolahan yang digunakan dalam proses pengolahan lumpur tinja. Lumpur tinja yang masuk ke dalam IPLT akan diolah secara aerobik dan anaerobik. Debit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Debit Pengolahan Lumpur Tinja

Unit Pengolahan	Q	Q
	m ³ /hari	L/hari
Solid Separation Chamber	36	36000
Anaerobic Baffled Reactor	17,858	17857,5
Kolam Fakultatif 1	14,737	14737
Kolam Fakultatif 2	14,737	14737
Kolam Maturasi 1	11,250	11250
Kolam Maturasi 2	11,250	11250

Sumber: Hasil analisis, 2019

Selain data dari pihak IPLT, data sekunder didapatkan dari studi literatur yang berkaitan dengan penelitian. Studi literatur berasal dari berbagai sumber yaitu jurnal penelitian baik internasional maupun nasional, *text book*, laporan kerja praktik, tugas akhir, tesis, peraturan pemerintah, makalah seminar, dan *website* yang memuat informasi yang berkaitan dengan penelitian ini.

4.1.2. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan analisis laboratorium hasil sampling kualitas effluen lumpur tinja, kuisioner dan wawancara kepada narasumber yang memahami kegiatan pengolahan. Sampling dimulai pada bulan Februari-Maret 2019 yang berpedoman pada SNI 6989.59:2008 yaitu apabila industri telah memiliki IPAL diambil pada lokasi sebelum dan setelah IPAL dengan memperhatikan waktu detensi (td). Waktu detensi

didapatkan dari kriteria desain. Nilai waktu detensi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Waktu Detensi Unit Pengolahan

Unit Pengolahan	Waktu Detensi	Satuan
Solid Separation Chamber	5	Hari
Anaerobic Baffled Reactor	6	Jam
Kolam Fakultatif 1	5	Hari
Kolam Fakultatif 2	5	Hari
Kolam Maturasi 1	10	Hari
Kolam Maturasi 2	10	Hari

Sumber: Hasil analisis, 2019 dan Lampiran II Permen PUPR No 4. Tahun 2017

Dari hasil analisis laboratorium akan diketahui nilai effluen masing-masing inlet dan outlet unit pengolahan. Dari sini dapat dilakukan perhitungan beban massa yang masuk pada setiap unit pengolahan dengan debit yang telah didapatkan dari data sekunder. Hasil analisis laboratorium effluen lumpur tinja dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil Analisis Laboratorium Lumpur Tinja (mg/L)

	Satuan	<i>Solid Separation Chamber</i>		<i>Anaerobic Baffled Reactors</i>		KOLAM FAKULTATIF 1	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
pH	-	7	7,8	7,8	7,4	7,4	7,7
TSS	mg/L	198	168	168	80	80	78
N	mg/L	180,32	115,58	115,58	73,24	73,24	72,28
P	mg/L	9,65	6,08	6,08	5,22	5,22	3,94
COD	mg/L	556	140	140	100	100	96
BOD	mg/L	292	73	73	52	52	50

Sumber: Hasil analisis, 2019

Tabel 4.4 Lanjutan Tabel 4.3 Hasil Analisis Laboratorium Lumpur Tinja

	Satuan	KOLAM FAKULTATIF 2		KOLAM MATURASI 1		KOLAM MATURASI 2	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
pH	-	7,7	8,7	8,7	7,7	7,7	7,8
TSS	mg/L	78	64	64	32	32	18
N	mg/L	72,28	47,13	47,13	36,88	36,88	10,8
P	mg/L	3,94	2,91	2,91	1,55	1,55	0,5
COD	mg/L	96	84	84	76	76	58
BOD	mg/L	50	44	44	40	40	30

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari hasil analisis laboratorium tersebut, didapatkan nilai konsentrasi COD dan BOD yang tinggi. Tingginya konsentrasi BOD dan COD mengakibatkan turunnya konsentrasi oksigen terlarut, hal ini berhubungan dengan tingginya kebutuhan oksigen untuk menguraikan bahan pencemar dalam effluen secara biologis.

Mikroorganisme sangat tergantung pada konsentrasi oksigen terlarut yang cukup, jika tidak maka organisme akan mengalami kesulitan bernafas. Hal tersebut akan mempengaruhi kemampuan mereka untuk melakukan aktifitas menyaring makanan, karena aktifitas menyaring makanan dan oksigen dilakukan secara bersamaan (Pirow dkk., 2001). Nilai parameter BOD pada unit *ABR (Anaerobic Baffled Reactor)* hanya mengalami penurunan konsentrasi sebesar 28,77% yang seharusnya bisa meremoval sebesar 70-95% dan pada unit Kolam Stabilisasi (Kolam Fakultatif dan Kolam Maturasi) terjadi pengendapan dengan removal 4-12% dan 9-25% yang seharusnya meremoval sebesar >60% tiap kolam stabilisasi. Hal lain yang dapat ditunjukkan oleh nilai BOD dan COD dan perbandingan nilainya yaitu 0,57-0,58. Apabila BOD/COD rendah, maka menunjukkan bahwa effluen mengandung bahan N (Nitrogen) maupun anorganik yang sulit terurai oleh mikroorganisme. Selain hal tersebut dapat disebabkan pula oleh bahan tersebut yang bersifat toksik bagi mikroorganisme pengurai senyawa atau unsur kimia

yang terdapat dalam effluen IPAL (Roosmini dan Womsiwor, 2009).

Dari nilai konsentrasi tersebut dapat dilakukan perhitungan beban massa pada masing-masing unit pengolahan. Berikut perhitungan beban massa pengolahan setiap unit:

1. Solid Separation Chamber

a. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

$$\begin{aligned} [\text{BOD}] \text{ Influen} &= 292 \text{ mg/L} \\ \text{Debit (Q)} &= 36 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 36.000 \text{ L/hari} \\ \text{Massa BOD Influen} &= Q \times [\text{BOD}] \\ &= 36.000 \text{ L/hari} \times 292 \text{ mg/L} \\ &= 10.512.000 \text{ mg/hari} \\ &= 10,512 \text{ kg/hari} \\ [\text{BOD}] \text{ Effluen} &= 73,00 \text{ mg/L} \\ \text{Massa BOD Effluen} &= Q \times [\text{BOD}] \\ &= 36.000 \text{ L/hari} \times 73 \text{ mg/L} \\ &= 2.628.000 \text{ mg/hari} \\ &= 2,628 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

b. Biodegradable Chemical Oxygen Demand (bCOD)

Pada kriteria desain air limbah domestik nilai bCOD tipikal dengan rasio bCOD/BOD adalah 1,65 pada rentang nilai 1,6-1,7 (Metcalf and Eddy, 2003). Dari sini dapat ditentukan nilai bCOD yaitu:

$$\begin{aligned} [\text{bCOD}] \text{ Influen} &= 1,65 \times [\text{BOD}_i] \\ &= 1,65 \times 292 \text{ mg/L} \\ &= 481,8 \text{ mg/l} \\ \text{Debit (Q)} &= 36 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 36.000 \text{ L/hari} \\ \text{Massa bCOD Influen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\ &= 36.000 \text{ L/hari} \times 481,8 \text{ mg/L} \\ &= 17.344.800 \text{ mg/hari} \\ &= 17,345 \text{ kg/hari} \\ [\text{bCOD}] \text{ Effluen} &= 1,65 \times [\text{BOD}_e] \\ &= 1,65 \times 73 \text{ mg/L} \\ &= 120,45 \text{ mg/l} \\ \text{Massa bCOD Effluen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\ &= 36.000 \text{ L/hari} \times 120,45 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$= 4.36.200 \text{ mg/hari}$$

$$= 4,336 \text{ kg/hari}$$

c. N (Nitrogen)

$$[N] \text{ Influen} = 180,32 \text{ mg/L}$$

$$\text{Debit (Q)} = 36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 36.000 \text{ L/hari}$$

$$\text{Massa N Influen} = Q \times [N]$$

$$= 36.000 \text{ L/hari} \times 180,32 \text{ mg/L}$$

$$= 6.491.520 \text{ mg/hari}$$

$$= 6,491 \text{ kg/hari}$$

$$[N] \text{ Effluen} = 115,58 \text{ mg/L}$$

$$\text{Massa N Efluen} = Q \times [N]$$

$$= 36.000 \text{ L/hari} \times 115,58 \text{ mg/L}$$

$$= 4.160.880 \text{ mg/hari}$$

$$= 4,161 \text{ kg/hari}$$

d. P (Phospat)

$$[P] \text{ Influen} = 9,65 \text{ mg/L}$$

$$\text{Debit (Q)} = 36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 36.000 \text{ L/hari}$$

$$\text{Massa P Influen} = Q \times [P]$$

$$= 36.000 \text{ L/hari} \times 9,65 \text{ mg/L}$$

$$= 347.400 \text{ mg/hari}$$

$$= 0,347 \text{ kg/hari}$$

$$[P] \text{ Effluen} = 6,08 \text{ mg/L}$$

$$\text{Massa Phospat Efluen} = Q \times [\text{Phospat}]$$

$$= 36.000 \text{ L/hari} \times 6,08 \text{ mg/L}$$

$$= 218.880 \text{ mg/hari}$$

$$= 0,219 \text{ kg/hari}$$

2. Anaerobic Baffled Reactor

a. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

$$[\text{BOD}] \text{ Influen} = 73 \text{ mg/L}$$

$$\text{Debit (Q)} = 17,858 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 17.858 \text{ L/hari}$$

$$\text{Massa BOD Influen} = Q \times [\text{BOD}]$$

$$= 17.858 \text{ L/hari} \times 73 \text{ mg/L}$$

$$= 1.303.597,50 \text{ mg/hari}$$

$$= 1,304 \text{ kg/hari}$$

$$[\text{BOD}] \text{ Effluen} = 52,00 \text{ mg/L}$$

$$\text{Massa BOD Efluen} = Q \times [\text{BOD}]$$

$$\begin{aligned}
 &= 17.858 \text{ L/hari} \times 52 \text{ mg/L} \\
 &= 928.590 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,929 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

b. Biodegradable Chemical Oxygen Demand (COD)

Pada kriteria desain air limbah domestik nilai bCOD tipikal dengan rasio bCOD/BOD adalah 1,65 pada rentang nilai 1,6-1,7 (Metcalf and Eddy, 2003). Dari sini dapat ditentukan nilai bCOD yaitu:

$$\begin{aligned}
 [\text{bCOD}]_{\text{Influen}} &= 1,65 \times [\text{BOD}_i] \\
 &= 1,65 \times 73 \text{ mg/L} \\
 &= 120,45 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 17,858 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 17.858 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa bCOD Influen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\
 &= 17.858 \text{ L/hari} \times 115,58 \text{ mg/L} \\
 &= 2.063.969,85 \text{ mg/hari} \\
 &= 2,064 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{bCOD}]_{\text{Effluen}} &= 1,65 \times [\text{BOD}_e] \\
 &= 1,65 \times 52 \text{ mg/L} \\
 &= 85,8 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa bCOD Efluen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\
 &= 17.858 \text{ L/hari} \times 85,8 \text{ mg/L} \\
 &= 1.532.173 \text{ mg/hari} \\
 &= 1,532 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

c. N (Nitrogen)

$$[\text{N}]_{\text{Influen}} = 115,58 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 17,858 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 17.858 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa N Influen} &= Q \times [\text{N}] \\
 &= 17.858 \text{ L/hari} \times 115,58 \text{ mg/L} \\
 &= 2.063.969,85 \text{ mg/hari} \\
 &= 2,064 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$[\text{N}]_{\text{Effluen}} = 73,24 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa N Efluen} &= Q \times [\text{N}] \\
 &= 17.858 \text{ L/hari} \times 73,24 \text{ mg/L} \\
 &= 1.307.883 \text{ mg/hari} \\
 &= 1,308 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

d. P (Phospat)

$$[\text{P}]_{\text{Influen}} = 6,08 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
\text{Debit (Q)} &= 17,858 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 17.858 \text{ L/hari} \\
\text{Massa P Influen} &= Q \times [P] \\
&= 17.858 \text{ L/hari} \times 6,08 \text{ mg/L} \\
&= 108.573,6 \text{ mg/hari} \\
&= 0,106 \text{ kg/hari} \\
[P] \text{ Effluen} &= 5,22 \text{ mg/L} \\
\text{Massa P Efluen} &= Q \times [P] \\
&= 17.858 \text{ L/hari} \times 5,22 \text{ mg/L} \\
&= 93.216,15 \text{ mg/hari} \\
&= 0,093 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

3. Kolam Fakultatif 1

a. **Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

$$\begin{aligned}
[BOD] \text{ Influen} &= 52 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa BOD Influen} &= Q \times [BOD] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 52 \text{ mg/L} \\
&= 766.315,79 \text{ mg/hari} \\
&= 0,766 \text{ kg/hari} \\
[BOD] \text{ Effluen} &= 50,00 \text{ mg/L} \\
\text{Massa BOD Efluen} &= Q \times [BOD] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 50 \text{ mg/L} \\
&= 736.842,11 \text{ mg/hari} \\
&= 0,737 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

b. **Biodegradable Chemical Oxygen Demand (COD)**

Pada kriteria desain air limbah domestik nilai bCOD tipikal dengan rasio bCOD/BOD adalah 1,65 pada rentang nilai 1,6-1,7 (Metcalf and Eddy, 2003). Dari sini dapat ditentukan nilai bCOD yaitu:

$$\begin{aligned}
[bCOD] \text{ Influen} &= 1,65 \times [BOD_i] \\
&= 1,65 \times 52 \text{ mg/L} \\
&= 85,8 \text{ mg/l} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa bCOD Influen} &= Q \times [bCOD] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 85,8 \text{ mg/L} \\
&= 1.264.421 \text{ mg/hari} \\
&= 1,264 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[\text{bCOD}] \text{ Effluen} &= 1,65 \times [\text{BODe}] \\
&= 1,65 \times 50 \text{ mg/L} \\
&= 82,5 \text{ mg/l} \\
\text{Massa bCOD Efluen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 82,5 \text{ mg/L} \\
&= 1.215.789 \text{ mg/hari} \\
&= 1,216 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

c. N (Nitrogen)

$$\begin{aligned}
[\text{N}] \text{ Influen} &= 73,24 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa N Influen} &= Q \times [\text{N}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 73,24 \text{ mg/L} \\
&= 1.079.326,32 \text{ mg/hari} \\
&= 1,079 \text{ kg/hari} \\
[\text{N}] \text{ Effluen} &= 72,28 \text{ mg/L} \\
\text{Massa N Efluen} &= Q \times [\text{N}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 72,28 \text{ mg/L} \\
&= 1.065.178,95 \text{ mg/hari} \\
&= 1,065 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

d. P (Phospat)

$$\begin{aligned}
[\text{P}] \text{ Influen} &= 5,22 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa P Influen} &= Q \times [\text{P}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 5,22 \text{ mg/L} \\
&= 76.926,32 \text{ mg/hari} \\
&= 0,077 \text{ kg/hari} \\
[\text{P}] \text{ Effluen} &= 3,94 \text{ mg/L} \\
\text{Massa P Efluen} &= Q \times [\text{P}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 3,94 \text{ mg/L} \\
&= 58.063,16 \text{ mg/hari} \\
&= 0,058 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

4. Kolam Fakultatif 2

a. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

$$\begin{aligned}
[\text{BOD}] \text{ Influen} &= 50 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa BOD Influen} &= Q \times [\text{BOD}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 50 \text{ mg/L} \\
&= 736.842,11 \text{ mg/hari} \\
&= 0,737 \text{ kg/hari} \\
[\text{BOD}] \text{ Effluen} &= 44,00 \text{ mg/L} \\
\text{Massa BOD Efluen} &= Q \times [\text{BOD}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 44 \text{ mg/L} \\
&= 648.421,05 \text{ mg/hari} \\
&= 0,648 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

b. Biodegradable Chemical Oxygen Demand (COD)

Pada kriteria desain air limbah domestik nilai bCOD tipikal dengan rasio bCOD/BOD adalah 1,65 pada rentang nilai 1,6-1,7 (Metcalf and Eddy, 2003). Dari sini dapat ditentukan nilai bCOD yaitu:

$$\begin{aligned}
[\text{bCOD}] \text{ Influen} &= 1,65 \times [\text{BOD}_i] \\
&= 1,65 \times 50 \text{ mg/L} \\
&= 82,5 \text{ mg/l} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa bCOD Influen} &= Q \times [\text{COD}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 82,5 \text{ mg/L} \\
&= 1.215.789 \text{ mg/hari} \\
&= 1,216 \text{ kg/hari} \\
[\text{bCOD}] \text{ Effluen} &= 1,65 \times [\text{BOD}_e] \\
&= 1,65 \times 44 \text{ mg/L} \\
&= 72,6 \text{ mg/l} \\
\text{Massa bCOD Efluen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 72,6 \text{ mg/L} \\
&= 1.069.894 \text{ mg/hari} \\
&= 1,070 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

c. N (Nitrogen)

$$\begin{aligned}
[\text{N}] \text{ Influen} &= 72,28 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa N Influen} &= Q \times [\text{N}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 72,28 \text{ mg/L} \\
&= 1.065.178,95 \text{ mg/hari} \\
&= 1,065 \text{ kg/hari} \\
[\text{N}] \text{ Effluen} &= 47,13 \text{ mg/L} \\
\text{Massa N Efluen} &= Q \times [\text{N}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 47,13 \text{ mg/L} \\
&= 694.541,37 \text{ mg/hari} \\
&= 0,695 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

d. P (Phospat)

$$\begin{aligned}
[\text{P}] \text{ Influen} &= 3,94 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa P Influen} &= Q \times [\text{P}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 3,94 \text{ mg/L} \\
&= 58.063,16 \text{ mg/hari} \\
&= 0,058 \text{ kg/hari} \\
[\text{P}] \text{ Effluen} &= 2,91 \text{ mg/L} \\
\text{Massa P Efluen} &= Q \times [\text{P}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 2,91 \text{ mg/L} \\
&= 42.884,21 \text{ mg/hari} \\
&= 0,043 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

e. TSS

$$\begin{aligned}
[\text{TSS}] \text{ Influen} &= 78 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 14,737 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \\
\text{Massa TSS Influen} &= Q \times [\text{TSS}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 78 \text{ mg/L} \\
&= 1.149.473,68 \text{ mg/hari} \\
&= 1,149 \text{ kg/hari} \\
[\text{TSS}] \text{ Effluen} &= 64,00 \text{ mg/L} \\
\text{Massa TSS Efluen} &= Q \times [\text{TSS}] \\
&= 14.737 \text{ L/hari} \times 64 \text{ mg/L} \\
&= 943.157,89 \text{ mg/hari} \\
&= 0,943 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

5. Kolam Maturasi 1

a. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

$$\begin{aligned}
[\text{BOD}] \text{ Influen} &= 44 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \\
\text{Massa BOD Influen} &= Q \times [\text{BOD}] \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \times 44 \text{ mg/L} \\
&= 495.000 \text{ mg/hari} \\
&= 0,495 \text{ kg/hari} \\
[\text{BOD}] \text{ Effluen} &= 40,00 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa BOD Efluen} &= Q \times [\text{BOD}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 40 \text{ mg/L} \\
 &= 450.000 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,45 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

b. Biodegradable Chemical Oxygen Demand (COD)

Pada kriteria desain air limbah domestik nilai bCOD tipikal dengan rasio bCOD/BOD adalah 1,65 pada rentang nilai 1,6-1,7 (Metcalf and Eddy, 2003). Dari sini dapat ditentukan nilai bCOD yaitu:

$$\begin{aligned}
 [\text{bCOD}]_{\text{Influen}} &= 1,65 \times [\text{BOD}_i] \\
 &= 1,65 \times 44 \text{ mg/L} \\
 &= 72,6 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 11.250 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa bCOD Influen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 72,6 \text{ mg/L} \\
 &= 816.750 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,817 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{bCOD}]_{\text{Effluen}} &= 1,65 \times [\text{BOD}_e] \\
 &= 1,65 \times 40 \text{ mg/L} \\
 &= 66 \text{ mg/l}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa bCOD Efluen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 66 \text{ mg/L} \\
 &= 742.500 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,743 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

c. N (Nitrogen)

$$[\text{N}]_{\text{Influen}} = 47,13 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit (Q)} &= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 11.250 \text{ L/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa N Influen} &= Q \times [\text{N}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 47,13 \text{ mg/L} \\
 &= 530.212,50 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,530 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$[\text{N}]_{\text{Effluen}} = 36,88 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa N Efluen} &= Q \times [\text{N}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 36,88 \text{ mg/L} \\
 &= 414.900 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,415 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

d. P (Phospat)

$$\begin{aligned}
[P] \text{ Influen} &= 2,91 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \\
\text{Massa P Influen} &= Q \times [P] \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \times 2,91 \text{ mg/L} \\
&= 32.737,50 \text{ mg/hari} \\
&= 0,033 \text{ kg/hari} \\
[P] \text{ Effluen} &= 1,55 \text{ mg/L} \\
\text{Massa P Effluen} &= Q \times [P] \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \times 1,55 \text{ mg/L} \\
&= 17.437,50 \text{ mg/hari} \\
&= 0,017 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

6. Kolam Maturasi 2

a. **Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

$$\begin{aligned}
[\text{BOD}] \text{ Influen} &= 40 \text{ mg/L} \\
\text{Debit (Q)} &= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \\
\text{Massa BOD Influen} &= Q \times [\text{BOD}] \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \times 40 \text{ mg/L} \\
&= 450.000 \text{ mg/hari} \\
&= 0,450 \text{ kg/hari} \\
[\text{BOD}] \text{ Effluen} &= 30,00 \text{ mg/L} \\
\text{Massa BOD Effluen} &= Q \times [\text{BOD}] \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \times 30 \text{ mg/L} \\
&= 337.500 \text{ mg/hari} \\
&= 0,338 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

b. **Biodegradable Chemical Oxygen Demand (COD)**

Pada kriteria desain air limbah domestik nilai bCOD tipikal dengan rasio bCOD/BOD adalah 1,65 pada rentang nilai 1,6-1,7 (Metcalf and Eddy, 2003). Dari sini dapat ditentukan nilai bCOD yaitu:

$$\begin{aligned}
[\text{bCOD}] \text{ Influen} &= 1,65 \times [\text{BOD}_i] \\
&= 1,65 \times 40 \text{ mg/L} \\
&= 66 \text{ mg/l} \\
\text{Debit (Q)} &= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \\
\text{Massa bCOD Influen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\
&= 11.250 \text{ L/hari} \times 66 \text{ mg/L} \\
&= 742.500 \text{ mg/hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,743 \text{ kg/hari} \\
 [\text{bCOD}] \text{ Effluen} &= 1,65 \times [\text{BODe}] \\
 &= 1,65 \times 30 \text{ mg/L} \\
 &= 49,5 \text{ mg/l} \\
 \text{Massa bCOD Efluen} &= Q \times [\text{bCOD}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 49,5 \text{ mg/L} \\
 &= 556.875 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,557 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

c. N (Nitrogen)

$$\begin{aligned}
 [\text{N}] \text{ Influen} &= 36,88 \text{ mg/L} \\
 \text{Debit (Q)} &= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \\
 \text{Massa N Influen} &= Q \times [\text{N}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 36,88 \text{ mg/L} \\
 &= 414.900 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,415 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

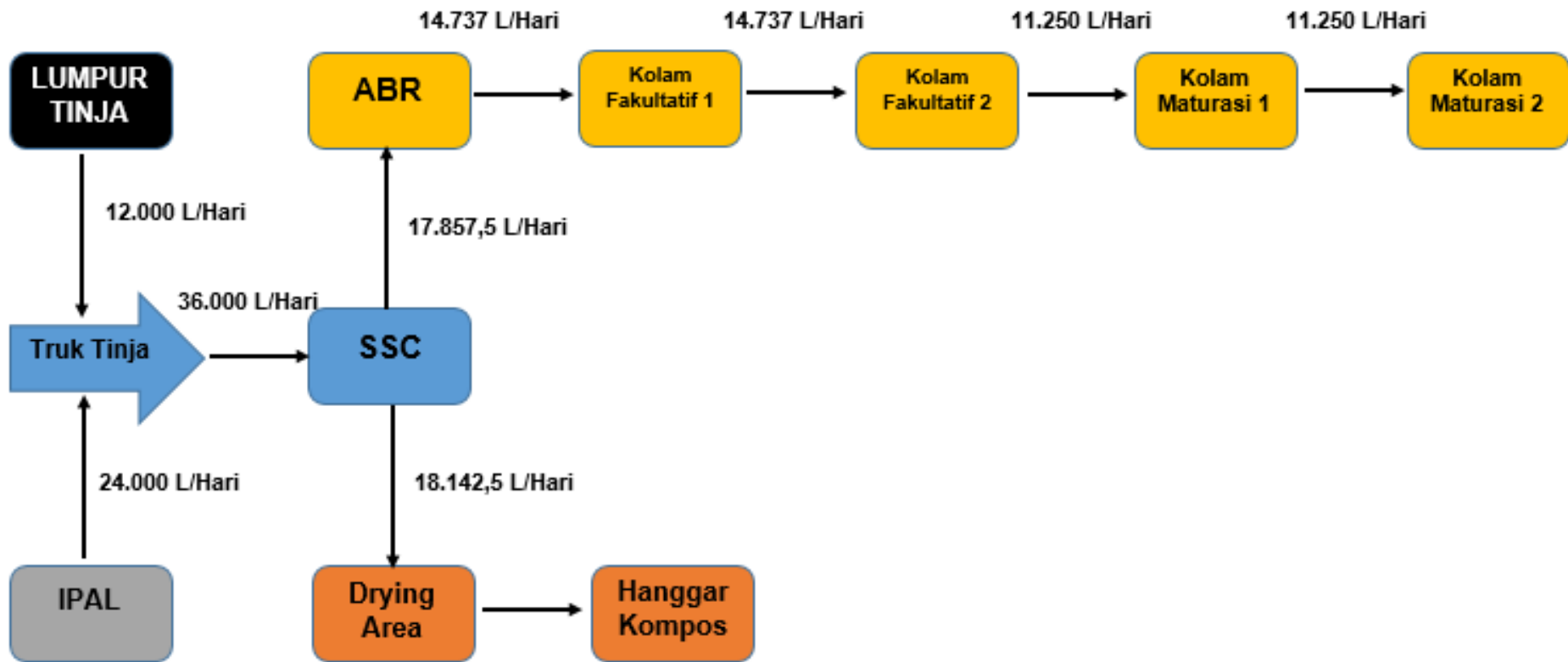
$$\begin{aligned}
 [\text{N}] \text{ Effluen} &= 10,8 \text{ mg/L} \\
 \text{Massa N Efluen} &= Q \times [\text{N}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 10,8 \text{ mg/L} \\
 &= 121.500 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,122 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

d. P (Phospat)

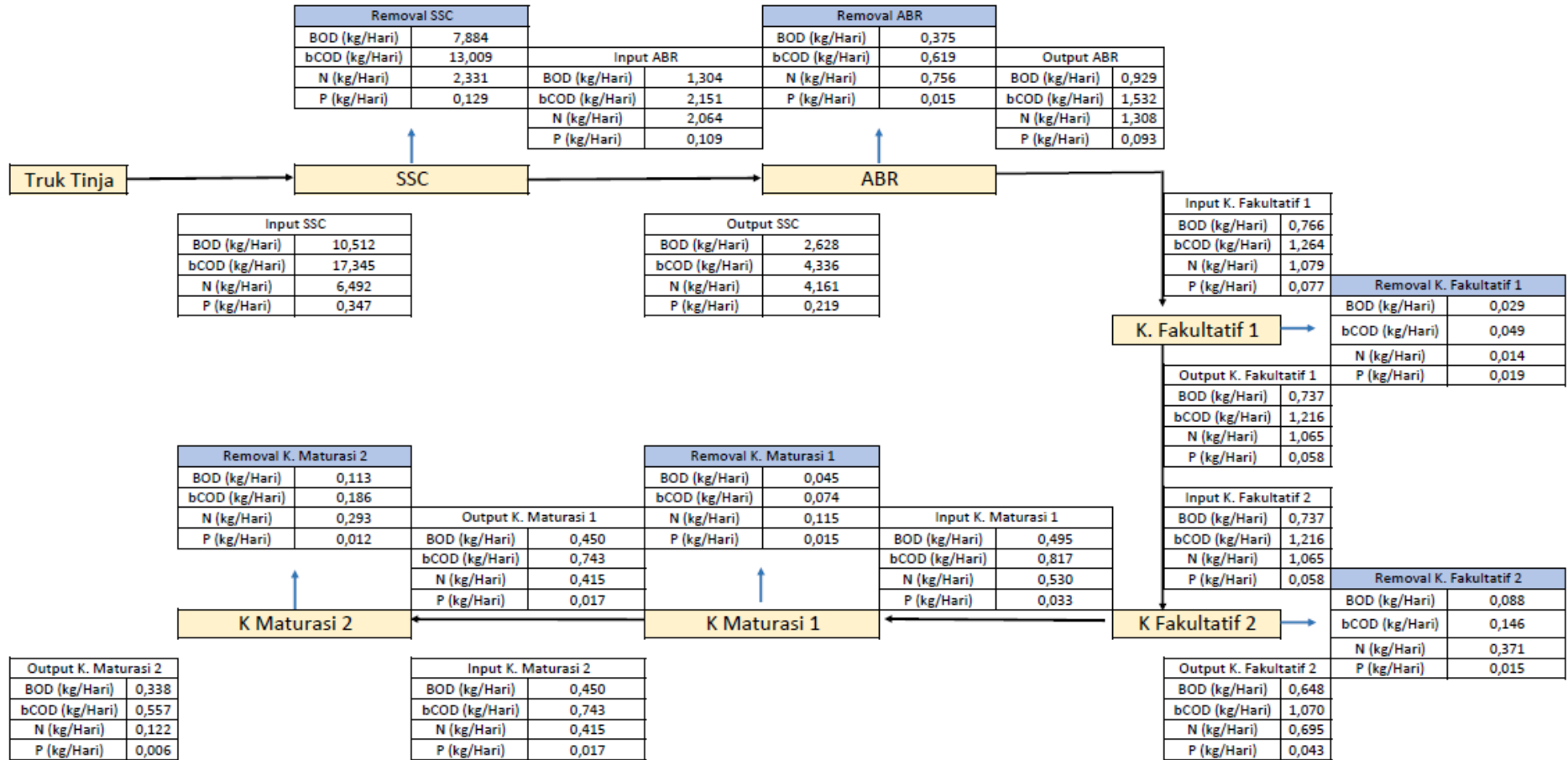
$$\begin{aligned}
 [\text{P}] \text{ Influen} &= 1,55 \text{ mg/L} \\
 \text{Debit (Q)} &= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \\
 \text{Massa P Influen} &= Q \times [\text{P}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 1,55 \text{ mg/L} \\
 &= 17.437,50 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,017 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{P}] \text{ Effluen} &= 0,5 \text{ mg/L} \\
 \text{Massa P Efluen} &= Q \times [\text{P}] \\
 &= 11.250 \text{ L/hari} \times 0,5 \text{ mg/L} \\
 &= 5.625 \text{ mg/hari} \\
 &= 0,006 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas dibuat gambar debit pengolahan pada Gambar 4.1 dan gambar *mass balance* proses pengolahan lumpur tinja yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.1 Debit Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu
 Sumber: Hasil analisis, 2019



Gambar 4.2 Mass Balance Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu
 Sumber: Hasil analisis, 2019

Penurunan debit air limbah pada IPLT Kota Batu disebabkan adanya endapan lumpur tiap kolam, dan volume kolam yang berbeda. Pada kolam Fakultatif 1 dan kolam Fakultatif 2 memiliki ukuran volume kolam yang sama. Selain itu, kolam Maturasi 1 dan kolam Maturasi 2 juga memiliki ukuran volume sama. Pada IPLT Kota Batu diantara kolam Fakultatif dan kolam Maturasi bisa mengolah proses pengoalahan lumpur tinja diantara salah satu kolam-kolam tersebut jika salah satu kolam dalam perawatan atau semua kolam dapat digunakan dalam proses pengolahan lumpur tinja. Untuk data primer dari kuisisioner akan dibagikan setelah diketahui dampak dari kegiatan proses pengolahan dengan studi literatur yang berkaitan dengan sistem kegiatan pengolahan. Narasumber yang diwawancarai yang paham terkait pengoalahn lumpurt tinja di IPLT akan memilih alternatif yang memungkinkan untuk diaplikasikan pada pengolahan untuk mengurangi dampak yang terjadi. Kuisisioner yang diisikan terlampir pada lampiran.

4.2. Pengolahan *Life Cycle Assessment* dengan *Software SimaPro 8.5*

Pengolahan data penilaian dampak lingkungan dengan *software* SimaPro 8.5.2 diperlukan beberapa tahapan yakni penentuan *goal and scope*, *life cycle inventory* (LCI), *life cycle assessment* (LCIA), dan *interpretation data*. Lingkup penelitian ini terbatas hanya pada proses pengolahan limbah tinja organik dan anorganik.

Pada tahapan *life cycle inventory* (LCI) dilakukan input data berupa konsentrasi dari tiap unit pengolahan dan debit tiap unit berupa material pengolahan untuk proses pengolahan tinja. Pada tahap *life cycle impact assessment* (LCIA) yaitu tahap penentuan dampak lingkungan dilakukan dengan beberapa tahapan yakni *characterization*, *normalization*, *weighting* dan *single score*. Hasil dari interpretasi data akan menunjukkan dampak dari sebuah proses untuk selanjutnya dilakukan upaya perbaikan. Data yang menjadi inputan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari pihak IPLT dan hasil dari sampling. Salah satu kelemahan *software* SimaPro adalah tidak semua *database* tersedia sehingga harus menggunakan pendekatan dengan literatur dan melengkapi secara pribadi.

4.3. Penentuan *Goal* dan *Scope*

Langkah pertama adalah menentukan definisi tujuan dan ruang lingkup penelitian. Tahapan ini membantu konsistensi dari penelitian LCA. Tujuan pada penelitian ini adalah analisis kontribusi dampak lingkungan akibat proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode *life cycle assessment* (LCA). Alasan untuk melaksanakan penelitian harus diuraikan dengan jelas. Batasan penelitian menentukan unit proses mana yang tercakup dalam penelitian LCA. Berikut tahap penentuan *goal* dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Wizards	Name
Wizards	Analisa Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu
Goal and scope	
Description	Date
Libraries	15/04/2019
Inventory	Author
Processes	Firlianda Imansyah
Product stages	Comment
Waste types	1. Bagaimana kontribusi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode Life Cycle Assessment (LCA)?
Parameters	2. Alternatif-alternatif apa saja dalam mengurangi kontribusi dampak lingkungan dari dampak proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode Analytic Hierarchy Process (AHP)?
Impact assessment	LCA type
Methods	Internal LCA
Calculation setups	ISO 14040: Clear description of the goal and scope. ISO 14041 specifies recommended choices. ISO 14042 sets minimum standards for impact assessment. Sensitivity analysis is very important.
Interpretation	Goal
Interpretation	1. Menentukan kontribusi dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode Life Cycle Assessment (LCA).
Document Links	2. Menentukan alternatif-alternatif dalam mengurangi kontribusi dampak lingkungan dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode Analytic Hierarchy Process (AHP).
General data	Reason
Literature references	
Substances	Commissioner
Units	
Quantities	
Images	

Gambar 4.3 Penentuan *Goal* pada Software SimaPro 8.5.2

Sumber: Hasil analisis, 2019

Selanjutnya menentukan *scope* atau batasan penelitian yang akan dikaji pada Gambar 4.6. Pada tahap ini *scope* penelitian yang dipilih adalah *ecoinvent database*.

Ecoinvent adalah database dalam SimaPro yang bersifat transparansi dan konsistensi. *Database ecoinvent* terdiri dari data inventarisasi yang mencakup semua kegiatan, dimana setiap dataset tersebut menggambarkan aktivitas pada tingkat proses unit. *Database ecoinvent* menyediakan data-data selama proses inventarisasi data dan memberikan informasi terkait dampak lingkungan yang ditimbulkan. *Database ecoinvent* memungkinkan perusahaan untuk memproduksi produk yang ramah lingkungan dan membantu dalam penyusunan dan penerapan kebijakan yang direncanakan. Hasil dari *database ecoinvent* dapat digunakan untuk penilaian komparatif dengan tujuan untuk mengidentifikasi barang atau jasa yang lebih ramah lingkungan.

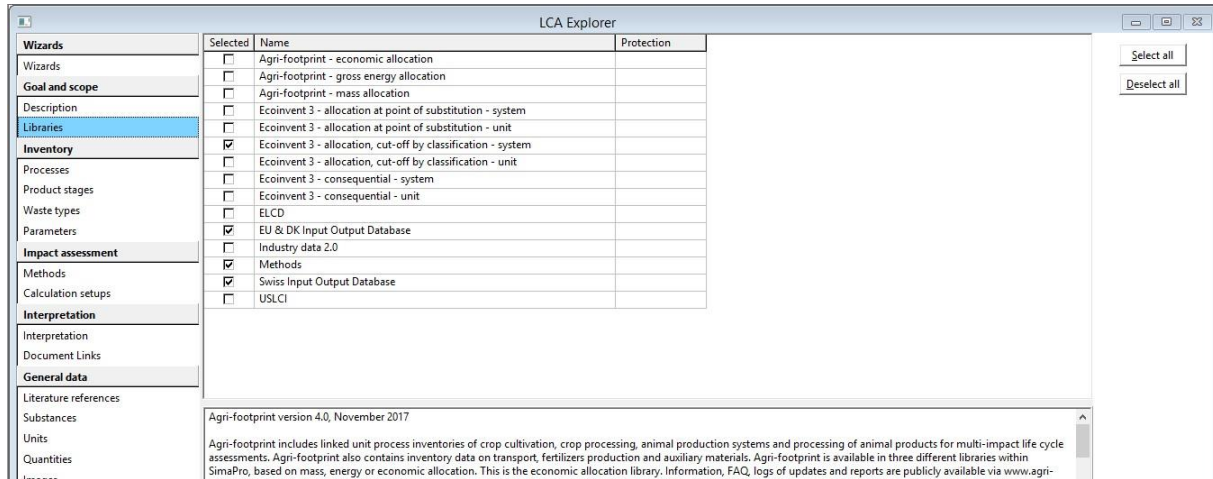
Scope ini dipilih dikarenakan fokus terhadap dua hal diantaranya :

1. Input

Input data terdiri dari dua yaitu data latar depan, yang mengacu pada data spesifik untuk memodelkan sistem dengan menggambarkan sistem produksi tertentu. Data latar belakang yaitu data untuk produksi bahan generik, energi, transportasi dan pengelolaan limbah. Data ini dapat ditemukan di basis data SimaPro dan dari literatur. Pada proses pengolahan lumpur tinja di setiap unit instalasi mengolah beban massa organik dan anorganik dari perhitungan debit dan konsentras dari tiap unit pengolahan.

2. Output

Output yang dimaksud adalah dampak lingkungan. Dampak yang dipilih pada penelitian ini adalah *aquatic eutrophication*, *global warming* dan *non renewable energy* dari 14 kategori dampak yang ditimbulkan dari proses pengolahan lumpur tinja. Tahap penentuan *scope* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Penentuan Scope pada Software SimaPro 8.5.2

Sumber: Hasil analisis, 2019

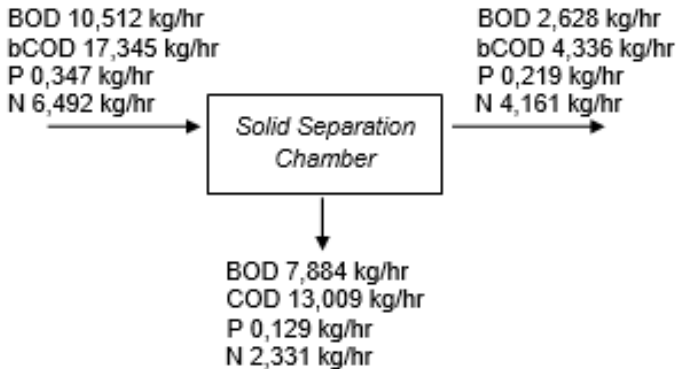
4.4. Penentuan Life Cycle Inventory (LCI)

Pada tahap ini penginputan data, seperti beban pengolahan proses pada unit pengolahan selama proses. Data sekunder yang digunakan secara spesifik didapat dari pihak IPLT Kota Batu meliputi debit pengolahan dan beban pengolahan proses pada unit pengolahan.

Data primer didapatkan dari hasil sampling dan perhitungan beban pengolahan. Data yang dimasukkan dalam jumlah per hari dan dianggap data per hari dalam satu bulan konstan. Hasil dari tahap ini nantinya akan dapat digambarkan dalam sebuah *flow sheet* atau *process tree*.

4.4.1. Life Cycle Inventory (LCI) pada Solid Separation Chamber

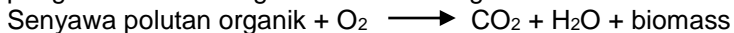
Solid separation chamber merupakan unit awal dalam proses pengolahan tinja. Lumpur tinja dari truk tinja mengalir secara gravitasi ke unit ini. Pada awal masuk, lumpur tinja akan mengalami proses penyaringan oleh *barscreen* yang kemudian terjadi proses filtrasi oleh pasir dan kerikil di dalam unit *solid separation chamber*. Supernatan yang masuk melalui pipa *underdrain* di dasar unit *solid separation chamber* akan mengalir menuju *anaerobic baffled reactor* secara gravitasi. Data yang digunakan berdasarkan beban pengolahan digambarkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Material Balance pada Solid Separation Chamber

Sumber: Hasil analisis, 2019

Pada *material balance* di unit *solid separation chamber* (SSC) terjadi proses degradasi bahan organik. Persamaan reaksi penguraian bahan organik adalah sebagai berikut :



Sebagian besar IPAL yang menggunakan proses pengolahan secara aerob, akan berkontribusi terhadap gas rumah kaca yang didominasi oleh gas karbondioksida (Monteith et al,

2005). Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang (Singh dan Kansal, 2016).

Menurut Protokol Kyoto mengatur enam jenis gas-gas rumah kaca, yaitu karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (N₂O), dan tiga gas-gas industri yang mengandung fluor (HFC, PFC, dan SF₆). Sumber utama emisi gas rumah kaca dari kegiatan air limbah domestik berasal dari pengolahan dan pembuangan limbah (KLH, 2007).

Life cycle inventory dari proses di *solid separation chamber* dapat dilihat pada Tabel 4.5. Inputan *dari life cycle inventory* ini menggunakan data dalam satuan per hari.

Tabel 4.5 Life Cycle Inventory pada Unit Solid Separation Chamber

Input		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	36.000	L/hari
Nitrogen	180,32	mg/L
Phospat	9,65	mg/L
bCOD	481,8	mg/L
BOD	292	mg/L
Output		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	36.000	L/hari
Nitrogen	115,58	mg/L
Phospat	6,08	mg/L
bCOD	120,45	mg/L
BOD	73	mg/L

Sumber: Hasil analisis, 2019

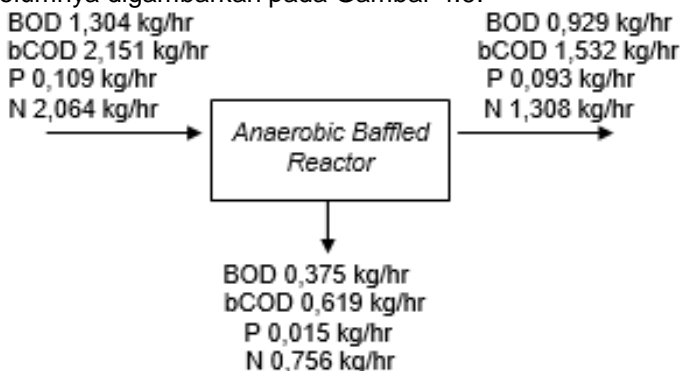
Untuk melakukan input pada *software* SimaPro digunakan data material yang digunakan dalam proses pengolahan. Inputan

yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Beberapa data yang diinputkan pada *software* SimaPro memiliki keterbatasan data yang tersedia sehingga memerlukan penyesuaian seperti penyesuaian satuan.

4.4.2. *Life Cycle Inventory (LCI)* pada *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) merupakan unit kedua dalam proses pengolahan tinja yang bersifat anaerob dimana *overflow* dari bak SSC akan mengalir menuju ABR. Lumpur tinja dari bak SSC mengalir secara gravitasi ke unit ini. Data yang digunakan berdasarkan perhitungan beban pengolahan sebelumnya digambarkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Material Balance* pada ABR

Sumber: Hasil analisis, 2019

Proses biologis aerobik biasa digunakan dalam pengolahan air limbah domestik untuk mencapai tingkat efisiensi pengolahan yang tinggi, sedangkan dalam pengolahan anaerob, banyak hasil yang dicapai dalam bioteknologi anaerob untuk pengolahan limbah berdasarkan konsep pemulihan dan pemanfaatan sumber daya sambil tetap mencapai tujuan dalam pengendalian polusi (Chan, 2009).

Sistem anaerob menghasilkan jumlah lumpur yang jauh lebih kecil daripada perawatan aerobik. Lumpur yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pupuk dengan perawatan yang tepat,

dengan demikian, dapat menghilangkan kebutuhan untuk pembuangan produk sampingan sama sekali (Nguyen, 2010). Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang (Singh dan Kansal, 2018).

Life cycle inventory dari proses di *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* dapat dilihat pada Tabel 4.6. Inputan dari *life cycle inventory* ini menggunakan data dalam satuan per hari.

Tabel 4.6 Life Cycle Inventory pada Unit Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Input		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	17.858	L/hari
Nitrogen	115,58	mg/L
Phospat	6,08	mg/L
bCOD	120,45	mg/L
BOD	73	mg/L
Output		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	17.858	L/hari
Nitrogen	73,24	mg/L
Phospat	5,22	mg/L
bCOD	85,8	mg/L
BOD	52	mg/L

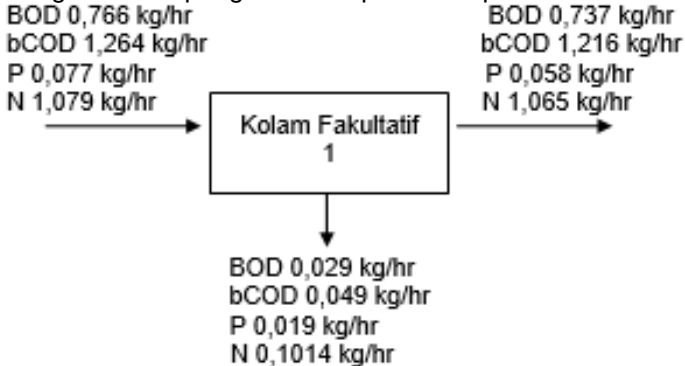
Sumber: Hasil analisis, 2019

Inputan yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Beberapa data yang diinputkan dalam aplikasi *software* SimaPro terdapat keterbatasan data yang tersedia sehingga memerlukan penyesuaian satuan atau menggunakan satuan yang mendekati.

4.4.3. *Life Cycle Inventory (LCI)* pada Kolam Fakultatif 1

Kolam Fakultatif 1 merupakan unit ketiga dalam proses pengolahan tinja yang bersifat aerobik dari bak ABR akan mengalir menuju Kolam Fakultatif 1. Data yang digunakan berdasarkan perhitungan beban pengolahan dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Material Balance* pada Kolam Fakultatif 1

Sumber: Hasil analisis, 2019

Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang (Singh dan Kansal, 2018). Sektor limbah (limbah padat dan limbah cair) turut berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca ke atmosfer antara 3-4% (IPCC, 2006). Gas CO₂ sebesar 55% menjadi kontribusi utama dalam pemanasan global (Samiaji, 2009).

Pengelolaan air limbah dapat dilakukan secara alamiah maupun melalui bantuan teknologi. Pengolahan air limbah secara alamiah biasanya dilakukan dengan bantuan kolam stabilisasi. Kolam stabilisasi sangat direkomendasikan untuk pengelolaan air limbah di daerah tropis dan negara berkembang sebab biaya yang diperlukan untuk membuatnya relatif murah tetapi membutuhkan area yang luas (Kustiasih, 2017).

Life cycle inventory dari proses di Kolam Fakultatif 1 dapat dilihat pada Tabel 4.7. Inputan dari *life cycle inventory* ini menggunakan data dalam satuan per hari.

Tabel 4.7 Life Cycle Inventory pada Unit Kolam Fakultatif 1

Input		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	14.737	L/hari
Material	Kuantitas	Satuan
Nitrogen	73,24	mg/L
Phospat	5,22	mg/L
bCOD	85,8	mg/L
BOD	52	mg/L
Output		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	14.737	L/hari
Nitrogen	72,28	mg/L
Phospat	3,94	mg/L
bCOD	82,5	mg/L
BOD	50	mg/L

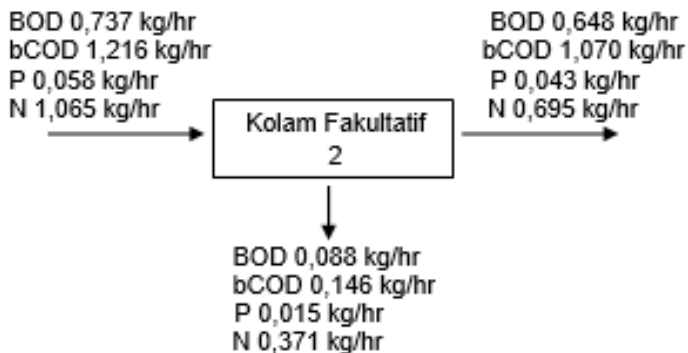
Sumber: Hasil analisis, 2019

Inputan yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.13.

Beberapa data yang diinputkan dalam aplikasi *software* SimaPro terdapat keterbatasan data yang tersedia sehingga memerlukan penyesuaian satuan atau menggunakan satuan yang mendekati.

4.4.4. *Life Cycle Inventory* (LCI) pada Kolam Fakultatif 2

Kolam Fakultatif 2 merupakan unit keempat dalam proses pengolahan tinja yang bersifat aerobik dari bak Kolam Fakultatif 1 akan mengalir menuju Kolam Fakultatif 2. Data yang digunakan berdasarkan perhitungan beban pengolahan dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Material Balance pada Unit Kolam Fakultatif 2

Sumber: Hasil analisis, 2019

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) mengemisikan gas rumah kaca dalam jumlah yang cukup signifikan dalam bentuk karbon dioksida, metana, dan nitrogen oksida (Chang, Kyung, and Lee, 2014). Penelitian lain dilakukan di Kanada (Monteith, Sahely, MacLean, dan Bagley, 2005) dengan IPAL yang diamati sebagian besar menggunakan proses aerobik sehingga emisi gas rumah kaca diperkirakan akan didominasi oleh karbondioksida sebesar 20% ke udara (Siska, 2010).

Life cycle inventory dari proses di Kolam Fakultatif 2 dapat dilihat pada Tabel 4.8. Inputan *dari life cycle inventory* ini menggunakan data dalam satuan per hari.

Tabel 4.8 Life Cycle Inventory pada Unit Kolam Fakultatif 2

Input		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	14.737	L/hari
Nitrogen	72,28	mg/L
Phospat	3,94	mg/L
bCOD	82,5	mg/L
BOD	50	mg/L
Output		
Material	Kuantitas	Satuan

Debit (Q)	14.737	L/hari
TSS	64	mg/L
Nitrogen	47,13	mg/L
Phospat	2,91	mg/L
bCOD	72,6	mg/L
BOD	44	mg/L

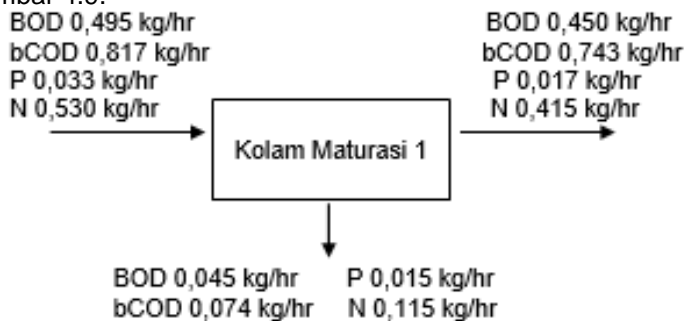
Sumber: Hasil analisis, 2019

Inputan yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.14.

Beberapa data yang diinputkan dalam aplikasi *software* SimaPro terdapat keterbatasan data yang tersedia sehingga memerlukan penyesuaian satuan atau menggunakan satuan yang mendekati.

4.4.5. Life Cycle Inventory (LCI) pada Kolam Maturasi 1

Kolam Maturasi 1 merupakan unit kelima dalam proses pengolahan tinja yang bersifat aerobik dari Kolam Fakultatif 2 akan mengalir menuju Kolam Maturasi 1. Data yang digunakan berdasarkan perhitungan beban pengolahan digambarkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Material Balance pada Unit Kolam Maturasi 1

Sumber: Hasil analisis, 2019

Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang (Singh dan Kansal, 2018). Pengelolaan air limbah dapat dilakukan secara alamiah maupun melalui bantuan teknologi. Pengolahan air limbah secara alamiah

biasanya dilakukan dengan bantuan kolam stabilisasi. Kolam stabilisasi sangat direkomendasikan untuk pengelolaan air limbah di daerah tropis dan negara berkembang sebab biaya yang diperlukan untuk membuatnya relatif murah tetapi membutuhkan area yang luas (Kustiasih, 2017).

Life cycle inventory dari proses di Kolam Maturasi 1 dapat dilihat pada Tabel 4.9. Inputan *dari life cycle inventory* ini menggunakan data dalam satuan per hari.

Tabel 4.9 Life Cycle Inventory pada Unit Kolam Maturasi 1

Input		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	11.250	L/hari
TSS	64	mg/L
Nitrogen	47,13	mg/L
Phospat	2,91	mg/L
bCOD	72,6	mg/L
BOD	44	mg/L
Output		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	11.250	L/hari
TSS	32	mg/L
Nitrogen	36,88	mg/L
Phospat	1,55	mg/L
bCOD	66	mg/L
BOD	40	mg/L

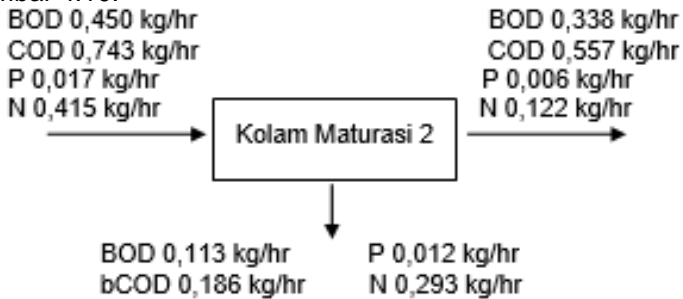
Sumber: Hasil Pengamatan, 2019

Inputan yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.15.

Beberapa data yang diinputkan pada *software* SimaPro memiliki keterbatasan data sehingga memerlukan penyesuaian seperti penyesuaian satuan.

4.4.6. *Life Cycle Inventory (LCI)* pada Kolam Maturasi 2

Kolam Maturasi 2 merupakan unit keenam dalam proses pengolahan tinja yang bersifat aerobik dari Kolam Maturasi 1 akan mengalir menuju resapan tanah. Data yang digunakan berdasarkan perhitungan beban pengolahan digambarkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 *Material Balance* pada Unit Kolam Maturasi 2

Sumber: Hasil analisis, 2019

Sebagian besar IPAL yang menggunakan proses pengolahan secara aerob, akan berkontribusi terhadap gas rumah kaca yang didominasi oleh gas karbondioksida (Monteith, 2005). Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang (Singh dan Kansal, 2018).

Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang (Singh dan Kansal, 2018). Pengelolaan air limbah dapat dilakukan secara alamiah maupun melalui bantuan teknologi. Pengolahan air limbah secara alamiah biasanya dilakukan dengan bantuan kolam stabilisasi. Kolam stabilisasi sangat direkomendasikan untuk pengelolaan air limbah di daerah tropis dan negara berkembang sebab biaya yang diperlukan untuk membuatnya relatif murah tetapi membutuhkan area yang luas (Kustiasih, 2017).

Life cycle inventory dari proses di Kolam Maturasi 2 dapat dilihat pada Tabel 4.10. Inputan *dari life cycle inventory* ini menggunakan data dalam satuan per hari.

Tabel 4.10 Life Cycle Inventory pada Unit Kolam Maturasi 2

Input		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	11.250	L/hari
Nitrogen	36,88	mg/L
Phospat	1,55	mg/L
bCOD	66	mg/L
BOD	40	mg/L
Output		
Material	Kuantitas	Satuan
Debit (Q)	11.250	L/hari
Nitrogen	10,8	mg/L
Phospat	0,5	mg/L
bCOD	49,5	mg/L
BOD	30	mg/L

Sumber: Hasil Pengamatan, 2019

Inputan yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.16.

Beberapa data yang diinputkan pada *software* SimaPro memiliki keterbatasan data yang tersedia sehingga memerlukan penyesuaian seperti penyesuaian satuan.

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Allocation %	Waste type	Category	Comment		
Solid Separation Chamber	11,344	kg	100 %	Water	...\Proses Pengolahan Lurr			
Add								
Outputs to technosphere: Avoided products	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Nitrogen	in water	6,492	kg	Undefined				
Phosphorus	in water	0,347	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
115 Waste treatment, Waste water treatment, other, EU27	27,857	kg	Undefined					
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Outputs								
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BOD5, Biological Oxygen Demand		6,964	kg	Undefined				
Nitrogen		4,161	kg	Undefined				
Phosphorus		0,219	kg	Undefined				

Gambar 4.11 Input Data SimaPro Unit Solid Separation Chamber
Sumber: Hasil analisis, 2019

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Allocation %	Waste type	Category	Comment		
Anaerobic Baffled Reactors	3,862	kg	100 %	Water	...\Proses Pengolahan Lurr			
Add								
Outputs to technosphere: Avoided products	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Nitrogen	in water	2,064	kg	Undefined				
Phosphorus	in water	0,109	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Solid Separation Chamber	3,455	kg	Undefined					
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Outputs								
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BOD5, Biological Oxygen Demand		2,461	kg	Undefined				
Nitrogen		1,308	kg	Undefined				
Phosphorus		0,093	kg	Undefined				

Gambar 4.12 Input Data SimaPro Anaerobic Baffled Reactor (ABR)
Sumber: Hasil analisis, 2019

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Allocation %	Waste type	Category	Comment		
Facultative Pond 1	3,076	kg	100 %	Water	...\Proses Pengolahan Lurr			
Add								
Outputs to technosphere: Avoided products	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Phosphorus	in water	0,077	kg	Undefined				
Nitrogen	in water	1,079	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Anaerobic Baffled Reactors	2,031	kg	Undefined					
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Outputs								
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BOD5, Biological Oxygen Demand		1,953	kg	Undefined				
Nitrogen		1,065	kg	Undefined				
Phosphorus		0,058	kg	Undefined				

Gambar 4.13 Input Data SimaPro Kolam Fakultatif 1
Sumber: Hasil analisis, 2019

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Allocation %	Waste type	Category	Comment		
Facultative Pond 2	2,456	kg	100 %	Water	...Proses Pengolahan Lurr			
Add								
Outputs to technosphere: Avoided products	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Nitrogen	in water	1,065	kg	Undefined				
Phosphorus	in water	0,058	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Facultative Pond 1	1,953	kg	Undefined					
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Outputs								
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BOD5, Biological Oxygen Demand		1,718	kg	Undefined				
Nitrogen		0,695	kg	Undefined				
Phosphorus		0,043	kg	Undefined				

Gambar 4.14 Input Data SimaPro Unit Kolam Fakultatif 2
Sumber: Hasil analisis, 2019

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Allocation %	Waste type	Category	Comment		
Maturasion Pond 1	1,625	kg	100 %	Water	...Proses Pengolahan Lurr			
Add								
Outputs to technosphere: Avoided products	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Nitrogen	in water	0,530	kg	Undefined				
Phosphorus	in water	0,033	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Facultative Pond 2	1,312	kg	Undefined					
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Outputs								
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BOD5, Biological Oxygen Demand		1,193	kg	Undefined				
Nitrogen		0,415	kg	Undefined				
Phosphorus		0,017	kg	Undefined				

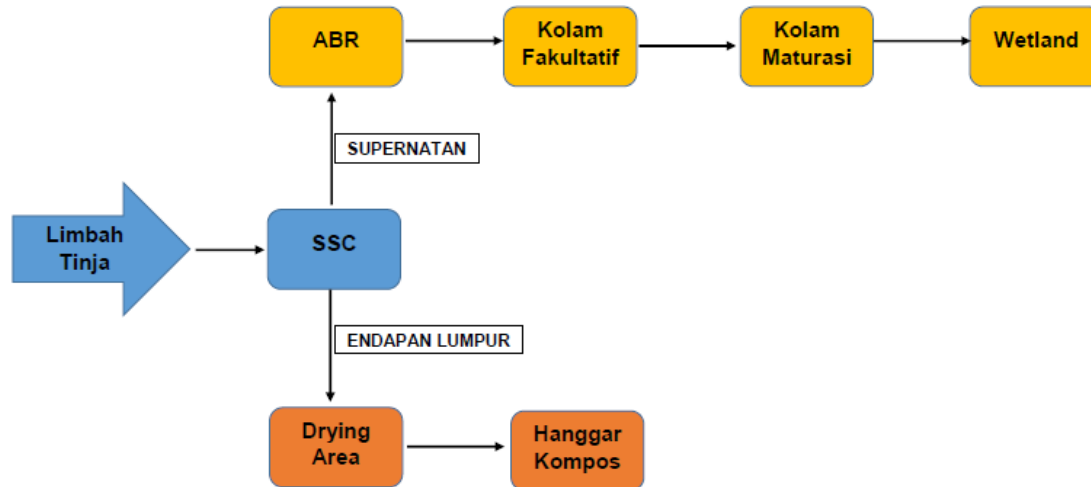
Gambar 4.15 Input Data SimaPro Unit Kolam Maturasi 1
Sumber: Hasil analisis, 2019

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Allocation %	Waste type	Category	Comment		
Maturasion Pond 2	1,022	kg	100 %	Water	...Proses Pengolahan Lurr			
Add								
Outputs to technosphere: Avoided products	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Inputs								
Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Nitrogen	in water	0,415	kg	Undefined				
Phosphorus	in water	0,017	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Maturasion Pond 1	1,193	kg	Undefined					
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Add								
Outputs								
Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BOD5, Biological Oxygen Demand		0,894	kg	Undefined				
Nitrogen		0,122	kg	Undefined				
Phosphorus		0,006	kg	Undefined				

Gambar 4.16 Input Data SimaPro Unit Kolam Maturasi 2
Sumber: Hasil analisis, 2019

4.4.7. Hasil *Life Cycle Inventory (LCI)* Keseluruhan

Setelah pengumpulan data dilakukan proses identifikasi dengan *goal* dan *scope* dan menghitung *life cycle inventory (LCI)*. Hasil pengolahan *network* ini memberikan informasi hubungan dari setiap proses yang memiliki pengaruh dalam kontribusi dampak. *Network* keseluruhan proses pengolahan lumpur tinja dapat dilihat pada Gambar 4.17. Garis hitam merupakan beban lingkungan yang terjadi pada semua proses pengolahan yang berkontribusi dampak terhadap lingkungan



Gambar 4.17 *Network* Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT

Sumber: UPT PALD Kota Batu, 2016

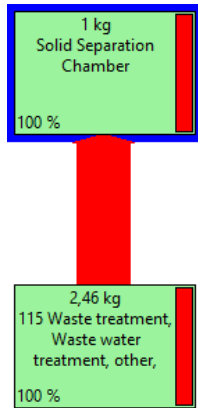
4.5. Penilaian Dampak atau *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

Pada tahap penilaian dampak dilakukan penentuan dampak terhadap lingkungan yang telah diperoleh dari tahapan *Life cycle inventory (LCI)*. Metode pada software SimaPro yang digunakan untuk memperkirakan besarnya dampak yang terjadi adalah Impact 2002+. Metode Impact 2002+ dipilih karena merupakan metode terbaru dan merupakan kombinasi dari empat metode sebelumnya yaitu IMPACT 2002 (Pennington et al, 2005), Eco-indicator 99 (Goedkoop dan Spriensma, 2002, 2nd version, Egalitarian Factors), CML (Guinee et al, 2002) dan IPCC.

Penilaian dampak yang dilakukan *software* SimaPro adalah membandingkan secara langsung hasil *life cycle inventory (LCI)* dalam setiap kategori. Dalam metode Impact 2002+ akan dihasilkan 14 kategori dampak, namun akan difokuskan pada tiga dampak yaitu *aquatic eutrophication*, *global warming*, dan *non renewable energy*. Berikut ini adalah rincian *life cycle impact assessment (LCIA)* pada setiap proses pengolahan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *Solid Separation Chamber (SSC)*

Solid separation chamber adalah unit pertama yang akan menampung lumpur tinja yang dikeluarkan oleh truk tinja. Pada unit ini terdapat bak ukur yang akan menentukan volume tinja yang masuk dari masing-masing truk tinja. *Solid separation chamber* berfungsi untuk memisahkan kandungan padatan (*solid*) yang sangat tinggi pada lumpur tinja dengan air (supernatan). Hasil pengolahan data menggunakan *software* SimaPro dibagi menjadi dua macam penilaian yaitu *network* dan *characterization*. Penilaian berdasarkan *network* akan mengidentifikasi dampak yang berkontribusi terhadap dampak pencemaran yang ada. *Characterization* akan mengidentifikasi dampak proses tersebut terhadap lingkungan. Gambar 4.18 menunjukkan beban yang masuk ke unit pengolahan *solid separation chamber*.



Gambar 4.18 Network Unit Solid Separation Chamber

Sumber: Hasil analisis, 2019

Pada Gambar 4.18 limbah pertama kali dari truk tinja yang membawa limbah tinja dengan konsentrasi tertentu masuk menuju unit *solid separation chamber*. Beban pengolahan yang diinput unit ini adalah BOD, COD, TSS, P, dan N dan dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.11 Impact Assessment Solid Separation Chamber

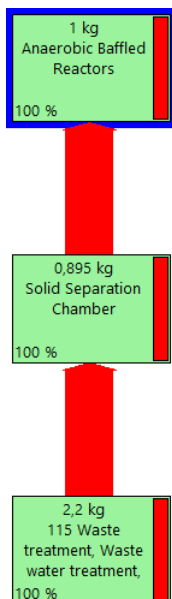
Impact Category	Unit	Total
<i>Aquatic eutrophication</i>	PDF-m ² .y	21,5715
<i>Global warming</i>	kg CO ₂ /tahun	1047,55
<i>Non renewable energy</i>	MJ	6.387,5

Sumber: Hasil analisis, 2019

2. *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

Unit *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* merupakan unit kedua setelah unit SSC. Unit ABR menggunakan sistem anaerobik tanpa kontak dengan udara langsung dengan metode pengolahan biologis memanfaatkan sekat. Sekat pada ABR berfungsi sebagai pengaduk untuk meningkatkan kontak antara limbah domestik dan mikroorganismenya (Permen PUPR No. 04, 2017) Berikut merupakan hasil *network* dari proses di

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Network Unit Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Sumber: Hasil analisis, 2019

Pada Gambar 4.19 overflow dari unit SSC akan masuk menuju unit *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* secara gravitasi. Beban pengolahan yang diinput unit ini adalah BOD, COD, TSS, P, dan N. Inputan tersebut dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2 Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.12 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.12 Impact Assessment Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Impact Category	Unit	Total
<i>Aquatic eutrophication</i>	PDF-m ² .y	46,355
<i>Global warming</i>	kg CO ₂ /tahun	938,05
<i>Non renewable energy</i>	MJ	5.730,5

Sumber: Hasil analisis, 2019

3. Kolam Fakultatif 1

Kolam Fakultatif berfungsi untuk menguraikan dan menurunkan konsentrasi bahan organik yang ada dalam limbah yang telah diolah pada pengolahan anaerobik (Permen PUPR No. 4, 2017). Kolam fakultatif 1 merupakan lanjutan dari ABR yang kolam tersebut mengolah secara aerobik pada bagian atas dan anaerobik pada bagian dasar kolam. Penilaian berdasarkan *network* akan mengidentifikasi dampak yang berkontribusi terhadap dampak pencemaran yang ada. *Characterization* akan mengidentifikasi dampak proses tersebut terhadap lingkungan. Berikut ini merupakan hasil *network* dari proses di Kolam Fakultatif 1 dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Network Unit Kolam Fakultatif 1

Sumber: Hasil analisis, 2019

Pada Gambar 4.20 filtrat dari unit ABR akan masuk menuju unit Kolam Fakultatif 1 secara gravitasi. Beban pengolahan yang diinput unit ini adalah BOD, COD, TSS, P, dan N. Inputan tersebut dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.13 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.13 Impact Assessment Kolam Fakultatif 1

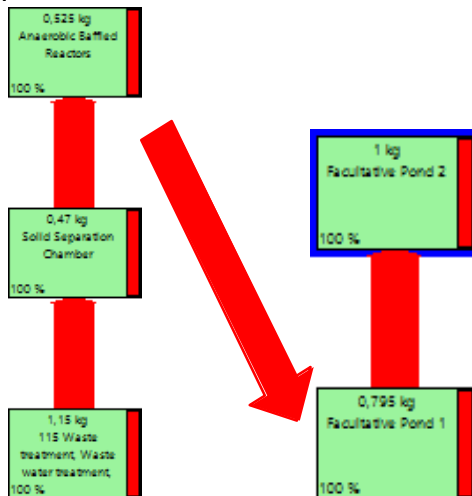
Impact Category	Unit	Total
<i>Aquatic eutrophication</i>	PDF-m ² .y	51,465
Impact Category	Unit	Total

<i>Global warming</i>	kg CO ₂ /tahun	609,185
<i>Non renewable energy</i>	MJ	3.759,5

Sumber: Hasil analisis, 2019

4. Kolam Fakultatif 2

Kolam Fakultatif berfungsi untuk menguraikan dan menurunkan konsentrasi bahan organik yang ada dalam limbah yang telah diolah pada pengolahan anaerobik (Permen PUPR No. 4, 2017). Kolam fakultatif 2 merupakan lanjutan dari Kolam fakultatif 1 yang kolam tersebut mengolah secara aerobik pada bagian atas dan anaerobik pada bagian dasar kolam. Penilaian berdasarkan *network* akan mengidentifikasi dampak yang berkontribusi terhadap dampak pencemaran yang ada. *Characterization* akan mengidentifikasi dampak proses tersebut terhadap lingkungan. Berikut ini merupakan hasil *network* dari proses di Kolam Fakultatif 2 dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Network Unit Kolam Fakultatif 2

Sumber: Hasil analisis, 2019

Pada Gambar 4.21 lumpur tinja dari unit Kolam Fakultatif 1 akan masuk menuju unit Kolam Fakultatif 2 secara gravitasi. Beban pengolahan yang diinput unit ini adalah BOD,

COD, TSS, P, dan N. Inputan tersebut dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.14 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

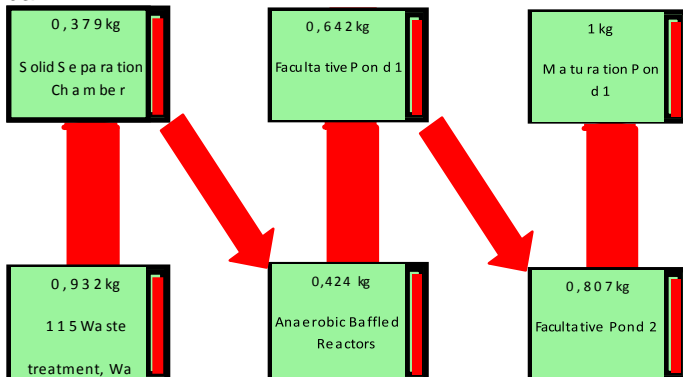
Tabel 4.14 Impact Assessment Kolam Fakultatif 2

Impact Category	Unit	Total
<i>Aquatic eutrophication</i>	PDF-m ² .y	60,59
<i>Global warming</i>	kg CO ₂ /tahun	492,75
<i>Non renewable energy</i>	MJ	3.000,3

Sumber: Hasil analisis, 2019

5. Kolam Maturasi 1

Kolam maturasi digunakan untuk mengolah air limbah yang berasal dari kolam fakultatif yang merupakan rangkaian akhir dari proses pengolahan aerobik air limbah sehingga dapat menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi (SS) dan BOD yang masih tersisa didalamnya (Ramadhandi,2015). Penilaian berdasarkan *network* akan mengidentifikasi dampak yang berkontribusi terhadap dampak pencemaran yang ada. *Characterization* akan mengidentifikasi dampak proses tersebut terhadap lingkungan. Berikut ini merupakan hasil *network* dari proses di Kolam Maturasi 1 dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Network Unit Kolam Maturasi 1

Sumber: Hasil analisis, 2019

Pada Gambar 4.22 lumpur tinja dari Kolam Fakultatif 2 menuju unit Kolam Maturasi 1 secara gravitasi. Beban pengolahan yang diinput adalah BOD, COD, TSS, P, dan N. Inputan tersebut dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.15 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.15 Impact Assessment Kolam Maturasi 1

Impact Category	Unit	Total
<i>Aquatic eutrophication</i>	PDF-m ² .y	60,59
<i>Global warming</i>	kg CO ₂ /tahun	397,85
<i>Non renewable energy</i>	MJ	2.423,6

Sumber: Hasil analisis, 2019

6. Kolam Maturasi 2

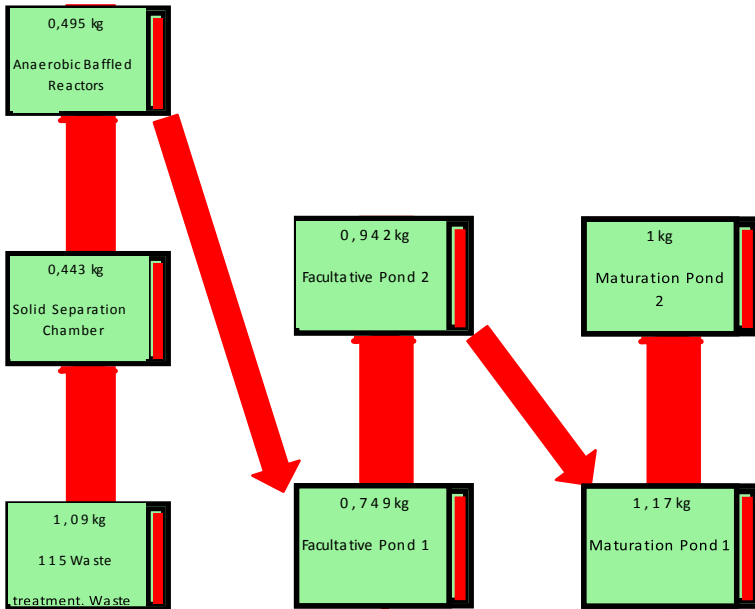
Kolam maturasi digunakan untuk mengolah air limbah yang berasal dari kolam fakultatif yang merupakan rangkaian akhir dari proses pengolahan aerobik air limbah sehingga dapat menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi (SS) dan BOD yang masih tersisa didalamnya (Ramadhandi,2015). Penilaian berdasarkan *network* akan mengidentifikasi dampak yang berkontribusi terhadap dampak pencemaran yang ada. *Characterization* akan mengidentifikasi dampak proses terhadap lingkungan. Berikut ini merupakan hasil *network* dari proses di Kolam Maturasi 2 dapat dilihat pada Gambar 4.23.

Pada Gambar 4.23 lumpur tinja dari Kolam Maturasi 1 menuju unit Kolam Maturasi 2 secara gravitasi. Beban pengolahan yang diinput adalah BOD, COD, TSS, P, dan N. Inputan tersebut dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.16 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.16 Impact Assessment Kolam Maturasi 2

Impact Category	Unit	Total
<i>Aquatic eutrophication</i>	PDF-m ² .y	77,38
<i>Global warming</i>	kg CO ₂ /tahun	463,55
<i>Non renewable energy</i>	MJ	2.828,8

Sumber: Hasil analisis, 2019



Gambar 4.23 Network Unit Kolam Maturasi 2

Sumber: Hasil analisis, 2019

4.6. Penilaian Dampak Keseluruhan Proses Pengolahan Lumpur Tinja

Penilaian dampak lingkungan yang dihasilkan pada *software* SimaPro pada penelitian ini merupakan *cradle to gate* yaitu pada bagian ini ruang lingkup dimulai dari *raw material* proses sampai ke *gate* sebelum effluen dilepas. Tahap penilaian yang dilakukan untuk proses pengolahan lumpur tinja dapat dilihat dari hasil *life cycle impact assessment* (LCIA) berdasarkan karakteristiknya.

4.6.1. Analisis Karakterisasi/*Characterization*

Characterization adalah tahap yang dilakukan dengan mengalikan substansi kategori dampak dengan faktor karakterisasi. Faktor karakterisasi sering disebut faktor kesetaraan. Nilai karakterisasi dapat dilihat pada Gambar 4.24 menunjukkan diagram hasil dampak dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu. Hasil yang ditunjukkan berupa

persentase. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Impact 2002+*. Metode *Impact 2002+* merupakan metode baru yang menghubungkan semua jenis *life cycle inventory* melalui 14 *midpoint categories* (*Impact 2002+ A New Life Impact Assessment Methodology*, 2003).

1. *Global Warming*

Pemanasan global terjadi akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrogen oksida (NO_x) dan gas lainnya secara berlebihan di atmosfer, sehingga cahaya matahari yang dipantulkan bumi sebagai radiasi infra merah gelombang panjang dan ultraviolet yang akan diteruskan ke angkasa luar, namun sebagian besar dipantulkan kembali ke bumi oleh gas rumah kaca yang terbentuk di atmosfer, sehingga semakin meningkatkan temperatur bumi. Disebut gas rumah kaca karena beberapa gas yang terbentuk di atmosfer bumi ini berfungsi seperti kaca pada rumah kaca, yang berperan meneruskan cahaya matahari namun menangkap energi panas dari dalamnya. Dengan semakin besar konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer, akan semakin besar pula energi panas yang terperangkap di permukaan bumi (Latuconsina, 2010).

Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbon dioksida (CO_2) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO_2 ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak, batubara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tanaman dan laut untuk menyerapnya. Energi yang masuk ke bumi yaitu 25% dipantulkan oleh awan atau partikel lain di atmosfer, 25% diserap awan, 45% diserap permukaan bumi dan 5% dipantulkan kembali oleh permukaan bumi (Wahyuni dan Suarsana, 2011).

Menurut Surmaini (2011), ada enam jenis gas yang digolongkan sebagai GRK, yaitu karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrooksida (N_2O), sulfurheksafluorida (SF_x), perfluorokarbon (PFC) dan hidrofluorokarbon (HFC). Peningkatan emisi GRK di sebabkan karena aktivitas manusia, antara lain melalui pembangunan, baik di bidang industri, pertanian, perkebunan, maupun peristiwa alam

yang berkontribusi bagi peningkatan emisi GRK tersebut (Lailaty, 2017).

Pemanasan global yaitu fenomena peningkatan temperatur global secara gradual yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas rumah kaca. Cahaya matahari dipancarkan ke bumi dalam bentuk radiasi gelombang pendek. Di permukaan bumi, cahaya diserap dan dipantulkan dalam wujud radiasi infra merah gelombang panjang. Cahaya yang dipantulkan kembali, sebagian panasnya terperangkap di atmosfer. Menumpuknya jumlah GRK di lapisan atmosfer mengakibatkan panas akan tersimpan di permukaan bumi yang menyebabkan suhu rata-rata tahunan bumi meningkat (UNFCCC, 2006). Dengan demikian, penurunan GRK menjadi salah satu perhatian dunia dalam rangka menangani pemanasan global.

2. *Aquatic eutrophication*

Eutrofikasi ialah kondisi dimana perairan mengalami peningkatan kadar bahan organik dan nutrisi. Eutrofikasi ditandai dengan terjadinya peningkatan fitoplankton dan peningkatan pertumbuhan tumbuhan air (*blooming algae*). Eutrofikasi dikhawatirkan akan mengurangi kadar oksigen terlarut dalam perairan, dan tingginya kandungan ammonia yang bersifat toksik bagi biota air (Simbolon, 2016).

Limbah dari kegiatan tersebut mengandung beberapa nutrisi salah satunya adalah nitrat dan ortofosfat. Konsentrasi yang tinggi dari kedua nutrisi ini dapat memicu proses eutrofikasi dan ledakan populasi fitoplankton (Tungka dkk., 2016).

Limbah organik dalam air dan sedimen waduk mengalami dekomposisi dan meningkatkan konsentrasi unsur nitrogen (N) dan fosfor (P), yang dapat mendorong pertumbuhan fitoplankton. Pada konsentrasi yang optimum, unsur hara N dan P menguntungkan bagi pertumbuhan fitoplankton yang merupakan makanan ikan sehingga dapat meningkatkan produksi ikan di waduk. Namun ketika konsentrasi unsur-unsur tersebut tinggi, terjadi

pertumbuhan fitoplankton yang berlebih atau eutrofikasi dan bisa terjadi pencemaran air waduk (Rustadi, 2009).

Peningkatan nutrien yang berkelanjutan dalam konsentrasi yang tinggi pada akhirnya akan menyebabkan badan air menjadi sangat subur atau eutrofik dan menimbulkan gangguan (dampak negatif) bagi badan air tersebut yakni terjadinya. Proses peningkatan kesuburan air yang berlebihan yang disebabkan oleh masuknya nutrien dalam badan air, terutama fosfat inilah yang disebut eutrofikasi (Garno, 2012).

3. *Non Renewable Energy*

Meningkatnya kebutuhan energi listrik maka akan dibutuhkan pembangunan pembangkit yang lebih banyak sehingga akan berakibat pada eksploitasi SDA yang semakin meningkat. Hal ini akan berdampak pada menurunnya cadangan SDA yang ada. Sumber daya energi khususnya yang tidak terbarukan seperti minyak, gas, batubara (energi fosil) semakin lama akan terus berkurang sesuai dengan pemakaian yang terus meningkat. Hal ini akan menimbulkan krisis energi dikemudian hari khususnya untuk generasi yang akan datang. Data cadangan energi terbukti di Indonesia menunjukkan bahwa energi minyak tinggal 10 tahun, gas 30 tahun, dan batu bara 146 tahun, dengan asumsi cadangan terbukti tetap dan tidak ada peningkatan produksi (Harjanto, 2008).

Penggunaan energi fosil akan menghasilkan emisi seperti partikel, SO_2 , NO_x , dan CO_2 . Emisi partikel, SO_2 , dan NO_x adalah bahan polutan yang berhubungan langsung dengan kesehatan manusia. Disamping itu, masyarakat internasional juga menaruh perhatian terhadap isu lingkungan global seperti pemanasan global (Sugiyono, 2002). Total emisi yang dihasilkan dari konsumsi energi yang dimaksud merupakan gabungan dari emisi total konsumsi minyak mentah, konsumsi minyak, produksi dan konsumsi gas alam, produksi dan konsumsi batu bara, konsumsi energi listrik, intensitas energi serta impor dan ekspor untuk semua bahan bakar (Putri, 2016).

Kadar CO_2 saat ini disebut sebagai yang tertinggi selama 125,000 tahun belakangan. Bila ilmuwan masih

memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa dieksplorasi, efek buruk CO₂ terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi (Robert, 2005).

Penggunaan energi fosil menimbulkan setidaknya tiga ancaman serius yaitu menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui (bila tanpa temuan sumur minyak baru), kenaikan atau ketidakstabilan harga akibat laju permintaan yang lebih besar dari produksi minyak, dan polusi gas rumah kaca (terutama CO₂) akibat pembakaran bahan bakar fosil (Lubis, 2007).

Beberapa ancaman yang ditimbulkan berdasarkan pemakaian bahan bakar fosil secara *continue* akan memunculkan paling sedikit dua ancaman serius. Ancaman pertama berkaitan dengan masalah ekonomi berupa jaminan ketersediaan bahan bakar fosil untuk beberapa dekade mendatang, *supply* bahan bakar fosil yang kian menipis, serta fluktuasi harga yang sulit diprediksi. Ancaman yang kedua adalah polusi yang diakibatkan oleh emisi pembakaran bahan bakar fosil tersebut dan dampaknya terhadap lingkungan yang nantinya secara langsung ataupun tidak langsung akan berpengaruh kepada derajat kesehatan yang dimiliki manusia (Indartono, 2005).

Faktor karakterisasi kerusakan zat dapat diperoleh dengan mengalikan potensi karakterisasi midpoint yang ada dengan faktor karakterisasi kerusakan zat. Tabel 4.17 menunjukkan faktor karakterisasi berbagai zat.

Tabel 4.17 Faktor Kerusakan Karakterisasi

Midpoint Category	Damage Factors	Unit
<i>Aquatic eutrophication</i>	11,4	PDF-m ² .y
<i>Global warming</i>	1	kg CO ₂ /tahun
<i>Non renewable energy</i>	45,6	MJ

Sumber: IMPACT 2002+ A New Life Cycle Impact Assessment Methodology, 2003

Dari Tabel 4.17 diketahui bahwa setiap dampak *assessment* memiliki nilai yang telah ditetapkan pada dampak *life cycle impact assessment* (LCIA).

Berikut contoh perhitungan LCIA didalam penelitian ini pada:

a. Unit *Solid Separation Chamber*

Hasil LCI *Aquatic eutrophication*

$$= 21,572 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

$$\text{LCIA} = \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI}$$

$$= 11,4 \times 21,572 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

$$= 245,915 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

Hasil LCI *global warming*

$$= 1.047,55 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

$$\text{LCIA} = \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI}$$

$$= 1 \times 1.047,55 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

$$= 1.047,55 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

Hasil LCI *non renewable energy*

$$= 6.387,5 \text{ MJ}$$

$$\text{LCIA} = \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI}$$

$$= 45,6 \times 6.387,5 \text{ MJ}$$

$$= 291.270 \text{ MJ}$$

b. Unit *Anaerobic Baffled Reactor*

Hasil LCI *Aquatic eutrophication*

$$= 46,355 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

$$\text{LCIA} = \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI}$$

$$= 11,4 \times 46,55 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

$$= 528,447 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

Hasil LCI *global warming*

$$= 938,05 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

$$\text{LCIA} = \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI}$$

$$= 1 \times 938,05 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

$$= 938,05 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

Hasil LCI *non renewable energy*

$$= 5.730,5 \text{ MJ}$$

$$\text{LCIA} = \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI}$$

$$= 45,6 \times 5.730,5 \text{ MJ}$$

$$= 261.310,8 \text{ MJ}$$

c. Unit Kolam Fakultatif 1

Hasil LCI *Aquatic eutrophication*

$$= 51,465 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

$$\text{LCIA} = \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI}$$

$$= 11,4 \times 51,465 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

$$= 586,701 \text{ PDF-m}^2.\text{y}$$

- Hasil LCI *global warming*
 = 609,185 kg CO₂/tahun
 LCIA = Damage Factor × Hasil LCI
 = 1 × 609,185 kg CO₂/tahun
 = 609,185 kg CO₂/tahun
- Hasil LCI *non renewable energy*
 = 3.759,5 MJ
 LCIA = Damage Factor × Hasil LCI
 = 45,6 × 3.759,5 MJ
 = 171.433,2 MJ
- d. Unit Kolam Fakultatif 2
- Hasil LCI *Aquatic eutrophication*
 = 60,59 PDF-m².y
 LCIA = Damage Factor × Hasil LCI
 = 11,4 × 60,59 PDF-m².y
 = 690,726 PDF-m².y
- Hasil LCI *global warming*
 = 492,75 kg CO₂/tahun
 LCIA = Damage Factor × Hasil LCI
 = 1 × 492,75 kg CO₂/tahun
 = 492,75kg CO₂/tahun
- Hasil LCI *non renewable energy*
 = 3.000,3 MJ
 LCIA = Damage Factor × Hasil LCI
 = 45,6 × 3.000,3 MJ
 = 136.813,68 MJ
- e. Unit Kolam Maturasi 1
- Hasil LCI *Aquatic eutrophication*
 = 60,59 PDF-m².y
 LCIA = Damage Factor × Hasil LCI
 = 11,4 × 60,59 PDF-m².y
 = 690,726 PDF-m².y
- Hasil LCI *global warming*
 = 397,85 kg CO₂/tahun
 LCIA = Damage Factor × Hasil LCI
 = 1 × 397,85 kg CO₂/tahun
 = 397,85 kg CO₂/tahun
- Hasil LCI *non renewable energy*
 = 2.423,6 MJ

$$\begin{aligned} \text{LCIA} &= \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI} \\ &= 45,6 \times 2.423,6 \text{ MJ} \\ &= 110.516,16 \text{ MJ} \end{aligned}$$

f. Unit Kolam Maturasi 2

$$\begin{aligned} \text{Hasil LCI } \textit{Aquatic eutrophication} \\ &= 77,38 \text{ PDF-m}^2.\text{y} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCIA} &= \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI} \\ &= 11,4 \times 77,38 \text{ PDF-m}^2.\text{y} \\ &= 882,132 \text{ PDF-m}^2.\text{y} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hasil LCI } \textit{global warming} \\ &= 463,55 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCIA} &= \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI} \\ &= 1 \times 463,55 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \\ &= 463,55 \text{ kg CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\text{Hasil LCI } \textit{non renewable energy} = 2.828,8 \text{ MJ}$$

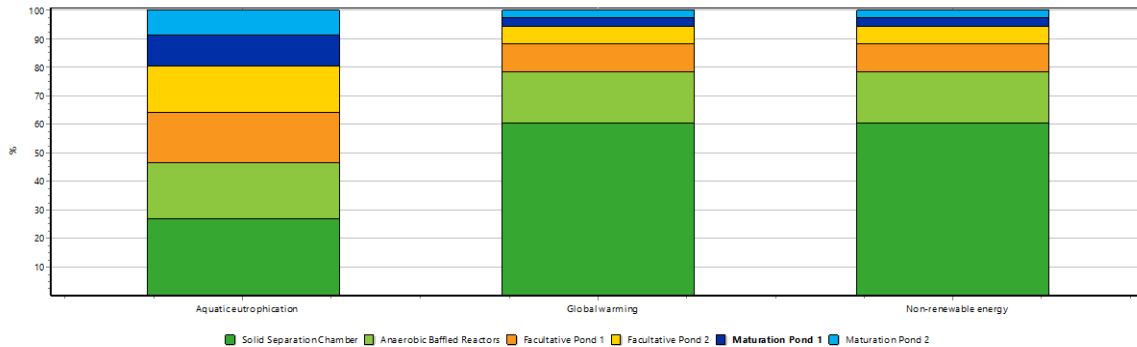
$$\begin{aligned} \text{LCIA} &= \text{Damage Factor} \times \text{Hasil LCI} \\ &= 45,6 \times 2.828,8 \text{ MJ} \\ &= 128.991 \text{ MJ} \end{aligned}$$

Hasil *impact assessment* keseluruhan proses berdasarkan *characterization* dan nilai karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 4.18. Nilai karakterisasi dapat dilihat pada Gambar 4.24 menunjukkan diagram hasil dampak dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu.

Tabel 4.18 Hasil Characterization Dampak Lingkungan

IPLT	Impact Category		
	<i>Aquatic Eutrophication</i>	<i>Global warming</i>	<i>Non renewable energy</i>
Unit	PDF-m ² .y	kg CO ₂ /tahun	MJ
SSC	245,9151	1.047,55	291.270,0
ABR	528,447	938,05	261.310,8
Fakultatif 1	586,701	609,185	171.433,2
Fakultatif 2	690,726	492,75	136.813,7
Maturasi 1	690,726	397,85	110.516,2
Maturasi 2	882,132	463,55	128.991,0
Total	3.624,647	3.948,935	1.100.334,84

Sumber: Hasil analisis, 2019



Method: IMPACT2002+ V2.14 / IMPACT2002+ / Characterization
 Analyzing 1 p 'IPLT Kota Batu'

Gambar 4.24 Diagram Characterization Impact Assessment IPLT Kota Batu

Sumber: Hasil analisis, 2019

Untuk unit *solid separation chamber* menghasilkan 26,9% *Aquatic eutrophication*, 60,2% *global warming*, dan 60,2% *non renewable energy*. Unit *anaerobic baffled reactor* menghasilkan 19,7% *Aquatic eutrophication*, 18,3% *global warming*, dan 18,3% *non renewable energy*. Unit kolam fakultatif 1 menghasilkan 17,5% *Aquatic eutrophication*, 9,65 % *global warming*, dan 9,65% *non renewable energy*. Unit kolam fakultatif 2 menghasilkan 16,4% *Aquatic eutrophication*, 6,12% *global warming*, dan 6,12% *non renewable energy*. Unit kolam maturasi 1 menghasilkan 10,8% *Aquatic eutrophication*, 3,27% *global warming*, dan 3,27% *non renewable energy*. Unit kolam maturasi 2 menghasilkan 8,7% *Aquatic eutrophication*, 2,4% *global warming* dan 2,4% *non renewable energy*

4.6.2. Analisis Normalisasi/Normalization

Tahapan normalisasi ini dilakukan untuk memudahkan perbandingan antar kategori dampak. Faktor normalisasi pada Tabel 4.19 ditentukan dengan rasio dampak per unit dibagi dengan dampak total semua zat dari kategori tertentu yang faktor karakterisasi ada, per orang per tahun. Nilai *impact category* dari *characterization* dibagi dengan nilai normal sehingga semua *impact category* menggunakan unit atau satuan yang sama agar nilai tersebut dapat dibandingkan. Pada Gambar 4.25 hasil diagram normalisasi yang terlihat hanya dampak *aquatic eutrophication*, *global warming* dan *non renewable energy*.

Tabel 4.19 Faktor Normalisasi

Damage Categories	Normalization Factors	Unit
Human Health	0,0077	DALY/pers/yr
Ecosystem Quality	4650	PDF-m ² .yr/pers/yr
Climate Change	9950	kg CO ₂ /pers/yr
Resources	152000	MJ/pers/yr

Sumber: *Impact 2002+ A New Life Impact Assessment Methodology (2003)*

Dari Tabel 4.19 diketahui setiap nilai dampak berpengaruh pada kesehatan manusia, kualitas ekosistem, perubahan cuaca dan sumber daya. Berikut contoh perhitungan *normalization global warming*:

a. Unit Solid Separation Chamber

Hasil PDF-m².y *characterization* = 245,915 PDF-m².y

LCIA = Hasil PDF-m².y *characterization* :

normalization factor

= 245,915 PDF- m².y : 4650 PDF-m².y /pers/yr

= 0,053

untuk proses di unit SSC berkontribusi dampak *aquatic eutrophication* sebesar 0,053.

Hasil CO₂ *characterization* = 1.047,55 kg

LCIA = Hasil CO₂ *characterization* : *normalization factor*

= 1.047,55 kg CO₂/tahun : 9950 kg CO₂/pers/yr

= 0,105

untuk proses di unit SSC berkontribusi dampak *global*

warming sebesar 0,105.

Hasil MJ *characterization* = 1,916 MJ

LCIA = Hasil MJ *characterization* : *normalization factor*

= 291.270 MJ/yr : 152.000 MJ/pers/yr

= 1,916

untuk proses di unit SSC berkontribusi dampak *Non Renewable Energy* sebesar 1,916.

b. Unit Anaerobic Baffled Reactor

Hasil PDF-m2.y *characterization* = 528,447 PDF-m2.y

LCIA = Hasil PDF-m2.y *haracterization* : *normalization factor*

= 528,447 PDF-m2.y : 4650 PDF-m2.y /pers/yr

= 0,053

untuk proses di unit ABR berkontribusi dampak aquatic eutrophication sebesar 0,053.

Hasil CO2 *characterization* = 609,185 kg

LCIA = Hasil CO2 *characterization* : *normalization factor*

= 609,185 kg CO2/tahun : 9950 kg CO2/pers/yr

= 0,094

untuk proses di unit ABR berkontribusi dampak global warming sebesar 0,094.

Hasil MJ *characterization* = 261.310,8 MJ

LCIA = Hasil MJ *characterization* : *normalization factor*

= 261.310,8 MJ/yr : 152.000 MJ/pers/yr

= 1,719

untuk proses di unit ABR berkontribusi dampak *Non Renewable Energy* sebesar 1,719

c. Unit Kolam Fakultatif 1

Hasil PDF-m2.y *characterization* = 586,701 PDF-m2.y

LCIA = Hasil PDF-m2.y *haracterization* : *normalization factor*

= 586,701 PDF-m2.y : 4650 PDF-m2.y /pers/yr

= 0,126

untuk proses di unit Kolam Fakultatif 1 berkontribusi dampak aquatic eutrophication sebesar 0,126.

Hasil CO2 *characterization* = 609,185 kg

LCIA = Hasil CO2 *characterization* : *normalization factor*

= 609,185 kg CO2/tahun : 9950 kg CO2/pers/yr

= 0,061

untuk proses di unit Kolam Fakultatif 1 berkontribusi dampak global warming sebesar 0,061.

Hasil MJ characterization = 171.433,2 MJ

LCIA = Hasil MJ characterization : normalization factor

= 171.433,2 MJ/yr : 152.000 MJ/pers/yr

= 1,128

untuk proses di unit Kolam Fakultatif 1 berkontribusi dampak Non Renewable Energy sebesar 1,128.

d. Unit Kolam Fakultatif 2

Hasil PDF-m2.y characterization = 690,726 PDF-m2.y

LCIA = Hasil PDF-m2.y haracterization : normalization factor

= 690,726 PDF-m2.y : 4650 PDF-m2.y /pers/yr

= 0,149

untuk proses di unit Kolam Fakultatif 2 berkontribusi dampak aquatic eutrophication sebesar 0,149.

Hasil CO2 characterization = 492,75 kg

LCIA = Hasil CO2 characterization : normalization factor

= 492,75 kg CO2/tahun : 9950 kg CO2/pers/yr

= 0,050

untuk proses di unit Kolam Fakultatif 2 berkontribusi dampak global warming sebesar 0,050.

Hasil MJ characterization = 136.813,7 MJ

LCIA = Hasil MJ characterization : normalization factor

= 136.813,7 MJ/yr : 152.000 MJ/pers/yr

= 0,900

untuk proses di unit Kolam Fakultatif 2 berkontribusi dampak Non Renewable Energy sebesar 0,900.

e. Unit Kolam Maturasi 1

Hasil PDF-m2.y characterization = 690,726 PDF-m2.y

LCIA = Hasil PDF-m2.y haracterization : normalization factor

= 690,726 PDF-m2.y : 4650 PDF-m2.y /pers/yr

= 0,149

untuk proses di unit Kolam Maturasi 1 berkontribusi dampak aquatic eutrophication sebesar 0,149.

Hasil CO2 characterization = 397,85 kg

LCIA = Hasil CO2 characterization : normalization factor

= 397,85 kg CO2/tahun : 9950 kg CO2/pers/yr

= 0,040

untuk proses di unit Kolam Maturasi 1 berkontribusi dampak global warming sebesar 0,040.

Hasil MJ characterization = 110.516,2 MJ

LCIA = Hasil MJ characterization : normalization factor

= 110.516,2 MJ/yr : 152.000 MJ/pers/yr

= 0,727

untuk proses di unit Kolam Maturasi 1 berkontribusi dampak Non Renewable Energy sebesar 0,727.

f. Unit Kolam Maturasi 2

Hasil PDF-m2.y characterization = 882,132 PDF-m2.y

LCIA = Hasil PDF-m2.y haracterization : normalization factor

= 882,132 PDF-m2.y : 4650 PDF-m2.y /pers/yr

= 0,190

untuk proses di unit Kolam Maturasi 2 berkontribusi dampak aquatic eutrophication sebesar 0,190.

Hasil CO2 characterization = 463,55 kg

LCIA = Hasil CO2 characterization : normalization factor

= 463,55 kg CO2/tahun : 9950 kg CO2/pers/yr

= 0,047

untuk proses di unit Kolam Maturasi 2 berkontribusi dampak global warming sebesar 0,047.

Hasil MJ characterization = 128.991 MJ

LCIA = Hasil MJ characterization : normalization factor

= 128.991 MJ/yr : 152.000 MJ/pers/yr

= 0,849

untuk proses di unit Kolam Maturasi 2 berkontribusi dampak Non Renewable Energy sebesar 0,849.

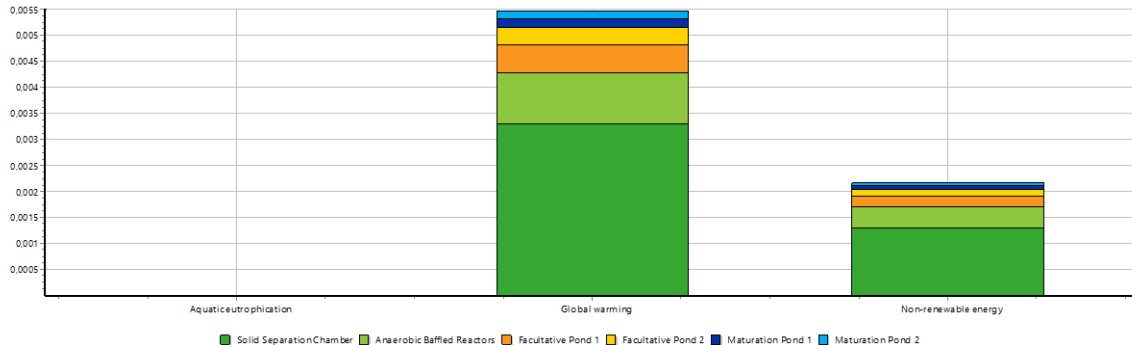
Hasil diagram normalisasi pada proses pengolahan lumpur tinja dapat dilihat pada Gambar 4.25 dan tabel hasil normalisasi dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Normalisasi Dampak Lingkungan

Impact Category	Unit	Total	SSC	ABR	K. Fakultatif 1	K. Fakultatif 2	K. Maturasi 1	K. Maturasi 2
<i>Aquatic Eutrophication</i>	PDF-m ² .y	0,779	0,053	0,114	0,126	0,149	0,149	0,190
<i>Global warming</i>	kg CO2/tahun	0,397	0,105	0,094	0,061	0,050	0,040	0,047
<i>Non renewable energy</i>	MJ	7,239	1,916	1,719	1,128	0,900	0,727	0,849

Sumber: Hasil analisis, 2019

Berdasarkan Tabel 4.20 hasil perhitungan normalisasi dampak lingkungan oleh *software* SimaPro menunjukkan bahwa *non renewable energy* adalah dampak yang cukup besar dari keseluruhan proses yaitu 7,239 diikuti *Aquatic eutrophication* sebesar 0,779 dan *global warming* sebesar 0,397.



Method: IMPACT2002+ V2.14 / IMPACT 2002+ / Normalization
Analyzing 1 p 1PLT Kota Batu.

Gambar 4.25 Diagram Normalization Impact Assessment Proses Pengolahan Lumpur Tinja

Sumber: Hasil analisis, 2019

4.6.3. Analisis Pembobotan/*Weighting*

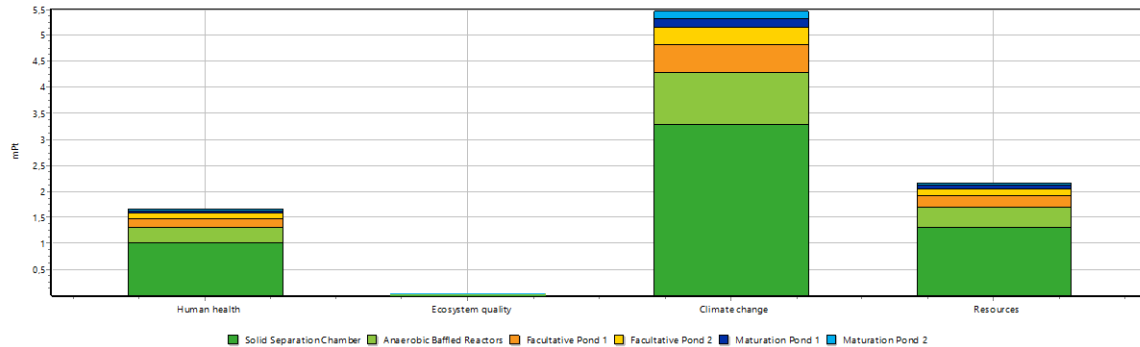
Weighting atau pembobotan adalah mengalikan *impact category* dengan *weighting factor*. Faktor pembobotan berjumlah satu (Impact 2002+ A New Life *Impact Assessment Methodology*, 2003) dari hasil nilai karakterisasi dengan nilai normalisasi. Berikut hasil *weighting* keseluruhan proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan diagram *weighting* dapat dilihat pada Gambar 4.26.

Tabel 4.21 Hasil Pembobotan pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja

<i>Damage Category</i>	Unit	Total	<i>Solid Separation Chamber</i>	<i>Anaerobic Baffled Reactors</i>	Kolam Fakultatif 1
<i>Weighting Factor</i>		1,00000	0,602	0,183	0,097
Total	Pt	0,00933	0,00562	0,00171	0,00090
<i>Human Health</i>	Pt	0,00187	0,00100	0,00031	0,00018
<i>Ecosystem Quality</i>	Pt	0,00003	0,00002	0,00001	0,00000
<i>Climate Change</i>	Pt	0,00546	0,00329	0,00100	0,00053
<i>Resources</i>	Pt	0,00217	0,00131	0,00040	0,00021
<i>Damage Category</i>	Unit	Total	Kolam Fakultatif 2	Kolam Maturasi 1	Kolam Maturasi 2
<i>Weighting Factor</i>		1,00000	0,061	0,033	0,024
Total	Pt	0,00933	5,71E-04	3,05E-04	2,24E-04
<i>Human Health</i>	Pt	0,00187	1,02E-04	5,46E-05	4,01E-05
<i>Ecosystem Quality</i>	Pt	0,00003	2,05E-06	1,09E-06	8,04E-07
<i>Climate Change</i>	Pt	0,00546	3,34E-04	1,79E-04	1,31E-04
<i>Resources</i>	Pt	0,00217	1,33E-04	7,11E-05	5,22E-05

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari Tabel 4.21 dapat diketahui bahwa kontribusi dampak lingkungan terbesar terdapat pada unit *Solid Separation Chamber* sebesar 0,00562, *Anaerobic Baffled Reactors* sebesar 0,00171, dan Kolam Fakultatif 1 sebesar 0,00090. Kontribusi dampak lingkungan berasal dari hasil proses degradasi yang digunakan pada proses pengolahan lumpur tinja. Gambar diagram batang *Weighting* pada proses pengolahan lumpur tinja dapat dilihat pada Gambar 4.26.

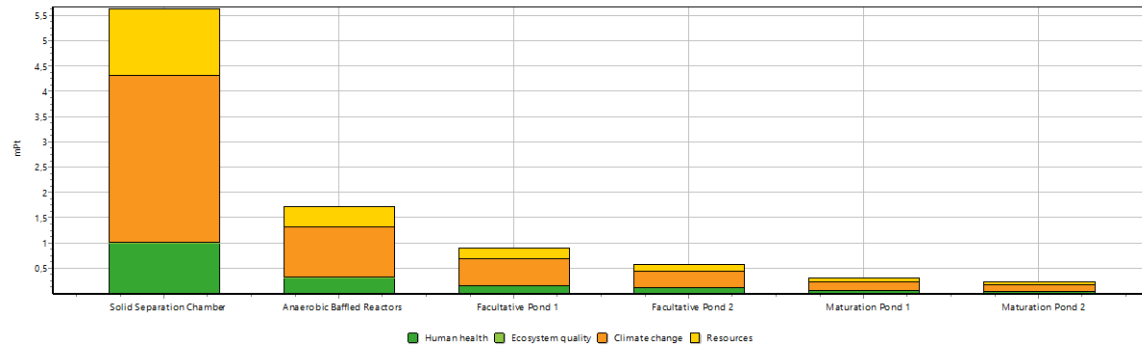


Method: IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+ / Weighting
 Analyzing 1 p 'IPLT Kota Batu'

Gambar 4.26 Diagram Weighting pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja
Sumber: Hasil analisis, 2019

4.6.4. Analisis Single Score

Single score adalah tahap terakhir dalam penilaian kontribusi dampak dengan total nilai dari 3 tahap sebelumnya. Hasil dari *single score* akan didapatkan nilai yang berkontribusi pada dampak lingkungan pada masing-masing unit proses pengolahan lumpur tinja. Berikut hasil *single score* yang dapat dilihat pada Gambar 4.27 untuk proses pengolahan lumpur tinja.



Method: IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+ / Single score
Analyzing 1 p 'IRLT Kota Batu'

Gambar 4.27 Diagram Single Score pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja
Sumber: Hasil analisis, 2019

4.7. Tahap Interpretasi Data (*Interpretation Data*)

Langkah terakhir dalam metode *life cycle assessment* adalah untuk menginterpretasikan hasil dari *life cycle assessment* dapat disertakan saran untuk langkah perbaikan kinerja lingkungan. Dampak yang muncul dari setiap proses memiliki besaran yang berbeda tergantung pada input material, energi yang digunakan, emisi yang dikeluarkan serta proses pengolahan yang terjadi. Berbagai dampak yang muncul perlu untuk dilakukan analisis lebih dalam untuk menafsirkan data pada aplikasi SimaPro dengan data serta proses eksisting pada proses pengolahan air limbah, tujuan hal ini dilakukan untuk mengetahui titik *hotspot* atau titik yang memiliki dampak terbesar dari serangkaian proses pengolahan air limbah di IPLT Kota Batu. Berikut analisis tiap dampak yang ditimbulkan pada proses pengolahan air limbah IPLT Kota Batu.

4.7.1. Analisa *Hotspot* Proses dan *Hotspot* Dampak

Hotspot proses merupakan titik dengan dampak terbesar dari suatu sistem proses. Dampak terbesar ditentukan berdasarkan hasil penilaian dampak (*Life Cycle Impact assessment*) dan input data (*Life Cycle Inventory*) baik berupa material, energi yang digunakan dan emisi pada tahap sebelumnya. Dari tahap LCIA dapat diketahui kontribusi dampak yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah yang ada pada IPLT Kota Batu. Berdasarkan Tabel 4.20 dapat dilihat bahwa titik *hotspot* proses berada pada unit *Solid Separation Chamber*. Unit *Solid Separation Chamber* memberikan dampak kontribusi sebesar 2,074. Dimana nilai ini merupakan hasil dari perhitungan akhir *midpoint* pada aplikasi SimaPro 8.5.2. Apabila diurutkan berdasarkan kontribusi terbesar dampak dari proses pengolahan air limbah yaitu *Solid Separation Chamber* sebesar 2,074, *Anaerobic Baffled Reactor* sebesar 1,927, Kolam Fakultatif 1 sebesar 1,315, Kolam Fakultatif 2 sebesar 1,098, Kolam Maturasi 1 sebesar 0,916, dan Kolam Maturasi 2 sebesar 1,085.

Hotspot dampak merupakan titik dengan dampak terbesar dalam suatu proses pengolahan. Pada penelitian ini, telah dianalisa beberapa dampak dari *hotspot* proses sesuai dengan lingkup penelitian. Dampak yang dianalisa yaitu *aquatic*

eutrophication, global warming, dan non renewable energy. Besar nilai yang keluar dari setiap dampak berbeda antara satu dengan yang lainnya. hal ini tergantung pada proses pengolahan yang ada pada unit tersebut. Karena proses antara satu unit dengan yang lainnya berbeda, maka akan ada perbedaan nilai dampak yang dihasilkan pada setiap proses pengolahan air limbah. Nilai dampak dipengaruhi oleh input data pada tahap LCI. Input data berupa material, jenis energi, dan emisi yang dihasilkan beserta kuantitasnya.

4.7.2. Program Alternatif Perbaikan Proses Pengolahan Lumpur Tinja

Pemilihan alternatif program perbaikan dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses pengolahan air limbah IPLT Kota Batu. Dasar pemilihan program perbaikan ini berdasarkan pada analisis LCA.

a. Program Lingkungan Berdasarkan *Hotspot* Dampak

➤ Penggunaan Kolam wetland dengan tanaman sejenis genus *Typha* dan *Phragmites*

Effluen yang dihasilkan dari proses pengolahan lumpur tinja pada IPLT Kota Batu belum memenuhi baku mutu diakibatkan oleh nilai N dan P yang berada di atas ambang baku mutu sesuai Permen LHK RI No. 68 Tahun 2016 dan Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 yang dapat menimbulkan terjadinya eutrofikasi sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut salah satunya penggunaan kolam *wetland* di IPLT Kota Batu yang tidak berfungsi dengan baik. Perlu dilakukan penggunaan kolam *wetland* yaitu dilakukan penanaman tumbuhan seperti genus *Typha* (Kumis Kucing), genus *Phragmites* (Perumpung), Bambu air, dll yang dapat menurunkan nilai N dan P. Penggunaan kolam *wetland* dengan tanaman bambu air dapat menurunkan kadar nitrogen sebesar 73,47%. Sedangkan tanaman perumpung penurunan nitrogen sebesar 45,65% (Prayitno, 2014). Penurunan nilai P dengan tumbuhan bambu air dengan efisien sebesar 81,4% (Danista, 2011).

➤ **Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu**

Proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu menghasilkan gas CO₂ yang menimbulkan terjadinya *global warming* dalam lingkungan. Perlu dilakukan tindakan mengantisipasi terjadinya *global warming* dengan melakukan penanam tanaman di sekitar IPLT Kota Batu. Selain itu, pada kondisi eksisting di IPLT Kota Batu yang berada satu lokasi dengan TPA Kota Batu dan terdapat hutan dengan jenis macam-macam tanaman dan rumput gajah yang dipakai warga sekitar Kota Batu dimanfaatkan sebagai pakan hewan. Hutan mampu menyerap gas karbon-dioksida (CO₂) di atmosfer dalam skala yang besar. Di dalam hutan terjadi proses akumulasi penyerapan CO₂ yang dilakukan secara kolektif oleh vegetasi yang ada di dalamnya.

Potensi CO₂ yang mampu diserap oleh hutan tanaman dari jenis *Eucalyptus grandis*, *Acacia mangium*, meranti, dan jati berturut-turut adalah 31,948 ton/CO₂/ha; 30,100 ton/CO₂/ha; 18,640 ton/CO₂/ha; dan 5,800 ton/CO₂/ha. Dengan peran tersebut, adanya kondisi hutan yang terjaga akan mampu menjaga konsentrasi CO₂ di atmosfer tetap stabil (Junaedi, 2007).

➤ **Melakukan perawatan peralatan unit pengolahan secara terjadwal**

Proes pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu perlu dilakukan perawatan unit pengolahan secara terjadwal, agar effluent yang dihasilkan memenuhi baku mutu pemerintah jika dibuang ke lingkungan setelah dilakukan pengolahan lumpur tinja. Penjadwalan di IPLT Kota Batu sudah dilakukan perawatan unit pengolahan dengan waktu penjadwalan yang berbeda-beda tiap unit dan tiap tahun, lalu dilakukan analisis nilai parameter-parameter tiap tahun untuk mengetahui konsentrasi effluent tiap parameter. Berikut data nilai parameter yang dilakukan di IPLT Kota Batu pada tahun 2017 dan 2019 pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.23.

Tabel 4.22 Hasil analisis lumpur tinja IPLT Kota Batu pada tahun 2019

	Satuan	SSC		ABR		KOLAM FAKULTATIF 1	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
pH	-	7	7,8	7,8	7,4	7,4	7,7
TSS	mg/L	198	168	168	80	80	78
TKN	mg/L	180,32	115,58	115,58	73,24	73,24	72,28
Phospat	mg/L	9,65	6,08	6,08	5,22	5,22	3,94
COD	mg/L	556	140	140	100	100	96
BOD	mg/L	292	73	73	52	52	50
	Satuan	KOLAM FAKULTATIF 2		KOLAM MATURASI 1		KOLAM MATURASI 2	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
pH	-	7,7	8,7	8,7	7,7	7,7	7,8
TSS	mg/L	78	64	64	32	32	18
TKN	mg/L	72,28	47,13	47,13	36,88	36,88	10,8
Phospat	mg/L	3,94	2,91	2,91	1,55	1,55	0,5
COD	mg/L	96	84	84	76	76	58
BOD	mg/L	50	44	44	40	40	30

Sumber: Hasil analisis, 2019

Tabel 4.23 Hasil analisis lumpur tinja IPLT Kota Batu pada Tahun 2017

	Satuan	SSC		ABR		KOLAM FAKULTATIF 1	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
pH	-	7	7,5	7,5	7,9	7,9	7,8
TSS	mg/L	330	259	259	166	166	132
COD	mg/L	2180	278	278	130	130	74
BOD	mg/L	616,1	148	148	70	70	40

Minyak dan Lemak	mg/L	2,5	2	2	<1,9	<1,9	<1,9
	Satuan	KOLAM FAKULTATIF 2		KOLAM MATURASI 1		KOLAM MATURASI 2	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
pH	-	7,8	7,8	7,8	7,7	7,7	6,7
TSS	mg/L	132	36	36	20	20	16
COD	mg/L	74	68	68	46	46	37
BOD	mg/L	40	36	36	24	24	20
Minyak dan Lemak	mg/L	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9	<1,9

Sumber: Hasil analisis IPLT Kota Batu, 2017

Perawatan unit pengolahan secara terjadwal di IPLT Kota Batu dalam satu tahun dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Unit SSC setiap satu bulan sekali bagian pembersihan tiap inlet, outlet SSC menuju ABR, pembersihan sisa pasir, lumpur tinja, lemak, dan endapan-endapan.
2. Unit ABR setiap 3-5 bulan sekali dibersihkan inlet, apabila dari kadar lumpur naik, maka akan disedot dan dikembalikan ke SSC. Pembersihan ringan membersihkan sampah atau lumut yang mengapung.
3. Unit Kolam Fakultatif dan Kolam Maturasi dilakukan dengan pembersihan yang sama dengan cara pembersihan alga lumut secara kondisional, jika lumut naik atau menutupi kolam maka dilakukan pembersihan dengan alat atau jaring

b. Skenario Program Lingkungan

Setelah didapatkan alternatif program lingkungan, selanjutnya dibuat skenario program untuk *dirunning* kembali pada aplikasi SimaPro 8.5.2 pada skenario 1 dan 3. Untuk skenario 2 dihitung dengan membandingkan dengan jurnal-jurnal yang sesuai dengan kondisi eksisting yang ada di sekitar IPLT Kota Batu.

1. Skenario 1

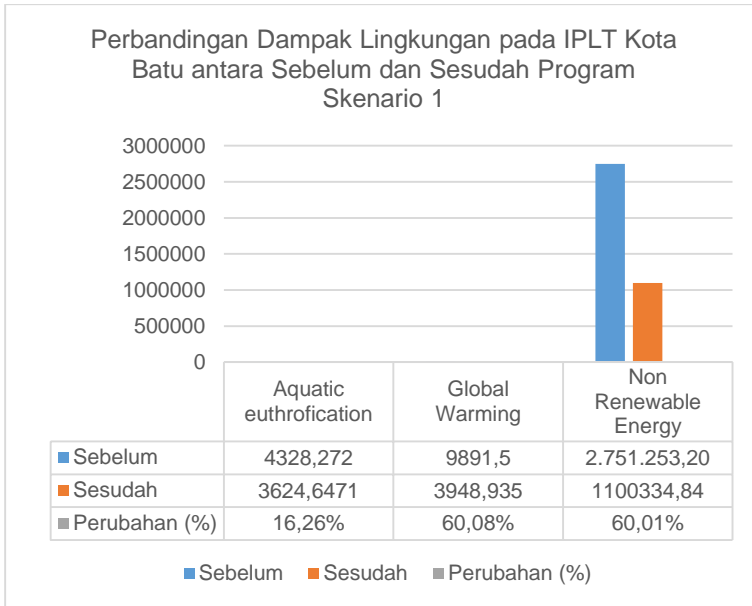
Pada skenario 1 ini dilakukan program perbaikan lingkungan dengan cara menanam tanaman seperti genus *Typha*, genus *Phragmites*, atau bambu air untuk menurunkan nilai N dan P pada Kolam Wetland sebelum effluent keluar ke badan lingkungan. Setelah dilakukan *running* pada aplikasi SimaPro 8.5.2 dibandingkan perubahan dampak dari sebelum adanya program dengan sesudah adanya program lingkungan. Hasil dari *running* pada aplikasi SimaPro dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4.24 Perbandingan Dampak Lingkungan pada IPLT Kota Batu antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 1

Impact Category	Sebelum	Sesudah	Perubahan (%)
<i>Aquatic eutrophication</i>	3.624,6471	2.756,2464	24%
<i>Global Warming</i>	3.948,935	3.948,935	0%
<i>Non Renewable Energy</i>	1.100.334,8 4	1100.334,8 4	0%

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dampak yang mengalami perubahan terbesar yaitu dari *aquatic eutrophication* dengan penanaman tanaman pada kolam wetland terjadi perubahan sebesar 24%. Sedangkan untuk dampak lainnya seperti *global warming*, dan *non renewable energy* tidak tampak dikarenakan alternatif ini dikhususkan untuk mengurangi dampak eutrofikasi. Apabila dilihat dari grafik, perbedaan perubahan dampak dapat dilihat Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Diagram Skenario 1

Sumber: Hasil analisis, 2019

2. Skenario 2

Pada skenario 2 ini dilakukan dengan penanaman penghijauan di sekitar IPLT Kota Batu. Setelah dilakukan perhitungan dengan nilai penurunan konsentrasi gas CO₂ pada jurnal kemudian dibandingkan perubahan dampak dari sebelum adanya program dengan sesudah adanya program lingkungan. Hasil dari perhitungan pada efisiensi penurunan gas CO₂ dari beberapa jurnal dapat dilihat pada Tabel 4.25.

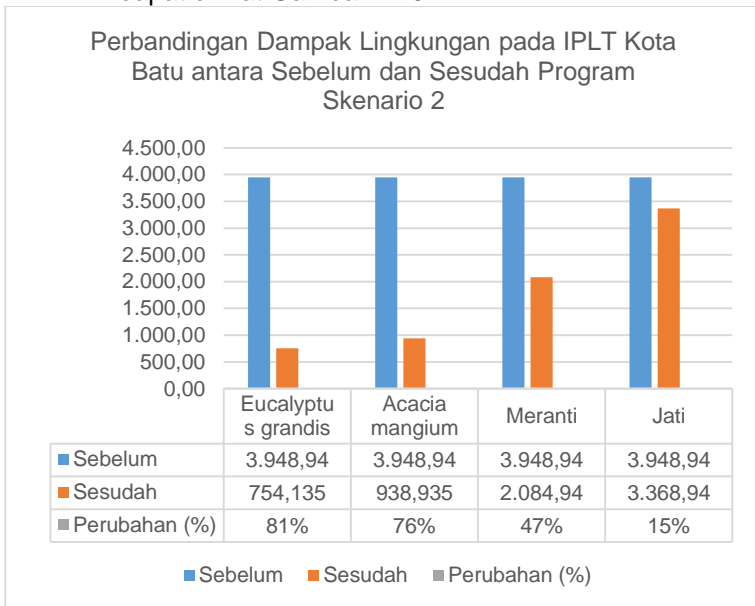
Tabel 4.25 Perbandingan Dampak Lingkungan pada IPLT Kota Batu antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 2

Global Warming	Sebelum	Sesudah	Perubahan (%)
<i>Eucalyptus grandis</i>	3.948,935	754,135	81%
<i>Acacia mangium</i>	3.948,935	938,935	76%

Meranti	3.948,935	2.084,935	47%
Jati	3.948,935	3.368,935	15%

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dampak *global warming* dengan penanaman empat jenis tanaman yang berbeda dengan luas sebesar 1000 m² terjadi perubahan terbesar yaitu pada tanaman *Eucalyptus grandis* sebesar 81%. Sedangkan untuk dampak lainnya seperti *global warming*, dan *non renewable energy* tidak tampak dikarenakan alternatif ini dikhususkan untuk mengurangi dampak *global warming*. Apabila dilihat dari grafik, perbedaan perubahan dampak dapat dilihat Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Diagram Skenario 2

Sumber: Hasil analisis, 2019

3. Skenario 3

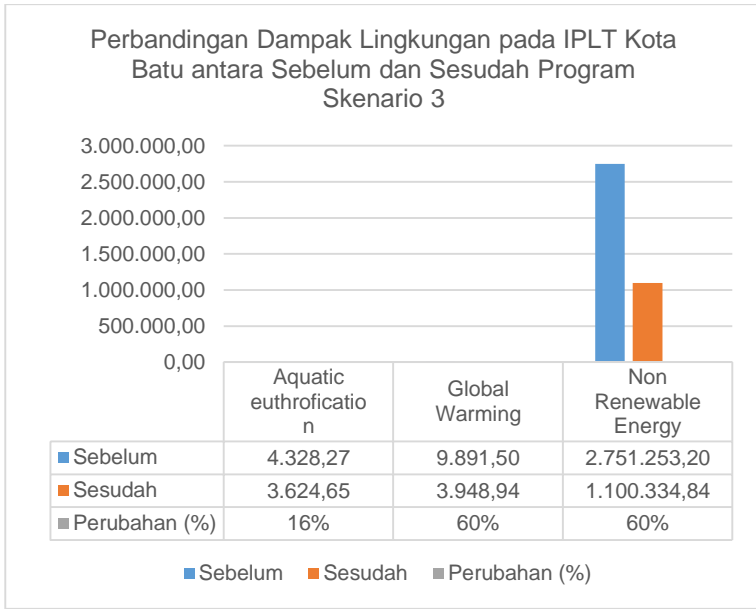
Pada skenario 3 ini dilakukan dengan melakukan perawatan unit-unit pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu. Pengambilan data diambil dari data nilai parameter lumpur tinja IPLT Kota Batu yang sudah dilakukan pada tahun 2017 kemudian dibandingkan dengan nilai parameter yang sudah dilakukan pada tahun 2019. Setelah dilakukan *running* pada aplikasi SimaPro 8.5.2 dibandingkan perubahan dampak dari sebelum adanya program dengan sesudah adanya program lingkungan. Hasil dari *running* pada aplikasi SimaPro dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Perbandingan Dampak Lingkungan pada IPLT Kota Batu antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 3

<i>Impact Category</i>	Sebelum	Sesudah	Perubahan (%)
<i>Aquatic eutrophication</i>	4.328,272	3.624,6471	16%
<i>Global Warming</i>	9.891,5	3.948,935	60%
<i>Non Renewable Energy</i>	2.751.253,2	1.100.334,84	60%

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dampak yang mengalami perubahan terbesar yaitu dari *global warming* dengan perubahan sebesar 60% dan *Non Renewable Energy* sebesar 60%. Sedangkan untuk dampak *Aquatic Eutrophication* hanya mengalami perubahan kecil sebesar 16% dikarenakan salah satu faktor adalah penggunaan kolam *Wetland* yang tidak difungsikan dengan baik dan tingginya nilai Nitrogen dan Fosfor di air limbah. Apabila dilihat dari grafik, perbedaan perubahan dampak dapat dilihat Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Diagram Skenario 3

Sumber: Hasil analisis, 2019

4.8. Hubungan LCA dengan AHP

LCA adalah pendekatan yang dimulai dengan pengumpulan bahan baku dari bumi untuk menciptakan produk dan berakhir pada titik ketika semua bahan dikembalikan ke bumi. LCA memungkinkan estimasi dampak lingkungan kumulatif yang dihasilkan dari semua tahapan dalam siklus hidup produk, sehingga akan diketahui bagian mana yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan paling besar (EPA, 2006). Setelah diketahui dampaknya maka akan diperoleh beberapa alternatif perbaikan untuk masing-masing kegiatan dalam supply chain. Alternatif perbaikan yang diusulkan untuk masing-masing rantai dapat digunakan sebagai dasar pembuatan alternatif untuk *life cycle* yang ada sehingga didapatkan *supply chain* yang sesuai dengan konsep *green supply chain management* (Putri, 2014). Adapun pemilihan alternatif dengan mempertimbangkan beberapa kriteria

yang ada melalui pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP). Menurut Yancadianti, et al., (2015), AHP adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengan efektif atas persoalan yang kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan. Persoalan diatas dipecahkan dengan menata variabel dalam susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel, dan mensintesis pertimbangan untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas dan pengaruh paling tinggi. AHP membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menstruktur suatu hirarki kriteria, pihak yang berkepentingan, hasil dan dengan menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot

4.9. Penentuan Prioritas Alternatif Perbaikan

Penentuan alternatif digunakan untuk mengurangi dampak dan dilakukan upaya perbaikan dalam proses pengolahan. Alternatif yang dihasilkan tidak hanya satu, namun ada beberapa alternatif sebagai pertimbangan dalam mengambil keputusan yang akan ditentukan dengan metode analytical hierarcy process (AHP) dengan aplikasi expert choice.

Otak manusia, secara umum cenderung membentuk rasio atau perbandingan relatif antara dua hal yang dibandingkan dan bukan mencari perbedaan absolut antara keduanya, karena perbedaan tersebut harus dinyatakan dalam suatu skala standar atau besaran yang informasinya tak dapat dihasilkan otak manusia. Bentuk skala rasio inilah yang menjadi input dasar model AHP sekaligus menyatakan bagaimana persepsi seseorang dalam menghadapi suatu masalah pengabilan keputusan. Karena otak manusia ada batasnya, maka skala rasio juga memiliki batas tertentu yang tidak terlampau besar tetapi cukup menampung persepsi manusia. Dalam model AHP digunakan batas 1 sampai 9 yang dianggap cukup mewakili persepsi manusia (Permadi,1992).

Berikut kuisisioner prioritas alternatif sebagai langkah pengurangan kontribusi dampak Aquatic eutrophication, global warming dan non renewable energy pada proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu yang diambil dari beberapa sumber literatur pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Alternatif Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan

No	Masalah	Alternatif	Fungsi
1.	Kandungan nitrogen dalam air dalam pengolahan lumpur tinja di IPLT	Penggunaan Kolam wetland dengan tanaman sejenis genus <i>Typha</i> dan <i>Phragmites</i> (a)	Mengurangi konsentrasi nitrogen dalam air sebagai upaya pengurangan kontribusi <i>aquatic eutrophication</i> dan <i>global warming</i>
2.	Emisi gas karbondioksida dalam pengolahan lumpur tinja di IPLT	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu (b)	Mengurangi emisi gas karbondioksida sebagai upaya pengurangan kontribusi <i>global warming</i>
3.	Efisiensi pengolahan tiap unit yang tidak maksimal	Melakukan perawatan peralatan unit pengolahan secara terjadwal (c)	Meningkatkan pemenuhan kualitas effluen sesuai dibawah standar baku mutu

Sumber :

- a. Prayitno., Soleh, Muhammad. 2014. Pengurangan Nitrogen pada Limbah Cair Terolah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Wetland Buatan. Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik Vol.30 No.2 Desember Tahun 2014: 79-86
- b. Kustiasih , Tuti., Medawat, Ida. 2017. Kajian Potensi Gas Metan (CH₄) Dari Pengolahan Air Limbah Domestik Sebagai Upaya Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca. Masalah Bangunan, Vol. 52 No. 1 Oktober 2017.
- c. Gusniar, I., N. 2014. Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal di Unit Utility PT ABC. Jurnal Ilmiah Solusi. 1(1), hal 77-86.

4.10. Pemilihan Alternatif Terbaik dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Pemilihan alternatif berdasarkan permasalahan yang kompleks dalam struktur yang hirarkis melalui hubungan antara

tujuan, kriteria, dan alternatif. Kemudian diberi penilaian numerik tentang prioritas dari alternatif tersebut dengan alternatif lainnya. Dari pemilihan prioritas tersebut akan dilakukan analisis untuk mendapatkan alternatif yang memiliki prioritas tertinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil dari analisis. Tahapan dalam analisis ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi kriteria dalam penentuan alternatif
2. Menyusun hirarki dengan kriteria yang dilakukan secara kajian teoritis
3. Menentukan bobot prioritas dengan perbandingan antar alternatif
4. Mengukur konsistensi dimana pemberian nilai dalam perbandingan antar alternatif

4.11. Pemilihan Kriteria dalam Prosedur *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

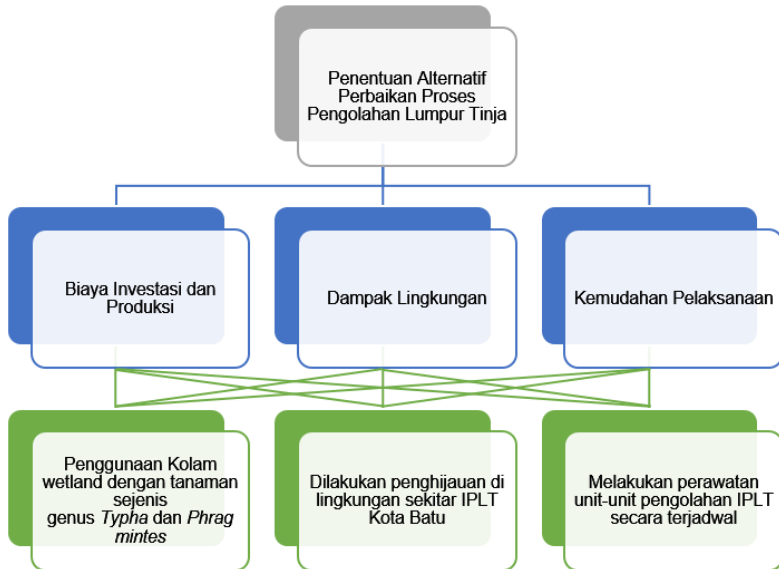
Dari hasil *life cycle assessment* (LCA) diketahui grafik perbandingan dampak lingkungan dan telah dianalisis alternatif yang dapat digunakan. Terdapat tiga kriteria yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

1. Biaya Investasi dan Pengolahan
Biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin ataupun peralatan baru, penambahan tenaga kerja terkait biaya pelatihan. Biaya pengolahan merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pengolahan alternatif.
2. Dampak Lingkungan
Dampak lingkungan merupakan seberapa besar pengaruh alternatif terhadap optimalisasi reduksi dampak yang dianalisis pada *life cycle assessment* (LCA).
3. Kemudahan Pelaksanaan
Kemudahan dalam pelaksanaan merupakan tingkat kesulitan dalam operasional alternatif terbilang rendah.

4.12. Penyusunan Hirarki Alternatif

Permasalahan yang akan diselesaikan, diuraikan dalam bentuk yaitu unsur yang terpisah. Fokus permasalahan dibuat secara hirarkis dengan permasalahan utama dijadikan sebagai prioritasnya. Permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah pemilihan alternatif paling optimum yang

dapat dilakukan pada proses pengolahan. Berikut struktur hirarki proses pengolahan lumpur tinja dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Hirarki Proses Pengolahan Lumpur Tinja

Pemilihan alternatif pada proses pengolahan lumpur tinja diawali dengan melakukan pembobotan perbandingan pada masing-masing kriteria. Proses pemilihan terdiri dari 3 alternatif yaitu penggunaan kolam *wetland* dengan tanaman, melakukan perawatan peralatan pengolahan secara terjadwal dan melakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu. Ketiga alternatif tersebut akan dibandingkan pada setiap kriteria dengan penilaian prioritas pada salah satu alternatif. Dari hasil perbandingan akan diperoleh satu alternatif paling optimum.

4.13. Alternatif Terbaik pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja

Penentuan alternatif terbaik berdasarkan penyebaran kuisioner kepada narasumber yang telah ahli dan memahami kegiatan tersebut. Dari kuisioner tersebut didapatkan alternatif yang memungkinkan untuk diaplikasikan. Pemilihan narasumber sebanyak 4 (empat) orang yang terdiri dari pengawas operasional

pengolahan air limbah domestik di IPLT, operator IPLT, dua orang dosen pengajar Jurusan Teknik Lingkungan di salah satu perguruan tinggi di Kota Malang.

Keempat narasumber memberikan penilaian pada kriteria dan alternatif sesuai dengan kuisisioner yang telah diberikan. Dari hasil kuisisioner tersebut dilakukan penginputan data ke aplikasi *expert choice*. Berdasarkan hasil kuisisioner dilakukan pembobotan kriteria dan alternatif, ditunjukkan pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Pembobotan Pemilihan Kriteria Alternatif

	Biaya Investasi dan Pengolahan	Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan
Biaya Investasi dan Pengolahan		1,5137	1,14425
Dampak Lingkungan			4,14082
Kemudahan Pelaksanaan	Incon : 0,08		

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari Tabel 4.28 diketahui bahwa nilai pembobotan dari keempat narasumber untuk biaya investasi dan pengolahan dengan dampak lingkungan adalah 1,5137, biaya Investasi dan pengolahan dengan kemudahan pelaksanaan adalah 1,14425 dan dampak lingkungan dengan kemudahan pelaksanaan adalah 4,14082. Nilai *inconsistency* pembobotan pemilihan kriteria sebesar 0,08. Nilai pembobotan berdasarkan akumulasi pemilihan yang telah dilakukan masing-masing narasumber. Berdasarkan hasil kuisisioner dilakukan pembobotan alternatif dengan beberapa kriteria ditunjukkan pada Tabel 4.29 sampai Tabel 4.31.

Tabel 4.29 Pembobotan Pemilihan Alternatif pada Kriteria Biaya Investasi dan Produksi

	Penggunaan Kolum wetland dengan tanaman	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	Melakukan perawatan unit-unit pengolahan IPLT secara terjadwal
Penggunaan Kolum wetland dengan tanaman		1,04339	1,49535

Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu			1,32809
	Penggunaan Kolam wetland dengan tanaman	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	Melakukan perawatan unit-unit pengolahan IPLT secara terjadwal
Melakukan perawatan unit-unit pengolahan IPLT secara terjadwal	Incon : 0,003		

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari Tabel 4.29 diketahui bahwa nilai pembobotan dari keempat narasumber untuk penggunaan kolam wetland dengan tanaman sejenis genus *Typha* dan *Phragmites* dengan dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu adalah 1,04339, penggunaan kolam wetland dengan tanaman sejenis genus *Typha* dan *Phragmites* dengan melakukan perawatan unit-unit pengolahan secara terjadwal adalah 1,49535 dan dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu dengan melakukan perawatan unit-unit pengolahan secara terjadwal adalah 1,32809. Nilai *inconsistency* pembobotan pemilihan alternatif pada kriteria biaya investasi dan produksi sebesar 0,003. Nilai pembobotan berdasarkan akumulasi pemilihan yang telah dilakukan masing-masing narasumber.

Tabel 4.30 Pembobotan Pemilihan Alternatif pada Kriteria Dampak Lingkungan

	Penggunaan Kolam wetland dengan tanaman	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	Melakukan perawatan unit-unit pengolahan IPLT secara terjadwal
Penggunaan Kolam wetland dengan tanaman		1,23593	1,27789
Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu			1,07452

Melakukan perawatan unit-unit pengolahan IPLT secara terjadwal	Incon : 0,02		
--	--------------	--	--

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari Tabel 4.30 diketahui bahwa nilai pembobotan dari keempat narasumber untuk penggunaan kolam wetland dengan tanaman sejenis genus *Typha* dan *Phragmites* dengan dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu adalah 1,23593, penggunaan kolam wetland dengan tanaman sejenis genus *Typha* dan *Phragmites* dengan melakukan perawatan unit-unit pengolahan secara terjadwal adalah 1,27789 dan dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu dengan melakukan perawatan unit-unit pengolahan secara terjadwal adalah 1,07452. Nilai *inconsistency* pembobotan pemilihan alternatif pada kriteria dampak lingkungan sebesar 0,02. Nilai pembobotan berdasarkan akumulasi pemilihan yang telah dilakukan masing-masing narasumber.

Tabel 4.31 Pembobotan Pemilihan Alternatif pada Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

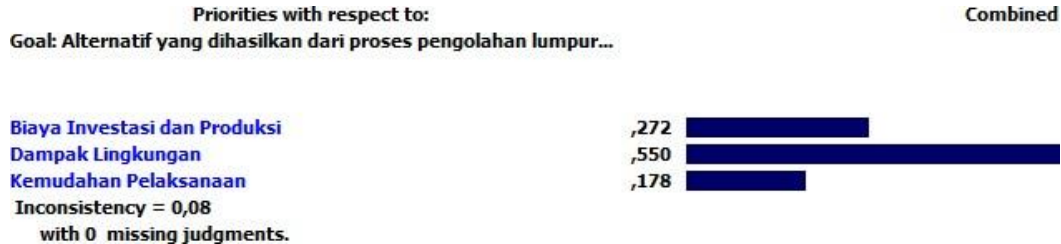
	Penggunaan Kolam wetland dengan tanaman	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	Melakukan perawatan unit-unit pengolahan IPLT secara terjadwal
Penggunaan Kolam wetland dengan tanaman		1,22474	1,3512
Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu			1,91683
Melakukan perawatan unit-unit pengolahan IPLT secara terjadwal	Incon : 0,06		

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari Tabel 4.31 diketahui bahwa nilai pembobotan dari keempat narasumber untuk penggunaan kolam wetland dengan tanaman sejenis genus *Typha* dan *Phragmites* dengan dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu adalah 1,22474,

penggunaan kolam wetland dengan tanaman sejenis genus *Typha* dan *Phragmites* dengan melakukan perawatan unit-unit pengolahan secara terjadwal adalah 1,3512 dan dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu dengan melakukan perawatan unit-unit pengolahan secara terjadwal adalah 1,91683. Nilai *inconsistency* pembobotan pemilihan alternatif pada kriteria dampak lingkungan sebesar 0,06. Nilai pembobotan berdasarkan akumulasi pemilihan yang telah dilakukan masing-masing narasumber.

Dalam persoalan pengambilan keputusan, perlu diketahui tingkat konsistensinya, karena bisa jadi suatu pengambilan keputusan memiliki tingkat konsistensi yang rendah. Konsistensi sampai pada tingkatan tertentu dapat menetapkan prioritas untuk elemen-elemen yang berkenaan dengan beberapa kriteria diperlukan untuk memperoleh hasil yang optimal berkenaan dengan beberapa kriteria yang diperlukan untuk memperoleh hasil optimal dengan keadaan di dunia nyata. AHP mengukur konsistensi menyeluruh dari berbagai pertimbangan melalui suatu rasio konsistensi (*inconsistency*). Nilai rasio konsistensi (*inconsistency*) paling tinggi 10% atau 0,1, jika lebih maka pertimbangan yang telah dilakukan perlu diperbaiki atau penilaian tidak konsisten (Faklatehan, 2016). Tabel 4.24 hingga tabel 4.27 menunjukkan nilai rasio konsistensi (*inconsistency*) berada di bawah nilai 0,1, sehingga menunjukkan konsistensinya baik. Berikut hasil penilaian kriteria pada Gambar 4.32 dan penilaian alternatif pada Gambar 4.33.



Gambar 4.32 Penentuan Kriteria Terpilih

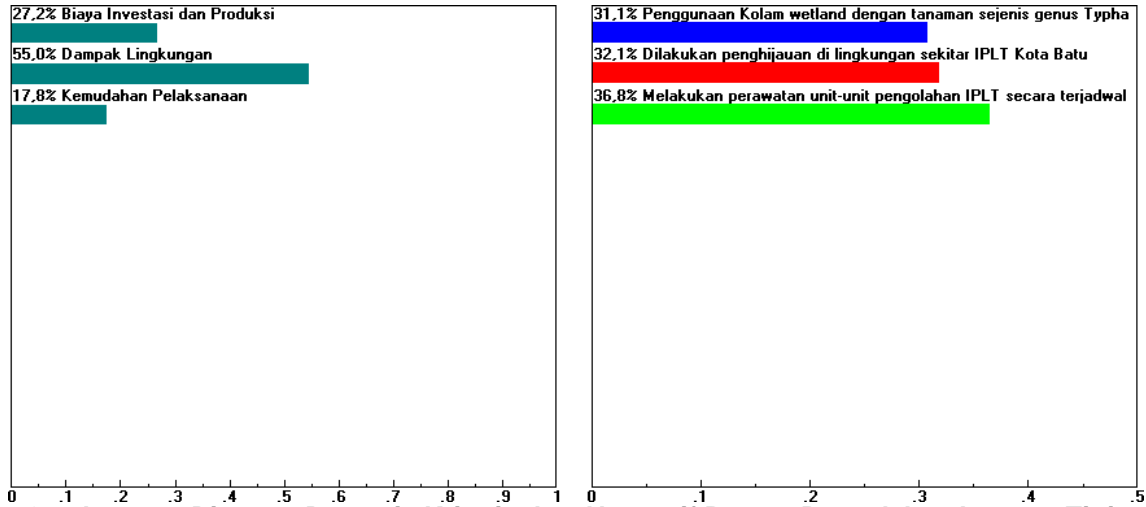
Dari Gambar 4.32 dapat dilihat kriteria biaya investasi dan pengolahan memiliki tingkat kepentingan sebesar 0,272, kriteria dampak lingkungan sebesar 0,550 dan kriteria kemudahan pelaksanaan sebesar 0,178, sehingga total dari 3 kriteria adalah 1,0 dengan kepentingan terbesar adalah kriteria dampak lingkungan. Nilai *inconsistency* dari rata-rata keseluruhan narasumber dalam pemilihan kriteria sebesar 0,08.

Overall Inconsistency = ,05



Gambar 4.33 Penentuan Alternatif Terpilih

Dari Gambar 4.33 alternatif penggunaan kolam wetland dengan tanaman memiliki tingkat kepentingan sebesar 0,331, alternatif penghijauan di lingkungan sekitar IPLT sebesar 0,321 dan alternatif melakukan perawatan unit-unit pengolahan secara terjadwal sebesar 0,368. Nilai *inconsistency* dari rata-rata keseluruhan narasumber dalam pemilihan alternatif sebesar 0,05. Pada Gambar 4.31 dan Gambar 4.32 menunjukkan nilai rasio konsistensi (*inconsistency*) berada di bawah nilai 0,1 atau kurang dari 10%, sehingga menunjukkan konsistensinya baik.



Gambar 4.34 Diagram Dynamic Kriteria dan Alternatif Proses Pengolahan Lumpur Tinja

Dari Gambar 4.34 diketahui bahwa 55,0% narasumber memilih dampak lingkungan sebagai penentuan kriteria yang akan dipilih. Dari ketiga alternatif tersebut 36,8% narasumber memprioritaskan pada alternatif melakukan perawatan unit-unit pengolahan secara terjadwal sebagai langkah reduksi kontribusi dampak lingkungan dengan memperhatikan kriteria prioritas biaya investasi dan pengolahan.

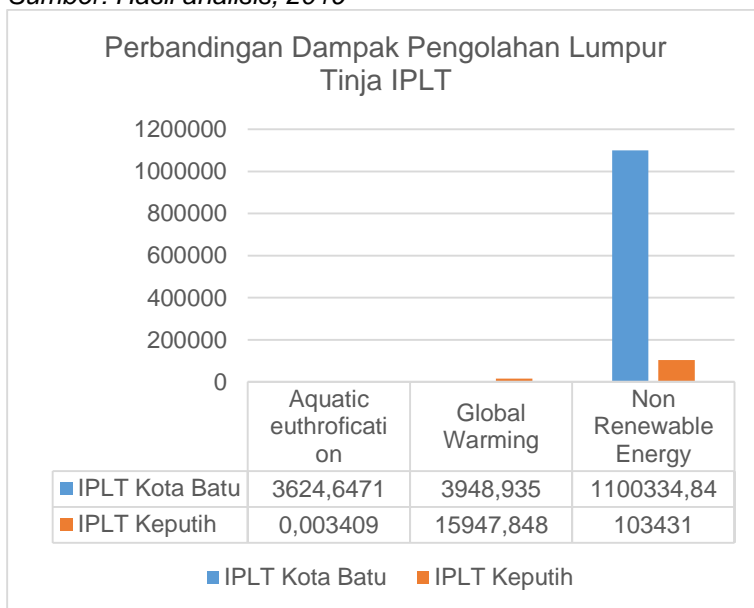
Selanjutnya jika terjadi perubahan persepsi, maka perlu dilakukan analisis sensitivitas. Analisis ini dilakukan untuk mengukur tingkat perubahan pada pembobotan suatu pilihan karena adanya suatu perubahan pilihan yang lain. Sehingga apabila terjadi adanya pergeseran subyektivitas dari narasumber atas pembobotan pada suatu pilihan, maka akan dapat mempengaruhi besarnya bobot pilihan lainnya dan berdampak terhadap proses yang akan dilakukan guna mencapai pilihan alternatif tersebut (Falatehan,2016). Dari hasil analisis, maka sebaiknya IPLT Kota Batu perlu melakukan pembenahan dalam mengolah lumpur tinja dengan melakukan perawatan pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu secara terjadwal dengan memperhatikan dampak lingkungan agar effluen yang dihasilkan dibawah baku mutu air limbah pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Dampak pencemaran lingkungan yang dihasilkan pada proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode *life cycle assessment* (LCA) adalah *global warming* dengan mengeluarkan emisi CO₂ sebesar 3.948,935 kg CO₂/tahun, *non renewable energy* dengan mengeluarkan emisi energi sebesar 1.100.334,84 MJ, dan *aquatic eutrophication* yang dapat menimbulkan potensi hilangnya spesies air dengan nilai emisi sebesar 3.624,647 PDF.m².y. Penelitian yang sebelumnya nilai kontribusi dampak lingkungan akibat proses pengolahan lumpur tinja IPLT Keputih dengan pendekatan *life cycle assessment* (LCA) adalah *global warming* sebesar 15947,848 kg CO₂/tahun, *non renewable energy* sebesar 103431 MJ dan *aquatic eutrophication* sebesar 0,003409 PDF.m².y (Nadhifatin, 2019). Kemudian dibandingkan dengan dua penelitian pada proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan proses pengolahan lumpur tinja IPLT Keputih Surabaya dan dapat dilihat pada Tabel 4.32 dan Diagram perbandingan dapat dilihat pada Gambar 4.35.

Tabel 4.32 perbandingan IPLT Kota Batu dan IPLT Keputih

<i>Impact Category</i>	IPLT Kota Batu	IPLT Keputih	Perbandingan Dampak
<i>Aquatic eutrophication</i>	3624,6471	0,003409	1063258,17
<i>Global Warming</i>	3948,935	15947,848	0,25
<i>Non Renewable Energy</i>	1100334,84	103431	10,64

Sumber: Hasil analisis, 2019



Gambar 4.35 Diagram perbandingan dampak pada IPLT

Sumber: Hasil analisis, 2019

Dari Tabel 4.32 dan Gambar 4.35 dapat dilihat bahwa nilai dampak proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu pada dampak *Aquatic Eutrophication* memiliki dampak sebesar 1.063.258,17 kali, *Non Renewable Energy* memiliki dampak sebesar 10,64 kali, dan *Global Warming* memiliki dampak sebesar 0,25 kali jika dibandingkan dengan IPLT Keputih.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil dampak pencemaran lingkungan pada proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu dengan metode *life cycle assessment* (LCA) adalah *global warming* dengan mengeluarkan emisi CO₂ sebesar 3.948,935 kg CO₂/tahun, *non renewable energy* dengan mengeluarkan emisi energi sebesar 1.100.334,84 MJ, dan *aquatic eutrophication* yang dapat menimbulkan potensi hilangnya spesies air dengan nilai emisi sebesar 3.624,647 PDF.m².y.
2. Pemilihan alternatif berdasarkan dengan kriteria yang telah ditentukan, yakni biaya investasi dan produksi, dampak lingkungan, dan kemudahan dalam pelaksanaan. Dari hasil pembobotan kriteria dengan beberapa alternatif yang diajukan, didapatkan alternatif terbaik. Alternatif yang dihasilkan dari proses pengolahan lumpur tinja IPLT Kota Batu untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) adalah dengan melakukan perawatan pengolahan secara terjadwal.

5.2. Saran

Dari penelitian ini dapat diberikan saran yang diharapkan bermanfaat bagi penelitian selanjutnya antara lain:

1. Perlunya ketersediaan data yang lengkap untuk seluruh proses kegiatan. Data yang lengkap berupa data debit pengolahan, data konsumsi energi, data kualitas udara pada lokasi pengolahan, serta beban emisi yang dilepaskan.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai LCA untuk produk-produk dan material lain seperti hasil pengolahan lumpur tinja sehingga akan diperoleh LCA benar-benar detail dan sesuai dengan kondisi IPLT yang ideal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- AIA *Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice*, 2010.
- Boggia, A, Paolotti, L., Castellini, C. 2009. *Environmental Impact Evaluation of Conventional, Organic and Organic-Plus Poultry Production System Using Life Cycle Assessment*. **World'S Poultry Science**, 66.
- Bonton, A., Bouchard, C., Barbeau. B., dan Jedrzejak, S. 2012. *Comparative Life Cycle Assessment of Water Treatment Plants*. **Desalination**, 284, hal 42-54.
- Chang, J., Kyung, D., and Lee, W. 2014. Estimation of Greenhouse Gas (Ghg) Emission from Wastewater Treatment Plants and Effect of Biogas Reuse on Mitigation". **Advances in Environmental Research**, 3(2), hal 173-183.
- Curran, Mary Ann., Paolo, Frankl., Reinout Heijungs., Annette Kohler. 2007. *Nanotechnology and Life Cycle Assessment*. Germany. **US Environmental Protection Agency/ Woodrow Wilson International Center for Scholars**.
- Danista, Ratna Widya. 2011. *Penggunaan Bambu Air (Equisetum Hyemale) Dan Bambu Rejeki (Dracaena Sanderiana) Untuk Penyisihan Nitrogen Dan Fosfor Pada Grey Water Dengan Sistem Constructed Wetland*. Surabaya. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Instiut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim. 2010. *Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi Sektor Transportasi*. Jakarta.
- Direktorat PPLP. 2015. *Petunjuk Teknis – Tata Cara Pengoperasian IPLT Sistem Kolam*. Jawa Tengah: PPLP Direktorat Jendral Cipta Karya dan Pekerjaan Umum.
- EPA. 2006. *Life Cycle Assesment: Principles and Practice*.
- Falatehan, A. Faroby. 2016. *Analytical Hierarchy Process (AHP). Teknik Pengambilan Keputusan Untuk Pembangunan Daerah*. Jakrta: PT.Indomedia Pustaka.
- Garno, Y., S. 2012. *Dampak Eutrofikasi Terhadap Struktur Komunitas dan Evaluasi Metode Penentuan Kelimpahan Fitoplankton*. **Jurnal Teknik Lingkungan**. 13(1), hal 67-74.
- G. Bitton. 2005. *Waste Water Microbiology*. Third Edition. **New Jersey: John Willey and Sons, Inc** hal 59, 68, 215-216.

- Goedkoop M., dan Spriensma, R. 2001. *The Eco-indicator 99 - A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Report*. Amersfoort, Third edition.
- Gubernur Jawa Timur. 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Surabaya : Gubernur Jawa Timur.
- Guinee, I., B., Gorree, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., van Oers, L., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H., A., de Bruijn, H., van Duin, R., dan Huijbregts, M., A., J. 2002. *Life Cycle Assessment: An Operational Guide to the ISO Standards*. **Kluwer Academic Publishers**. Dordrecht (Hardbound, ISBN 1-4020-0228-9; Paperback, ISBN] 4020-0557 -1. Leiden, Netherlands.
- Gusniar, I., N. 2014. *Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal di Unit Utility PT ABC*. **Jurnal Ilmiah Solusi**. 1(1), hal 77-86.
- Harjanto. 2008. *Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional*. 1, hal 39-50.
- Hermawan., Puti, Farida Marzuki., Muhammad, Abduh., R, Driejana. 2013. *Peran Life Cycle Assessment Pada Material Konstruksi Dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbondioksida Pada Efek Gas Rumah Kaca*. **Konferensi Nasional Teknik Sipil 7**, Universitas Sebelas Maret (UNS).
- Humbert, S., Schryver, A., D., Bengoa, X., Margni, M., dan Jolliet, O. 2003. *A user guide for the Life Cycle Impact Assessment Methodology IMPACT 2002+*. **International Journal of Life Cycle Assessment**.
- Indartono. 2005. *Krisis Energi di Indonesia: Mengapa dan Harus Bagaimana*. **Inovasi Online** - Vol.5/XVII/November 2005.
- ISO 14040:2006: *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. International Organization for Standardization (ISO).
- Jonrizal. 2001. *Evaluasi Efisiensi Kadar Total Suspended Solid pada Solid Separation Chamber di IPLT Keputih*,

- Surabaya. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Junaedi, Ahmad. 2007. *Kontribusi Hutan Sebagai Rosot Karbondioksida*. Bangkinang. **Balai Penelitian Hutan Penghasil Serat Kuok**. Info Hutan Vol. V No.1 : 1-7, 2008.
- Kaswinarni, Fibria. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2007. *Rencana Aksi Nasional Dalam Menghadapi Perubahan Iklim*. Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Kim, D., Thoma, G., Nutter, D., Milani, F., Ulrich, R., dan Norris, G. 2013. *Life Cycle Assessment of Cheese and Whey Production In The USA*. **Journal of Life Cycle Assessment 18(5)**, hal 1019-1035.
- Kustiasih, Tuti., Medawat, Ida. 2017. *Kajian Potensi Gas Metan (CH4) Dari Pengolahan Air Limbah Domestik Sebagai Upaya Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca*. **Masalah Bangunan**, Vol. 52 No. 1 Oktober 2017.
- Lailaty, I., T. 2017. *Dampak Perubahan Iklim Global terhadap Stabilitas Kehidupan: Pembangunan Vs Konservasi*. Tugas Akhir. Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada.
- Latuconsina, H. 2010. *Dampak Pemanasan Global Terhadap Ekosistem Pesisir dan Lautan*. **Jurnal Ilmiah agribisnis dan Perikanan (agrikon UMMU-Ternate)**. Volume 3 Edisi 1, hal 30-37.
- Lestari, D., R., dan Yudihanto, D. 2013. *Pengolahan Lumpur Tinja Pada Sludge Drying Bed IPLT Keputih Menjadi Bahan Bakar Alternatif dengan Metode Biodrying*. 2 (2), hal 133-137.
- Lestari, Endang. 2009. *Analisa Sistem Pendukung Keputusan Untuk Proses Kenaikan Jabatan Pada PT X*. **Jurnal Sistem Informasi** Vol. 1 No.3, 1-11.
- Lubis, A. 2007. *Energi Terbarukan dalam Pembangunan Berkelanjutan*. **Jurnal Teknik Lingkungan**, 8(2), hal 155-162.
- Menteri Lingkungan Hidup. 2016. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Indonesia.

- Moertinah, S. 2010. *Kajian Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri Organik Tinggi. Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri. 1 (2)*. Semarang : Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang.
- Monteith, Hugh D., Sahely, Halla R., MacLean, Heather L., Bagley David M. 2005. *A Rational Procedure for Estimation of Greenhouse-Gas Emissions from Municipal Wastewater Treatment Plants. Water Environment Research, Volume 77, Number 4*.
- Nadhifatin, Elvin Nur. 2019. *Analisis Kontribusi Dampak Lingkungan Akibat Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Keputih Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)*. Surabaya. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Lingkungan, Instiut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nigri, E., M., Barros, A., C., Rocca, S., D., F., dan Filho, E., R. 2014. *Assessing Environmental Impacts Using A Comparative LCA of Industrial and Artisanal Production Processes: "Minas Cheese" Case*. 34 (3), hal 522-531.
- Panelin, Yandes. 2018. *Studi Potensi Penyisihan Nitrogen Pada Efluen Ipal Domestik Dengan Penggunaan Constructed Wetland (Studi Kasus : Ipal Bojongsoang, Bandung)*. **Journal of Env. Engineering & Waste Management**, Vol. 2, No. 1, April 2017: 33-42.
- Pall, E., Niculae, M., Kiss, T., Andru, C. D., dan Splanu, M. 2013. *Human Impact on the Microbiological Water Quality of the Rivers. Journal of Medical Microbiology*. 62 (11), hal 1635–1640.
- Permadi, Bambang.1992. *AHP*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan-Pusat Antar Universitas – Studi Ekonomi, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Pennington, D., W., Margni., M., Ammann, C., dan Jolliet, O. 2005. *Multimedia Fate and Human Intake Modeling: Spatial Versus Nonspatial Insights for Chemical Emissions in Western Europe. Environ Sci Technol*, 39(4), hal 1119-1128.
- Prayitno., Soleh, Muhammad. 2014. *Pengurangan Nitrogen pada Limbah Cair Terolah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Wetland Buatan. Majalah Kulit*,

- Karet, Dan Plastik** Vol.30 No.2 Desember Tahun 2014: 79-86
- Pre. 2014. *All About SimaPro* 8. <URL: <https://www.presustainability.com/>>
- Pujadi. 2013. *Analysis Sustainability Packaging dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)*.
- Putri, A., E. 2016. *Analisis Pengaruh Konsumsi Energi Fosil dan Terbarukan Terhadap Emisi Karbondioksida*. Tugas Akhir. Fakultas Ekonomika dan Bisnis Universitas Diponegoro, Semarang.
- Putri, et al. 2014. *Evaluasi Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Susu KUD Batu dengan Implementasi Life Cycle Assesment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP)*. **Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri**, Vol. 2 No. 4, 684-695.
- Putri, Primanda Harmira. 2017. *Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Bensin Dengan Pendekatan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ramadhani, Dedy Sukma. 2016. *Desain Umum Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Di Kecamatan Tenggarong*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.
- Robert, F. 2005. *Is It Time to Shoot for the Sun*. **Science Journal**. 309(5734), hal 548-551.
- Rustadi. 2009. *Eutrofikasi Nitrogen dan Fosfor Serta Pengendaliannya dengan Perikanan di Waduk Sermo*. **Jurnal Manusia dan Lingkungan**. 16(3), hal 176-186.
- Saaty, Thomas L. 1992. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*. Seri Manajemen No.134. Proses Hirarki Analitik Untuk Pengambilan Keputusan Dalam Situasi yang Kompleks. PT. Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.
- Saaty, Thomas L. 2008. *Decision Making with The Analytic Hierarchy Process*. **International Journal Services Sciences**, Vol. 1 No. 1, 83-98.
- Santoso, Haryo dan Ronald. 2012. *Rekayasa Nilai dan Analisis Daur Hidup pada Model Alat Potong Kuku dengan Limbah*

- Kayu di CV. Piranti Works. Jurnal Teknik Industri Universitas Diponegoro*, Vol. 7 No.1, 19-26.
- Sarwindah, dan Elly Yanuarti. 2018. *Sistem Penunjang Keputusan Pemilihan Perumahan Subsidi Berdasarkan Kebutuhan Konsumen dengan metode AHP*. Pangkal Pinang. STMIK Atma Luhur Pangkalpinang
- Semina., Setiani, Oni., Purwanto. 2013. *Efektifitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Di Kota Cirebon Terhadap Penurunan Pencemaran Organik dan E-Coli. Jurnal Ilmu Lingkungan Volume 11*, Issue 1:36-42 (2013) . Semarang. Universitas Diponegoro.
- Simbolon, A., R. 2016. *Pencemaran Bahan Organik dan Eutrofikasi di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang*. 3(2), hal 109-118.
- Singh, Pratima., Kansal, Arun. 2015. *Energy and GHG accounting for wastewater infrastructure. Resources, Conservation and Recycling Volume 128*, January 2018, Pages 499-507.
- Siracusa, V., Ingrao, C., Giudice, A. L., Mbohwa, C., dan Rosa, D. M. 2014. *Environmental Assessment of A Multilayer Polymer Bag for Food Packaging and Preservation: An LCA Approach. Food Research International 62*, hal 151-161.
- Sony S, A., Hary, P., dan Wahyuni, S. 2009. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Di Kabupaten Cirebon*. Bandung. Universitas Pasundan.
- Starina, S., Haribowo, R., dan Prayoga, Tri, B. 2016. *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Supiturang Kota Malang*. Malang. Universitas Brawijaya.
- Sugiyono, A. 2002. *Penggunaan Energi dan Pemanasan Global: Prospek bagi Indonesia*. Technical Report. March 2002.
- Sudarmaji. A. E. Taufik A, 2013. *Efektifitas Sistem Pengolahan Limbah Cair dan Keluhan Kesehatan pada Petugas IPAL di RSUD DR. M SOEWANDHI Surabaya*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Sunarsih. 2013. *Permodelan Lingkungan Kualitas Air Limbah Domestik Pada Kolam Stabilisasi Fakultatif*. Semarang. Universitas Diponegoro.

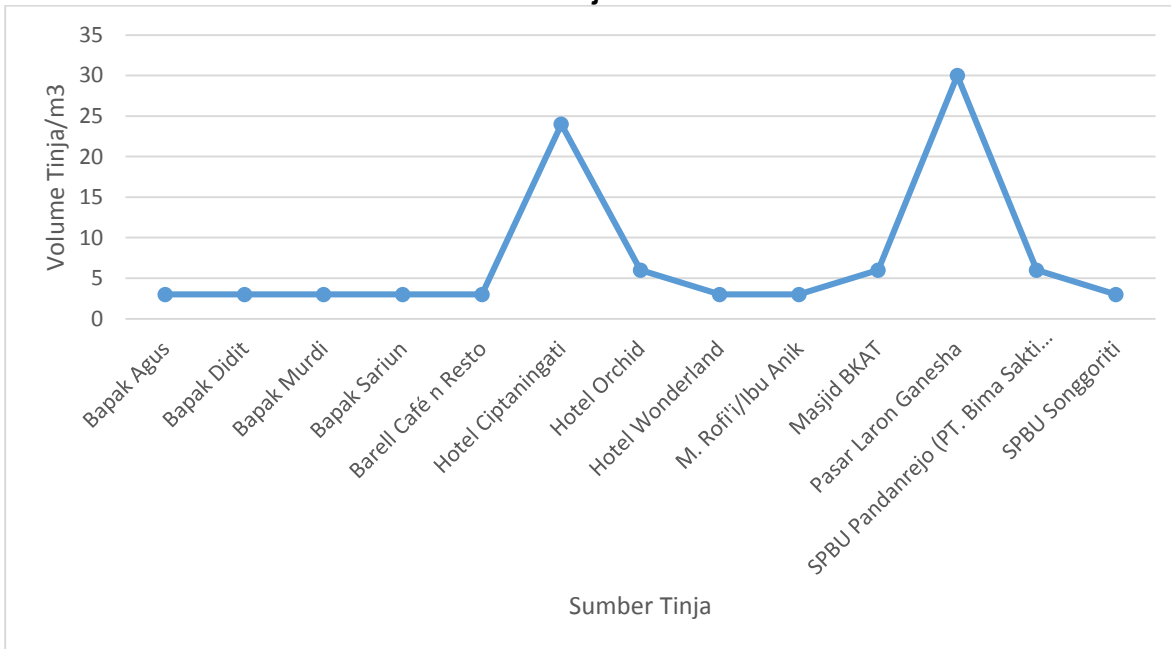
- Syaifullah. 2010. *Pengenalan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process)*.
- Tietenberg, T. dan L. Lewis. 2011. *Environmental and Natural Resource Economics*. Pearson Education, New jersey, USA.
- Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrügg, C., Schertenleib, R. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG) and WSSCC. **Dübendorf, Switzerland. 2nd revised edition**. Available from www.sandec.ch.
- Tungka, A., W., Haeruddin dan Ain, C. 2016. *Konsentrasi Nitrat dan Ortofosfat di Muara Sungai Banjir Kanal Barat dan Kaitannya dengan Kelimpahan Fitoplankton Harmful Alga Blooms (HABs)*. **Saintek Perikanan**. 12(1), hal 40-46.
- Tutorial SimaPro 8.3, diakses pada 03 Agustus 2018.
- UNFCCC. 2006. *Greenhouse Gas Inventory Submission. Data compilation available on UNEP's Geodata Portal (geodata.grid.unep.ch)*. The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Bonn.
- Utomo, Setyo Utomo., Syamsul, Maarif., Surjono, H.S., Sumardjo. 2011. *Aplikasi Analitchal Hierarchy Process (AHP) Dalam Penentuan Alternatif Pengelolaan Lingkungan Industri Komponen Alat Berat Berbasis Partisipasi dan Kemitraan Masyarakat*. Bogor. **JPSL Vol. (1) 2**: 56-61 Desember 2011.
- Vymazal, J. 2010. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*, **Journal Water 2010**, 2, 530-549, ISSN 2073-4441,
- Wahyudi Jatmiko. 2017. *Penerapan Life Cycle Assessment untuk Menakar Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Aktivitas Produksi Tahu*. **The 6th University Research Colloquium 2017 Universitas Muhammadiyah Magelang: ISSN 2407-9189**.
- Wahyuni, S., P dan Suarsana, P. 2011. *Global Warming: Ancaman Nyata Sektor Pertanian dan Upaya Mengatasi Kadar CO₂ Atmosfer*. **Jurnal Sains dan Teknologi**. 11(1), hal 31-46.
- Womsiwor, Intan Iriani., Roosmini, Dwina. 2010. *Analisis Toksisitas Akut Efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah*

- Industri Di Kota Cimahi. Bandung. Jurnal Teknik Lingkungan* Volume 15 Nomor 1, April 2009 (Hal 29-37).
- Yancadianti, Khairunnisa Hanan. 2015. *Analisa Pemilihan Green Supplier dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada PT X.* Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Zhu, Q. dan X. Peng. 2012. *The Impacts of Population Change on Carbon Emissions in China during 1978–2008.* **Environmental Impact Assessment Review.** 36(1).

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 1 GRAFIK VOLUME DAN SUMBER TINJA IPLT KOTA BATU
Grafik 1.1 Volume dan Sumber Tinja IPLT Kota Batu Bulan Januari 2019



Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 2 QUISSIONER

Kuisisioner Penentuan dan Prioritas Alternatif

Perkenalkan saya Firlianda Imansyah, mahasiswa S1 Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS Surabaya. Saat ini saya sedang melakukan penelitian mengenai Analisis Kontribusi Dampak Lingkungan Pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu Dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) Dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Tujuan dari adanya kuisisioner ini untuk menganalisis dampak lingkungan dari proses pengolahan lumpur tinja dengan hasil berupa alternatif terbaik.

I. Identitas

Nama :

Jabatan:

Tanda Tangan :

II. Petunjuk Pengisian

Kuisisioner ini terdiri dari dua bagian. Bagian pertama merupakan perbandingan kriteria dan yang kedua adalah perbandingan alternatif berdasarkan kriteria. Pada setiap pertanyaan, terdapat 3 kriteria/alternatif yang akan dibandingkan untuk mengetahui skala kepentingannya. Beri tanda centang pada kolom skala yang sesuai dengan pendapat Anda. Semakin tinggi angka skala yang dipilih, berarti tingkat kepentingan kriteria tersebut juga semakin besar.

Definisi angka skala :

1 : kedua kriteria sama penting

3 : kriteria sedikit lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

5 : kriteria lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

7 : kriteria sangat lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

9 : kriteria mutlak lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

2,4,6,8 : nilai tengah

Berikut alternatif pilihan yang saya rencanakan :

Tabel 2.1 Alternatif Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan

No	Masalah	Alternatif	Fungsi
1.	Kandungan nitrogen dalam air dalam pengolahan lumpur tinja di IPLT	Penggunaan Kolam wetland dengan tanaman sejenis sejenis genus <i>Typha</i> dan <i>Phragmites</i> (a)	Mengurangi konsentrasi nitrogen dalam air sebagai upaya pengurangan kontribusi <i>aquatic eutrophication</i> dan <i>global warming</i>
2.	Emisi gas karbondioksida dalam pengolahan lumpur tinja di IPLT	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu (b)	Mengurangi emisi gas karbondioksida sebagai upaya pengurangan kontribusi <i>global warming</i>
3.	Efisiensi pengolahan tiap unit yang tidak maksimal	Melakukan perawatan peralatan unit pengolahan secara terjadwal (c)	Meningkatkan pemenuhan kualitas effluen sesuai dibawah standar baku mutu

Narasumber diminta untuk memberikan skala prioritas terhadap perbandingan alternatif berikut dengan memberikan tanda lingkaran. Berikut contoh pemilihan prioritas yang dapat dilakukan oleh narasumber.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Alternatif 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternatif 2

Dalam tabel pemilihan terdapat rentang angka 1 sampai 9 ke kiri dan ke kanan dimana memberikan arah prioritas. Ke arah kiri memberikan prioritas terhadap alternatif 1 dan ke arah kanan memberikan prioritas terhadap alternatif 2. Rentang angka pada penilaian prioritas, angka 1 merupakan skala prioritas paling rendah dan angka 9 merupakan skala prioritas paling tinggi.

III. Pertanyaan Quisioner

A. Berdasarkan Prioritas Kriteria

Prioritas kriteria berdasarkan dari ketiga kriteria yaitu biaya investasi dan produksi, dampak lingkungan dan kemudahan pelaksanaan mana yang menjadi prioritas narasumber untuk mendasari dalam pemilihan alternatif nantinya.

Alternatif	Prioritas																	Alternatif
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Berdasarkan Dampak Lingkungan
Berdasarkan Biaya Investasi dan Produksi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Berdasarkan Kemudahan Pelaksanaan
Berdasarkan Dampak Lingkungan	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Berdasarkan Kemudahan Pelaksanaan

B. Berdasarkan Biaya Investasi dan Pengolahan

Kriteria biaya investasi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk pembelian mesin ataupun peralatan baru, penambahan tenaga kerja terkait biaya pelatihan. Biaya produksi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan operasional alternatif.

Alternatif	Prioritas																Alternatif	
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal
Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal

C. Berdasarkan Dampak Lingkungan

Kriteria dampak lingkungan merupakan seberapa besar pengaruh alternatif terhadap optimalisasi reduksi dampak yang dianalisis pada *life cycle assessment* (LCA).

Alternatif	Prioritas																Alternatif	
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal
Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal

D. Berdasarkan Kemudahan Pelaksanaan

Kriteria kemudahan dalam pelaksanaan merupakan tingkat kemudahan dalam operasional alternatif.

Alternatif	Prioritas																		Alternatif
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal	
Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal	

E. Saran dari Narasumber

Terima Kasih

Sumber :

- b. Prayitno., Soleh, Muhammad. 2014. Pengurangan Nitrogen pada Limbah Cair Terolah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Wetland Buatan. Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik Vol.30 No.2 Desember Tahun 2014: 79-86
 - c. Kustiasih , Tuti., Medawat, Ida. 2017. Kajian Potensi Gas Metan (CH4) Dari Pengolahan Air Limbah Domestik Sebagai Upaya Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca. Masalah Bangunan, Vol. 52 No. 1 Oktober 2017.
- Gusniar, I., N. 2014. Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal di Unit Utility PT ABC. Jurnal Ilmiah Solusi. 1(1), hal 77-86.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 3 HASIL QUISIONER

Responden yang diambil pada kuisisioner ini adalah

1. Pak Dr. Hardianto, ST., MT. (Dosen Teknik Lingkungan ITN Malang)
2. Ibu Dr. Evi Hendriarianti, ST., MT. (Dosen Teknik Lingkungan ITN Malang)
3. Pak Pungky Adji Judho DJ., ST. (Pengawas Operasional Pengelolaan Air Limbah Domestik)
4. Pak Mohammad Khoi Ubaidillah (Operator IPLT)

Petunjuk pembacaan angka pada rekapan hasil kuisisioner adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Contoh Pembacaan Hasil Quisioner

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden
Biaya	Dampak Lingkungan	3
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	$\frac{1}{5}$

Pada hasil kuisisioner perbandingan berpasangan antar kriteria, perbandingan nilai kriteria biaya dan dampak lingkungan memiliki nilai 3, artinya nilai kriteria biaya memiliki 3 kali nilai lebih penting dibandingkan kriteria lingkungan. Sebaliknya, pada perbandingan kriteria biaya dan kemudahan pelaksanaan bernilai $\frac{1}{5}$, maka kriteria kemudahan pelaksanaan memiliki nilai 5 lebih penting dibandingkan biaya.

Hasil data kuisisioner yang didapatkan dari responden direkap dalam sajian Tabel 3.2 - Tabel 3.5 berikut ini:

A. Berdasarkan Prioritas Kriteria

Tabel 3.2 Hasil Kuisisioner Perbandingan Antar Kriteria

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden			
		1	2	3	4
Biaya	Dampak Lingkungan	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	4	1
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	6	$\frac{1}{7}$	4	$\frac{1}{2}$
Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan	6	7	7	1

B. Berdasarkan Biaya Investasi dan Pengolahan
Tabel 3.3 Hasil Kuisiner Perbandingan Alternatif Antar
Kriteria Biaya

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden			
		1	2	3	4
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	4	8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{3}$
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal	2	4	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5}$
Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{7}$	9	1

C. Berdasarkan Dampak Lingkungan
Tabel 3.4 Hasil Kuisiner Perbandingan Alternatif Antar
Kriteria Dampak Lingkungan

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden			
		1	2	3	4
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	6	7	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{2}$
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan	Melakukan perawatan peralatan dan	6	3	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$

tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	unit-unit pengolahan secara terjadwal				
Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	9	1

D. Berdasarkan Kemudahan Pelaksanaan

Tabel 3.5 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Antar Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden			
		1	2	3	4
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	4	6	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{6}$
Meningkatkan kualitas bahan bakar, khususnya melalui pengurangan tingkat sulfur dalam solar secara strategis dan konsisten.	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal	4	3	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5}$
Dilakukan penghijauan di lingkungan sekitar IPLT Kota Batu	Melakukan perawatan peralatan dan unit-unit pengolahan secara terjadwal	$\frac{1}{4}$	6	9	1

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 4 GAMBAR HASIL PENGAMATAN



Gambar 4.1 Limbah Domestik dari truk tinja menuju Unit SSC



Gambar 4.2 Limbah Domestik pada unit SSC



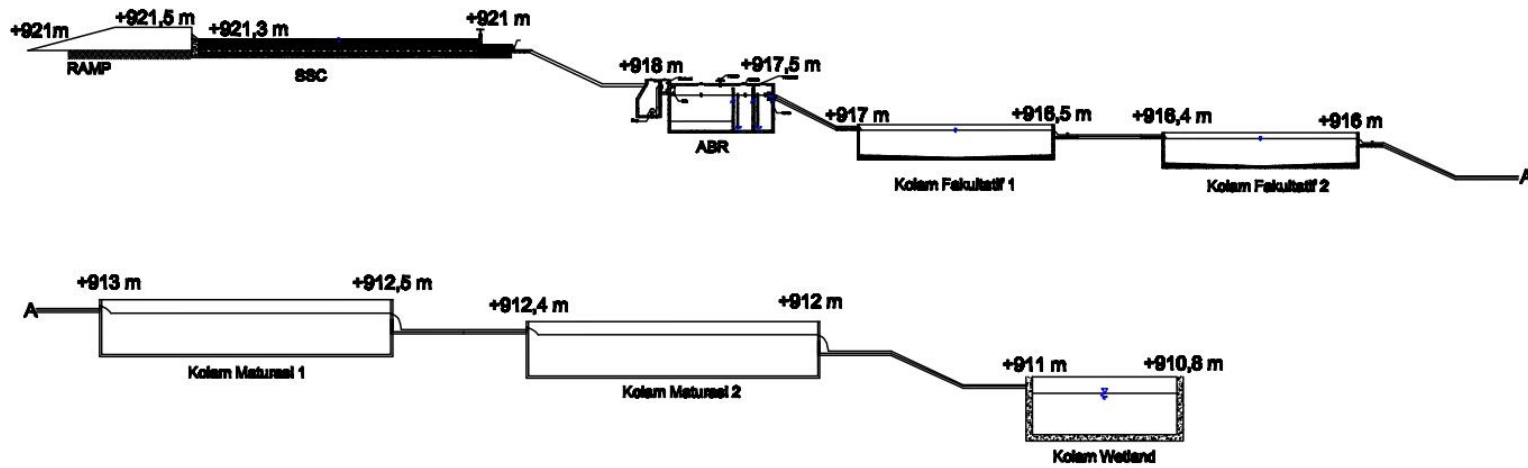
Gambar 4.3 Pengambilan Sampel di unit ABR

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 5 PROFIL HIDROLIS IPLT



LEGENDA



JUDUL TUGAS AKHIR

Analisa Dampak Pencemaran Lingkungan Pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytic Hierarchy Process (AHP)

NAMA / NRP

Filanda Imarah
00211840000007

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Nielsa Karsanogroem,
Dipl.SSE., M.Sc.
19550128 198503 2 001

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis IPLT

SKALA

Tanpa Skala

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Firianda Imansyah lahir di Kota Malang pada tanggal 03 September 1997 yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SDN Kauman I Malang pada tahun 2003-2009. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 27 Bandung pada tahun 2009 dan SMPN 4 Malang pada tahun 2010-2012. Kemudian dilanjutkan pendidikan tingkat atas yang dilalui di SMAN 10 Malang pada tahun 2012-2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03211540000007.

Selama perkuliahan, penulis aktif pada organisasi maupun kepanitiaan di Departemen Teknik Lingkungan dan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis merupakan anggota dari UKM IFLS (*ITS Foreign Language Society*) bidang Bahasa Jepang pada periode 2015/2016. Kemudian menjadi Staff Aplikasi Teknologi Divisi Riset dan Teknologi HMTL pada periode 2016/2017 dan menjadi Bandahara Divisi Riset dan Teknologi HMTL pada periode 2017/2018. Berbagai pelatihan dan seminar nasional dan internasional juga telah diikuti dalam rangka untuk pengembangan diri dan penambahan wawasan. Bila ada pertanyaan terkait tugas akhir penulis, silahkan menghubungi penulis via email di firianda15@gmail.com.



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

KTA-S1-TL-03

TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

Periode: Genap 2018/2019

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 6 Mei 2019

Nilai TOEFL : 413

Pukul : 08.00-09.00 - 9.15 - 10.11

Lokasi : TL-102

Judul : Analisa Kontribusi Dampak Lingkungan Pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu Dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Nama : Firianda Imansyah

Tanda Tangan

NRP. : 03211540000007

Topik : Penelitian Lapangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1.	Mass balance lebih rinci (diperjelas), skema diagram (diagram alir).
2.	Gbr 3 sinapronya lebih diperbesar. Gbr 2 Keseluruhan diperbesar pd 1. halaman 3 & lipat.
3.	Statement besar, penting itu diartikan pd standart atau norma apa! Statement 2 ase juga diperjelas, semua gbr diperbaiki ya!
4.	Sumber 3 Tabel & gambar perlu diberikan (dimunculkan).
5.	Lihat buku.

are 24/05/19

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

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

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, Dipl.SE., M.Sc.



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Firdanda Imangyah
NRP : 03211540000007
Judul : Analisis Dampak Perencanaan Lingkungan Pada Proses Pengalihan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytic Hierarchy Process (AHP)

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	1/02/2019	Sampling awal tiap unit	
2.	12/03/2019	Sampling kembali terhadap tel per unit Data sekunder	
3.	5/04/2019	- Mass Balance - Sesuaikan Baku Mutu Terbaru Permen 68 Tahun 2016	
4	9/04/2019	• Cari literatur lain tentang kolom stabilisasi • Bab 1-3	
5	15/04/2019	Cari resapan tanah, teori porositas tanah • Masukan ke Sima Pro • Baku mutu tambak • Air Tanah Bab 2, porositas tanah • Quisioner IPLT 2 dosen, 1 pihak IPLT	
6.	23/04/2019	Air Tanah, Porositas tanah tidak usah • Tambah referensi Bab 2 (Kolam Wadland, Permen) • Quisioner • Referensi hasil running	

Surabaya,
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Nioko Karaningroem, MSc.



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Firlanda Imansyah
NRP : 02211540000009
Judul : Analisis Dampak Restorasi Lingkungan Pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja
PLU Kota Batu Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA) dan
Analytic Hierarchy Process (AHP)

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
7.	20 Juni 2019	- BOD & COD dikonversi - TES cari literatur	
8.	27 Juni 2019	- Mass Balance - Debit diberi penjelasan - Kesimpulan & Saran	

Surabaya,2019
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nisbe Karnaningrum, M.Sc.



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
 Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
 No. Revisi: 01

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

Hari, tanggal : Jumat, 05 Juli 2019

Nilai TOEFL 453

Pukul : 07.00-09.00

Lokasi : TL-101

Judul : Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Pada Proses Pengolahan Lumpur Tinja IPLT Kota Batu Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytic Hierarchy Process (AHP)

Nama : Firlinda Imansyah

NRP. : 0321154000007

Topik : Penelitian Lapangan

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Beni penjelasan faktor bernilai satu (Impact 2002 +), pd analisa Ben bolotan.
2.	Kalimat dalam kesimpulan.
3.	Manua dari hasil itu apa? makna trial analisa.
4.	abstrak diperbaiki tata bahasa.
5.	kesimpulan smkls samarkah dg tulisan
6.	Uraikan dari alasan teori & praktek! → eutrophikasi air mass balance (lihat evaporasi) → mengurangi unsur amonium & p pibuang.
7.	kesimpulan ke (2) → perlu dijelaskan kembali ang kasus & yang terjadi
8.	Jawaban abstrak mlt global warming, saran utca LCA → dramabatkan seluruh dari teori LCA.
9.	Pembahasan LCA diperbaiki. mc 27/07/19

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

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

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

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, Dipl.SE., M.Sc.



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Firlanda Imansyah
 NRP : 0821154000003
 Judul Tugas Akhir : Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Pada Proses Pengolahan Lumpur Tanga (LT) Kota Batu Dengan Metode Use Cycle Assessment (UCA) dan Analytic Hierarchy Process (AHP)

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Beri penjelasan faktor bernilai satu (Impact acc2+) pada analisa Pembobotan	Penjelasan faktor bernilai satu sudah diperbaiki, bermatra keseluruhan faktor pembobotan bergubah satu (Hal 105)
2.	Kalimat dalam kesimpulan	Perbaikan kalimat dalam kesimpulan sudah diperbaiki dan ditambahkan (Hal 131)
3.	Matra dari hasil itu apa? matra hasil analisa	Perbaikan matra hasil analisa sudah ditambahkan terkait tidak ada standar matra dengan jurnal (Hal 128-129)
4.	Abstrak diperbaiki tata bahasa	Perbaikan abstrak sudah dilakukan pada halaman i-iv
5.	Kesimpulan sudah samakan dengan figure	Perbaikan kesimpulan dan figure figure sudah sesuai dan sama (Hal 3 & Hal 13)
6.	Uraikan dari alasan teori & praktik → eutrofikasi dengan mass balance → mengurangi unsur amonium & P dibuang	Penjelasan sudah dilakukan pada bab 2 terkait teori & bab 4 penjelasan kondisi eutrofik
7.	Kesimpulan ke 2 → perlu dijelaskan kembali dengan basis yang terjadi	Perbaikan terkait kesimpulan ke 2 sudah dit dilakukan dan penjelasan tsb pada Bab 4 (Hal 109-118)
8.	Jawaban abstrak untuk global warming, saran untuk LCA → ditambahkan seluruh dari teori LCA	Perbaikan abstrak & saran sudah dilakukan
9.	Pembobotan LCA diper detail	Perbaikan LCA diperdetail sudah dilakukan pada keseluruhan BAB 4

Dosen Pembimbing,

(Signature)

Prof. Dr. Ir. Niska Kurnaningrum, M.Sc.

Mahasiswa Ybs.,

(Signature)

Firlanda Imansyah