



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN DAMPAK PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
TERHADAP LINGKUNGAN DI IPAL PT.SIER DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT*  
(LCA)**

RIDHA CHADHIENNA RACHMANI  
0321154000088

DOSEN PEMBIMBING:  
Ir. ATIEK MOESRIATI, M.Kes

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



TUGAS AKHIR - 184804

**KAHIAN DAMPAK PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
TERHADAP LINGKUNGAN DI IPAL PT SIER DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT*  
(LCA)**

RIDHA CHADHIENNA RACHMANI  
0321154000088

DOSEN PEMBIMBING  
Ir. ATIEK MOESRIATI, M.Kes

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



FINAL PROJECT - RE 184804

**STUDY OF THE IMPACT OF THE WASTE WATER  
TREATMENT PROCESS AT PT SIER ON ENVIRONMENT  
USING LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)**

RIDHA CHADHIENNA RACHMANI  
NRP. 0321154000088

ADVISOR  
Ir. ATIEK MOESRIATI, M.Kes

Department of Environmental Engineering  
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya, 2019

## LEMBAR PENGESAHAN

### KAJIAN DAMPAK PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH TERHADAP LINGKUNGAN DI IPAL PT. SIER DENGAN MENGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA)

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik

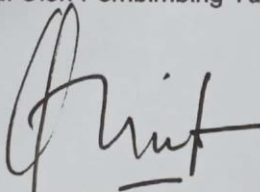
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RIDHA CHADHIENNA RACHMANI**  
NRP. 0321154000088

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Ir. Atiek Moesriati, M.Kes**  
NIP. 19570602 198903 2 002





# **KAJIAN DAMPAK PROSES PENGOLAHAN AIR LIMBAH TERHADAP LINGKUNGAN DI IPAL PT. SIER DENGAN MENGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA)**

Nama : Ridha Chadhienna Rachmani  
NRP : 0321154000088  
Departemen : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Ir. Atiek Moesriati, M.Kes

## **ABSTRAK**

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. SIER mengolah air limbah industri dan limbah domestik yang dihasilkan dari kegiatan perindustrian dikawasan PT. SIER. IPAL ini telah berdiri sejak 1989. Seiring berjalannya waktu, pertumbuhan dan perkembangan industri semakin meningkat sehingga menambah beban IPAL. Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang pengoperasian. Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) mengemisikan gas rumah kaca dalam jumlah yang cukup signifikan dalam bentuk karbon dioksida, metana, dan nitrogen oksida. Perbedaan jumlah gas rumah kaca yang diemisikan bergantung dari faktor kapasitas pelayanan IPAL. Semakin besar kapasitas layanan IPAL, semakin besar pula masa kontaminan (BOD) dan nutrient (TN) yang harus disisihkan. Hal ini berarti semakin banyak pula gas rumah kaca yang diemisikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa beban emisi yang dihasilkan, mengetahui dampak lingkungan yang timbul, dan menentukan cara mengurangi dampak dari proses pengolahan air limbah dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment*.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *life cycle assessment* (LCA) dengan *software* SimaPro 8.5.2 dalam perhitungannya. LCA adalah sebuah mekanisme untuk menganalisa dan memperhitungkan dampak lingkungan total dari suatu produk dalam setiap tahapan daur hidupnya. Tahap pertama pada LCA adalah menyusun dan menginventarisasi masukan dan keluaran yang berhubungan dengan produk yang akan dihasilkan. Tahapan *life cycle assessment* (LCA), yaitu *goal*

dan *scope*, *life cycle inventory* (LCI), *life cycle impact assessment* (LCIA), *interpretation data*. LCA dimulai dengan definisi tujuan dan ruang lingkup, ini memberikan gambaran tentang sistem dan merumuskan tujuan dan ruang lingkup yang dilakukan. Ruang lingkup didefinisikan oleh batas-batas sistem, yang menguraikan bagian-bagian produksi yang termasuk dalam analisis dan dampak kategori dipertimbangkan. Langkah selanjutnya adalah *life cycle inventory* (LCI), dimana *input* dan *output* untuk suatu produk disusun secara teratur dan diukur dalam batas-batas sistem. *Life cycle impact assessment* (LCIA) bertujuan untuk mengevaluasi besarnya dan pentingnya dampak lingkungan yang potensial untuk suatu sistem produk di seluruh siklus hidup produk. Hasil LCI dan LCIA ditafsirkan sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup yang ditetapkan.

Dampak yang ditimbulkan dari proses pengolahan air limbah IPAL PT.SIER dengan pendekatan *life cycle assessment* (LCA) adalah *non renewable energy* sebesar 0,40092 MJ primary, *global warming* sebesar 0,016678392 Kg CO<sub>2</sub> eq dan *aquatic eutrophication* 0,000491597 PDF-m<sup>2</sup>.y. Setelah diketahui dampaknya, maka dilakukan analisa alternatif. Cara mengurangi kontribusi dampak lingkungan akibat proses pengolahan air limbah IPAL PT.SIER dengan pendekatan *life cycle assessment* (LCA) adalah melakukan perawatan dan perbaikan peralatan pengolahan seperti pompa secara terjadwal untuk mengurangi dampak *non renewable energy* dengan nilai penurunan sebesar 98%. Kemudian untuk dampak *aquatic eutrophication* dengan melakukan pre treatment menggunakan karbon aktif dari sampah plastik dengan penurunan dampak hingga 44%. Sedangkan untuk dampak *global Warming* dengan melakukan penghijauan penanaman lebih banyak pohon disekitar IPAL sebagai sarana penyerapan emisi CO<sub>2</sub> yang berlebih.

**Kata Kunci : Dampak lingkungan, IPAL PT. SIER, *Life Cycle Assessment* (LCA), SimaPro 8.5.2**

# **STUDY OF THE IMPACT OF THE WASTE WATER TREATMENT PROCESS AT PT. SIER ON ENVIRONMENT USING LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) METHOD**

Name : Ridha Chadhienna Rachmani  
NRP : 0321154000088  
Department : Environmental Engineering  
Supervisor : Ir. Atiek Moesriati, M.Kes

## **ABSTRACT**

Waste Water Treatment Plant (WWTP) of PT. SIER processes industrial wastewater and domestic waste produced from industrial activities in the area of PT. SIER. This WWTP has been established since 1989. Over time, the growth and development of the industry has increased, increasing the burden of WWTP. Each type of wastewater treatment can emit greenhouse gases, both those originating from the processing process as well as those originating from operational support tools. Waste water treatment plants (WWTPs) emit significant amounts of greenhouse gases in the form of carbon dioxide, methane and nitrogen oxides. The difference in the amount of greenhouse gases emitted depends on the factor of WWTP service capacity. The greater the WWTP service capacity, the greater the contamination period (BOD) and nutrient (TN) that must be set aside. This means that more and more greenhouse gases are emitted. This study aims to analyze the emission load generated, determine the environmental impacts that arise, and determine how to reduce the impact of the wastewater treatment process using the Life Cycle Assessment method.

The method used in this study is the life cycle assessment (LCA) method with the SimaPro 8.5.2 software in the calculation. LCA is a mechanism for analyzing and calculating the total environmental impact of a product in each stage of its life cycle. The first stage at LCA is to compile and inventory inputs and outputs related to the product to be produced. Stages of life cycle assessment (LCA), namely goals and scope, life cycle inventory (LCI), life cycle impact assessment (LCIA), data interpretation. LCA starts with the definition of goals and scope,



this provides an overview of the system and formulates the objectives and scope of what is done. The scope is defined by system boundaries, which describe the parts of production included in the analysis and the impact of the categories considered. The next step is life cycle inventory (LCI), where inputs and outputs for a product are arranged regularly and measured within system boundaries. The life cycle impact assessment (LCIA) aims to evaluate the magnitude and importance of potential environmental impacts for a product system throughout the product life cycle. The results of the LCI and LCIA are interpreted in accordance with the objectives and scope specified.

The impact of the water treatment process of WWTP PT. SIER by considering the life cycle assessment (LCA) method is non-renewable energy of 0,40092 MJ primary, global warming of 0,016678392 Kg CO<sub>2</sub> eq and eutrophication of waters 0,000491597 PDF-m<sup>2</sup>. y. After knowing the impact, an alternative analysis is carried out. How to reduce environmental contributions IPAL PT. SIER's water treatment process by approving the assessment life cycle (LCA) is to maintain and repair processing equipment such as pumps that are scheduled to reduce the impact of non-renewable energy with a replacement value of 98%. Then for the impact of eutrophication water by carrying out maintenance before using activated carbon from plastic waste with a decrease in impact of up to 44%. Whereas to have a global impact, warming by reforestation is more than the trees traced by WWTP as a means of releasing excess CO<sub>2</sub> emissions.

**Keywords: Environmental Impact, Life Cycle Assessment (LCA), SimaPro 8.5.2, WWTP PT. SIER**

## 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 **“Kajian Dampak Proses Pengolahan Air Limbah Terhadap Lingkungan Di IPAL PT. SIER Dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)*”** 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. Bapak Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D. selaku kepala Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
2. Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.kes selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas bimbingan, saran dan kesabarannya dalam penyusunan Tugas Akhir ini
3. Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc. selaku koordinator Tugas Akhir, terima kasih atas segala ilmu dan saran yang telah diberikan
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc., Dr. Ir. Bapak Rachmat Boedisantoso, M.T., dan Bapak Dr. Abdu Fadli Assomadi, S.Si, M.T., selaku dosen pengarah
5. Bapak Samsi dan karyawan IPAL PT SIER yang telah membantu, membimbing dan memfasilitasi penulis selama di SIER.
6. Tije, Cindy, Rahma, Meyana, Lifa, Anes, Dewi, Firli dan Teman-teman angkatan 2015 yang selalu membantu dan mendukung penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini
7. Ayah dan Ibun atas doa, bimbingan, motivasi dan materi yang selalu mendukung langkah penulis
8. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas dukungan dan kerjasama yang diberikan

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, Juni 2019  
Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Definisi Air Limbah Domestik .....	5
2.2 Definisi Air Limbah Industri .....	6
2.3 Baku Mutu Kualitas Lingkungan .....	7
2.3.1 Parameter Kualitas Air .....	7
2.3.2 Parameter Kualitas Udara .....	10
2.4 Dampak Pengolahan Air Limbah Terhadap Lingkungan .....	11
2.4.1 Global Warming .....	11
2.4.2 Aquatic Eutrophication .....	12
2.4.3 Non Renewable Energy .....	13
2.5 Unit Pengolahan Air Limbah di PT.SIER .....	14
2.5.1 Sumur pengumpul .....	15
2.5.2 Bak pengendap pertama (primary settling tank) .....	16
2.5.3 Parit oksidasi (oxidation ditch) .....	18
2.5.4 Distribution box .....	19
2.5.5 Bak pengendap kedua (secondary clarifier) .....	20
2.5.6 Bak pengering Lumpur (sludge drying bed) .....	21
2.6 Life Cycle Assessment .....	22
2.6.1 Ruang Lingkup dalam Life Cycle Assessment (LCA) .....	23
2.6.2 Tahap-tahap pada Life Cycle Assessment (LCA) .....	24
2.7 Software Simapro 8.5.2 .....	24
2.7.1 Tahapan Penggunaan Software SimaPro 8.5.2 .....	25
2.8 Metode Pendekatan Midpoint dengan Impact 2002+ .....	27

2.9	Penelitian Terdahulu .....	27
<b>BAB 3</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
3.1	Wilayah Penelitian .....	34
3.2	Deskripsi Umum .....	34
3.3	Kerangka Penelitian.....	34
3.4	Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	39
3.4.1	Ide Tugas Akhir.....	39
3.4.2	Studi Literatur.....	39
3.4.3	Penelitian .....	40
3.4.4	Tahap Pengumpulan Data.....	40
3.5	Tahapan Penginputan Data dalam Software SimaPro	
8.5.2	.....	41
3.6	Penentuan Hasil Alternatif .....	42
3.7	Kesimpulan dan Saran .....	43
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1	Pengumpulan Data Sekunder dan Data Primer .....	44
4.1.1	Pengumpulan Data Sekunder.....	44
4.1.2	Pengumpulan Data Primer .....	44
4.2	Pengolahan Life Cycle Assessment dengan Software SimaPro 8.5.2.....	62
4.3	Penentuan Goal dan Scope.....	62
4.4	Penentuan Life Cycle Inventory (LCI).....	65
4.4.1	Life Cycle Inventory (LCI) pada Sumur Pengumpul	65
4.4.2	Life Cycle Inventory (LCI) pada Bak Pengendap Pertama .....	68
4.4.3	Life Cycle Inventory (LCI) pada Oxidaton Ditch .....	71
4.4.4	Life Cycle Inventory (LCI) pada Distribution Box.....	74
4.4.5	Life Cycle Inventory (LCI) pada Clarifier.....	77
4.4.6	Hasil Life Cycle Inventory (LCI) Keseluruhan.....	80
4.5	Penilaian Dampak atau Life Cycle Impact Assessment (LCIA) .....	80
4.5.1	Penilaian Dampak atau Life Cycle Impact Assessment (LCIA) pada Sumur pengumpul .....	80
4.5.2	Penilaian Dampak atau Life Cycle Impact Assessment (LCIA) pada Bak Pengendap Pertama .....	82
4.5.3	Penilaian Dampak atau Life Cycle Impact Assessment (LCIA) pada Oxidation Ditch .....	84
4.5.4	Penilaian Dampak atau Life Cycle Impact Assessment (LCIA) pada Distribution Box .....	85

4.5.5	Penilaian Dampak atau Life Cycle Impact Assessment (LCIA) pada Clarifier .....	86
4.6	Penilaian Dampak Keseluruhan Proses Pengolahan Air Limbah	87
4.6.1	Analisis Karakterisasi/Characterization .....	88
4.6.2	Analisis Normalisasi/Normalization .....	96
4.7	Interpretasi Data .....	101
4.7.1	Analisis Hotspot Proses dan Hotspot Dampak.....	101
4.7.2	Validasi Data.....	102
4.7.3	Alternatif Program Perbaikan .....	107
4.8	Skenario Program Lingkungan .....	107
	<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>111</b>
5.1	Kesimpulan .....	111
5.2	Saran .....	111
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>113</b>
	<b>LAMPIRAN A .....</b>	<b>119</b>
	<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>	<b>121</b>

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir IPAL SIER .....	14
Gambar 2.2 Sumur Pengumpul IPAL SIER .....	15
Gambar 2.3 Bak Pengendap Pertama IPAL SIER .....	16
Gambar 2.4 Parit Oksidasi IPAL SIER .....	18
Gambar 2.5 Bak Pembagi IPAL SIER .....	19
Gambar 2.6 Bak Pengendap Kedua IPAL SIER .....	20
Gambar 2.7 Ruang Lingkup pada LCA .....	23
Gambar 2.8 Bagan Alir Tahapan LCA.....	24
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian .....	38
Gambar 4.1 <i>Mass Balance</i> Proses Pengolahan Air Limbah IPAL PT.SIER.....	60
Gambar 4.2 Penentuan <i>Goal</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.5.2 .....	63
Gambar 4.3 Penentuan <i>Scope</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.5.2....	64
Gambar 4.4 <i>Material Balance</i> pada Sumur Pengumpul.....	65
Gambar 4.5 Input Data SimaPro Unit Sumur Pengumpul.....	67
Gambar 4.6 <i>Material Balance</i> pada Bak Pengendap Pertama ..	68
Gambar 4.7 Input Data SimaPro Unit Bak Pengendap .....	70
Gambar 4.8 <i>Material Balance</i> pada <i>Oxidation Ditch</i> .....	71
Gambar 4.9 Input Data SimaPro Unit <i>Oxidation Ditch</i> .....	73
Gambar 4.10 <i>Material Balance</i> pada <i>Distribution Box</i> .....	74
Gambar 4.11 Input Data SimaPro Unit <i>Distribution Box</i> .....	76
Gambar 4.12 <i>Material Balance</i> pada <i>Clarifier</i> .....	77
Gambar 4.13 Input Data SimaPro Unit <i>Clarifier</i> .....	79
Gambar 4.14 <i>Network</i> Unit Bak Pengendap .....	81
Gambar 4.15 <i>Network</i> Unit Bak Pengendap .....	83
Gambar 4.16 <i>Network</i> Unit <i>Oxidation Ditch</i> .....	84
Gambar 4.17 <i>Network</i> Unit <i>Distribution Box</i> .....	85
Gambar 4.18 <i>Network</i> Unit <i>Clarifier</i> .....	87
Gambar 4.19 Diagram <i>Characterization Impact Assessment</i> IPAL PT. SIER.....	89
Gambar 4.20 Diagram <i>Normalization Impact Assessment</i> IPAL PT. SIER.....	98
Gambar 4.21 Diagram Hasil Penilaian Dampak pada <i>Sensitivity Check</i> .....	106
Gambar 4.22 Diagram Perbandingan Dampak Lingkungan antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 1 .....	109



Gambar 4.23 Diagram Perbandingan Dampak Lingkungan antara  
Sebelum dan Sesudah Program Skenario 2 ..... 110

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Baku mutu air limbah domestik .....	6
Tabel 2.2 Baku Mutu Kegiatan Domestik Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup .....	7
Tabel 2.3 Baku Mutu Kegiatan Domestik Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur.....	7
Tabel 2.4 Baku Mutu Udara Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur.....	10
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu Terkait Metode <i>Life Cycle</i> <i>Assessment</i> (LCA).....	27
Tabel 4.1 Debit Pengolahan Air Limbah.....	44
Tabel 4.2 Jumlah Energi.....	44
Tabel 4.3 Waktu Detensi Tiap Unit Pengolahan .....	45
Tabel 4.4 Hasil Analisis Laboratorium IPAL PT. SIER (mg/L) ....	45
Tabel 4.5 <i>Life Cycle Inventory</i> pada Unit Bak Pengendap Pertama .....	66
Tabel 4.6 <i>Life Cycle Inventory</i> pada Unit Bak Pengendap Pertama .....	69
Tabel 4.7 <i>Life Cycle Inventory</i> pada Unit <i>Oxidation Ditch</i> .....	72
Tabel 4.8 <i>Life Cycle Inventory</i> pada Unit <i>Distribution Box</i> .....	75
Tabel 4.9 <i>Life Cycle Inventory</i> pada Unit <i>Clarifier</i> .....	78
Tabel 4.10 <i>Impact Assessment</i> Sumur Pengumpul .....	82
Tabel 4.11 <i>Impact Assessment</i> Bak Pengendap Pertama.....	83
Tabel 4.12 <i>Impact Assessment Oxidation Ditch</i> .....	85
Tabel 4.13 <i>Impact Assessment Distribution box</i> .....	86
Tabel 4.14 <i>Impact Assessment Clarifier</i> .....	87
Tabel 4.15 Faktor Kerusakan Karakterisasi .....	92
Tabel 4.16 Hasil <i>Characterization</i> Dampak Lingkungan .....	96
Tabel 4.17 Faktor Normalisasi .....	97
Tabel 4.18 Kontribusi Dampak Tahap Normalisasi Proses Pengolahan Air Limbah IPAL PT. SIER .....	100
Tabel 4.19 Penambahan dan Pengurangan Material, dan Energi Unit <i>Clarifier</i> .....	105
Tabel 4.20 Hasil Penilaian Dampak .....	105
Tabel 4.21 Perbandingan Dampak Lingkungan pada Unit <i>Clarifier</i> antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 1 .....	108
Tabel 4.22 Perbandingan Dampak Lingkungan pada Unit <i>Clarifier</i> antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 1 .....	110



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. SIER mengolah air limbah industri dan limbah domestik yang dihasilkan dari kegiatan perindustrian dikawasan PT. SIER. IPAL ini telah berdiri sejak 1980 (Yanita, dkk., 2016). Seiring berjalannya waktu, IPAL PT. SIER yang memiliki luas 3,5 Ha dengan kapasitas 10.000 m<sup>3</sup>/hari kemudian bertambah menjadi 28.000 m<sup>3</sup>/hari pada tahun 2013. Akibat dari semakin meningkatnya debit sehingga menambah beban pada IPAL PT. SIER. Selain itu, IPAL juga telah dikategorikan sebagai salah satu fasilitas publik yang signifikan mengemisikan sejumlah besar gas metan (CH<sub>4</sub>) dan CO<sub>2</sub> dengan konsumsi listrik dalam jumlah besar. Baik limbah industri maupun limbah domestik yang berasal dari pabrik-pabrik akan diolah secara proses fisika dan biologis.

Prinsip pengolahan air limbah secara fisika yaitu mengakibatkan perubahan pada kualitas limbah cair akibat berlangsungnya proses fisika seperti pengendapan atau sedimentasi (Wagini, dkk., 2002). Sedangkan untuk prinsip pengolahan secara biologis adalah dengan pemanfaatan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, *fungi*, dan *protozoa*. Bahan organik dan nutrient yang terkandung dalam air limbah akan didegradasi secara bertahap. Mikroorganisme mendegradasi bahan organik kompleks menjadi senyawa organik sederhana dan mengkonversikannya menjadi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>), air (H<sub>2</sub>O), dan energi untuk pertumbuhan (Firdaus dan Muchlisin, 2010). 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, 2018). Dalam sehari IPAL PT. SIER bisa menggunakan 18.500 *watt*/hari untuk mengoperasikan satu unit *mammoth rotor* di unit *oxidation ditch*. Masing-masing unit *oxidation ditch* memiliki 4 *mammoth rotor*, apabila dalam sehari ada 4 unit yang dioperasikan dibutuhkan 74.000 *watt*/hari. Besarnya penggunaan energi ini belum termasuk penggunaan energi untuk unit yang lainnya. Selain dari konsumsi listrik, IPAL juga mengemisikan gas rumah kaca dalam jumlah yang cukup

signifikan dalam bentuk karbon dioksida, metana, dan nitrogen oksida (Chang, Kyung, and Lee, 2014). Perbedaan jumlah gas rumah kaca yang diemisikan bergantung dari faktor kapasitas pelayanan IPAL. Semakin besar kapasitas layanan IPAL, semakin besar pula masa kontak-minan (BOD) dan nutrient (TN) yang harus disisihkan. Hal ini berarti semakin banyak pula gas rumah kaca yang diemisikan.

Perusahaan yang memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di Indonesia masih kurang memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari hasil kegiatan pengolahannya. Permasalahan yang sering terjadi pada unit proses pengolahan air limbah seringkali diabaikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dampak yang ditimbulkan pada serangkaian proses pengolahan air limbah di IPAL PT. SIER dengan menggunakan *Life Cycle Assessment*. *Life cycle assessment* (LCA) merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan informasi mengenai dampak lingkungan yang terjadi dengan menggunakan *software* SimaPro 8.5.2. LCA dapat menganalisis dan membandingkan beberapa proses atau sistem yang berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan. Penggunaan LCA disini diharapkan dapat membantu mengkuantifikasi dan mengevaluasi performansi lingkungan dari produk atau proses dan membantu menentukan dasar dalam melakukan perbaikan lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana dampak lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan proses pengolahan air limbah dengan pendekatan metode *life cycle assessment* (LCA)?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan dampak lingkungan yang timbul menggunakan metode *life cycle assesement* (LCA).

## **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian adalah IPAL PT. SIER.

2. Parameter kualitas air limbah yang dianalisis yaitu BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, pH, Total N, dan P.
3. Beban pengolahan yang digunakan adalah BOD, bCOD, N dan P.
4. Pengambilan sampel effluen dilakukan pada unit pengolahan yaitu sumur pengumpul, bak pengendapan pertama, *oxidation ditch*, *distribution box*, *clarifier*.
5. Data yang digunakan berupa data primer yang didapatkan dari hasil analisis laboratorium, perhitungan beban dan kuisioner. Data sekunder didapatkan dari pihak IPAL PT. SIER meliputi debit pengolahan, jumlah penggunaan energi untuk kegiatan pengolahan.
6. Menggunakan metode *life cycle assessment* (LCA) dengan *software* Simapro 8.5.2 dengan metode *Impact 2002+*.
7. Dampak yang dipilih adalah *global warming*, *non renewable energy*, dan *aquatic eutrophication*.
8. Ruang lingkup dalam metode LCA adalah *Gate to gate*.
9. Penelitian skala laboratorium dan skala lapangan.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai dampak lingkungan yang dihasilkan dari setiap tahap proses pengolahan air limbah.
2. Memberikan solusi berupa alternatif alternatif dalam mereduksi emisi berdasarkan dari hasil analisis *life cycle assessment* (LCA).
3. Sebagai bahan evaluasi pengelola IPAL dalam menganalisis aktivitas proses pengolahan air limbah yang ramah lingkungan.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Air Limbah Domestik**

Menurut UU Nomor 18 Tahun 2008, limbah domestik adalah limbah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga tetapi tidak termasuk tinja. Kegiatan sehari-hari yang dapat menghasilkan limbah adalah mencuci, memasak, mandi, kegiatan pertanian, kegiatan peternakan.

Menurut Tchobanoglous (1979) dalam Suhartono (2009), limbah domestik adalah limbah yang terdiri dari karakteristik fisika, kimia dan biologi. Parameter dari karakteristik fisika yaitu parameter kekeruhan dan TSS sedangkan dalam karakteristik kimia terdapat parameter DO, BOD, COD, dan pH. Selain itu terdapat karakteristik biologi antara lain adalah parameter Coliform. Menurut Kodoatie dan Sjarief (2005), air limbah domestik merupakan air bekas yang tidak dapat lagi dipergunakan untuk tujuan semula, baik yang mengandung kotoran manusia atau dari aktivitas dapur, kamar mandi, dan cuci dimana kuantitasnya 50-70% dari total rata-rata konsumsi air bersih yaitu sekitar 120 – 140 liter/orang/hari. Jumlah pencemar domestik di negara-negara maju merupakan 15% dari seluruh pencemar yang memasuki badan air (Suriawiria, 1996). Limbah domestik memiliki sebaran areal yang sangat luas dan menyebar sehingga lebih sulit dikendalikan daripada limbah industri.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016, air limbah merupakan air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan. Sedangkan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air.

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air itu biasanya dibuang ke alam yaitu tanah atau badan air. Air limbah domestik merupakan limbah cair yang berasal dari kegiatan rumah tangga seperti kamar mandi, dapur, cucian. Mukhtasor (2007) membagi air limbah domestik menjadi dua bagian yaitu : (1) air limbah domestik yang berasal dari cucian seperti sabun, deterjen, minyak dan lemak, serta shampo,



(2) air limbah domestik yang berasal dari kakus seperti tinja dan air seni. Air limbah domestik mengandung lebih dari 90% cairan. Kodoatie, et al., (2010) menyatakan bahwa zat-zat yang terdapat dalam air buangan di antaranya adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut seperti protein, karbohidrat, dan lemak dan juga unsur anorganik seperti butiran, garam, metal serta mikroorganisme.

Limbah domestik terdiri dari karakteristik fisika antara lain parameter kekeruhan dan TSS, karakteristik kimia antara lain adalah parameter DO, BOD, COD, pH dan deterjen, dan karakteristik biologi antara lain adalah parameter Coliform.

Tabel 2.1. Baku mutu air limbah domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maks *)
pH	-	6 – 9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
M & L	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100ml	3000
DEBIT	L/orang/hari	100

Baku mutu yang digunakan untuk mengatur limbah domestik yakni PERMENLHK No. 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air limbah Domestik. Peraturan ini dibuat untuk menjamin seluruh air limbah domestik yang masuk ke badan air tidak melebihi dari baku mutu air sehingga tidak mencemari lingkungan

## 2.2 Definisi Air Limbah Industri

Limbah industri adalah semua jenis bahan sisa atau bahan buangan yang berasal dari hasil samping suatu proses perindustrian. Limbah industri dapat menjadi limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan hidup dan manusia (Palar, 2004). Limbah industri bersumber dari kegiatan industri baik karena proses secara langsung maupun proses secara tidak langsung. Limbah yang bersumber langsung dari kegiatan industri yaitu limbah yang terproduksi bersamaan dengan proses produksi

sedang berlangsung, dimana produk dan limbah hadir pada saat yang sama. Sedangkan limbah tidak langsung terproduksi sebelum proses maupun sesudah proses produksi (Ginting, 2007).

## 2.3 Baku Mutu Kualitas Lingkungan

### 2.3.1 Parameter Kualitas Air

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 Tabel 2.2 berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur.

Tabel 2.2 Baku Mutu Kegiatan Domestik Berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
<b>BOD</b>	mg/L	100
<b>TSS</b>	mg/L	100
<b>PH</b>		6-9
<b>Minyak dan Lemak</b>	mg/L	10

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup, 2014

Tabel 2.3 Baku Mutu Kegiatan Domestik Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
<b>BOD5</b>	mg/L	30
<b>COD</b>	mg/L	50
<b>TSS</b>	mg/L	50
<b>Minyak dan Lemak</b>	mg/L	10
<b>PH</b>		6-9

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2013

#### A. Parameter Fisik

*Total Suspended Solid* (TSS) adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti

fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik (Tarigan dan Edwar, 2003).

## **B. Parameter Kimia**

### ➤ **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 (mengoksidasi) 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 penduduk 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.

### ➤ **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).

### ➤ **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 6,5-9. 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).

➤ **Minyak dan Lemak**

Minyak dan lemak merupakan salah satu senyawa yang menyebabkan terjadinya pencemaran di suatu perairan sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Minyak mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air. Kondisi ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Minyak yang menutupi permukaan air juga akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air sehingga mengganggu ketidakseimbangan rantai makanan. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri (Andreozzi dkk, 2000; Atlas dkk, 1992).

➤ **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 ( $\text{NH}_4^+$ ) 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 Kamiasi, 2012).

➤ **Fosfat**

Kandungan Fosfat yang tinggi menyebabkan suburnya algae dan organisme lainnya yang dikenal dengan eutrofikasi. Dalam industri penggunaan fosfat terdapat pada kethel uap untuk mencegah kesadaha (Wati, 2008). Fosfat organik dapat 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 Suryarso, 2008).

### C. 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).

#### 2.3.2 Parameter Kualitas Udara

Pencemaran udara adalah kondisi dimana kualitas udara buruk dan telah terkontaminasi oleh zat-zat yang berbahaya. Baku mutu udara adalah ukuran batas, energi dan kadar zat atau komponen yang ada keberadannya di dalam udara. Di Jawa Timur baku mutu udara untuk kegiatan industri diatur pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4. IPAL tidak tercantum secara spesifik pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 10 Tahun 2009 sehingga untuk industri pengolahan air limbah masuk kedalam industri kegiatan jenis lainnya.

Tabel 2.4 Baku Mutu Udara Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur

No	Parameter	Nilai Baku Mutu
1.	Debu	0,26 mg/ Nm <sup>3</sup>
2.	Sulfur Dioksida (SO <sub>x</sub> )	0,1 ppm (262 µg/Nm <sup>3</sup> )
3.	Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> )	0,05 ppm (92,5 µg/Nm <sup>3</sup> )
4.	Karbon Monoksida (CO)	20,00 ppm (22,600 µg/Nm <sup>3</sup> )
5.	Hidrokarbon	0,24 ppm (160 µg/Nm <sup>3</sup> )

Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Timur, 2009

## **2.4 Dampak Pengolahan Air Limbah Terhadap Lingkungan**

Air limbah domestik maupun industri jika tidak diolah dengan benar dapat menghasilkan kontaminan yang berpotensi mencemari badan air apabila dilepas langsung ke lingkungan dan belum memenuhi standar baku mutu air. Air limbah domestik maupun industri sebelum diolah masih mengandung kadar BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak yang masih tinggi (Moertinah, 2010).

Air limbah domestik 46,91% di Kota Batam dibuang ke saluran terbuka menuju ke saluran drainase, 28,96% dibuang ke saluran tertutup menuju tangki septik dan sisanya langsung menuju badan air (Joko dan Fitri, 2012). Diperlukannya analisis 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).

### **2.4.1 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 ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dinitro oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), perflorokarbon (PFC), hidroflorokarbon (HFC) dan sulfur heksaflorida ( $\text{SF}_6$ ) 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, 2018). Instalasi pengolahan air limbah mengemisikan gas rumah kaca dalam jumlah yang cukup signifikan dalam bentuk karbon dioksida, metana, dan nitrogen oksida (Chang, Kyung, and Lee, 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).

#### **2.4.2 Aquatic Eutrophication**

Eutrofikasi adalah berlebihnya nutrisi anorganik terutama senyawa N dan P sehingga memicu percepatan pertumbuhan tanaman dan umumnya terjadi karena adanya buangan pencemar organik ke perairan mengakibatkan gangguan pada keseimbangan organisme yang ada dan keadaan yang tidak diinginkan dapat memicu terjadinya ledakan populasi fitoplankton yang dapat berbahaya bagi organisme perairan (Abuka, 2012). Konsentrasi yang tinggi dari nutrisi dapat memicu proses eutrofikasi dan ledakan populasi fitoplankton (*blooming*). Peningkatan populasi fitoplankton secara berlebihan (*algae bloom*) dapat terjadi karena kondisi lingkungan perairan yang mendukung. Ledakan populasi fitoplankton yang diikuti dengan keberadaan beberapa jenis fitoplankton beracun akan menyebabkan ledakan populasi alga berbahaya (*harmful alga blooms*) (Mulyani dkk., 2012).

Peningkatan nutrisi 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 nutrisi dalam badan air, terutama fosfat inilah yang disebut eutrofikasi (Garno, 2012). Keberadaan fitoplankton HABs di perairan dipicu oleh beberapa faktor. Menurut Anderson et al., (2008), faktor yang dapat menyebabkan terjadinya blooming fitoplankton HABs salah satunya adalah eutrofikasi atau pengkayaan unsur hara. Nutrien yang dominan mengakibatkan eutrofikasi adalah nitrat dan fosfat. Kedua unsur ini juga berperan dalam perkembangan fitoplankton. Eutrofikasi merupakan permasalahan yang terus meningkat di dunia terutama disebabkan peningkatan kandungan nutrisi nitrogen dan fosfor dalam air limbah (Ahtiainen et al., 2014).

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 (*blooming*) atau eutrofikasi. Apabila sudah parah, kualitas air akan menurun, air berubah menjadi keruh, oksigen terlarut rendah, timbul gas-gas beracun dan bahan beracun (Sugiura et al., 2004).

### **2.4.3 Non Renewable Energy**

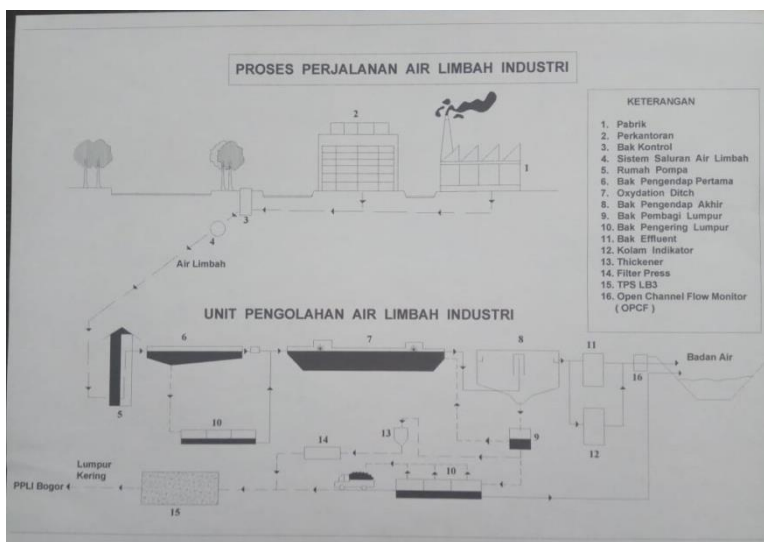
Sektor energi merupakan sektor yang penting di Indonesia karena selain sebagai penggerak pertumbuhan ekonomi dalam negeri juga sebagai komoditi ekspor, tetapi pertumbuhan perekonomian ini juga dapat membawa dampak yang negatif bagi sumber daya alam seperti air, udara, dan tanah. Dampak negatif tersebut 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, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO<sub>2</sub> (Sugiyono, 2002).

Lean dan Smyth (2009) yang menjelaskan bahwa satu persen kenaikan pada konsumsi listrik per kapita dapat mempengaruhi peningkatan emisi karbon (CO<sub>2</sub>) 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 atmosfer sebagai karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). 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  $\text{CO}_2$  saat ini disebut sebagai yang tertinggi selama 125,000 tahun belakangan. Bila ilmuwan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa dieksplorasi, efek buruk  $\text{CO}_2$  terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk hidup di muka bumi (Lubis, 2007).

## 2.5 Unit Pengolahan Air Limbah di PT.SIER



Gambar 2. 1 Diagram Alir IPAL SIER

### 2.5.1 Sumur pengumpul



Gambar 2.2 Sumur Pengumpul IPAL SIER

Sumur pengumpul ini berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air limbah yang bersumber dari semua industri – industri di kawasan PT. IPAL SIER (Persero). Namun, air limbah atau air buangan dari setiap industri harus memenuhi standar yang telah ditentukan oleh PT. IPAL SIER (Persero). Sumur ini berbentuk lingkaran (circular) dengan diameter 5 m dan kedalaman  $\pm$  8 m. sumur ini terbagi menjadi dua bagian yang dibatasi oleh beton setebal 30 cm, kedua bagian tersebut adalah :

- Dua buah pipa yang besarnya masing – masing 400 mm dan 600 mm yang berfungsi sebagai saluran buangan industri dan perkantoran.
- Dua buah rel yang terpasang pada dinding sumur dan papan yang terbentang  $\pm$  4 m yang digunakan sebagai pijakan petugas yang akan membersihkan sumur.
- Saringan kasar yang terpasang pada pipa induk dan berfungsi untuk menahan benda – benda besar yang

masuk dalam sumur basah seperti : kayu, plastik, kaleng, dan lain-lain. Debit yang masuk ke sumur pengumpul ini  $\pm 8000$  L/hari. Jumlah debit yang masuk tergantung pada aktifitas perkantoran dan pabrik disekitar IPAL PT. SIER. Dalam sumur pengumpul limbah cair akan mengalami homogenisasi sehingga pada saat dialirkan ke proses selanjutnya akan mempunyai kondisi dan beban pencemaran yang sama. Limbah cair di sumur pengumpul ini dipompa menggunakan pompa sentrifugal dengan debit 60 L/detik.

### 2.5.2 Bak pengendap pertama (primary settling tank)



Gambar 2.3 Bak Pengendap Pertama IPAL SIER

Bak pengendap pertama atau settling tank mempunyai fungsi umum yaitu :

- Mengendapkan partikel – partikel terutama zat padat tersuspensi secara gravitasi

- Penyaringan kotoran terapung
- Sebagai tempat homogenisasi air limbah sebelum masuk ke oxidation ditch.
- Pemerataan beban hidrolisis dan organik sehingga tidak akan terjadi shock loading pada proses selanjutnya akibat flokulasi beban.

Bak pengendap pertama berbentuk persegi panjang yang dilengkapi dengan baffle serta tiga bak kecil yang memiliki fungsi tertentu. Bak pengendap pertama ini dilengkapi dengan :

- Meter air yang dihubungkan dengan baling – baling yang fungsinya untuk mengetahui debit air masuk dengan jelas.
- Penyekat (*skimmer*) yang mempunyai ketebalan 80 cm berjumlah dua buah dan terpasang secara simetris. Alat ini digunakan untuk menghalangi benda – benda yang terapung agar tidak masuk ke tahap selanjutnya, misal : plastik, busa, detergen, minyak dan partikel terapung lainnya. dan kemudian dibelokkan ke selokan dan dialirkan ke *floating tank* ini benda – benda terapung tersebut akan diambil secara mekanik sedangkan air yang berada dibawah akan dialirkan kedalam *oxidation ditch*.
- Pompa yang dipasang pada bagian bak besar (bak pengendap pertama) yang berfungsi untuk mengalirkan partikel terapung lumpur hasil dari pengendapan ke bak penampung partikel – partikel terapung ini dilengkapi dengan saluran air yang berbentuk selokan (parit) sehingga aliran air limbah dapat berjalan mudah dan lancar sehingga operator mudah mengontrolnya.
- Lumpur hasil pengendapan dibawa ke bak pengering lumpur (*sludge drying bed*)

Spesifikasi bak pengendapan pertama (*primary settling tank*) :

- Panjang : + 40 m
- Lebar : + 10 m
- Kedalaman : + 1,6 – 3 m

### 2.5.3 Parit oksidasi (*oxidation ditch*)



Gaambar 2.4 Parit Oksidasi IPAL SIER

Pada *oxidation ditch* ini, air limbah diolah secara biologis dengan bantuan mikroorganisme pengurai air limbah, sehingga dibutuhkan oksigen untuk aktivitas organisme dalam menguraikan bahan organik dalam air limbah. Kebutuhan oksigen diperoleh dari proses aerasi dengan menggunakan Mammoth Rotor (Sibarani, 2007). *Oxidation ditch* ini berbentuk parit melingkar memanjang yang berjumlah 4 buah. *Oxidation ditch* ini mampu mengolah air limbah sebanyak 9000 m<sup>3</sup>/hari. *Oxidation ditch* ini memiliki tepian permukaan kolam yang kasar serta dilapisi dengan batu kali sebagai tempat menempelnya mikroorganisme.

Pada setiap unit *oxidation ditch* dilengkapi dengan unit mammoth rotor yang berfungsi untuk mengaduk limbah sehingga dapat diperoleh oksigen yang cukup untuk proses pengolahan. Pada *oxidation ditch* ini harus diteliti kadar lumpur yang masuk ke dalam bak oksidasi karena jika terlalu banyak ataupun terlalu

sedikit lumpur yang ada maka proses pengolahan tidak akan berjalan dengan baik.

#### 2.5.4 *Distribution box*



Gambar 2.5 Bak Pembagi IPAL SIER

Di dalam bak pembagi ini lumpur aktif yang masih tercampur dengan air limbah dari *oxidation ditch* akan dibagi menjadi dua bagian. Satu bagian akan dialirkan ke bak pengendap kedua (*clarifier*) dan satu bagian lagi akan dialirkan kedalam *oxidation ditch* (di recycle) sebesar 30% dari total lumpur yang masuk ke bak pembagi (*distribution box*).

Lumpur aktif dikembalikan ke *oxidation ditch* dengan bantuan *return sludge pump* tipe *screw pump conveyor*, sedangkan air limbah dan lumpur aktif yang dialirkan menuju bak pengendap kedua dilakukan dengan menggunakan prinsip perbedaan tekanan yaitu prinsip perbedaan diameter dua buah pipa (yaitu pipa menuju *secondary clarifier* dan pipa menuju *distribution box*). Fungsi dari bak ini adalah :

- Sebagai tempat penampung sementara air limbah dari *oxidation ditch* sebelum masuk ke *secondary clarifier*.
- Sebagai pembagi lumpur aktif yang akan dialirkan ke *secondary clarifier* yang akan dikembalikan ke *oxidation ditch*. Bak ini dilengkapi dua pompa submersibel yang berfungsi mengalirkan lumpur yang akan dibuang ke bak pengering lumpur dan *screw pump* yang berfungsi untuk mengebalikan ke *oxidation ditch* sebagai *return sludge*.

Spesifikasi pompa adalah :

- *Submersible pump*
- Daya : 3,75 KW
- Frekuensi putaran : 50 Hz
- Kapasitas : 50 m<sup>3</sup>/menit

Spesifikasi bak distribusi adalah :

- Panjang : 7,2 m
- Lebar : 4 m
- Kedalaman : 3 m

### 2.5.5 Bak pengendap kedua (*secondary clarifier*)



Gambar 2.6 Bak Pengendap Kedua IPAL SIER

Bak pengendap kedua ini berfungsi sebagai pengendap lumpur yang terkandung dalam air limbah setelah melewati proses oksidasi sehingga air menjadi bersih untuk dibuang ke sungai. Pada bak pengendap kedua ini dilengkapi dengan alat pengeruk lumpur atau scrapper. Alat ini berbentuk jembatan (*scrubber bridge*) yang mampumembentang dari arah tengah bak seperti jari – jari lingkaran yang mampu mengintari bak.

Alat ini biasanya digerakkan oleh motor listrik dengan daya 0,25 Kw dan frekuensinya 50 Hz. Gerakan pada alat ini sangat lambat dikarenakan untuk mencegah terjadinya gelombang pada air saat pemutaran. Gelombang air akan dapat mengganggu pengendapan (sedimentasi).

- Spesifikasi dari bak pengendap kedua ini antara lain :
  - Bentuk : circular
  - Jumlah : 2 buah
  - Diameter : 21 m
  - Kemiringan dasar (slope) : 1,24
  - Kedalaman tepi : 2,5 m
  - Kedalaman tengah : 3 m
  - Kecepatan pelimpahan air : 0,7 m<sup>3</sup>/jam

Bak pengendapan kedua ini memiliki dua bagian yaitu :

- a. Bagaian dasar yang memiliki lengkungan yang berfungsi sebagai tempat penampungan lumpur serta sekaligus meninggikan tekanan air sehingga lumpur tersebut dapat dialirkan secara alami ke bak distribusi dengan menerapkan hukum bejana yang didasarkan akan perbedaan tekanan.
- b. Bagian tengah bak dimana terdapat pipa dengan diameter 5 m dengan panjang 2,5 m yang berfungsi seperti *baffle* berfungsi sebagai pencegah aliran putaran olahan yang berasal dari bak pendistribusian yang masuk ke bak ini.

### **2.5.6 Bak pengering Lumpur (*sludge drying bed*)**

Bak ini berbentuk persegi panjang yang memiliki dasar kemiringan. Bak ini dilengkapi pasir kasar, pasir halus dan batuan sebagai penyaring. Pasir ini harus terusdiisi saat pengerukan limbah cair karena jumlahnya akan terus berkurang pada saat pengerukan. Pengerukan di bak ini dilakukan dengan bantuan dari sinar matahari langsung. Di IPAL PT. SIER (Persero) Surabaya terdapat 2 jenis bak pengering yaitu:

- Bak pengering primer yang berfungsi untuk mengeringkan lumpur yang berasal dari bak pengendap pertama.



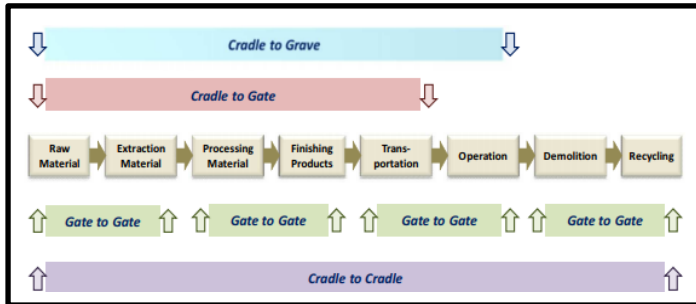
- Bak pengering sekunder yaitu bak pengering yang digunakan untuk mengeringkan lumpur yang berupa *return sludge* dari bak pembagi.

## 2.6 **Life Cycle Assessment**

LCA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk melakukan penilaian terhadap dampak lingkungan yang berhubungan dengan suatu produk. Tahap pertama pada LCA adalah menyusun dan menginventarisasi masukan dan keluaran yang berhubungan dengan produk yang akan dihasilkan (Hermawan, 2013). 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 (Bacon dalam Putri, 2014).

LCA secara umum juga dapat dikatakan sebagai sebuah metode untuk mengidentifikasi dan menghitung penggunaan energi, penggunaan sumber daya alam, pembuangan pada lingkungan, serta mengevaluasi dan menerapkan kemungkinan perbaikan lingkungan. Oleh karena itu, LCA dapat digunakan untuk membantu strategi dalam pembuatan keputusan, untuk meningkatkan kualitas produk dan proses serta mempelajari aspek lingkungan dari suatu produk. Fase-fase tahapan dari LCA adalah *goal and scope*, *life cycle inventory*, *life cycle impact assessment*, dan *life cycle interpretation*. Fase – fase ini diatur dalam standar ISO, meliputi ISO 14040 yang menjelaskan tentang prinsip umum LCA, ISO 14041 yang menjelaskan tentang inventori dan *goal and scope*, ISO 14042 tentang *impact assessment* serta ISO 14043 tentang interpretasi dari LCA.

## 2.6.1 Ruang Lingkup dalam *Life Cycle Assessment* (LCA)

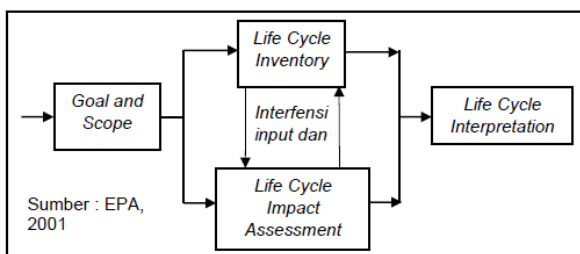


Gambar 2.7 Ruang Lingkup pada LCA

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

- Cradle to grave*, merupakan ruang lingkup yang dimulai dari *raw material* hingga pengoperasian produk.
- Cradel to gate*, merupakan ruang lingkup pada analisis daur hidup yang dimulai dari *raw material* sampai ke *gate* sebelum proses operasi .
- Gate to gate*, merupakan ruang lingkup pada daur hidup terpendek yang hanya meninjau dari kegiatan terdekat.
- Cradle to cradle*, merupakan ruang lingkup yang dimulai dari *raw material* sampai daur ulang material.

## 2.6.2 Tahap-tahap pada *Life Cycle Assessment (LCA)*



Gambar 2.8 Bagan Alir Tahapan LCA Menurut Horne (2009) dalam Widrianto (2016), pada metode LCA terdapat empat tahapan yaitu:

1. *Goal and Scope*, tahapan ini bertujuan untuk memformulasikan dan mendeskripsikan tujuan, sistem yang akan dievaluasi, batasan-batasan dan asumsi-asumsi yang berhubungan dengan dampak sepanjang siklus hidup suatu sistem.
2. *Life Cycle Inventory (LCI)*, merupakan proses kuantifikasi kebutuhan energi dan material, emisi udara, limbah padat dan semua keluaran yang dibuang ke lingkungan selama daur hidup suatu produk.
3. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*, merupakan tahapan analisa mengenai jenis dan besarnya nilai tiap kategori dampak yang dihasilkan. Pada tahap LCIA ini terbagi dalam beberapa tahapan analisa diantaranya (Vogtlander, dkk., 2010) :
  - a. Klasifikasi dan Karakterisasi
  - b. Normalisasi
  - c. Pembobotan
  - d. *Single score*
4. Interpretasi, yaitu mengevaluasi hasil dan mengimplementasikan untuk pengembangan lebih lanjut

## 2.7 **Software Simapro 8.5.2**

SimaPro merupakan salah satu software yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dampak lingkungan dari suatu sistem amatan tertentu. Data yang dimasukkan dalam

*software* SimaPro ditentukan berdasarkan deskripsi sistem amatan yang sudah dijelaskan sebelumnya meliputi distribusi bahan baku, proses produksi, serta distribusi produk akhir (Kautzar dan Zuhria, 2015). *Software* SimaPro yang digunakan di dalam analisis LCA ini adalah SimaPro versi 8.5.2. *Software* SimaPro dengan versi terbaru ini memiliki update dari databasedatabase dari standar-standar di dalam analisis ekologi, dan pada versi terbaru ini memiliki database LCA atau database eko inventori yang terbaru. Hasilnya akan mengkalkulasi inputan seperti kuantitas dan kualitas bahan baku dan menghasilkan outputan suatu nilai grafik. 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
- Memeiliki 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.

Penggunaan SimaPro, yaitu :

- Mudah memodelkan dan menganalisis siklus hidup yang kompleks dengan cara yang sistematis dan transparan.
- Ukur dampak lingkungan dari produk dan layanan dari sebuah proses di semua tahap siklus hidup.
- Identifikasi hotspot di setiap tautan rantai pasokan sebuah proses, mulai dari ekstraksi bahan baku hingga manufaktur, distribusi, penggunaan, dan pembuangan.

### **2.7.1 Tahapan Penggunaan *Software* SimaPro 8.5.2**

- Menentukan tujuan dan ruang lingkup (*Goal and scope*)
  - *Text field*, untuk menginput data pemilik, judul penelitian, tanggal, komentar, alasan dan tujuan melakukan penelitian LCA.

- Pemilihan *libraries*, memilih metoda yang akan digunakan

Pada tahap ini dipilih *scope* penelitian yaitu *ecoinvent data 2.0*. *Scope* ini dipilih karena fokus terhadap :

- *Input*  
*Input* data berupa material dan energi yang digunakan dalam setiap unit di IPAL PT. SIER.
- *Output*  
*Output* pada pengolahan air berupa emisi dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah.

➤ Melakukan inventarisasi

- *Process*, merupakan input data mengenai *input* dan *output*, *documentation*, parameter, dan *system description* mengenai proses kegiatan tersebut
- *Product stages*, mendeskripsikan bagaimana suatu produk diproduksi, digunakan, dan dibuang.
- *System description*, rekaman terpisah untuk mendeskripsikan struktur dari sistem.
- *Waste types*, terdapat *waste scenarios* (material dibuang) dan *disposal scenarios* (produk yang digunakan kembali).

Pada tahap ini input data, seperti proses pada produksi listrik yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kemudian dimasukan limbah dan beban emisi yang dihasilkan.

➤ Penilaian terhadap cemaran

- *Characterization*, merupakan senyawa kimia pada suatu proses yang memiliki kontribusi pada 14 *impact category* yang terdapat pada LCA. Pada *characterization* akan disajikan nilai persentase masing masing emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sub proses terhadap 1 *impact category*.
- *Normalization*, merupakan tahap mengalikan nilai karakterisasi dengan nilai normal untuk menyertakan satuan pada masing masing kategori dampak secara internasional.

- *Weighting*, merupakan proses mengalikan dampak kategori dengan faktor pembobotan.
  - *Single Score*, merupakan tahap untuk mengetahui proses yang berkontribusi dampak terhadap lingkungan.
- Interpretasi data  
Mengevaluasi dan meninjau kembali suatu kesimpulan untuk pengambilan keputusan terkait alternatif perbaikan pada suatu sistem untuk mengurangi nilai kintribusi dampak. Pengambilan keputusan terkait alternatif perbaikan memerlukan kebijakan dengan pendekatan tertentu untuk penentuan prioritasnya.

## 2.8 Metode Pendekatan *Midpoint* dengan *Impact 2002+*

*Impact 2002+* merupakan suatu metodologi penelitian 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.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu terkait metode *life cycle assessment* (LCA) sebagai berikut :

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu Terkait Metode *Life Cycle Assessment* (LCA)

No	Judul	Peneliti (Tahun)	Isi
1.	Pengkajian Daur Hidup Ampas Tebu Di Pabrik Gula Madukismo, Yogyakarta Menggunakan	2009	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daur hidup ampas tebu di pabrik gula Madukismo dengan metode LCA. Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengambilan data dan melakukan analisis data

No	Judul	Peneliti (Tahun)	Isi
	<i>Metode Life Cycle Assessment (LCA) (a)</i>		menggunakan standar analisis LCA berdasarkan ISO seri 14040. Data yang diambil berhubungan dengan dengan konsumsi dan produksi energi pada proses produksi gula tebu dan pemanfaatan ampasnya untuk bahan bakar ketel uap di pabrik. Hasil yang dianalisis menggunakan perangkat lunak LCA menunjukkan bahwa input energi di stasiun gilingan dan stasiun ketel PG Madukismo lebih besar dibandingkan dengan output energinya dengan rasio energi secara berurutan adalah 0,84 dan 0,25.
2.	Aplikasi Software SimaPro 5.0 Sebagai Alat Prediksi Reduksi Pencemar Lingkungan (Studi Kasus PT Semen Gresik Tbk.) (b)	2007	Penelitian ini mengkaji proses semen produksi <i>portland pozzolan cement</i> , produk dari PT Semen Gresik. Untuk pembuatan <i>inventory analysis</i> , digunakan data-data perusahaan, penelitian terdahulu, dan juga database dari software SimaPro 5.0. Dari penaksiran dampak lingkungan dapat disusun rancangan-rancangan teknis maupun manajerial untuk mencapai peningkatan performasi produk terhadap lingkungan. Alternatif-alternatif perbaikan yang disusun akan diproses dengan <i>analytical hierarchy process (AHP)</i> berdasarkan beberapa kriteria yang dibuat. Untuk alternatif

No	Judul	Peneliti (Tahun)	Isi
			perbaikan optimum didapatkan memperbesar rasio penambahan bahan aditif terhadap <i>clinker</i> .
3.	Penilaian Daur Hidup (Life Cycle Assessment) Gula pada Pabrik Gula Tebu (c)	2012	Pada penelitian ini mengidentifikasi siklus hidup pada proses produksi gula meliputi penggunaan bahan baku, efisiensi penggunaan energi, dan analisis terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Kualitas limbah cair pabrik gula ini melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, hal ini terkait dengan efisiensi dalam proses produksi yang kurang optimal. Berdasarkan analisis inventori menunjukkan efisiensi dalam penggunaan bahan baku dan energi dipengaruhi oleh siklus hidup gula mulai dari kebun sampai proses produksi gula di pabrik yang akan berimplikasi terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan.
4.	Analisis dampak lingkungan pada daur hidup pembangkit listrik tenaga panas bumi dengan teknologi <i>flash steam system</i> (d)	2014	Penelitian ini mengkaji dampak lingkungan pada daur hidup pembangkit listrik tenaga panas bumi yang menggunakan teknologi <i>flash steam system</i> . Hasil penelitian menunjukkan empat dampak potensial utama yaitu perubahan iklim, penipisan sumber daya abiotik, <i>acidification</i> dan <i>eutrophication</i> . Fase yang menimbulkan



No	Judul	Peneliti (Tahun)	Isi
			dampak terbesar pada daur hasil analisis menunjukkan industri minyak bumi dengan teknologi yang berbeda akan menimbulkan dampak berbeda
5.	<i>Life Cycle Assessment</i> Pabrik Semen PT Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap : Komparasi antara Bahan Bakar Batubara dengan Biomassa (e)	2014	Pendekatan metode <i>life cycle assessment</i> (LCA). <i>cradle to gate</i> untuk mengevaluasi 4 skenario penggunaan bahan bakar: (1) 100% batubara, (2) campuran 90% batubara dan 10% biomassa, (3) campuran 50% batubara dan 50% biomassa, (4) 100% biomassa, dengan basis 1000 kg produk semen. Analisis perbaikan dan rekomendasi mengurangi dampak yang terjadi yaitu mengganti angkutan truck pasir silika dengan kereta api, bahan bakar biomassa menggunakan <i>Miscanthus giganteus</i> dan melakukan penghijauan
6.	<i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) Emisi Pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (Bbm) Jenis Bensin Dengan Pendekatan Metode <i>Analytical Hierarchy</i> (f)	2017	Penelitian ini mengidentifikasi dampak emisi yang dihasilkan dari proses produksi bensin menggunakan <i>life cycle assessment</i> (LCA) yang merupakan metode untuk menganalisis dampak suatu produk terhadap lingkungan sepanjang siklus hidupnya. Siklus hidup yang dianalisa adalah proses eksplorasi dan produksi, proses pengolahan, proses pemasaran, dan penggunaan oleh masyarakat.

No	Judul	Peneliti (Tahun)	Isi
			Alternatif terbaik guna mereduksi emisi yang terjadi pada proses eksplorasi dan produksi adalah pemanfaatan gas buang sebagai <i>fuel</i> pompa.
7.	<i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) Pengelolaan Sampah Pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus : TPA Jabon, Kabupaten Sidoarjo) (g)	2017	Penelitian ini dilakukan untuk menentukan skenario pengelolaan sampah yang ditinjau dari segi aspek teknis dan aspek lingkungan untuk mendukung pengelolaan sampah yang baik di TPA Jabon. Analisis lingkungan didukung dengan software SimaPro v.8.3 yang akan mendukung dalam memberikan hasil analisis berupa emisi lingkungan yang dihasilkan dari keempat permodelan skenario pengelolaan sampah TPA Jabon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario pengelolaan sampah yang tepat ditinjau dari aspek teknis adalah skenario 1 (daur ulang, pengomposan, dan insensari), sedangkan dari aspek lingkungan skenario 2 (daur ulang, pengomposan, dan sanitary landfill) menghasilkan dampak lingkungan terkecil.
8	Kajian Dampak Proses Pengolahan Air di IPA Siwalanpanji Terhadap	2015	Dalam tugas akhir ini mengkaji dampak dampak terhadap lingkungan dari proses pengolahan air di IPA Siwalanpanji dengan menggunakan <i>Life Cycle</i>

No	Judul	Peneliti (Tahun)	Isi
	Lingkungan dengan Menggunakan Metode <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) (h)		<p><i>Assessment</i>. Proses pengolahan air minum secara konvensional dapat menyebabkan dampak lingkungan akibat konsumsi energi dan pemakaian bahan kimia. <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) merupakan metode untuk menganalisis dampak suatu produk terhadap lingkungan sepanjang siklus hidupnya. Siklus hidup dari suatu produk terdiri dari ekstraksi bahan baku, proses produksi hingga proses pembuangan akhir. Dari hasil analisis LCA, menggunakan software Simapro 7.33 dampak pencemaran yang terjadi berupa pencemaran udara yang disebabkan oleh penggunaan klorin, <i>polyaluminium chloride</i> (PAC) dan konsumsi listrik. Dampak pencemaran terbesar terjadi pada penggunaan listrik dalam pemakaian satu hari yaitu menyebabkan <i>respiratory inorganics</i> sebesar 0,748 kg PM2.5, <i>ozone layer depletion</i> sebesar 0,000295 kg CFC-11 dan <i>global warming</i> sebesar 1000 kg CO<sub>2</sub>. Solusi untuk mengurangi dampak lingkungan yang dapat dilakukan instalasi pengolahan air adalah dengan cara peningkatan efisiensi peralatan.</p>

Sumber : a. Rosmeika dkk, 2009 b. Abdi, 2007 c. Yani dkk, 2012  
d. Laili, 2014 e. Harjanto dkk, 2014 f. Putri, 2017 g. Gaol, 2017 h.  
Pratiwi,2015

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

### **3.1 Wilayah Penelitian**

PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) merupakan perusahaan pengelola kawasan industri yang berkantor pusat di Kota Surabaya, Jawa Timur. Didirikan pada tanggal 28 Februari 1974 diatas lahan sekitar 330 Ha, kawasan industri ini dibangun untuk memenuhi kebutuhan industri dan lingkungan yang dikelola secara profesional untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas termasuk fasilitas pengelolaan air limbah. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT. SIER dibangun pada tahun 1980 dengan luas  $\pm$  3,2 Ha dengan kapasitas 10.000 m<sup>3</sup>/hari yang kemudian ditambah pada tahun 2013 menjadi 28.000 m<sup>3</sup>/hari. Baik limbah insutri maupun limbah domestik yang berasal dari pabrik – pabrik akan diolah menggunakan proses fisika dan biologi tanpa menggunakan bahan kimia. Setelah diproses, limbah akan diuji melalui laboratorium untuk mengetahui karakteristik air limbah pada efluen apakah sudah memenuhi baku mutu atau belum.

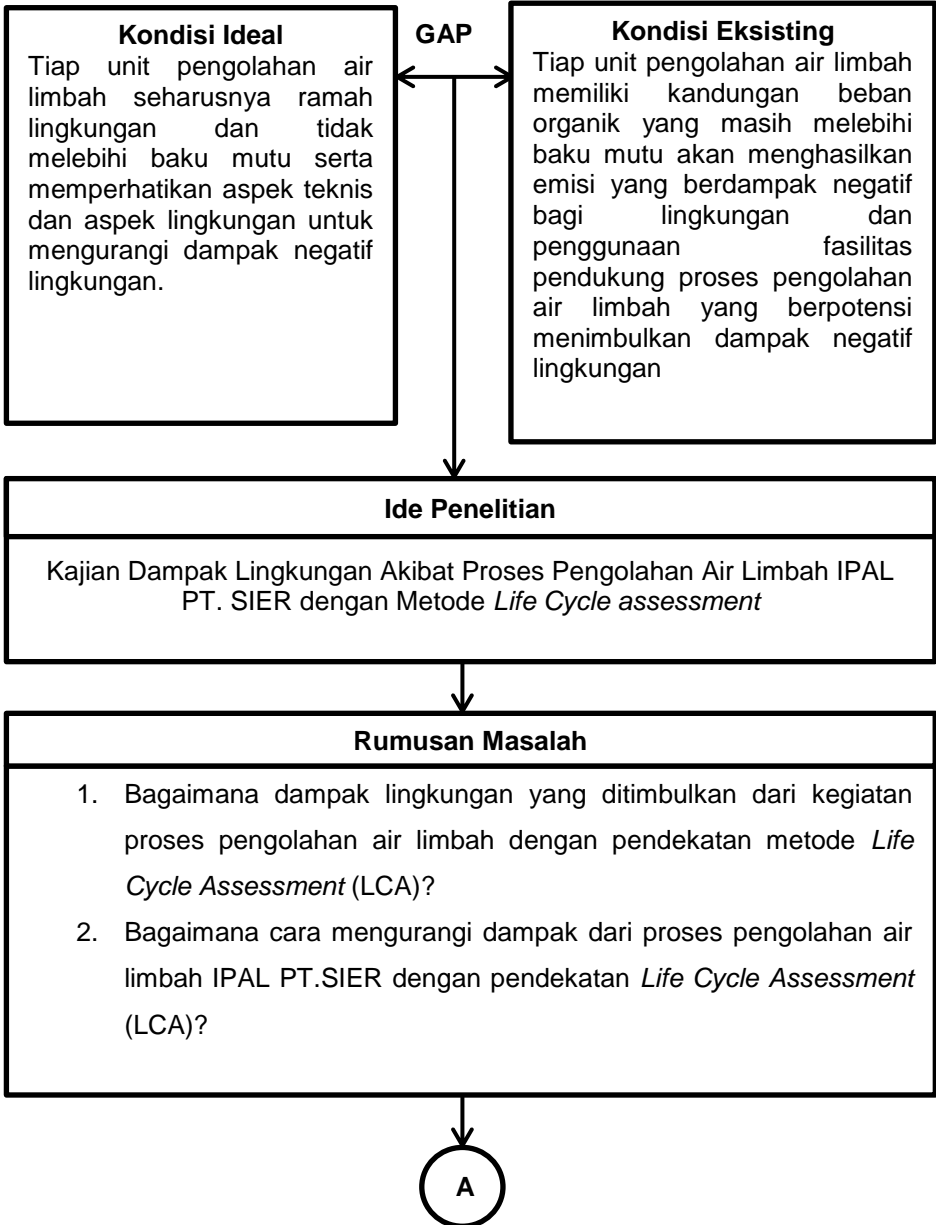
### **3.2 Deskripsi Umum**

Metode penelitian digunakan sebagai acuan prosedur dan langkah-langkah sistematis dalam melakukan penelitian. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dalam proses pengolahan IPAL SIER terhadap lingkungan dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Pada penelitian yang diteliti adalah permasalahan pada proses pengolahan yaitu proses sumur pengumpul, sumur kering, Bak pengendap pertama, *Oxidation Ditch*, Bak pengendap kedua dan *Sludge Drying Bed*.

### **3.3 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian disusun untuk memberikan panduan secara sistematis dalam melakukan penelitian. Susunan metode penelitian ini berdasarkan tujuan secara umum penelitian, yakni mendapatkan alternatif proses produksi. Dari tujuan secara umum kemudian dirancang menjadi ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data, menganalisis gas rumah kaca menggunakan

*Life Cycle Assessment* (LCA) dengan *software* SimaPro 8.5.2, menentukan kebijakan alternatif dari hasil LCA menggunakan literatur dan penarikan kesimpulan. Kerangka alur penelitian disajikan pada Gambar 3.1





### **Tujuan**

1. Menentukan dampak lingkungan yang timbul menggunakan metode *Life Cycle Assesement* (LCA).
2. Menentukan cara mengurangi dampak dari proses pengolahan air limbah IPAL PT. SIER dengan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA).



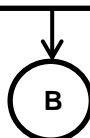
### **Analisis Laboratorium**

Analisis BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, pH, N, dan P



### **Pengumpulan Data**

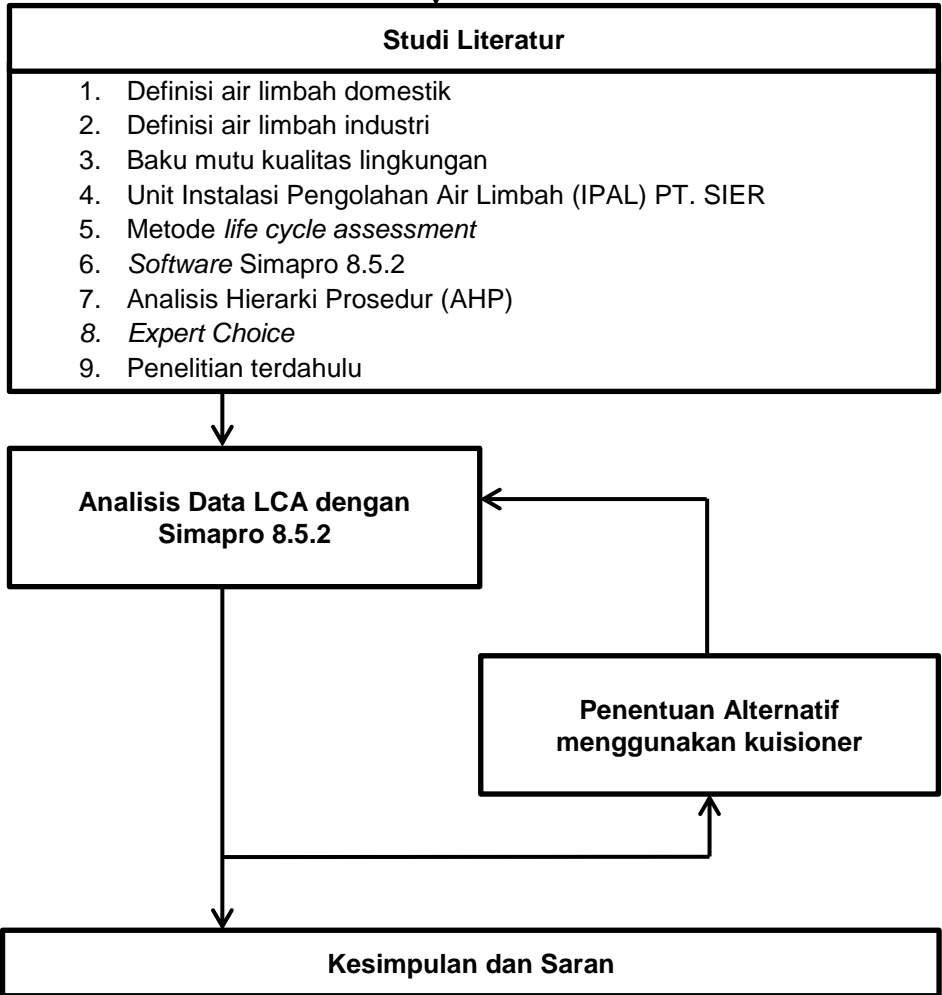
1. Data primer : hasil analisis laboratorium, perhitungan beban organik *biodegradable* dan kuisioner.
2. Data sekunder : kondisi eksisting pengolahan air limbah di IPAL, jumlah debit layanan, jumlah energi yang digunakan, dan parameter efluen.



**B**



B



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

### **3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian**

Tahapan penelitian berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan saat penelitian. Tahapan penelitian meliputi analisis kondisi ideal dan kondisi eksisting, penentuan rumusan masalah, penentuan tujuan, analisis laboratorium, pengumpulan data primer dan sekunder, studi literatur, analisis data dengan SimaPro, analisis alternatif, 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 Tugas Akhir**

pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang pengoperasian. Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu dilakukan analisis proses pengolahan air limbah dengan metode *life cycle assessment* (LCA) untuk mengurangi terjadinya dampak negatif dari proses pengolahan air limbah (IPAL) PT.SIER. Dengan dampak yang ada maka diperlukan alternatif perbaikan untuk mengurangi nilai kontribusi dampak terhadap lingkungan. Penentuan kebijakan alternatif perbaikan dari hasil LCA akan dianalisis menggunakan pengulangan pada analisis SimaPro.

#### **3.4.2 Studi Literatur**

Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini 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. Literatur yang diperlukan antara lain adalah definisi air limbah domestik, definisi air limbah industri, baku mutu kualitas lingkungan, unit instalasi pengolahan air limbah (IPAL), metode *life cycle assessment* (LCA), SimaPro 8.5.2, dan penelitian terdahulu.

### **3.4.3 Penelitian**

#### **1. Penentuan Lokasi Penelitian**

Lokasi dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL) PT.SIER.

#### **2. Pelaksanaan Penelitian Laboratorium**

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan melalui sampling pada inlet dan outlet unit pengolahan air limbah.

##### **A. Pengambilan Sampel**

Pada setiap unit yaitu Sumur pengumpul, Bak pengendap pertama, *Oxidation Ditch*, distribution box dan Bak pengendap kedua disesuaikan dengan waktu tinggal proses sesuai dengan kriteria desain. 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 kualitas effluen apakah telah memenuhi atau melebihi baku mutu yang ditetapkan. Analisis laboratorium yang dilakukan adalah pengukuran effluen dengan parameter BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, pH, N dan P.

### **3.4.4 Tahap 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 laboratorium effluen air limbah, perhitungan beban, wawancara kepada responden yang memahami kegiatan pengolahan tersebut dan kuisisioner. Responden yang dipilih adalah responden dengan tingkat pendidikan minimal D3 dan memahami proses pengolahan air limbah di IPAL PT. SIER. Responden yang diwawancarai akan memilih alternatif yang memungkinkan untuk diaplikasikan pada pengolahan tersebut.

#### **2. Data**

Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini yaitu :

- a. Debit limbah yang masuk dalam pengolahan di IPAL
- b. Jumlah energi yang digunakan dalam pengolahan di IPAL

- c. Parameter effluen yang ada di dokumen IPAL PT. SIER

### 3.5 Tahapan Penginputan Data dalam *Software SimaPro*

#### 8.5.2

- Menentukan tujuan dan ruang lingkup (*Goal and scope*)
  - *Text field*, untuk menginput data pemilik, judul penelitian, tanggal, komentar, alasan dan tujuan melakukan penelitian LCA.
  - Pemilihan *libraries*, memilih metoda yang akan digunakan

Pada tahap ini dipilih *scope* penelitian yaitu *ecoinvent data 2.0*. *Scope* ini dipilih karena fokus terhadap :

- *Input*  
*Input* data berupa material dan energi yang digunakan dalam setiap unit di IPAL PT. SIER.
- *Output*  
*Output* pada pengolahan air berupa emisi dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah.
- Melakukan inventarisasi
  - *Process*, merupakan input data mengenai *input* dan *output*, *documentation*, parameter, dan *system description* mengenai proses kegiatan tersebut
  - *Product stages*, mendeskripsikan bagaimana suatu produk diproduksi, digunakan, dan dibuang.
  - *System description*, rekaman terpisah untuk mendeskripsikan struktur dari sistem.
  - *Waste types*, terdapat *waste scenarios* (material dibuang) dan *disposal scenarios* (produk yang digunakan kembali).

Pada tahap ini input data, seperti proses pada produksi listrik yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kemudian dimasukan limbah dan beban emisi yang dihasilkan.
- Penilaian terhadap cemaran
  - *Characterization*, merupakan senyawa kimia pada suatu proses yang memiliki kontribusi pada 14 *impact category* yang terdapat pada LCA. Pada *characterization* akan disajikan nilai persentase

masing masing emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh sub proses terhadap 1 *impact category*.

- *Normalization*, merupakan tahap mengalikan nilai karakterisasi dengan nilai normal untuk menyertakan satuan pada masing masing kategori dampak secara internasional.
- *Weighting*, merupakan proses mengalikan dampak kategori dengan faktor pembobotan.
- *Single Score*, merupakan tahap untuk mengetahui proses yang berkontribusi dampak terhadap lingkungan.

➤ Interpretasi data

Mengevaluasi dan meninjau kembali suatu kesimpulan untuk pengambilan keputusan terkait alternatif perbaikan pada suatu sistem untuk mengurangi nilai kintribusi dampak. Pengambilan keputusan terkait alternatif perbaikan memerlukan kebijakan dengan pendekatan tertentu untuk penentuan prioritasnya.

Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan analisis menggunakan SimaPro 8.5.2. Data yang telah didapatkan dianalisis dengan menggunakan metode LCA dengan menggunakan *software* SimaPro 8.5.2. *Software* ini dapat mengolah data menjadi grafik.

### 3.6 Penentuan Hasil Alternatif

Program alternatif didapatkan dari referensi dan survey lapangan dalam bentuk kuesioner kepada responden pihak PT. SIER. Penentuan program alternatif didasarkan pada hasil analisis *running* pertama menggunakan *software* SimaPro. Dari dampak yang dihasilkan berdasarkan interpretasi data selanjutnya dibuat alternatif program. Pilihan program alternatif didasarkan atas studi literatur. Kemudian dari hasil kuesioner dan referensi yang didapatkan, maka dibuatlah rangkaian program alternatif yang akan diiterasi ke dalam analisis LCA di SimaPro 8.5.2. Dari serangkaian alternatif program yang di *running* akan didapatkan hasil dari perbandingan antara hasil analisis LCA tanpa menggunakan program alternatif dengan hasil analisis LCA menggunakan program alternatif.

### **3.7 Kesimpulan dan Saran**

Pada hasil analisis dan pembahasan dapat di ambil kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang didapatkan kemudian dihubungkan dengan literatur yang diperoleh yang dijadikan referensi pada penelitian ini. Saran diberikan untuk menyempurnakan hasil penelitian yang bersifat berkelanjutan kesimpulan yang diharapkan berupa informasi mengenai dampak lingkungan yang dihasilkan dari kinerja unit-unit pengolahan air limbah di IPAL PT.SIER.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengumpulan Data Sekunder dan Data Primer

#### 4.1.1 Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulannya data sekunder didapatkan dari pihak IPAL PT. SIER meliputi debit pengolahan dan jumlah energi yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah. Debit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan jumlah energi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Debit Pengolahan Air Limbah

Unit Pengolahan	Q m <sup>3</sup> /jam	Q L/jam	Q L/hari
Sumur Pengumpul	242,625	242625	5823000
Bak Pengendap	242,625	242625	5823000
<i>Oxidation Ditch</i>	80,875	80875	1941000
<i>Clarifier</i>	121,3125	121312,5	2911500

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.2 Jumlah Energi

Unit Pengolahan	Jumlah Unit	Energi/hari (kWh)
Sumur Pengumpul	1	11
Bak Pengendap	1	-
<i>Oxidation Ditch</i>	3	74
<i>Distribution Box</i>	1	3,75
<i>Clarifier</i>	2	0,25

Sumber :

Selain data dari pihak IPAL PT. SIER, data sekunder didapatkan dari studi literatur yang berkaitan dengan penelitian.

#### 4.1.2 Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan analisis pada laboratorium hasil sampling kualitas air limbah pada IPAL PT. SIER, kuisioner dan wawancara kepada responden

yang memahami kegiatan pengolahan tersebut. Sampling dimulai pada bulan Maret dan berpedoman pada SNI 6989.59:2008 yaitu bilamana suatu industri telah memiliki IPAL diambil pada lokasi sebelum dan setelah pada setiap unit IPAL dengan memperhatikan waktu detensi (td). Waktu detensi dari setiap unit IPAL dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Waktu Detensi Tiap Unit Pengolahan

Unit Pengolahan	Waktu Detensi (td)	Satuan
Bak Pengendap 1	2	Jam
Oxidation Ditch	20	Jam
Clarifier	5	Jam

Sumber :

Dari hasil analisis laboratorium akan diketahui nilai konsentrasi dari setiap inlet dan outlet tiap unit pada IPAL. Dari data tersebut dapat dilakukan perhitungan massa beban pada setiap unit pengolahan. Hasil analisis laboratorium tiap unit pengolahan limbah dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Analisis Laboratorium IPAL PT. SIER (mg/L)

Parameter	Sumur Pengumpul		Bak Pengendap		Oxidation Ditch 1		Oxidation Ditch 2	
	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
BOD	673,54	368,48	368,48	231,88	231,88	52,72	231,88	52,72
COD	786	488	488	364	364	80	364	80
TSS	1,24	0,14	0,14	0,12	0,12	0,09	0,12	0,09
Minyak Lemak	324	230	230	129	129	41	129	41
Fosfor	0,88	0,52	0,52	0,43	0,43	0,05	0,43	0,05
Total Nitrogen	5,2	3,94	3,94	2,48	2,48	1,07	2,48	1,07
pH	6,87	6,65	6,65	6,46	6,46	7,35	6,48	7,35

Parameter	Oxidation Ditch 3		Distribution Box		Clarifier 1		Clarifier 2	
	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet



BOD	231,88	52,72	231,88	52,72	52,72	10,4	52,72	10,4
COD	364	80	364	80	80	20	80	20
TSS	0,12	0,09	0,12	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08
Minyak Lemak	129	41	129	41	41	11	41	11
Fosfor	0,43	0,05	0,43	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04
Total Nitrogen	2,48	1,07	2,48	1,07	1,07	0,6	1,07	0,6
pH	6,46	7,35	6,46	7,35	7,35	7,44	7,3	7,38

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

### 1) Sumur Pengumpul

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

$$\begin{aligned}
 [\text{BOD}] \text{ Inlet} &= 673,54 \text{ mg/L} \\
 \text{Debit (Q)} &= 2125395 \text{ m}^3/\text{tahun} \\
 &= 2125395000 \text{ L/tahun} \\
 \text{Massa BOD inlet} &= 1,43154\text{E}+12 \text{ mg/tahun} \\
 &= 1431538,55 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{BOD}] \text{ outlet} &= 368,48 \text{ mg/L} \\
 \text{Debit (Q)} &= 2125395 \text{ m}^3/\text{tahun} \\
 &= 2125395000 \text{ L/tahun} \\
 \text{Massa BOD outlet} &= 7,83166\text{E}+11 \text{ mg/tahun} \\
 &= 783165,55 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned}
 [\text{bCOD}] \text{ inlet} &= 1,65 \times [\text{BOD}_i] \text{ mg/L} \\
 [\text{bCOD}] \text{ Inlet} &= 1111 \text{ mg/L} \\
 \text{Debit (Q)} &= 2125395 \text{ m}^3/\text{tahun} \\
 &= 2125395000 \text{ L/tahun}
 \end{aligned}$$

Massa bCOD inlet	=	2,36204E+12	mg/tahun
	=	2362038,60	kg/tahun
[bCOD] outlet	=	1,65x[BODe]	mg/L
[bCOD] outlet	=	607,992	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa bCOD outlet	=	1,29222E+12	mg/tahun
	=	1292223,16	kg/tahun

### c. Fosfor

[P] Inlet	=	0,8774	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P inlet	=	1864911421	mg/tahun
	=	1864,91	kg/tahun
[P] outlet	=	0,5151	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P outlet	=	1094786057	mg/tahun
	=	1094,79	kg/tahun

### d. Total N

[TN] Inlet	=	5,1997	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN inlet	=	11051410915	mg/tahun
	=	11051,41	kg/tahun
[TN] outlet	=	3,9440	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN outlet	=	8382609327	mg/tahun
	=	8382,61	kg/tahun

## 2) Bak Pengendap

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

[BOD] Inlet	=	368,48	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa BOD inlet	=	7,83166E+11	mg/tahun
	=	783165,55	kg/tahun
[BOD] outlet	=	231,88	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa BOD outlet	=	4,92837E+11	mg/tahun
	=	492836,59	kg/tahun

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

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

[bCOD] inlet	=	1,65 x [BOD <sub>i</sub> ]	mg/L
[bCOD] Inlet	=	607,992	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa bCOD inlet	=	1,29222E+12	mg/tahun
	=	1292223,16	kg/tahun
[bCOD] outlet	=	1,65x[BOD <sub>e</sub> ]	mg/L
[bCOD] outlet	=	382,602	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa bCOD outlet	=	8,1318E+11	mg/tahun
	=	813180,38	kg/tahun

### c. Fosfor

[P] Inlet	=	0,5151	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P inlet	=	1094786057	mg/tahun

	=	1094,786	kg/tahun
[P] outlet	=	0,4310	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P outlet	=	916096838,4	mg/tahun
	=	916,097	kg/tahun

#### d. Total N

[TN] Inlet	=	3,9440	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN inlet	=	8382609327	mg/tahun
	=	8382,609	kg/tahun
[TN] outlet	=	2,4766	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN outlet	=	5263648434	mg/tahun
	=	5263,648	kg/tahun

### 3) Oxidation Ditch 1

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

[BOD] Inlet	=	231,88	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m3/tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa BOD inlet	=	1,6428E+11	mg/tahun
	=	164278,86	kg/tahun
[BOD] outlet	=	52,72	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m3/tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa BOD outlet	=	3,735E+10	mg/tahun
	=	37350,27	kg/tahun

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

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

[bCOD] inlet	=	1,65 x [BODi]	mg/L
[bCOD] Inlet	=	382,602	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa bCOD inlet	=	2,7106E+11	mg/tahun
	=	271060,13	kg/tahun
[bCOD] outlet	=	1,65x[BODe]	mg/L
[bCOD] outlet	=	86,988	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa bCOD outlet	=	6,1628E+10	mg/tahun
	=	61627,9534	kg/tahun

### **c. Fosfor**

[P] Inlet	=	0,4310	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P inlet	=	916096838	mg/tahun
	=	916,0968	kg/tahun
[P] outlet	=	0,0509	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P outlet	=	108220231	mg/tahun
	=	108,2202	kg/tahun

### **d. Total N**

[TN] Inlet	=	2,477	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun

Massa TN inlet	=	5263648434	mg/tahun
	=	5263,6484	kg/tahun
[TN] outlet	=	1,0696	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN outlet	=	2273304486	mg/tahun
	=	2273,3045	kg/tahun

#### 4) Oxidation Ditch 2

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

[BOD] Inlet	=	231,88	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa BOD inlet	=	1,6428E+11	mg/tahun
	=	164278,86	kg/tahun
[BOD] outlet	=	52,72	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa BOD outlet	=	3,735E+10	mg/tahun
	=	37350,27	kg/tahun

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

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

[bCOD] inlet	=	1,65 x [BOD <sub>i</sub> ]	mg/L
[bCOD] Inlet	=	382,602	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa bCOD inlet	=	2,7106E+11	mg/tahun
	=	271060,13	kg/tahun
[bCOD] outlet	=	1,65x[BOD <sub>e</sub> ]	mg/L
[bCOD] outlet	=	86,988	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun

	=	708465000	L/tahun
Massa bCOD outlet	=	6,1628E+10	mg/tahun
	=	61627,9534	kg/tahun

### c. Fosfor

[P] Inlet	=	0,4310	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P inlet	=	916096838	mg/tahun
	=	916,0968	kg/tahun
[P] outlet	=	0,0509	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P outlet	=	108220231	mg/tahun
	=	108,2202	kg/tahun

### d. Total N

[TN] Inlet	=	2,477	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN inlet	=	5263648434	mg/tahun
	=	5263,6484	kg/tahun
[TN] outlet	=	1,0696	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN outlet	=	2273304486	mg/tahun
	=	2273,3045	kg/tahun

## 5) Oxidation Ditch 3

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

[BOD] Inlet	=	231,88	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m3/tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa BOD inlet	=	1,6428E+11	mg/tahun
	=	164278,86	kg/tahun

[BOD] outlet	=	52,72	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa BOD outlet	=	3,735E+10	mg/tahun
	=	37350,27	kg/tahun

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

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

[bCOD] inlet	=	1,65 x [BOD <sub>i</sub> ]	mg/L
[bCOD] Inlet	=	382,602	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa bCOD inlet	=	2,7106E+11	mg/tahun
	=	271060,13	kg/tahun
[bCOD] outlet	=	1,65x[BOD <sub>e</sub> ]	mg/L
[bCOD] outlet	=	86,988	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa bCOD outlet	=	6,1628E+10	mg/tahun
	=	61627,9534	kg/tahun

### **c. Fosfor**

[P] Inlet	=	0,4310	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P inlet	=	916096838	mg/tahun
	=	916,0968	kg/tahun
[P] outlet	=	0,0509	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P outlet	=	108220231	mg/tahun



$$= 108,2202 \text{ kg/tahun}$$

**d. Total N**

[TN] Inlet	=	2,477	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN inlet	=	5263648434	mg/tahun
	=	5263,6484	kg/tahun
[TN] outlet	=	1,0696	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m <sup>3</sup> /tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN outlet	=	2273304486	mg/tahun
	=	2273,3045	kg/tahun

**6) Distribution Box**

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

[BOD] Inlet	=	231,88	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa BOD inlet	=	1,6428E+11	mg/tahun
	=	164278,86	kg/tahun
[BOD] outlet	=	52,72	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa BOD outlet	=	3,735E+10	mg/tahun
	=	37350,27	kg/tahun

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

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

[bCOD] inlet	=	1,65 x [BOD <sub>i</sub> ]	mg/L
[bCOD] Inlet	=	382,602	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m <sup>3</sup> /tahun

	=	708465000	L/tahun
Massa bCOD inlet	=	2,7106E+11	mg/tahun
	=	271060,13	kg/tahun
[bCOD] outlet	=	1,65x[BODe]	mg/L
[bCOD] outlet	=	86,988	mg/L
Debit (Q)	=	708465	m3/tahun
	=	708465000	L/tahun
Massa bCOD outlet	=	6,1628E+10	mg/tahun
	=	61627,9534	kg/tahun

### c. Fosfor

[P] Inlet	=	0,4310	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P inlet	=	916096838	mg/tahun
	=	916,0968	kg/tahun
[P] outlet	=	0,0509	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa P outlet	=	108220231	mg/tahun
	=	108,2202	kg/tahun

### d. Total N

[TN] Inlet	=	2,477	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN inlet	=	5263648434	mg/tahun
	=	5263,6484	kg/tahun
[TN] outlet	=	1,0696	mg/L
Debit (Q)	=	2125395	m3/tahun
	=	2125395000	L/tahun
Massa TN outlet	=	2273304486	mg/tahun
	=	2273,3045	kg/tahun

## 7) Clarifier 1

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

[BOD] Inlet	=	52,72	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa BOD inlet	=	56025412200	mg/tahun
	=	56025,41	kg/tahun
[BOD] outlet	=	10,4	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa BOD outlet	=	11052054000	mg/tahun
	=	11052,05	kg/tahun

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

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

[bCOD] inlet	=	1,65 x [BOD <sub>i</sub> ]	mg/L
[bCOD] Inlet	=	86,988	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa bCOD inlet	=	92441930130	mg/tahun
	=	92441,93013	kg/tahun
[bCOD] outlet	=	1,65x[BOD <sub>e</sub> ]	mg/L
[bCOD] outlet	=	17,16	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa bCOD outlet	=	18235889100	mg/tahun
	=	18235,89	kg/tahun

### c. Fosfor

[P] Inlet	=	0,0509	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa P inlet	=	54110115,45	mg/tahun
	=	54,1101	kg/tahun
[P] outlet	=	0,0474	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa P outlet	=	50334991,12	mg/tahun
	=	50,3350	kg/tahun

### d. Total N

[TN] Inlet	=	1,070	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa TN inlet	=	1136652243	mg/tahun
	=	1136,6522	kg/tahun
[TN] outlet	=	0,6006	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa TN outlet	=	638261584,7	mg/tahun
	=	638,2616	kg/tahun

## 8) Clarifier 2

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

[BOD] Inlet	=	52,72	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa BOD inlet	=	56025412200	mg/tahun
	=	56025,41	kg/tahun
[BOD] outlet	=	10,4	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun

Massa BOD			
outlet	=	11052054000	mg/tahun
	=	11052,05	kg/tahun

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

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

[bCOD] inlet	=	1,65 x [BODi]	mg/L
[bCOD] Inlet	=	86,988	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa bCOD inlet	=	92441930130	mg/tahun
	=	92441,93013	kg/tahun
[bCOD] outlet	=	1,65x[BODe]	mg/L
[bCOD] outlet	=	17,16	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa bCOD outlet	=	18235889100	mg/tahun
	=	18235,89	kg/tahun

### **c. Fosfor**

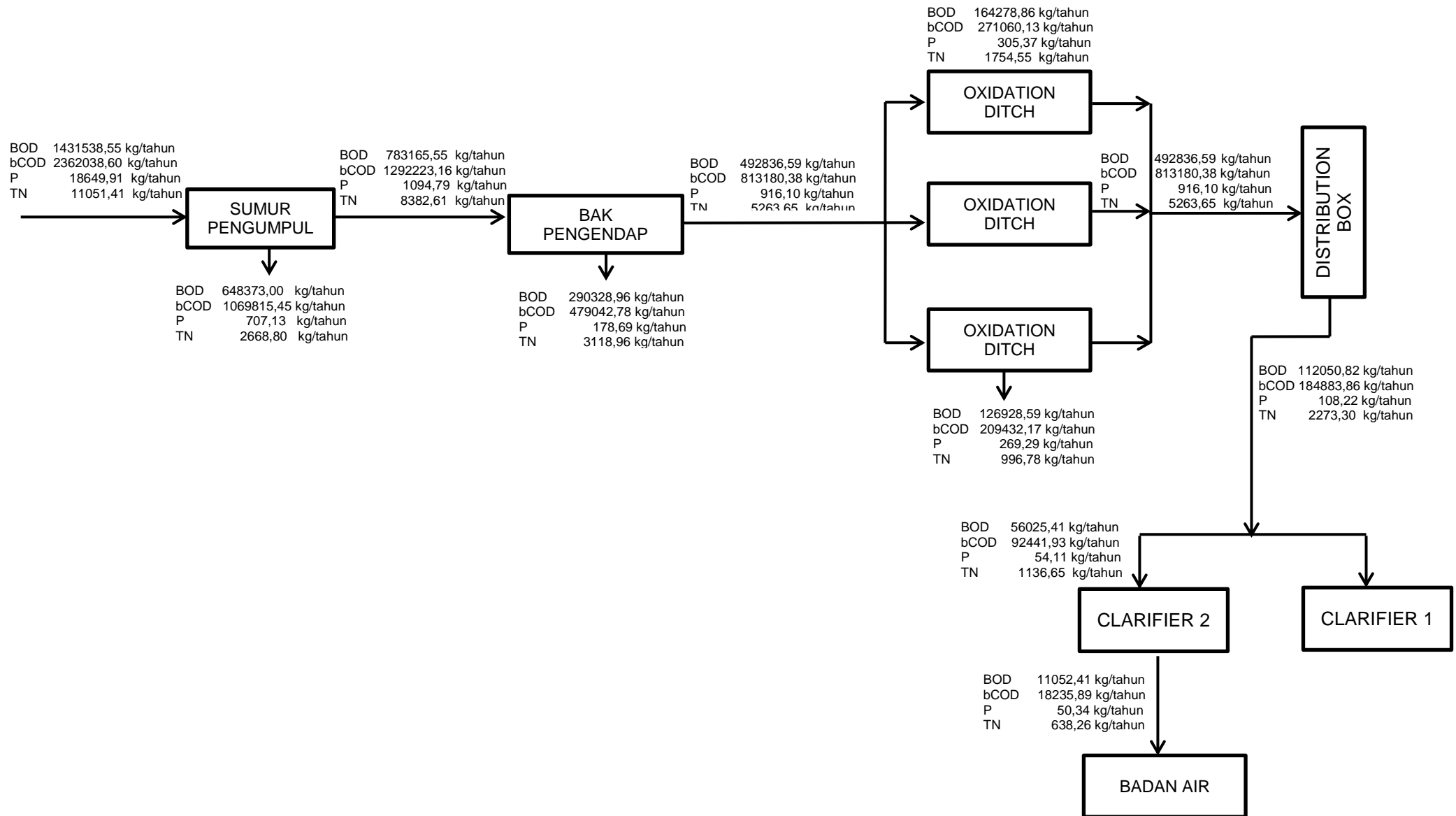
[P] Inlet	=	0,0509	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa P inlet	=	54110115,45	mg/tahun
	=	54,1101	kg/tahun
[P] outlet	=	0,0474	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa P outlet	=	50334991,12	mg/tahun
	=	50,3350	kg/tahun

**d. Total N**

[TN] Inlet	=	1,070	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa TN inlet	=	1136652243	mg/tahun
	=	1136,6522	kg/tahun
[TN] outlet	=	0,6006	mg/L
Debit (Q)	=	1062697,5	m <sup>3</sup> /tahun
	=	1062697500	L/tahun
Massa TN outlet	=	638261584,7	mg/tahun
	=	638,2616	kg/tahun

Dari hasil perhitungan diatas dibuat gambar mass balance proses pengolahan air limbah dapat dilihat pada gambar 4.2.

Gambar 4.1 Mass Balance Proses Pengolahan Air Limbah IPAL PT.SIER



**“Halaman ini sengaja dikosongi”**



## 4.2 Pengolahan *Life Cycle Assessment* dengan *Software SimaPro 8.5.2*

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 impact assessment* (LCIA), dan *interpretation data*. Lingkup penelitian ini terbatas hanya pada proses pengolahan air limbah pada IPAL PT.SIER.

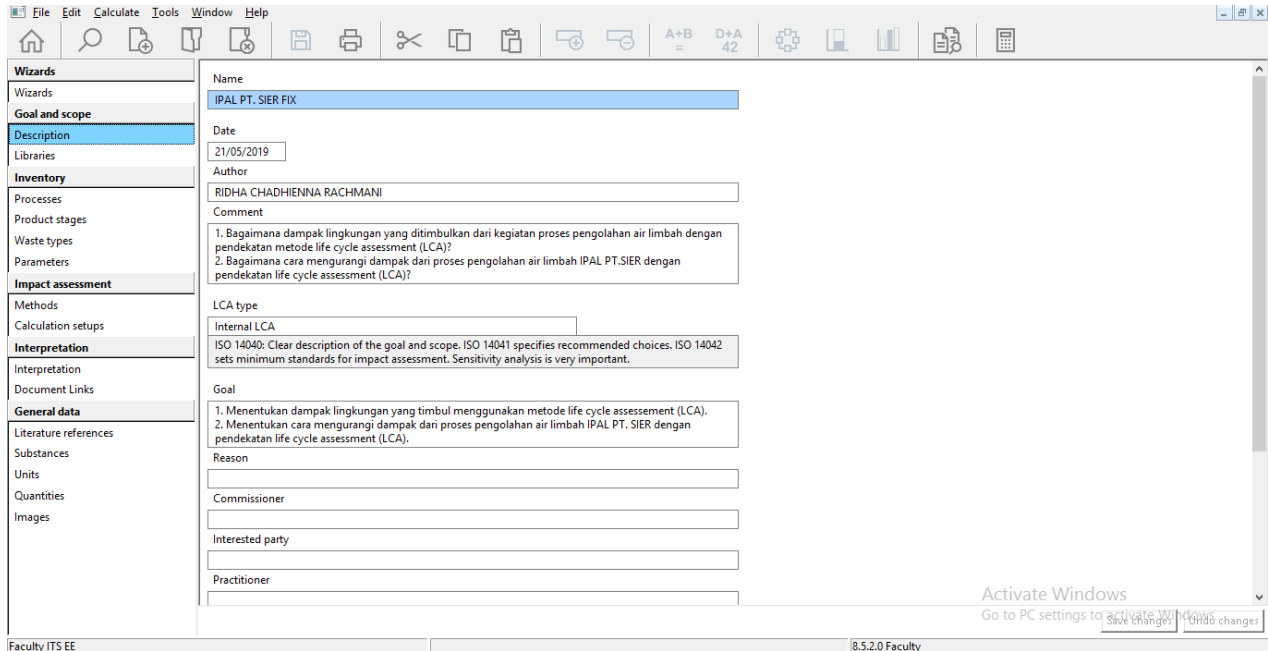
Pada tahapan *life cycle inventory* (LCI) dilakukan input data berupa material pengolahan dan penggunaan energi untuk proses pengolahan tinja. Pada tahap *life cycle impact assessment* (LCIA) merupakan tahap penentuan dampak lingkungan yang dilakukan dengan beberapa tahapan yakni *characterization*, *normalization*, *weighting* dan *single score*. Hasil dari interpretasi data akan menunjukkan dampak dari sebuah proses yang selanjutnya akan dilakukan upaya perbaikan. Data yang menjadi inputan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari hasil sampling dan analisis laboratorium serta dari pihak IPAL PT.SIER.

## 4.3 Penentuan *Goal dan Scope*

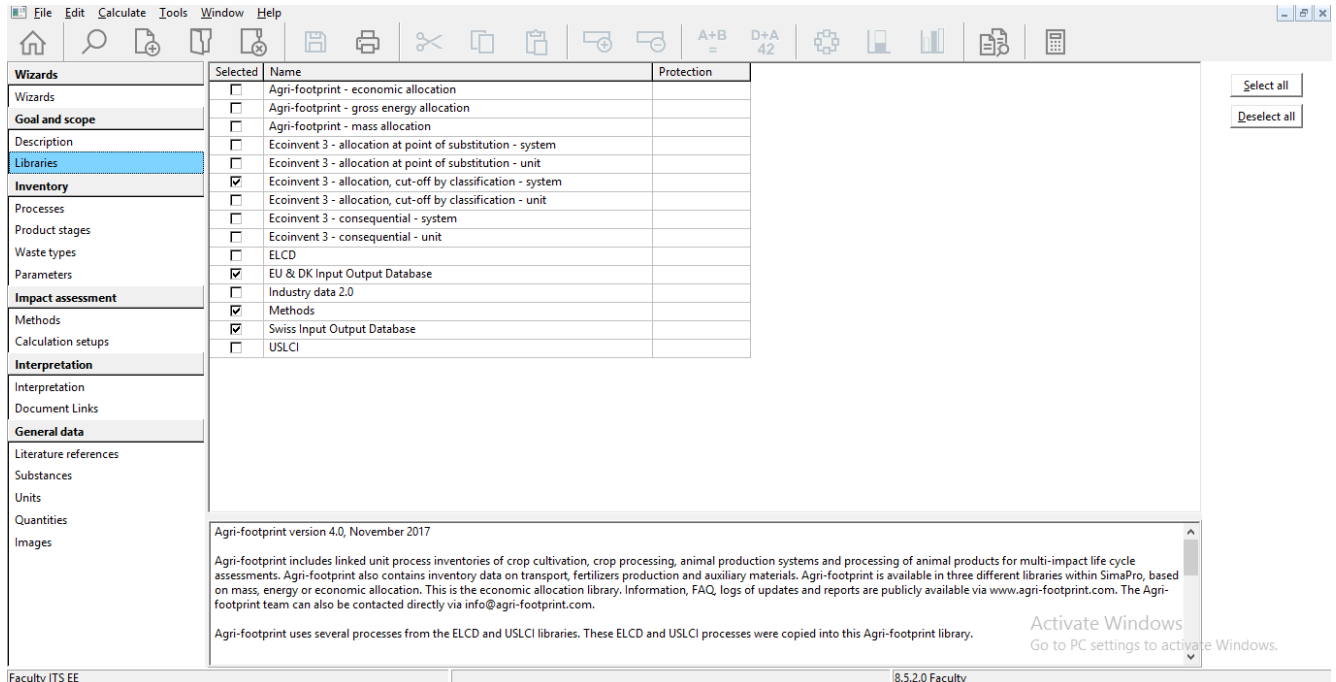
Langkah pertama dari tahapan ini yaitu menentukan definisi tujuan dan ruang lingkup dari penelitian. Tahapan ini membantu konsistensi dari penelitian LCA. Tujuan pada penelitian ini adalah analisis kontribusi dampak lingkungan akibat suatu proses pengolahan air limbah IPAL PT.SIER dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Dalam tahap ini, alasan untuk melakukan penelitian harus diuraikan secara jelas. Batasan penelitian menentukan unit proses mana yang tercakup dalam penelitian LCA. Berikut tahap penentuan *goal* dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Selanjutnya menentukan *scope* atau batasan penelitian yang akan dikaji pada Gambar 4.4. Pada setiap unit proses berfokus pada penggunaan energi (bahan bakar/listrik) dan emisi yang dikeluarkan. Metode yang digunakan IMPACT 2002+ dengan batasan *impact assessment* penelitian ini adalah *global warming*, *aquatic eutrophication*, dan *non renewable energy*. Lingkup penelitian ini merupakan proses yang terjadi pada proses

pengolahan air limbah yang menghasilkan emisi berupa CO<sub>2</sub>, dimana emisi tersebut akan memiliki dampak terhadap *impact assessment* peneliti.



Gambar 4.2 Penentuan *Goal* pada *Software SimaPro 8.5.2*



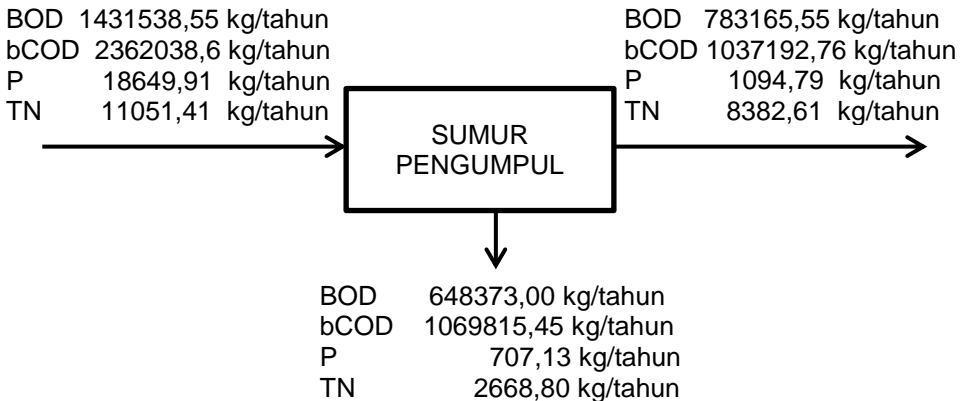
Gambar 4.3 Penentuan Scope pada Software SimaPro 8.5.2

#### 4.4 Penentuan Life Cycle Inventory (LCI)

Pada tahap ini dilakukan penginputan data, seperti beban pada proses pengolahan dan penggunaan energi listrik pada unit pengolahan selama proses. Data sekunder yang digunakan secara spesifik didapat dari pihak IPAL PT.SIER meliputi debit pengolahan dan jumlah energi listrik yang digunakan. Data primer didapat 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 diagram.

##### 4.4.1 Life Cycle Inventory (LCI) pada Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul merupakan tempat penampungan sementara air limbah dari buangan industri dan perkantoran di kawasan SIER. Air limbah / air buangan dari setiap industri harus memenuhi standart yang telah ditentukan oleh PT. SIER. Sumur ini berdiameter 5 meter dengan kedalaman 8 meter dan terbagi menjadi dua bagian yang dibatasi oleh beton setebal 30 cm.



Gambar 4.4 Material Balance pada Sumur Pengumpul

Data material merupakan data dalam jumlah per tahun, sehingga dilakukan konversi pada material unit bak pengendap pertama :

- Debit pengolahan = 2125395 m<sup>3</sup>/tahun  
= 2125395000 L/tahun
- BOD = 368,48 mg/L
- bCOD = 488 mg/L
- P = 0,5151 mg/L
- Total N = 3,944 mg/L

*Life cycle inventory* dari proses di bak pengendap 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 Bak Pengendap Pertama

<b>Input</b>		
<b>Material</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>
<b>Debit (Q)</b>	2125395000	L/tahun
<b>BOD</b>	673,54	mg/L
<b>bCOD</b>	1111	mg/L
<b>Fosfor</b>	0,88	mg/L
<b>Total N</b>	5,20	mg/L

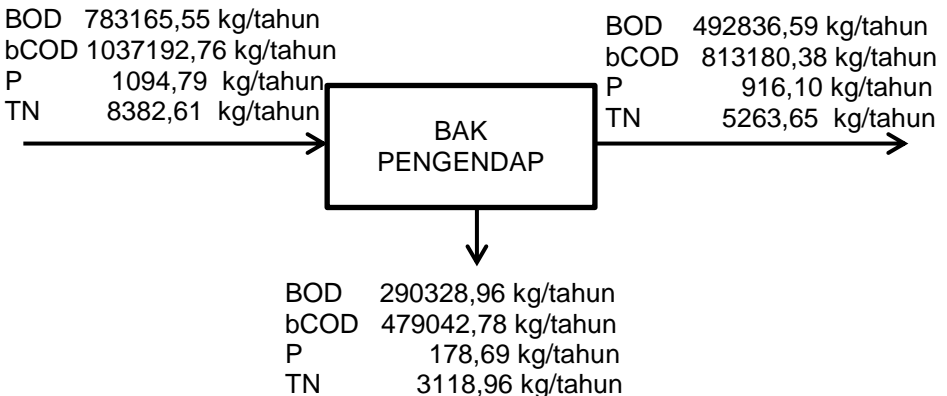
Untuk melakukan input pada *software* SimaPro digunakan data material maupun energi yang digunakan dalam proses pengolahan. Input yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.6. Beberapa data yang diinputkan dalam *software* SimaPro memiliki keterbatasan data yang tersedia sehingga memerlukan penyesuaian seperti penyesuaian satuan. Energi yang digunakan pada IPAL PT.SIER menggunakan listrik dari PLN.

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products								
	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment	
SUMUR PENGUMPUL	1721627,37	kg	Mass	100 %	not defined	...PROSES PENGOLAHAN		
Add								
Outputs to technosphere: Avoided products								
Add								
Inputs								
Inputs from nature								
	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Nitrogen	in water	11051,41	kg	Undefined				
Phosphorus	in water	1864,91	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels								
115 Waste treatment, Waste water treatment, other, EU27								
		3793577,15	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat								
Electricity, medium voltage [AE] market for electricity, medium voltage   Cut-off, S								
		11	kWh	Undefined				
Add								
Outputs								
Emissions to air								
Add								
Emissions to water								
	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BOD5, Biological Oxygen Demand		2075388,71	kg	Undefined				
Nitrogen		8382,61	kg	Undefined				
Phosphorus		1094,79	kg	Undefined				

Gambar 4.5 Input Data SimaPro Unit Sumur Pengumpul

#### 4.4.2 Life Cycle Inventory (LCI) pada Bak Pengendap Pertama

Di dalam unit IPAL, pertama air limbah dialirkan masuk ke bak pengendap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir, dan kotoran tersuspensi. Bak pengendap pertama berfungsi untuk mengurangi *suspended solid* yang terdapat dalam air limbah dari bak ekualisasi. Unit pengolahan ini juga berfungsi untuk mengurangi BOD. Prinsip dasar bak pengendap pertama adalah memisahkan padatan tersuspensi dan terlarut di dalam air limbah dengan menggunakan sistem gravitasi.



Gambar 4.6 Material Balance pada Bak Pengendap Pertama

Sebagian besar IPAL yang menggunakan proses pengolahan secara aerob, maka suatu pengolahan tersebut akan menghasilkan gas rumah kaca yang didominasi oleh gas karbon dioksida. Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat-alat penunjang. Emisi gas yang dihasilkan oleh suatu pembangkit listrik dapat mencapai dua per tiga dari total emisi yang dihasilkan oleh suatu pengolahan air limbah. Prediksi presentase emisi CO<sub>2</sub> yang berpotensi menyumbang pemanasan bumi (*global warming*) yang ditimbulkan oleh beberapa sektor ekonomi dunia salah satunya dihasilkan dari pembangkit listrik dengan angka sebesar 39%.

Data material merupakan data dalam jumlah per tahun, sehingga dilakukan konversi pada material unit bak pengendap pertama :

- Debit pengolahan = 2125395 m<sup>3</sup>/tahun  
= 2125395000 L/tahun
- BOD = 368,48 mg/L
- bCOD = 607,99 mg/L
- Fosfor = 0,5151 mg/L
- Total N = 3,944 mg/L

*Life cycle inventory* dari proses di bak pengendap 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 Bak Pengendap Pertama

<b>Input</b>		
<b>Material</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>
<b>Debit (Q)</b>	2125395000	L/tahun
<b>BOD</b>	368,48	mg/L
<b>bCOD</b>	607,99	mg/L
<b>Fosfor</b>	0,5151	mg/L
<b>Total N</b>	3,944	mg/L

Untuk melakukan input pada *software* SimaPro digunakan data material maupun energi yang digunakan dalam proses pengolahan. Input yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.7. Beberapa data yang diinputkan dalam *software* SimaPro memiliki keterbatasan data yang tersedia sehingga memerlukan penyesuaian seperti penyesuaian satuan. Energi yang digunakan pada IPAL PT.SIER menggunakan listrik dari PLN.



File Edit Calculate Tools Window Help

Documentation **Input/output** Parameters System description

Products

Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
Bak Pengendap 1	1547099,62	kg	Mass	100 %	Water	... \PENGOLAHAN AIR LIMBAH	
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
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
115 Waste treatment, Waste water treatment, other, EU27	2318982,61	kg	Undefined					
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment	
Electricity, medium voltage [GLO] market group for   APOS, U	11	kWh	Undefined					
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
Add								
Emissions to soil	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								
Final waste flows	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								

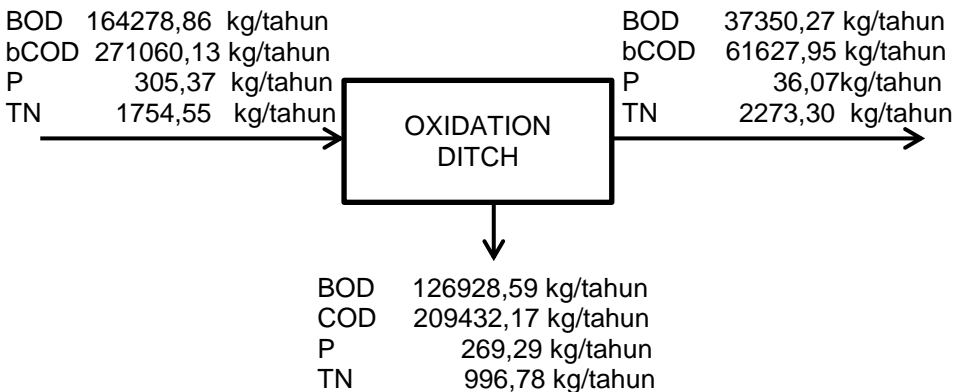
Faculty ITS EE

8.5.2.0 Faculty

Gambar 4.7 Input Data SimaPro Unit Bak Pengendap

#### 4.4.3 Life Cycle Inventory (LCI) pada Oxidation Ditch

*Oxidation Ditch* merupakan unit kedua dalam proses pengolahan air limbah yang merupakan modifikasi dari proses *activated sludge*, dimana penanganan dan pengolahan *sludge* hampir dapat diabaikan karena buangan *sludgenya* hanya sedikit dan dapat dikeringkan tanpa menimbulkan bau. *Oxidation ditch* merupakan unit yang didalamnya terjadi proses biologis secara aerobik dan anoksik. Pengolahan disini dibantu dengan *mammoth rotor* untuk mengaduk dan mendorong lumpur sehingga dapat mengalir dalam parit oksidasi. Data hasil perhitungan beban pengolahan sebelumnya digambarkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Material Balance pada Oxidation Ditch

Setiap jenis pengolahan air limbah dapat mengemisikan gas rumah kaca, baik yang berasal dari proses pengolahan maupun yang berasal dari alat penunjang. Emisi gas yang dihasilkan dari alat penunjang seperti pembangkit listrik tersebut mencapai dua per tiga dari total emisi yang dihasilkan oleh suatu IPAL. Data material merupakan data dalam jumlah per tahun, sehingga dilakukan konversi pada material pada tiap unit *oxidation ditch* :

- Debit pengolahan tiap OD = 708465 m<sup>3</sup>/tahun  
= 708465000 L/tahun

- BOD = 231,88 mg/L
- bCOD = 382,60 mg/L
- Fosfat = 0,4310 mg/L
- Total N = 2,477 mg/L

*Life cycle inventory* dari proses di *oxidation ditch* 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 *Oxidation Ditch*

<b>Input</b>		
<b>Material</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>
<b>Debit (Q)</b>	708465000	L/tahun
<b>BOD</b>	231,88	mg/L
<b>bCOD</b>	364	mg/L
<b>Fosfor</b>	0,4310	mg/L
<b>Total N</b>	2,477	mg/L
<b>Mammoth Rotor</b>	18,5	kWh

Untuk melakukan input pada *software* SimaPro digunakan data material maupun energi yang digunakan dalam proses pengolahan. Input yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.9.

File Edit Calculate Tools Window Help

Documentation **Input/output** Parameters System description

**Products**

Outputs to technosphere: Products and co-products	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
OXIDATION DITCH 1	337626,84	kg	Mass	100 %	not defined	...PROSES PENGOLAHAN	
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	1754,55	kg	Undefined				
Phosphorus	in water	305,37	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: materials/fuels		Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BAK PENGENDAP		435338,99	kg	Undefined				
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Electricity, medium voltage (GLO) market group for   Cut-off, S		324120	kWh	Undefined				
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		98978,23	kg	Undefined				
Nitrogen		757,77	kg	Undefined				
Phosphorus		36,07	kg	Undefined				

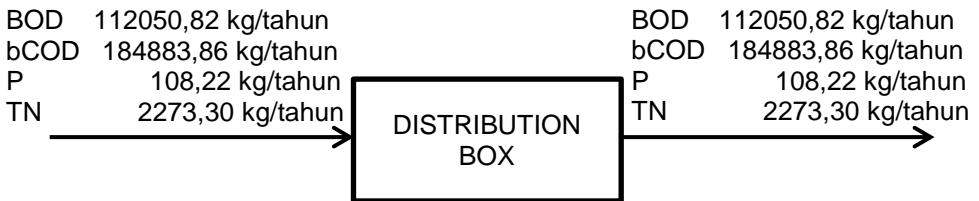
Faculty ITS EE | 8.5.2.0 Faculty

Gambar 4.9 Input Data SimaPro Unit Oxidation Ditch

#### 4.4.4 Life Cycle Inventory (LCI) pada Distribution Box

Merupakan tempat penampung sementara air limbah dari *oxidation ditch* sebelum masuk ke *secondary clarifier*. Selain itu juga sebagai pembagi lumpur aktif yang akan dialirkan ke *secondary clarifier* yang akan dikembalikan ke *oxidation ditch*. Bak ini dilengkapi dua pompa submersibel yang berfungsi mengalirkan lumpur yang akan dibuang ke bak pengering lumpur dan *screw pump* yang berfungsi untuk mengembalikan ke *oxidation ditch* sebagai *return sludge*.

Data yang digunakan berdasarkan perhitungan beban pengolahan digambarkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Material Balance pada Distribution Box

Data material merupakan data dalam jumlah per tahun, sehingga dilakukan konversi pada material pada unit *distribution box*:

- Debit pengolahan = 2125395 m<sup>3</sup>/tahun  
= 2125395000 L/tahun
- BOD = 231,88 mg/L
- bCOD = 382,60 mg/L
- Fosfor = 0,4310 mg/L
- Total N = 2,477 mg/L

*Life cycle inventory* dari proses di *distribution box* dapat dilihat pada Tabel 4.8. Inputan dari *life cycle inventory* ini menggunakan data dalam satuan per tahun.

Tabel 4.8 *Life Cycle Inventory* pada Unit *Distribution Box*

<b>Input</b>		
<b>Material</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>
<b>Debit (Q)</b>	2125395000	L/tahun
<b>BOD</b>	52,72	mg/L
<b>bCOD</b>	86,99	mg/L
<b>Fosfor</b>	0,0509	mg/L
<b>Total N</b>	1,070	mg/L
<b>Screw Pump</b>	3,75	kWh

Untuk melakukan input pada *software* SimaPro digunakan data material maupun energi yang digunakan dalam proses pengolahan. Input yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.11.

File Edit Calculate Tools Window Help

Documentation **Input/output** Parameters System description

Products

Outputs to technosphere: Products and co-products		Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
DISTRIBUTION BOX		1012880,51	kg	Mass	100 %	not defined	...PROSES PENGOLAHAN	
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	5263,65	kg	Undefined				
Phosphorus		in water	916,10	kg	Undefined				
Add									
Inputs from technosphere: materials/fuels		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
OXIDATION DITCH 1			1306016,97	kg	Undefined				
OXIDATION DITCH 2			1306016,97	kg	Undefined				
OXIDATION DITCH 3			1306016,97	kg	Undefined				
Add									
Inputs from technosphere: electricity/heat		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Electricity, medium voltage [GLO] market group for [ Cut-off, S			181770	kWh	Undefined				
Add									

Outputs

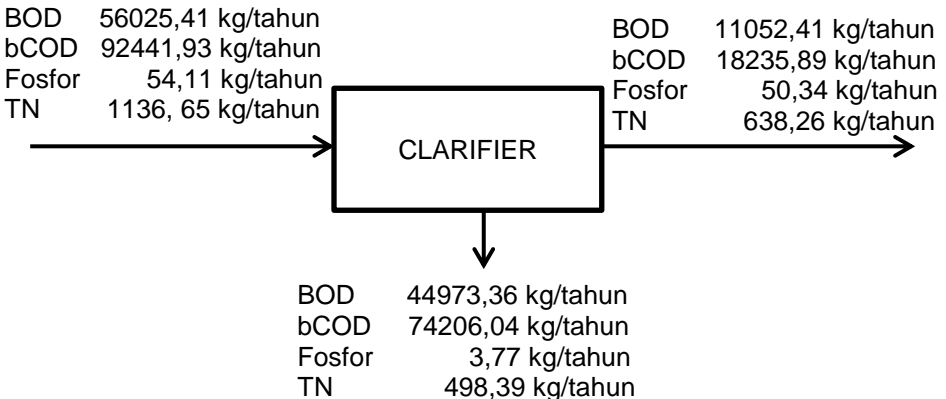
Emissions to air		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add									
Emissions to water		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
BOD5, Biological Oxygen Demand			296934,68	kg	Undefined				

Faculty ITS EE | 8.5.2.0 Faculty

Gambar 4.11 Input Data SimaPro Unit *Distribution Box*

#### 4.4.5 Life Cycle Inventory (LCI) pada Clarifier

*Clarifier* atau Bak Pengendap kedua merupakan unit ketga setelah unit *oxidation ditch* yang berfungsi untuk mengendapkan flok-flok atau lumpur yang dihasilkan oleh effluen dari *oxidation ditch*. Hasil endapan ini akan dibuang ataupun dikembalikan sebagai *return sludge*. Prinsip operasi dari sebuah *clarifier* adalah pemisahan dari suatu suspensi kedalam fase-fase padat dan cair dari komponennya. Operasi ini dipakai ketika cairan yang mengandung zat padat ditempatkan dalam suatu bak tenang dengan desain tertentu sehingga akan terjadi pengendapan secara gravitasi. Data yang digunakan berdasarkan perhitungan beban pengolahan digambarkan pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Material Balance pada Clarifier

Data material merupakan data dalam jumlah per tahun, sehingga dilakukan konversi pada material pada tiap unit *clarifier*:

- Debit pengolahan = 1062697,5 m<sup>3</sup>/tahun  
= 1062697500 L/hari
- BOD = 52,72 mg/L
- bCOD = 86,99 mg/L
- Fosfor = 0,0509 mg/L
- Total N = 1,070 mg/L



*Life cycle inventory* dari proses di *clarifier* dapat dilihat pada Tabel 4.9. Inputan dari *life cycle inventory* ini menggunakan data dalam satuan per tahun.

Tabel 4.9 *Life Cycle Inventory* pada Unit *Clarifier*

<b>Input</b>		
<b>Material</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Satuan</b>
<b>Debit (Q)</b>	1062697500	L/tahun
<b>BOD</b>	52,72	mg/L
<b>bCOD</b>	86,99	mg/L
<b>Fosfor</b>	0,0509	mg/L
<b>Total N</b>	1,070	mg/L
<b>Scrapper</b>	0,25	kWh

Untuk melakukan input pada *software* SimaPro digunakan data material maupun energi yang digunakan dalam proses pengolahan. Input yang dilakukan pada *software* SimaPro dapat dilihat pada Gambar 4.13.

File Edit Calculate Tools Window Help

Home Search Add Copy Paste Undo Redo A+B = D+A 42 Settings Print View Print Preview Print All

Documentation **Input/output** Parameters System description

Products

Outputs to technosphere: Products and co-products		Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	Comment
CLARIFIER 1		119681,5650	kg	Mass	100 %	not defined	...PROSES PENGOLAHAN	
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	1136,6522	kg	Undefined				
Phosphorus		in water	54,1101	kg	Undefined				
Add									
Inputs from technosphere: materials/fuels		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
OXIDATION DITCH 1			148467,34	kg	Undefined				
Add									
Inputs from technosphere: electricity/heat		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Electricity, medium voltage (GLO) market group for   Cut-off, S			2190	kWh	Undefined				
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			29287,94	kg	Undefined				
Nitrogen			638,2616	kg	Undefined				
Phosphorus			50,3330	kg	Undefined				

Faculty ITS EE | 8.5.2.0 Faculty

Gambar 4.13 Input Data SimaPro Unit Clarifier

#### **4.4.6 Hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) Keseluruhan**

Setelah pengumpulan data dilakukan, selanjutnya yaitu proses identifikasi dengan *goal and scope* dan menghitung *life cycle inventory* (LCI). Hasil pengolahan *network* ini akan memberikan informasi hubungan dari setiap proses yang memiliki pengaruh dalam kontribusi dampak. *Network* keseluruhan proses pengolahan air limbah merupakan beban lingkungan yang terjadi pada semua proses pengolahan yang berkontribusi dampak terhadap lingkungan.

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

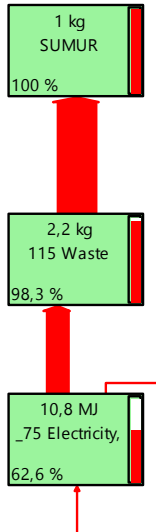
Pada tahap penilaian dampak dilakukan penentuan dampak terhadap lingkungan yang telah diperoleh dari tahapan *life cycle inventory* (LCI). Metode oada *software* SimaPro yang digunakan unyuk memperkirakan besarnya dampak yang terjadi adalah *Impact 2002+*. Metode *impact 2002+* dipilih karena merupakan metode baru dan merupakan kombinasi dari empat metode sebelumnya yaitu *IMPACT 2002* (Pennington *et,al*, 2005), *Eco-indicator 99* (Goedkoop dan Spriensma, 2002), CML (Guinee *et al*, 2002), dan IPCC.

Penilaian dampak yang dilakukan dengan *software* SimaPro yaitu dengan membandingkan secara langsung hasil *life cycle inventory* (LCI) dalam setiap kategori. Dalam metode *Impact 2002+* akan dihasilkan 14 kategori dampak, namun dalam penelitian ini akan difokuskan pada tiga kategori 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.

##### **4.5.1 Penilaian Dampak atau *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) pada Sumur pengumpul**

Sumur pengumpul ini berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air limbah yang bersumber dari semua industri –industri di kawasan PT. IPAL SIER (Persero). 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 sumur pengumpul dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 *Network* Unit Bak Pengendap

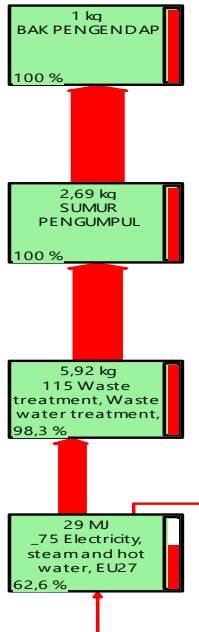
Pada Gambar 4.15 limbah pertama kali masuk kedalam sumur pengumpul.. Beban pengolahan yang diinput dalam unit ini adalah BOD, bCOD, Fosfor dan Total N yang kemudian dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.10 *Impact Assessment* Sumur Pengumpul

<b>Impact Category</b>	<b>Unit</b>	<b>Total</b>
<i>aquatic eutrophication</i>	PDF-m2.y	0,00195
<i>global warming</i>	Kg CO <sub>2</sub> eq	2,6
<i>Non- renewable energy</i>	MJ primary	16,3

#### 4.5.2 Penilaian Dampak atau *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)* pada Bak Pengendap Pertama

Di dalam unit IPAL, pertama air limbah dialirkan masuk ke bak pengndap awal, untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir, dan kotoran tersuspensi. Bak pengendap pertama berfungsi untuk mengurangi *suspended solid* yang terdapat dalam air limbah dari bak ekualisasi. Unit pengolahan ini juga berfungsi untuk mengurangi BOD. Prinsip dasar bak pengendap pertama adalah memisahkan padatan tersuspensi dan terlarut di dalam air limbah dengan menggunakan sistem gravitasi. 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 4.15 menunjukkan beban yang masuk ke unit pengolahan bak pengendap pertama.



Gambar 4.15 Network Unit Bak Pengendap

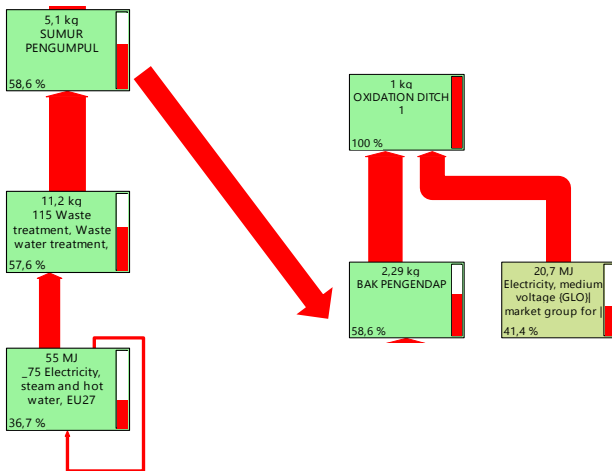
Pada Gambar 4.15 limbah pertama kali masuk kedalam bak pengendap pertama. Beban pengolahan yang diinput dalam unit ini adalah BOD, bCOD, Fosfor, dan Total N yang kemudian dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.11 *Impact Assessment* Bak Pengendap Pertama

<b>Impact Category</b>	<b>Unit</b>	<b>Total</b>
<i>aquatic eutrofication</i>	PDF-m2.y	0,00797
<i>global warming</i>	Kg CO <sub>2</sub> eq	5,8
<i>Non-renewable energy</i>	MJ primary	36,3

### 4.5.3 Penilaian Dampak atau *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)* pada *Oxidation Ditch*

*Oxidation ditch* adalah unit dimana terjadi proses biologis secara aerobik dan anoksik. Disini proses pengolahan air limbah memanfaatkan mikroorganisme dalam mendekomposisi dengan bantuan oksigen yang disuplai oleh *mammoth rotor* yang memiliki ukuran besar. 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 *oxidation ditch* dapat dilihat pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 *Network Unit Oxidation Ditch*

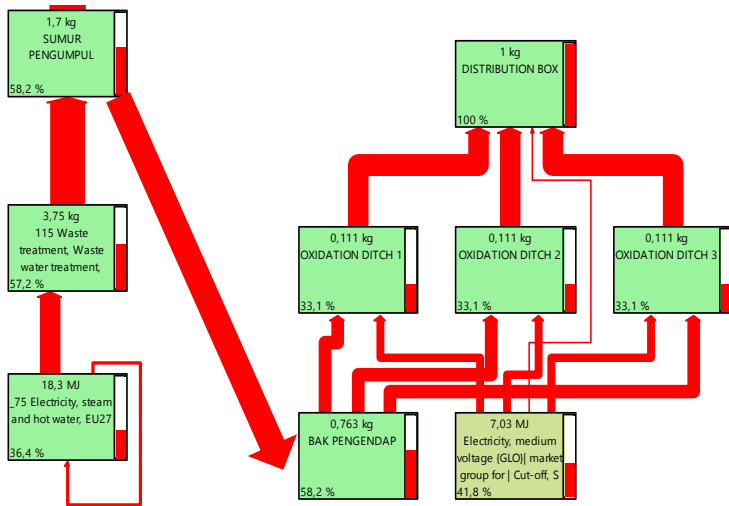
Pada Gambar 4.16 air limbah dari bak pengendap akan masuk menuju *oxidation ditch*. Beban pengolahan yang diinput unit ini adalah BOD, bCOD, Fosfor, dan Total N dan jumlah penggunaan energi listrik untuk aerasi oleh *mammoth rotor*. Inputan tersebut dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.12 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.12 *Impact Assessment Oxidation Ditch*

Impact Category	Unit	Total
<i>aquatic eutrophication</i>	PDF-m2.y	0,02
<i>global warming</i>	Kg CO <sub>2</sub> eq	17,5
<i>Non- renewable energy</i>	MJ primary	142

#### 4.5.4 Penilaian Dampak atau *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)* pada *Distribution Box*

Merupakan tempat penampung sementara air limbah dari *oxidation ditch* sebelum masuk ke *secondary clarifier*. Selain itu juga sebagai pembagi lumpur aktif yang akan dialirkan ke *secondary clarifier* yang akan dikembalikan ke *oxidation ditch*. Bak ini dilengkapi dua pompa submersibel yang berfungsi mengalirkan lumpur yang akan dibuang ke bak pengering lumpur dan *screw pump* yang berfungsi untuk mengebalikan ke *oxidation ditch* sebagai *return sludge*. Berikut ini merupakan hasil *network* dari proses di *distribution box* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Network Unit *Distribution Box*



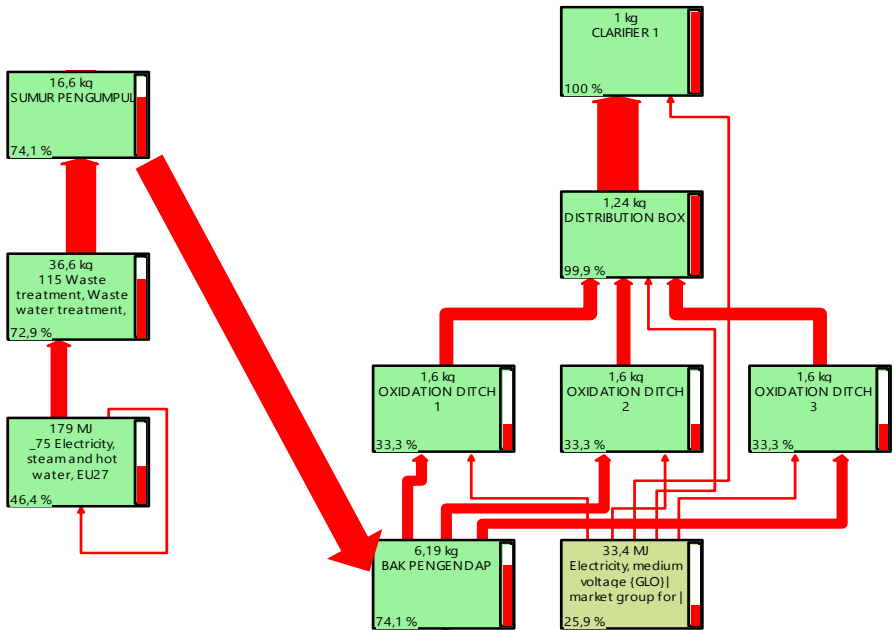
Pada Gambar 4.17 air limbah dari *oxidation ditch* menuju unit *distribution box* secara gravitasi. Beban pengolahan yang diinput unit ini adalah BOD, bCOD, Fosfor, dan Total N dan jumlah penggunaan energi listrik untuk mesin *screw pump*. Inputan tersebut dianalisis dengan *software* SimaPro 8.5.2. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.13 yang menunjukkan nilai dampak yang berkontribusi ke lingkungan.

Tabel 4.13 *Impact Assessment Distribution box*

<b>Impact Category</b>	<b>Unit</b>	<b>Total</b>
<i>aquatic eutrophication</i>	PDF-m <sup>2</sup> .y	0,007
<i>global warming</i>	Kg CO <sub>2</sub> eq	5,85
<i>Non- renewable energy</i>	MJ primary	47,8

#### **4.5.5 Penilaian Dampak atau *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)* pada *Clarifier***

Unit *clarifier* atau bak pengendap merupakan unit pengolahan biologis dimana proses yang terjadi proses fisik yaitu pengendapan dari partikel-partikel solid. Prinsip operasi yang berlangsung di dalam *clarifier* adalah pemisahan dari suatu suspensi ke dalam fase padat (*sludge*) dan cair dari komponen-komponennya. 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 *clarifier* dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Network Unit Clarifier

Pada Gambar 4.18 air limbah dari *distribution box* menuju unit *clarifier* secara gravitasi. Beban pengolahan yang diinput unit ini adalah BOD, bCOD, Fosfor, dan Total N dan jumlah penggunaan energi listrik untuk mesin *scraper bridge*. 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 Clarifier

Impact Category	Unit	Total
<i>aquatic eutrophication</i>	PDF-m2.y	0,0618
<i>global warming</i>	Kg CO <sub>2</sub> eq	49,6
<i>Non- renewable energy</i>	MJ primary	405

#### 4.6 Penilaian Dampak Keseluruhan Proses Pengolahan Air Limbah

Penilaian dampak lingkungan yang dihasilkan pada *software* SimaPro pada penelitian ini merupakan *gate to gate*

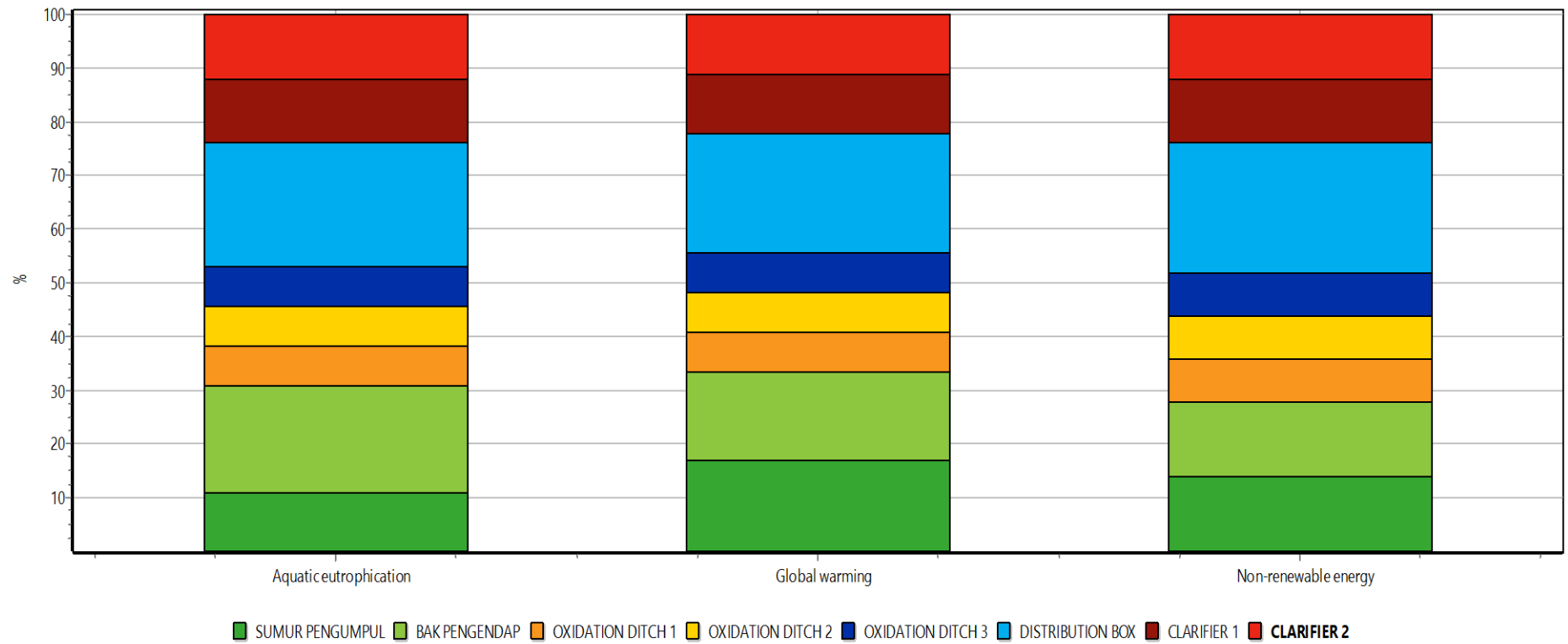
yaitu pada bagian ini ruang lingkup pada daur hidup terpendek yang hanya meninjau dari kegiatan terdekat. Tahap penilaian yang dilakukan untuk proses pengolahan air limbah dapat dilihat dari hasil *life cycle impact assessment* (LCIA) berdasarkan karakteristiknya.

Tabel 4 Dampak Keseluruhan Proses Pengolahan Air Limbah

Unit	Impact Categories		
	Aquatic eutrophication	Global Warming	Non Renewable Energy
	PDF-m2.y	Kg CO <sub>2</sub> eq	MJ primary
Sumur Pengumpul	0,00195	2,6	16,3
Bak Pengendap	0,00886	6,99	43,7
Oxidation Ditch 1	0,012	10,4	76,2
Oxidation Ditch 2	0,012	10,4	76,2
Oxidation Ditch 3	0,012	10,4	76,2
Distribution Box	0,0468	40,3	295
Clarifier 1	0,0594	50	366
Clarifier 2	0,0594	50	366

#### 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 4.19



Method: IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+ / Characterization  
 Analyzing 1 p 'IPAL PT.SIER ALLAH';

Gambar 4.19 Diagram *Characterization Impact Assessment* IPAL PT. SIER

Pada Gambar 4.19 menunjukkan diagram hasil dampak dari proses pengolahan air limbah IPAL PT.SIER. 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).

Untuk unit Sumur pengumpul menghasilkan 10,9% *aquatic eutrophication*, 16,8% *global warming*, dan 13,9% *non renewable energy*, Bak Pengendap menghasilkan 20% *aquatic eutrophication*, 16,8% *global warming*, dan 13,9% *non renewable energy*. Unit *oxidation ditch* 1 menghasilkan 7,32% *aquatic eutrophication*, 7,36% *global warming* dan 7,97% *non renewable energy*. Unit *oxidation ditch* 2 menghasilkan 7,32% *aquatic eutrophication*, 7,36% *global warming* dan 7,97% *non renewable energy*. Unit *oxidation ditch* 3 menghasilkan 7,32% *aquatic eutrophication*, 7,36% *global warming* dan 7,97% *non renewable energy*. Unit *Distribution box* menghasilkan 23,1% *aquatic eutrophication*, 22,2% *global warming* dan 24,1% *non renewable energy*. Unit *clarifier* 1 menghasilkan 12% *aquatic eutrophication*, 11,1% *global warming* dan 12,1% *non renewable energy*. Unit *clarifier* 2 menghasilkan 12% *aquatic eutrophication*, 11,1% *global warming* dan 12,1% *non renewable energy*.

#### a) *Global Warming*

Pemanasan global terjadi akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dan gas lainnya secara berlebihan di atmosfer, memantulkan berulang ulang radiasi yang masuk ke Bumi sehingga mengakibatkan temperatur Bumi naik. Gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) memberikan kontribusi terbesar dalam pemanasan global yaitu sebesar 50%. Selanjutnya kontribusi sampai yang terkecil diberikan oleh gas-gas CFCs, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, dan NO<sub>x</sub> masing-masing kurang lebih 20%, 15%, 8%, dan 7%. Uap air juga merupakan gas rumah kaca, tetapi karena air dianggap tetap (alami), maka air tidak dianggap sebagai penyebab perubahan iklim oleh pemanasan global (Hidayati,R., 2001).

Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas lainnya di atmosfer. Kenaikan

konsentrasi gas CO<sub>2</sub> ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak, batu bara, 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% dipantulkankembali oleh permukaan bumi (Wahyuni dan Suarsana, 2011)

Menurut Surmaini (2011), ada enam jenis gas yang digolongkan sebagai GRK, yaitu karbondioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dinitrooksida (N<sub>2</sub>O), sulfurheksafluorida (SF<sub>x</sub>), 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).

b) *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, 2016). Peningkatan nutrisi yang berkelanjutan dalam konsentrasi yang tinggi ada akhirnya akan menyebabkan badan air tersebut yakni terjadinya proses peningkatan kesuburan air yang berlebihan karena disebabkan oleh masuknya nutrisi dalam badan air, terutama fosfat inilah yang dinamakan eutrofikasi (Garno, 2012).

c) *Non Renewable Energy*

Meningkatnya kebutuhan energi listrik makan 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 terbaharukan seperti minyak, gas, batu bara (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<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO<sub>2</sub>. Emisi partikel, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> saat ini disebut sebagai yang tertinggi selama 125.000 tahun belakangan. Bila ilmuwan masih memperdebatkan besarnya cadangan minyak yang masih bisa dieksplorasi, efek buruk CO<sub>2</sub> terhadap pemanasan global telah disepakati hampir oleh semua kalangan. Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi kehidupan makhluk di muka bumi (Robert, 2005)

Faktor karakterisasi kerusakan zat dapat diperoleh dengan mengalikan potensi karakterisasi midpoint yang ada dengan faktor karakterisasi kerusakan zat. Tabel 4.12 menunjukkan faktor karakterisasi berbagai zat.

Tabel 4.15 Faktor Kerusakan Karakterisasi

<b>Midpoint Category</b>	<b>Damage Factor</b>	<b>Unit</b>
<i>aquatic eutrophication</i>	11,4	PDF-m2.y
<i>global warming</i>	1	Kg CO <sub>2</sub> eq
<i>Non- renewable energy</i>	45,6	MJ primary

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

Dari Tabel 4.12 diketahui bahwa setiap dampak *assessment* memiliki nilai yang telah ditetapkan pada dampak *life cycle impact assessment* (LCIA). Berikut perhitungan LCIA dalam penelitian ini :

**a. Unit Sumur Pengumpul**

Hasil LCI *aquatic eutrophication* = 0,00195 PDF-m<sup>2</sup>.y

LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI

= 11,4 x 0,00159 PDF-m<sup>2</sup>.y

= 0,02223 PDF-m<sup>2</sup>.y

Hasil LCI *global warming* = 2,6 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI

= 1 x 2,6 Kg CO<sub>2</sub> eq

= 2,6 Kg CO<sub>2</sub> eq

Hasil LCI *non renewable energy* = 16,3 MJ primary

LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI

= 45,6 x 16,3 MJ primary

= 743,28 MJ primary

**b. Unit Bak Pengendap**

Hasil LCI *aquatic eutrophication* = 0,00797 PDF-m<sup>2</sup>.y

LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI

= 11,4 x 0,00797 PDF-m<sup>2</sup>.y

= 0,090858 PDF-m<sup>2</sup>.y

Hasil LCI *global warming* = 5,8 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI

= 1 x 5,8 Kg CO<sub>2</sub> eq

= 5,8 Kg CO<sub>2</sub> eq

Hasil LCI *non renewable energy* = 36,3 MJ primary

LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI

= 45,6 x 36,3 MJ primary

= 1655,28 MJ primary

**c. Unit oxidation ditch 1**

Hasil LCI *aquatic eutrophication* = 0,02 PDF-m<sup>2</sup>.y

LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI

= 11,4 x 0,02 PDF-m<sup>2</sup>.y

= 0,228 PDF-m<sup>2</sup>.y

Hasil LCI *global warming* = 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI

= 1 x 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq

= 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq



Hasil LCI *non renewable energy* = 142 MJ primary  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 45,6 x 142 MJ primary  
= 6475,2 MJ primary

**d. Unit oxidation ditch 2**

Hasil LCI *aquatic eutrophication* = 0,02 PDF-m2.y  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 11,4 x 0,02 PDF-m2.y  
= 0,228 PDF-m2.y

Hasil LCI *global warming* = 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 1 x 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq  
= 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq

Hasil LCI *non renewable energy* = 142 MJ primary  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 45,6 x 142 MJ primary  
= 6475,2 MJ primary

**e. Unit oxidation ditch 3**

Hasil LCI *aquatic eutrophication* = 0,02 PDF-m2.y  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 11,4 x 0,02 PDF-m2.y  
= 0,228 PDF-m2.y

Hasil LCI *global warming* = 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 1 x 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq  
= 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq

Hasil LCI *non renewable energy* = 142 MJ primary  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 45,6 x 142 MJ primary  
= 6475,2 MJ primary

**f. Unit distribution box**

Hasil LCI *aquatic eutrophication* = 0,007 PDF-m2.y  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 11,4 x 0,007 PDF-m2.y  
= 0,0798 PDF-m2.y

Hasil LCI *global warming* = 5,85 Kg CO<sub>2</sub> eq  
LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
= 1 x 5,85 Kg CO<sub>2</sub> eq

$$= 5,85 \text{ Kg CO}_2 \text{ eq}$$

Hasil LCI *non renewable energy* = 47,8 MJ primary  
 LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
 = 45,6 x 47,8 MJ primary  
 = 2179,68 MJ primary

**g. Unit clarifier 1**

Hasil LCI *aquatic eutrophication* = 0,0618 PDF-m2.y  
 LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
 = 11,4 x 0,0618 PDF-m2.y  
 = 0,70452 PDF-m2.y

Hasil LCI *global warming* = 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq  
 LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
 = 1 x 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq  
 = 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq

Hasil LCI *non renewable energy* = 405 MJ primary  
 LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
 = 45,6 x 405 MJ primary  
 = 18468 MJ primary

**h. Unit clarifier 2**

Hasil LCI *aquatic eutrophication* = 0,0618 PDF-m2.y  
 LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
 = 11,4 x 0,0618 PDF-m2.y  
 = 0,70452 PDF-m2.y

Hasil LCI *global warming* = 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq  
 LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
 = 1 x 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq  
 = 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq

Hasil LCI *non renewable energy* = 405 MJ primary  
 LCIA = *Damage Factor* x Hasil LCI  
 = 45,6 x 405 MJ primary  
 = 18468 MJ primary

Hasil *impact assessment* keseluruhan proses berdasarkan *characterization* dan nilai karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil *Characterization* Dampak Lingkungan

Unit	Impact Categories		
	Aquatic eutrophication	Global Warming	Non Renewable Energy
	PDF-m2.y	Kg CO <sub>2</sub> eq	MJ primary
Sumur Pengumpul	0,02223	2,6	743,28
Bak Pengendap	0,090858	5,8	1655,28
Oxidation Ditch 1	0,228	17,5	6475,2
Oxidation Ditch 2	0,228	17,5	6475,2
Oxidation Ditch 3	0,228	17,5	6475,2
Distribution Box	0,0798	5,85	2179,68
Clarifier 1	0,70452	49,6	18468
Clarifier 2	0,70452	49,6	18468
<b>TOTAL</b>	<b>2,285928</b>	<b>165,95</b>	<b>60939,84</b>

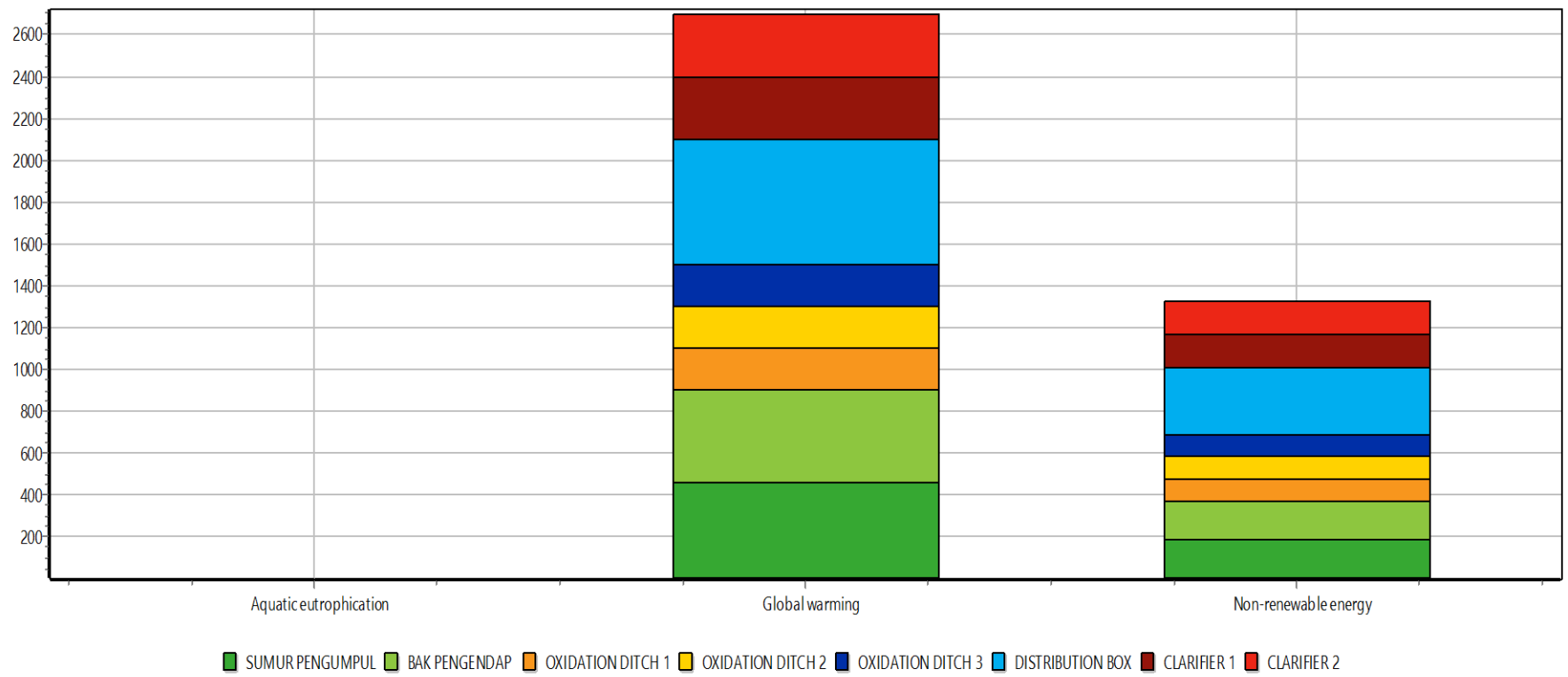
#### 4.6.2 Analisis Normalisasi/Normalization

Tahap normalisasi ini dilakukan untuk memudahkan perbandingan antar kategori dampak. Faktor normalisasi pada Tabel 4.17 ditentukan dengan rasio dampak per unit bagi dengan dampak total semua zat dari kategori tertentu yang faktor karakterisasi per orang per tahun. Nilai *impact category* dari *characterization* dibagi dengan nilai normal sehingga semua *impact category* menggunakan unit atau satuan yang sama supaya nilai tersebut dapat dibandingkan. Pada Gambar 4.20 hasil diagram normalisasi yang terlihat hanya dampak *aquatic eutrophication*, *global warming*, dan *non renewable energy*.

Tabel 4.17 Faktor Normalisasi

<b>Damage Categories</b>	<b>Normalization Factors</b>	<b>unit</b>
Human Health	0,0077	DALY/point
Ecosystem Quality	4650	PDF.m <sup>2</sup> .y/point
Climate Change	9950	Kg CO <sub>2</sub> into air/point
Resources	152000	MJ/point

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



Method: IMPACT 2002+ V2.14 / IMPACT 2002+ / Normalization  
 Analyzing 1 p 'IPAL PT.SIER ALLAH';

Gambar 4.20 Diagram Normalization Impact Assessment IPAL PT. SIER

Dari Tabel 4.14 dapat diketahui setiap nilai dampak berpengaruh pada kesehatan manusia, kualitas ekosistem, perubahan cuaca dan sumber daya. Berikut contoh perhitungan *normalization global warming* :

**a. Unit Sumur Pengumpul**

Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* = 2,6 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* : *normalization factor*

= 2,6 Kg CO<sub>2</sub> eq : 9950 Kg CO<sub>2</sub> into air/point

= 0,000261307

Untuk proses pengolahan pada unit bak pengendap berkontribusi dampak *global warming* sebesar 0,000261307

**b. Unit Bak pengendap**

Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* = 5,8 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* : *normalization factor*

= 5,8 Kg CO<sub>2</sub> eq : 9950 Kg CO<sub>2</sub> into air/point

= 0,000582915

Untuk proses pengolahan pada unit bak pengendap berkontribusi dampak *global warming* sebesar 0,000582915

**c. Unit Oxidation Ditch 1**

Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* =17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* : *normalization factor*

= 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq : 9950 Kg CO<sub>2</sub> into air/point

= 0,001758794

Untuk proses pengolahan pada unit *oxidation ditch* 1 berkontribusi dampak *global warming* sebesar 0,001758794

**d. Unit Oxidation Ditch 2**

Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* =17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* : *normalization factor*

= 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq : 9950 Kg CO<sub>2</sub> into air/point

= 0,001758794

Untuk proses pengolahan pada unit *oxidation ditch* berkontribusi dampak *global warming* sebesar 0,001758794

**e. Unit Oxidation Ditch 3**

Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* =17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = Hasil CO<sub>2</sub> *characterization* : *normalization factor*

= 17,5 Kg CO<sub>2</sub> eq : 9950 Kg CO<sub>2</sub> into air/point

= 0,001758794

Untuk proses pengolahan pada unit *oxidation ditch* berkontribusi dampak *global warming* sebesar 0,001758794

**f. Unit Distribution Box**

Hasil CO<sub>2</sub> characterization = 5,85 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = Hasil CO<sub>2</sub> characterization : normalization factor

= 5,85 Kg CO<sub>2</sub> eq : 9950 Kg CO<sub>2</sub> into air/point

= 0,00058794

Untuk proses pengolahan pada unit *oxidation ditch* berkontribusi dampak *global warming* sebesar 0,00058794

**g. Unit Clarifier 1**

Hasil CO<sub>2</sub> characterization = 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = Hasil CO<sub>2</sub> characterization : normalization factor

= 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq : 9950 Kg CO<sub>2</sub> into air/point

= 0,004984925

Untuk proses pengolahan pada unit *clarifier* berkontribusi dampak *global warming* sebesar 0,004984925

**h. Unit Clarifier 2**

Hasil CO<sub>2</sub> characterization = 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq

LCIA = Hasil CO<sub>2</sub> characterization : normalization factor

= 49,6 Kg CO<sub>2</sub> eq : 9950 Kg CO<sub>2</sub> into air/point

= 0,004984925

Untuk proses pengolahan pada unit *clarifier* berkontribusi dampak *global warming* sebesar 0,004984925

Tabel 4.18 Kontribusi Dampak Tahap Normalisasi Proses Pengolahan Air Limbah IPAL PT. SIER

Unit	Impact Categories			Total
	Aquatic eutrophication	Global Warming	Non Renewable Energy	
	PDF-m2.y	Kg CO <sub>2</sub> eq	MJ primary	
Sumur Pengumpul	4,78065E-06	0,000261307	0,00489	0,005156087
Bak Pengendap	1,95394E-05	0,000582915	0,01089	0,011492454
Oxidation Ditch 1	4,90323E-05	0,001758794	0,0426	0,044407826
Oxidation Ditch 2	4,90323E-05	0,001758794	0,0426	0,044407826

Unit	Impact Categories			Total
	Aquatic eutrophication	Global Warming	Non Renewable Energy	
	PDF-m2.y	Kg CO <sub>2</sub> eq	MJ primary	
<b>Oxidation Ditch 3</b>	4,90323E-05	0,001758794	0,0426	0,044407826
<b>Distribution Box</b>	1,71613E-05	0,00058794	0,01434	0,014945101
<b>Clarifier 1</b>	0,00015151	0,004984925	0,1215	0,126636434
<b>Clarifier 2</b>	0,00015151	0,004984925	0,1215	0,126636434
<b>TOTAL</b>	<b>0,000491597</b>	<b>0,016678392</b>	<b>0,40092</b>	

#### 4.7 Interpretasi 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 IPAL PT. SIER. Berikut analisis tiap dampak yang ditimbulkan pada proses pengolahan air limbah IPAL PT. SIER.

##### 4.7.1 Analisis *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



IPAL PT.SIER. Berdasarkan Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa titik hotspot proses berada pada unit *Clarifier*. Unit *Clarifier* memberikan dampak kontribusi sebesar 0,0804. 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 *Clarifier* (0,11497), *Distribution box* (0,09266), *oxidation ditch 1* (0,02393), *oxidation ditch 2* (0,02393), *oxidation ditch 3* (0,02393), bak pengendap (0,01383), dan sumur pengumpul (0,00516).

*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 Validasi Data**

Model merupakan representative dari sistem nyata, bukan berarti semua variable dari sistem nyata ditransformasikan ke model karena yang berpartisipasi adalah variable yang relevan dengan permasalahan dari sistem nyata yang akan dipecahkan. Validasi adalah langkah untuk meyakinkan bahwa model bersifat seperti sistem nyatanya. Tujuan validasi yaitu menghasilkan model yang representative terhadap perilaku sistem nyatanya sedekat mungkin untuk dapat digunakan sebagai substitusi dari sistem nyata dalam melakukan eksperimen tanpa mengganggu jalannya sistem. Kemudian validasi juga digunakan untuk meningkatkan kredibilitas model, sehingga model dapat digunakan oleh para manajer dan para pengambil keputusan lainnya (Law dan Kelton, 1991). Pada prinsipnya tidak ada model yang memiliki validitas 100%, akan tetapi suatu model hanya

valid untuk satu atau beberapa set experimental saja. Untuk melakukan validasi untuk set experimental yang banyak, maka akan menghabiskan biaya yang besar pula (Sargent, 2013).

Langkah selanjutnya yang dilakukan setelah interpretasi data dari proses pengolahan air limbah IPAL PT.SIER yaitu melakukan validasi data. Menurut European Environmental Agency (1997), terdapat 3 tahap yang dilakukan untuk memperkuat perhitungan dan fakta pada tahap interpretasi data LCA: *completeness check*, *sensitivity check*, dan *consistency check*.

a. *Completeness check*

*Completeness check* merupakan prosedur yang dilakukan secara kualitatif, dimana prosedur ini fokus pada informasi yang didapatkan pada tahap inventori data. Pada banyak penelitian mengenai LCA, ada beberapa kasus dimana data yang didapatkan di tahap LCI masih kurang bahkan tidak tersedia. Apabila data tersebut tidak dapat didapatkan, maka akan tercipta data *gab*. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pendekatan untuk mengetahui nilai dari data *gab* tersebut, atau apabila hal tersebut tidak dapat dilakukan maka *goal* dan *scope* LCA harus disesuaikan dengan data yang ada.

b. *Consistency check*

*Consistency check* juga merupakan prosedur yang dilakukan secara kualitatif. Prosedur ini bertujuan untuk memastikan bahwa metode, prosedur, dan pengolahan data dilakukan dengan cara yang konsisten dari awal hingga akhir. Subjek yang disorot dalam prosedur *consistency check* meliputi: daerah, batasan sistem, metode alokasi, perbedaan antara awal dan akhir proses, valuasi/pembobotan.

c. *Sensitivity check*

*Sensitivity check* melibatkan proses yang sistematis untuk memperkirakan dampak dari variasi parameter terhadap capaian atau tujuan penelitian. Hal ini dilaksanakan untuk memperkuat keyakinan pada data yang diolah dengan menggunakan model/aplikasi. Tujuan dari pemeriksaan sensitivitas adalah untuk menilai keandalan hasil akhir dan kesimpulan dengan menentukan apakah mereka dipengaruhi oleh ketidakpastian dalam data, metode alokasi atau asumsi yang dibuat dalam studi LCA. Dengan demikian stabilitas

data dapat diketahui melalui analisa sensitivitas. Dari hasil analisis LCA pada tahap interpretasi data, didapatkan unit *clarifier* sebagai titik hotspot proses. Variasi data akan dilakukan dengan cara menaikkan material, energi, dan emisi sebesar 10% dan menurunkannya sebesar 10%. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.19.

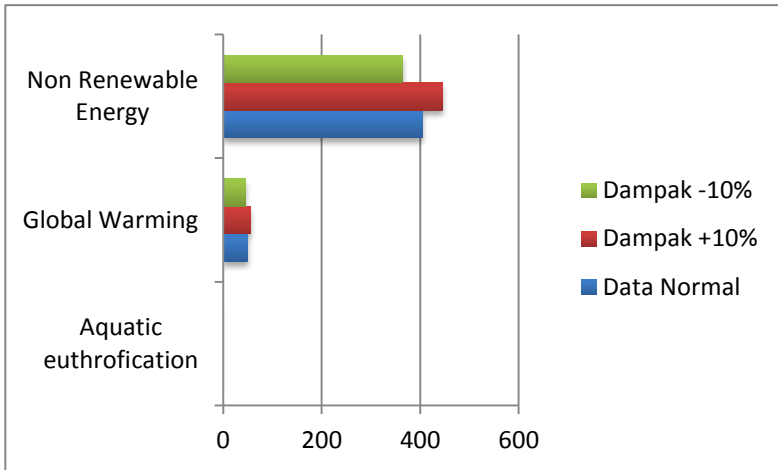
Tabel 4.19 Penambahan dan Pengurangan Material, dan Energi Unit Clarifier

Material	Jumlah (kg/tahun)			Energi	Jumlah (Kw/tahun)		
	Normal	+10%	-10%		Normal	+10%	-10%
<b>BOD</b>	56025,41	61627,95	50422,87	Listrik	2190	2409	1971
<b>bCOD</b>	92441,93	101686,12	83197,74				
<b>Nitrogen</b>	1136,65	1250,32	1022,99				
<b>Fosfor</b>	54,11	59,52	48,70				

Jumlah material dan energi yang sudah ditambah dan dikurangi sebesar 10% kemudian dilakukan *running* kembali menggunakan SimaPro. Hasil *running* dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Penilaian Dampak

Kategori Dampak	Besarnya Dampak		
	Normal	+10%	-10%
Aquatic eutrofication	0,0618	0,068	0,056
Global Warming	49,6	54,6	44,6
Non Renewable Energy	405	445,5	364,5



Gambar 4.21 Diagram Hasil Penilaian Dampak pada *Sensitivity Check*

Dampak *global warming* pada kondisi normal pada unit *clarifier* menghasilkan nilai 49,6; (+)10% mempunyai nilai 54,6;(-)10% mempunyai nilai 44,6. Maka deviasi pada masing masing variasi data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Deviasi (+) 10\%} &= \text{Dampak (+)10\% - Normal} \\ &= 54,6 - 49,6 \\ &= 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Deviasi (-) 10\%} &= \text{Normal - Dampak (-)10\%} \\ &= 49,6 - 44,6 \\ &= 5 \end{aligned}$$

Dengan penambahan dan pengurangan material dan energi menghasilkan deviasi pada dampak *global warming* sebesar :  
Deviasi (+) 10%  $\pm$  Deviasi (-) 10% =  $5 \pm 5 = \pm 0,0000$

Berdasarkan hasil sensitivity check dengan cara penambahan dan pengurangan sebesar 10% menghasilkan perubahan dampak sebesar 10% dengan deviasi 0,0000. Jadi data yang diolah di dalam SimaPro sensitif.

#### 4.7.3 Alternatif Program Perbaikan

Pemilihan alternatif program perbaikan dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses pengolahan air limbah IPAL PT.SIER. Dasar pemilihan program perbaikan ini berdasarkan pada analisis LCA.

##### a) Program Lingkungan Berdasarkan *Hotspot* Dampak

###### ➤ Melakukan Perawatan dan Perbaikan Mesin Pompa

Proses pengolahan air limbah domestik pada IPAL PT. SIER juga melibatkan adanya lumpur aktif sebagai salah satu cara pengolahan air limbah. Seperti contohnya pada unit *distribution box* terdapat salah satu proses *return sludge*. *Return Sludge* sendiri merupakan proses pengembalian lumpur yang telah diterima oleh unit *distribution box* dari *oxidation ditch*. Penggunaan pompa untuk proses ini dilakukan terus menerus selama 24 jam sehingga mengakibatkan performa dari pompa menurun yang diakibatkan karena adanya penyumbatan oleh lumpur yang dapat mengganggu kinerja pompa dan berpengaruh pada proses pengolahan selanjutnya. Oleh karena itu dilakukannya perawatan dan perbaikan berkala mesin pompa sehingga tidak akan mengganggu jalannya proses pengolahan air limbah (Gusniar,2014).

###### ➤ Menambahkan Pre Treatment pada Perusahaan untuk menurunkan eutrofikasi

Proses pengolahan air limbah domestik pada IPAL PT. SIER juga menimbulkan eutrofikasi dalam lingkungan. Dilakukan pre-treatment dengan cara menambahkan sebuah bak dimana bak tersebut diisi dengan karbon aktif yang berasal dari sampah plastik dan dilakukan secara *batch*. Menurut Ariyanti (2006) efisiensi penyisihan fosfor yang menimbulkan eutrofikasi oleh karbon aktif dari plastik dengan berat 3 gram dengan ukuran 100-200 mesh yaitu sebesar 45,45%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar berat media yang digunakan akan semakin besar efisiensi penyisihannya.

#### 4.8 Skenario Program Lingkungan

Setelah didapatkan alternatif program lingkungan, selanjutnya dibuat skenario program untuk *dirunning* kembali pada aplikasi SimaPro 8.5.2.

##### a. Skenario 1

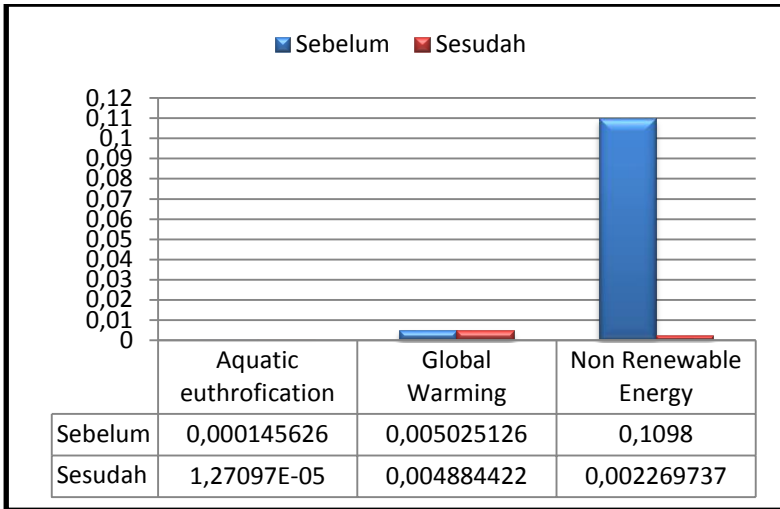
Pada skenario 1 ini dilakukan program perbaikan lingkungan dengan cara merawat dan memperbaiki mesin pompa pada setiap unit sehingga didapatkan kinerja mesin yang optimal dan mengurangi daya atau energi listrik yang dibutuhkan.

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 4.21

Tabel 4.21 Perbandingan Dampak Lingkungan pada Unit *Clarifier* antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 1

<b><i>Impact Category</i></b>	<b>Sebelum</b>	<b>Sesudah</b>	<b>Perubahan (%)</b>
Aquatic eutrophication	0,000145626	1,27097E-05	91%
Global Warming	0,005025126	0,004884422	3%
Non Renewable Energy	0,1098	0,002269737	98%

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dampak yang mengalami perubahan terbesar yaitu dari *non renewable energy* dengan perubahan sebesar 98%. Kemudian dampak yang mengalami perubahan paling kecil yaitu *global warming* dengan perubahan sebesar 3%. Apabila dilihat dari grafik, perbedaan perubahan dampak dapat dilihat Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Diagram Perbandingan Dampak Lingkungan antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 1

**b. Skenario 2**

Pada skenario 2 ini dilakukan pengurangan beban pencemar Nitrogen dan fosfor yang dapat mengakibatkan eutrofikasi dengan penggunaan karbon aktif yang terbuat dari sampah plastik.

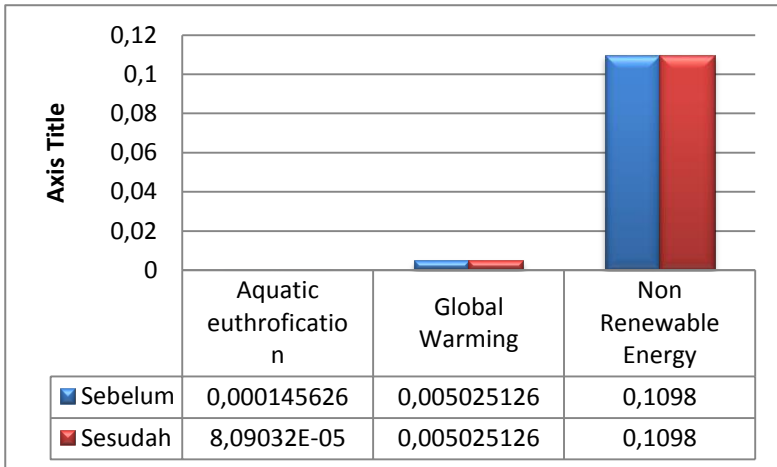
Setelah dilakukan *running* pada aplikasi SimaPro 8.5.2 dibandingkan perubahan dampak dari sebelum adanya program dengan sesudah adanya program lingkungan. Hasil dari *running* pada aplikasi SimaPro dapat dilihat pada Tabel 4.23.



Tabel 4.22 Perbandingan Dampak Lingkungan pada Unit *Clarifier* antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 1

<b>Impact Category</b>	<b>Sebelum</b>	<b>Sesudah</b>	<b>Perubahan (%)</b>
Aquatic eutrofication	0,000145626	8,09032E-05	44%
Global Warming	0,005025126	0,005025126	0%
Non Renewable Energy	0,1098	0,1098	0%

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa dampak yang mengalami perubahan terbesar yaitu dari *aquatic eutrofication* dengan perubahan sebesar 44%. 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 4.23.



Gambar 4.23 Diagram Perbandingan Dampak Lingkungan antara Sebelum dan Sesudah Program Skenario 2

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

Dampak yang ditimbulkan dari proses pengolahan air limbah IPAL PT.SIER dengan pendekatan *life cycle assessment* (LCA) adalah *non renewable energy* sebesar 0,40092 MJ primary, *global warming* sebesar 0,016678392 Kg CO<sub>2</sub> eq dan *aquatic eutrophication* 0,000491597 PDF-m<sup>2</sup>.y. Dampak yang dihasilkan dengan angka sekian tidak menunjukkan dampak emisi yang besar maupun signifikan.

#### **5.2 Saran**

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

- Beban pengolahan yang digunakan untuk analisa bukan hanya beban organik saja melainkan juga anorganik serta parameter logam untuk mengetahui dampak keseluruhan dari proses pengolahan air limbah serta dapat ditentukan alternatif terbaik bagi pengolahan air limbah.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, Ahada Aqid. 2007. **Aplikasi Software SimaPro 5.0 Sebagai Alat Prediksi Reduksi Pencemar Lingkungan (Studi Kasus PT Semen Gresik Tbk)**. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Ahtiainen, H., Artell, J., Elmgren, R., Hasselstrom, L., dan Hakansson, C. 2014. Baltic Sea nutrient reductions - What should we aim for? **Journal of Environmental Management**, 145, hal 9-23.
- Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., Maritta, R., Sanchirico, R.. 2000. Advanced Oxidation Processes for The Treatment of Mineral Oil-Contaminated Wastewater. **Water Resource**. 34, No.2, 620-628.
- Atlas, R.M., Bartha, R. 1992. Hydrocarbon Biodegradation and Oil Spell Bioremediation. **Advances in Microbial Ecology**. 12 : 287-338.
- Chang, J., Kyung, D., dan Lee, W. 2014. "Estimation of Greenhouse Gas (Ghg) Emission from Wastewater Treatment Plants and Effect of Biogas Reuse on Ghg Mitigation". **Advances in Environmental Research**, 3(2), 173–183
- Firdaus dan Muchlisin Z., A. 2010. Degradation Rate Of Sludge and Water Quality of Tangki septik (Water Closed) by Using Starbio and Freshwater Catfish as Biodegradator. **Jurnal Natural**, 10 (1).
- Gaol, Martha Lumban. 2017. **Life Cycle Assessment (LCA) Pengelolaan Sampah Pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah (Studi Kasus : TPA Jabon, Kabupaten Sidoarjo)**. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Garno, Y., S. 2012. Dampak Eutrofikasi Terhadap Struktur Komunitas dan Evaluasi Metode Penentuan Kelimpahan Fitoplankton. **Jurnal Teknik Lingkungan**. 13(1), hal 67-74
- Gerardi, M., H. 2006. Wastewater Bacteria. **New Jersey: John Wiley dan Sons**. 19, hal 4-9.
- Ginting, P. 2007. **Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri**. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Gubernur Jawa Timur. 2009. **Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 Tahun 2009 Tentang Baku Mutu Udara**

- Ambien Dan Emisi Sumber Tidak Bergerak Di Jawa Timur.** Surabaya : Gubernur Jawa Timur.
- Gubernur Jawa Timur. 2013. **Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.** Surabaya : Gubernur Jawa Timur.
- Gunawan, Y. 2006. **Peluang Penerapan Produksi Bersih Pada Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Waste Water Treatment Plant #48 Studi Kasus di PT Badak NGL Bontang**". Universitas Diponegoro. Semarang.
- Gusniar, I., N. 2014. Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal di Unit Utility PT ABC. **Jurnal Ilmiah Solusi.** 1(1), hal 77-86.
- Hammer, M.J. dan Viessman, W. (2005). **Water Supply and Pollution Control 8th Edition.** USA: Prentice Hal.
- Harjanto. 2008. Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional. 1, hal 39-50.
- Harjanto, Taufan Ratri, Moh Fahruurozi dan I Made Bendiyasa. 2014. Life Cycle Assessment Pabrik Semen PT Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap: Komparasi antara Bahan Bakar Batubara dengan Biomassa. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas gadjah Mada. **Jurnal Rekayasa Proses,** 6 (2), hal 51-58.
- Hermawan. 2013. **Peran Life Cycle Analysis (LCA) pada Material Konstruksi dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbon Dioksida pada Efek Gas Rumah Kaca.** Surakarta: Konferensi Nasional Teknik Sipil 7.
- 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.
- Kautzar dan Zuhria,G. 2015. **Analisis Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Kulit Menggunakan Metode LCA dan ANP.** Universitas Brawijaya. Malang.
- kodoatie, Robert J., dan Roestam, Syarif. 2005. **Pengelolaan SDA terpadu.** Yogyakarta.Andi
- Kumar, A., Dhall, P., dan Rita, K. 2010. Redefining BOD:COD Ratio Of Pulp Mill Industrial Wastewaters in BOD Analysis

- by Formulating a Specific Microbial Seed. **International Biodeterioration and Biodegradation**. 64 (1), hal 197-202.
- Lailaty, I., T. 2017. **Dampak Perubahan Iklim Global terhadap Stabilitas Kehidupan: Pembangunan Vs Konservasi**. Tugas Akhir. Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada.
- Laili, Nur. 2014. **Analisis dampak lingkungan pada daur hidup pembangkit minyak bumi tenaga panas bumi dengan teknologi flash steam system**. Universitas Indonesia Library.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. 2016. **Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tentang Air Limbah Domestik**.
- MetCalf dan Eddy. 2003. **Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse”, 4th edition**. New York : McGraw Hill Book Co.
- 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.
- Mukhtasor. 2007. **Pencemaran Pesisir dan Laut**. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Mulyani, Riani, W., dan Wisnu W. 2012. Sebaran Spasial Spesies Penyebab Harmful Algal Blooms (HABs) di Lokasi Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis*) Kamal Muara, Jakarta Utara pada Bulan Mei 2011. **Jurnal Akuatika**. 3(1), hal 28-39
- Palar. H. 2004. **Pencemaran dan toksikologi logam berat**. Jakarta: Rineka cipta.
- 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
- Pre. 2014. **All About SimaPro 8**. <URL : <https://www.pre-sustainability.com/>>
- Putri, A., E. 2016. **Analisis Pengaruh Konsumsi Energi Fosil dan Terbarukan Terhadap Emisi Karbondioksida**.

- Tugas Akhir. Fakultas Ekonomika dan Bisnis Universitas Diponegoro, Semarang.
- 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.
- Putri, T. 2014. **Evaluasi Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Susu KUD Batu dengan Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP)**. Universitas Brawijaya. Malang.
- Robert, F. 2005. Is It Time to Shoot for the Sun. **Science Journal**. 309(5734), hal 548-551.
- Rosmeika, Sutiarmo, L., dan Suratmo, B. 2009. Pengkajian Daur Hidup Ampas Tebu Di Pabrik Gula Madukismo, Yogyakarta Menggunakan *Metode Life Cycle Assessment (LCA)*. **Jurnal Enjiniring Pertanian**. 8 (2). Universitas Gadjah Mada.
- Simbolon, A., R. 2016. Pencemaran Bahan Organik dan Eutrofikasi di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang. 3(2), hal 109-118.
- Singh, P., and Kansal, A. 2018. Energy and Ghg Accounting for Wastewater Infrastructure. **Resources, Conservation and Recycling**. (128), hal 499–507.
- Sibarani, R.T.Y.A. 2007. **Evaluasi Sistem Pengolahan Air Limbah Di Pusat IPAL PT. SIER Surabaya**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Simanjuntak, M., dan Kamlasi Y. 2012. Sebaran Horizontal Zat Hara di Perairan Lamalera, Nusa Tenggara Timur. **Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dan Politeknik Pertanian Negeri UNDANA**. Kupang NTT. Vol. 17 (2) 99- 108.
- Sugiura, N., M. Utsumi, B., Wei, N., Iwami, K., Okano, Y., Kawauchi, T., dan Maekawa. 2004. **Assessment for the Complicated Occurrence of Nuisance Odours from Phytoplankton and Environmental Factors in a Eutrophic Lake**. *Lake and Resenoirs: Res and Mqn*. 9, hal 195-201.

- Sugiyono, A. 2002. Penggunaan Energi dan Pemanasan Global: Prospek bagi Indonesia. **Technical Report**. March 2002.
- Suhartono, E. 2009. Identifikasi Kualitas Perairan Pantai Akibat Limbah Domestik pada Monsun Timur dengan Metode Indeks Pencemaran. **Jurnal wahana Teknik Sipil**. 14(1) : 51-62
- Suriawiria, Unus. 1996. **Air dalam Kehidupan dan Lingkungan yang Sehat**. Penerbit Alumni. Bandung.
- Surmaini, E., E. dan Runtunuwu I., L. 2011. Upaya Sektor Pertanian Dalam Menghadapi Perubahan Iklim. **Jurnal Litbang Pertanian**, 30(1).
- Sutapa, I. 2006. **Pengaruh Kepadatan Myriophyllum sp terhadap Jumlah Fecal Coliform Di Situ Cibuntu**. Pusat Penelitian Limnologi. LIPI., Jakarta.
- Tarigan, M., S., dan Edwar. 2003. Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha. **Jurnal Sains**. 7 (3), hal 109-119. LIPI. Sulawesi Tenggara.
- 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.
- Wahyuni, S., P dan Suarsana, P. 2011. Global Warming: Ancaman Nyata Sektor Pertanian dan Upaya Mengatasi Kadar CO<sub>2</sub> Atmosfer. **Jurnal Sains dan Teknologi**. 11(1), hal 31-46.
- Winata, I., N., A, et. al. 2000. Perbandingan Kandungan P dan N Total dalam Air Sungai di Lingkungan Perkebunan dan Persawahan. **Jurnal Ilmu Dasar**. 1 (1). Universitas Jember. Jember.
- Wati, R. 2008. **Penentuan Kadar Fosfat dan COD pada Proses Pengolahan Air Limbah PT. SOCI**. Departemen Kimia FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Wagini, R., Karyono, dan Agus Setia. 2002. Pengolahan Limbah Cair Industri Susu. **Jurnal Manusia dan Lingkungan**. 9 (1), hal 23-31. Jurusan Fisika FMIPA UGM. Yogyakarta.
- Yanita, Fahmi Alpha., Haji, Alexander Tunggul S., dan Bambang. 2016. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Surabaya Industrial Estate Rungkut – Management of Pasuruan Industrial Estate Rembang. **Jurnal Sumberdaya**



**Alam dan Lingkungan.** Hal 18. Fakultas Teknik Pertanian  
Universitas Brawijaya. Malang.

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 A**  
**DOKUMENTASI PENGAMBILAN SAMPEL AIR LIMBAH**



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Ridha Chadhienna Rachmani lahir di Kecamatan Mojojoto, Kota Kediri pada tanggal 12 September 1996 yang merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di MI Al-Irsyad Kota Kediri pada tahun 2003-2009. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di MTsN 2 Kediri pada tahun 2009-2012 dan dilanjutkan pendidikan tingkat atas yang dilalui di MAN 3 Kota Kediri 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 0321154000088.

Selama perkuliahan, penulis aktif pada organisasi maupun kepanitiaan di Departemen Teknik Lingkungan. Penulis merupakan Staf Divisi Seni dan Olahraga Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan periode 2016/2017 dan periode 2017/2018 serta menjadi Sekertaris Divisi Seni dan Olahraga Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan. 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 [dhiennacha@gmail.com](mailto:dhiennacha@gmail.com).