

**ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN MENGGUNAKAN  
METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) PADA  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) GEDEK PT. AIR  
BERSIH JATIM**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Melengkapi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik (S.T) pada  
Program Studi Teknik Lingkungan



Disusun Oleh  
NABA KHOIRU ANNISAA  
NIM. H75218032

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA  
2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Naba Khoiru Annisaa

NIM : H75218032

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “Analisis Dampak Lingkungan Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) Pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim”.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila suatu saat nanti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan

Surabaya, Juli 2022

Yang menyatakan,



(Naba Khoiru Annisaa)

NIM. H75218032

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : NABA KHOIRU ANNISAA

NIM : H75218032

JUDUL : Analisis Dampak Lingkungan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA) pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 21 Juni 2022

Dosen Pembimbing I



Yusrianti, M.T

NIP. 198210222014032001

Dosen Pembimbing II



Sulistiya Nengse, S.T, M.T

NIP. 199010092020122019

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Oleh,

Nama : Naba Khoiru Annisaa

NIM : H75218032

Judul : Analisis Dampak Lingkungan Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)* pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim

Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi  
Surabaya, 18 Juli 2022

Mengetahui,  
Dosen Penguji,

Dosen Penguji I



Yushianti, MT

NIP.198210222014032001

Dosen Penguji II



Sulistiya Nengse, MT

NIP.199010092020122019

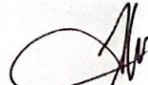
Dosen Penguji III



Abdul Hakim, MT

NIP.198008062014031002

Dosen Penguji IV



Dedy Suprayogi, S.KM, M.KI

NIP.198512112014031002

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya  
  
IA. Saiful Hamdani, M.Pd.  
NIP.196507312000031002





KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Naba Khoiru Annisaa  
NIM : H75218032  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan  
E-mail address : nabakhrannisaa21@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Sekripsi  Tesis  Desertasi  Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Dampak Lingkungan Menggunakan Metode Life  
Cycle Assesment (LCA) Pada Instalasi Pengolahan Air  
(IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 15 Juli 2022

Penulis

( Naba Khoiru A. )

## ABSTRAK

Setiap kegiatan yang dilakukan manusia dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan sekitarnya, begitu juga dengan kegiatan pengolahan air bersih. Proses produksi pengolahan air bersih setiap tahunnya akan bertambah guna untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat proses pengolahan air bersih di IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)* serta dalam ruang lingkup penelitian yakni *gate to gate*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu deskriptif kualitatif yakni menganalisis dampak lingkungan dengan menggunakan data yang telah diolah sebuah *software*. *Software* yang digunakan untuk menganalisis data tersebut yaitu *software* Simapro 9.3 yang dilengkapi dengan CML-IA *Baseline* sebagai metode pendekatan dampak. Kategori dampak yang dianalisis yaitu *global warming*, *human toxicity*, *freshwater aquatic ecotoxicity*, *photochemical oxidation*, *acidification*, dan *eutrophication*. Data yang diinput dan diolah *software* Simapro yaitu kebutuhan bahan baku, bahan kimia, dan energi listrik. Data yang dianalisis menggunakan metode pendekatan dampak CML-IA *Baseline* melewati dua tahap yaitu *characterization* dan *normalization*. Hasil dari penelitian ini yaitu *global warming* yang merupakan dampak tertinggi dan *photochemical oxidation* merupakan dampak terendah dari proses pengolahan air ini. Terjadinya dampak lingkungan tersebut dikarenakan adanya penggunaan bahan kimia dan penggunaan energi listrik selama proses pengolahan air bersih berlangsung. Untuk produk samping berupa lumpur memerlukan proses pengolahan lumpur, agar apabila pembuangan lumpur ke lingkungan tidak merusak lingkungan maupun makhluk hidup disekitarnya.

Kata kunci : Dampak lingkungan, pengolahan air bersih, penilaian daur hidup

## ABSTRACT

*Every activity carried out by humans can have an impact on the surrounding environment, as well as clean water treatment activities. The production process of clean water treatment will increase every year in order to meet the community's clean water needs. This study aims to determine the environmental impact caused by the clean water treatment process at IPA Gedek PT. Clean Water in East Java using the Life Cycle Assessment (LCA) method and within the scope of the research, namely gate to gate. The method used in this research is descriptive qualitative, namely analyzing environmental impacts using data that has been processed by a software. The software used to analyze the data is Simapro 9.3 software which is equipped with CML-IA Baseline as an impact approach method. The impact categories analyzed are global warming, human toxicity, freshwater aquatic ecotoxicity, photochemical oxidation, acidification, and eutrophication. The data that is inputted and processed by the Simapro software is the need for raw materials, chemicals, and electrical energy. The data analyzed using the CML-IA Baseline impact approach passed through two stages, namely characterization and normalization. The results of this research are global warming which is the highest impact and photochemical oxidation is the lowest impact of this water treatment process. The occurrence of these environmental impacts is due to the use of chemicals and the use of electrical energy during the clean water treatment process. For the by-product in the form of sludge, a sludge treatment process is required, so that if the disposal of sludge into the environment does not damage the environment or living things around it.*

*Key word: Environmental impact, clean water treatment, life cycle assessment*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Air Bersih .....	7
2.2 Kualitas Air Baku .....	10
2.3 Instalasi Pengolahan Air Minum .....	11
2.3.1 Intake .....	11
2.3.2 Prasedimentasi.....	12
2.3.3 Koagulasi .....	12
2.3.4 Flokulasi.....	14
2.3.5 Sedimentasi .....	14
2.3.6 Filtrasi .....	15
2.3.7 Desinfeksi.....	16



2.3.8	Reservoir .....	16
2.4	Dampak Lingkungan dari IPA .....	17
2.5	<i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> .....	18
2.6	<i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i> .....	20
2.6.1	<i>Global Warming</i> .....	25
2.6.2	<i>Human Toxicity</i> .....	26
2.6.3	<i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity</i> .....	26
2.6.4	<i>Photochemical Oxidation</i> .....	27
2.6.5	<i>Acidification</i> .....	27
2.6.6	<i>Eutrophication</i> .....	28
2.7	Software Simapro .....	28
2.8	Integrasi Keislaman .....	29
2.9	Penelitian Terdahulu .....	32
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
3.1	Waktu penelitian .....	39
3.2	Lokasi penelitian .....	39
3.3	Tahapan Penelitian .....	39
3.4	Metode Penelitian .....	39
3.4.1	Pengumpulan Data .....	39
3.4.2	Pengolahan Data dengan Metode <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> ....	43
3.4.3	Kesimpulan dan Saran .....	49
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>54</b>
4.1	Gambaran Umum IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim .....	54
4.2	Kondisi Eksisting Pengolahan Air Bersih .....	56
4.2.1	Unit Prasedimentasi .....	56
4.2.2	Unit Koagulasi .....	57
4.2.3	Unit Flokulasi .....	58
4.2.4	Unit Sedimentasi .....	59
4.2.5	Unit Filtrasi .....	60
4.2.6	Unit Desinfeksi .....	62
4.2.7	Unit Reservoir .....	62
4.3	Analisis <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> .....	63

4.3.1	<i>Goal and Scope</i> .....	63
4.3.2	<i>Life Cycle Inventory (LCI)</i> .....	65
4.3.3	<i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i> .....	75
4.3.4	Klasifikasi Dampak .....	76
4.3.5	Karakterisasi Dampak.....	79
4.3.6	Normalisasi Dampak.....	89
4.3.7	Tahap interpretasi .....	93
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>98</b>
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>98</b>
5.1	Kesimpulan.....	98
5.2	Saran .....	99
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>100</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>106</b>
1.	Dokumentasi.....	106
2.	Diagram Alir IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim.....	108
3.	Hasil Pengujian Air Baku.....	110
4.	<i>Network</i> IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim .....	111

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Mutu Air Minum .....	9
Tabel 2. 2 Metode <i>Life Cycle Impact Assessment</i> .....	21
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu.....	32
Tabel 4. 1 <i>Life cycle inventory</i> prasedimentasi IPA 1 pada tahun 2021 .....	68
Tabel 4. 2 <i>Life cycle inventory</i> koagulasi IPA 1 pada tahun 2021 .....	68
Tabel 4. 3 <i>Life cycle inventory</i> flokulasi IPA 1 pada tahun 2021.....	69
Tabel 4. 4 <i>Life cycle inventory</i> sedimentasi IPA 1 pada tahun 2021 .....	69
Tabel 4. 5 <i>Life cycle inventory</i> filtrasi IPA 1 pada tahun 2021 .....	70
Tabel 4. 6 <i>Life cycle inventory</i> reservoir IPA 1 pada tahun 2021 .....	71
Tabel 4. 7 <i>Life cycle inventory</i> prasedimentasi IPA 2 pada tahun 2021 .....	71
Tabel 4. 8 <i>Life cycle inventory</i> koagulasi IPA 2 dalam satu tahun.....	72
Tabel 4. 9 <i>Life cycle inventory</i> flokulasi IPA 2 dalam satu tahun .....	73
Tabel 4. 10 <i>Life cycle inventory</i> sedimentasi IPA 2 dalam satu tahun .....	73
Tabel 4. 11 <i>Life cycle inventory</i> filtrasi IPA 2 dalam satu tahun.....	74
Tabel 4. 12 <i>Life cycle inventory</i> reservoir IPA 2 dalam satu tahun.....	75
Tabel 4. 13 Karakterisasi Nilai <i>Global Warming</i> .....	80
Tabel 4. 14 Nilai <i>substance carbon dioxide</i> .....	80
Tabel 4. 15 Karakterisasi Nilai <i>Human Toxicity</i> .....	81
Tabel 4. 16 Nilai <i>Substance Selenium</i> .....	82
Tabel 4. 17 Karakterisasi Nilai <i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity</i> .....	83
Tabel 4. 18 Nilai <i>Substance Nickel</i> .....	83
Tabel 4. 19 Karakterisasi Nilai <i>Photochemical Oxidation</i> .....	84
Tabel 4. 20 Nilai <i>Substance Sulfur Dioxide</i> .....	85
Tabel 4. 21 Karakterisasi Nilai <i>Acidification</i> .....	86
Tabel 4. 22 Nilai <i>Substance Sulfur Dioksida</i> .....	86
Tabel 4. 23 Karakterisasi Nilai <i>Eutrophication</i> .....	87
Tabel 4. 24 Nilai <i>Substance Phosphate</i> .....	88
Tabel 4. 25 Nilai Normalisasi <i>Global Warming</i> .....	89
Tabel 4. 26 Nilai Normalisasi <i>Human Toxicity</i> .....	90
Tabel 4. 27 Nilai Normalisasi <i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity</i> .....	90

Tabel 4. 28 Nilai Normalisasi <i>Photochemical Oxidation</i> .....	91
Tabel 4. 29 Nilai Normalisasi <i>Acidification</i> .....	92
Tabel 4. 30 Nilai Normalisasi <i>Eutrophication</i> .....	93



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Lokasi IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim.....	40
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian .....	41
Gambar 3. 3 Kerangka Pikir .....	42
Gambar 3. 4 Alur Pengolahan Air Bersih .....	56
Gambar 3. 5 Penentuan tujuan.....	44
Gambar 3. 6 Penentuan scope .....	45
Gambar 3. 7 Batasan ( <i>scope</i> ) yang dianalisis dari proses pengolahan air bersih ..	46
Gambar 3. 8 Input <i>database</i> tahapan proses .....	47
Gambar 3. 9 <i>Database</i> tahapan proses.....	48
Gambar 3. 10 Penentuan metode.....	50
Gambar 3. 11 Perhitungan dampak.....	51
Gambar 3. 12 Hasil perhitungan dampak.....	52
Gambar 3. 13 Interpretasi.....	53
Gambar 4. 1 Prasedimentasi IPA Gedek.....	57
Gambar 4. 2 Unit Koagulasi (a) IPA 1 Gedek; (b) IPA 2 Gedek .....	58
Gambar 4. 3 Unit Flokulasi (a) IPA 1 Gedek; (b) IPA 2 Gedek .....	59
Gambar 4. 4 Unit Sedimentasi (a) IPA 1 Gedek; (b) IPA 2 Gedek.....	60
Gambar 4. 5 Unit Filtrasi (a) IPA 1 Gedek; (b) IPA 2 Gedek.....	61
Gambar 4. 6 Reservoir IPA Gedek.....	63
Gambar 4. 7 Penentuan <i>goal</i> .....	64
Gambar 4. 8 Penentuan <i>scope</i> .....	66
Gambar 4. 9 Proses penginputan data.....	67
Gambar 4. 10 Diagram alir prasedimentasi IPA 1 Gedek.....	68
Gambar 4. 11 Diagram alir koagulasi IPA 1 Gedek .....	68
Gambar 4. 12 Diagram alir flokulasi IPA 1 Gedek .....	69
Gambar 4. 13 Diagram alir sedimentasi IPA 1 Gedek.....	69
Gambar 4. 14 Diagram alir filtrasi IPA 1 Gedek.....	70
Gambar 4. 15 Diagram alir reservoir IPA 1 Gedek .....	71
Gambar 4. 16 Diagram alir prasedimentasi IPA 2 Gedek.....	71

Gambar 4. 17 Diagram alir koagulasi IPA 2 Gedek .....	72
Gambar 4. 18 Diagram alir flokulasi IPA 2 Gedek .....	73
Gambar 4. 19 Diagram alir sedimentasi IPA 2 Gedek.....	73
Gambar 4. 20 Diagram alir filtrasi IPA 2 Gedek.....	74
Gambar 4. 21 Diagram alir reseervoir IPA 2 Gedek .....	74
Gambar 4. 22 Proses analisis dampak lingkungan .....	78
Gambar 4. 23 Dampak Lingkungan pada IPA Gedek .....	94

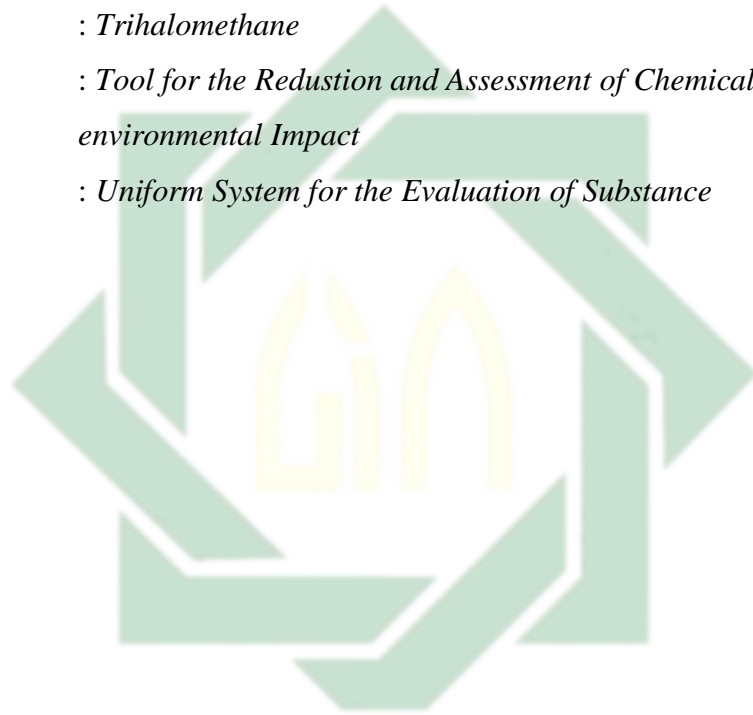


UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR SINGKATAN

µg	: Mikrogram
ABAM	: Air Baku untuk Air Minum
BEES	: <i>Building for Environmental and Economic Sustainability</i>
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
Bq	: <i>Bequerel</i>
CED	: <i>Cumulative Energy Demand</i>
CEENE	: <i>Cumulative Exergy Extraction from the Natural Environment</i>
CExC	: <i>Cumulative Exergy Consumption</i>
CExD	: <i>Cumulative Exergy Demand</i>
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
DB	: <i>Diklorobenzena</i>
DO	: <i>Dissolved Oxygen</i>
EDIP	: <i>Enivronemntal Design of Industrial Product</i>
EDP	: <i>Eco-system Damage Potential</i>
EPS	: <i>Environmental Priority Strategies in product design</i>
GWP	: <i>Global Warming Potential</i>
IPA	: Instalasi Pengolahan Air
IPCC	: <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
JEPIX	: <i>Japan Environmental Policy priorities IndeX</i>
L	: Liter
LCA	: <i>Life Cycle Assessment</i>
LCI	: <i>Life Cycle Inventory</i>
LCIA	: <i>Life Cycle Impact Assessment</i>
MEEup	: <i>Method for the Evaluation of Energy using products</i>
Mg	: Miligram
ml	: Mililiter
NTU	: <i>Nephelo Turbidity Unit</i>
PAC	: <i>Poly Aluminum Chloride</i>
PDAM	: Perusahaan Daerah Air Minum
pH	: <i>Power of Hydrogen</i>

PO <sub>4</sub>	: Ortofosfat ( <i>Phosphate</i> )
SCADA	: <i>Supervisory Control And Data Aquisition</i>
SO <sub>2</sub>	: Belerang Dioksida ( <i>Sulfur Dioxide</i> )
SPAM	: Sistem Penyediaan Air Minum
TCU	: <i>True Color Unit</i>
TDS	: <i>Total Dissolved Solid</i>
THM	: <i>Trihalomethane</i>
TRACI	: <i>Tool for the Redustion and Assessment of Chemical and other environmental Impact</i>
USES	: <i>Uniform System for the Evaluation of Substance</i>



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Dokumentasi..... 107
2. Diagram Alir IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim..... 108
3. Hasil Pengujian Air Baku ..... 110
4. *Network* IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim .....112



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan salah satu komponen penting dari lingkungan bagi keberlangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. Hal tersebut dapat dilihat dari fakta yang ada bahwa permukaan bumi 70% nya tertutup oleh air, selain itu dua per tiga dari tubuh manusia itu merupakan air (Solihin dkk., 2020). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 29 Tahun 2018 menyatakan bahwa kebutuhan pokok minimal air minum yaitu sebesar 60 liter/orang/hari melalui pelayanan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) lintas kabupaten ataupun kota. Semakin bertambah penduduk di setiap tahun, maka semakin bertambah pula kebutuhan air bersih yang mereka gunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

Penanganan yang dilakukan oleh Pemerintah Indonesia dalam memenuhi kebutuhan air bersih telah dilakukan dengan berbagai macam cara, namun tetap menyesuaikan dengan sarana dan prasarana yang ada. Beberapa kota menggunakan sistem perpipaan yang dikelola oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dalam penyediaan air bersih. PDAM merupakan salah satu usaha milik daerah yang bergerak dibidang pendistribusian air bersih untuk masyarakat sekitar. Agar ketersediaan air bersih untuk masyarakat tetap terjaga, maka PDAM memiliki instalasi pengolahan air bersih yang pada umumnya menjadikan air permukaan sebagai air baku (Tambunan, 2014). Selain PDAM, terdapat perusahaan swasta yang mengolah air bersih untuk membantu memenuhi kebutuhan air masyarakat. Salah satu pihak swasta tersebut adalah PT. Air Bersih Jatim yang memiliki instalasi pengolahan air (IPA) Gedek di Mojokerto.

Selain bermanfaat, instalasi pengolahan air bersih termasuk salah satu dari fasilitas untuk masyarakat yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Karena pada proses pengolahan air bersih membutuhkan energi listrik serta bahan kimia yang cukup besar. Semakin besar kapasitas yang ditampung pada pengolahan air bersih maka akan semakin sering siklus

pengolahan tersebut berjalan, sehingga akan semakin besar limbah dan dampak lingkungan yang ditimbulkan (Nurbaiti, 2021). Bahan kimia yang digunakan pada pengolahan air khususnya pada proses koagulasi dan remineralisasi menjadi kontributor terbesar kedua dalam dampak lingkungan setelah konsumsi energi (Vince *et al.*, 2008). Selain dari bahan kimia, sumber daya alam, dan energi listrik, dampak negatif yang timbul akibat adanya proses pengolahan air bersih yaitu konsumsi air bersih masyarakat yang semakin meningkat. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis dampak lingkungan dari proses pengolahan air agar dapat melihat dampak lingkungan yang ditimbulkan dari tahun ke tahun.

Dampak negatif terhadap lingkungan yang timbul akan dirasakan juga oleh manusia, karena faktanya keberlanjutan hidup manusia tergantung oleh keutuhan lingkungannya. Pengolahan lingkungan merupakan salah satu kegiatan serta tugas manusia, karena Allah SWT menciptakan manusia dengan sempurna yang dilengkapi dengan akal pikiran, perasaan, hati serta fisik dan biologis yang sempurna. Semua itu diberi Allah SWT agar manusia dapat melaksanakan tugas dan fungsinya sebagai pemimpin di muka bumi ini (Nurhayati dkk., 2018). Hal tersebut sama seperti yang telah Allah SWT jelaskan dalam QS. Baqarah (2) : 30.

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

*Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat “Aku hendak menjadikan Khalifah di bumi.” Mereka berkata, “Apakah engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih Memuji-Mu dan menyucikan nama-Mu?” Dia berfirman, “Sungguh, aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui.”*

Sebagai khalifah dan wakil Allah, manusia seharusnya bisa memperlihatkan peran Allah terhadap alam semesta dan kewajiban manusia

yang harus dilakukan untuk alam semesta sebagai bentuk pengabdianya kepada Allah SWT. Pengabdian yang dapat dilakukan manusia terhadap alam yaitu seperti merawat lingkungan dan pemeliharaan diri (*hifdzun nafs*) untuk keberlangsungan hidup di alam. Allah SWT memperkenankan manusia untuk mengambil dan memanfaatkan sumber daya alam yang ada sesuai dengan kebutuhannya dan dapat mempertanggung jawabkannya (Nurhayati dkk., 2018). Menganalisis dampak lingkungan merupakan salah satu langkah yang dapat dilakukan manusia dalam memperbaiki lingkungan yang telah rusak.

IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim merupakan instalasi pengolahan air bersih dengan kapasitas yang cukup besar, karena IPA Gedek memiliki dua jenis unit pengolahan air yaitu unit pengolahan secara manual dan unit pengolahan secara otomatis (*scada*). Untuk pengolahan secara manual memiliki debit sebesar 50 liter/detik, karena daerah pendistribusiannya hanya di sekitar daerah IPA. Sedangkan untuk *scada* memiliki debit yang lebih besar yaitu 150 liter/detik, karena daerah pendistribusiannya lebih banyak yaitu Mojokerto, Gresik, dan Lamongan. Bahan kimia yang digunakan pada pengolahan air bersih yakni PAC (*Poly Aluminum Chloride*) sebagai koagulan dan gas klor sebagai desinfektan (Utari, 2022). Selain bahan kimia, pada proses pengolahan air juga diperlukan energi listrik yang cukup besar, penggunaan bahan kimia serta energi listrik yang cukup besar dalam proses pengolahan air akan menimbulkan dampak lingkungan. Bukan hanya itu, lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air pun akan menimbulkan dampak lingkungan apabila tidak ada pengolahannya sebelum dibuang ke lingkungan. Dengan dua jenis unit dan belum adanya penelitian yang dilakukan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan, maka membutuhkan penelitian untuk mengidentifikasi dampak lingkungan terjadi akibat adanya proses pengolahan air bersih.

*Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung dan menganalisis dampak lingkungan. *Life Cycle Assessment* (LCA) ini juga dapat mengestimasi dampak kumulatif lingkungan yang ditimbulkan dari setiap tahapan siklus suatu proses atau



siklus hidup suatu produk, sehingga dapat mengetahui pada tahapan apa saja yang akan berkontribusi besar terhadap dampak lingkungan (Nurbaiti, 2021). Dengan menggunakan metode LCA dalam penelitian ini, diharapkan mampu menganalisis dampak lingkungan yang timbul dari proses Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim serta memberikan rekomendasi sebagai rencana alternatif pengolahan air bersih yang efektif dan ramah lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting pengolahan air bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim?
2. Bagaimana potensi dampak lingkungan yang timbul akibat adanya proses pengolahan air bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA)?
3. Apa faktor penyebab dampak lingkungan yang timbul akibat adanya proses pengolahan air bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA)?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini:

1. Mengetahui kondisi eksisting pengolahan air bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim.
2. Mengidentifikasi potensi dampak lingkungan yang timbul akibat adanya proses pengolahan air bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).
3. Menganalisis faktor penyebab dampak lingkungan yang timbul akibat adanya proses pengolahan air bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA).

## 1.4 Manfaat

1. Bagi akademik
  - a. Menyediakan informasi mengenai potensi dampak lingkungan yang timbul akibat adanya proses Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim.
  - b. Memberi referensi untuk pengembangan penelitian LCA dalam bidang air bersih.
2. Bagi masyarakat
  - a. Mengetahui proses Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim.
  - b. Mengetahui faktor penyebab dampak lingkungan yang timbul akibat dari adanya proses pengolahan air bersih.
  - c. Mengetahui potensi dampak lingkungan yang timbul akibat dari adanya proses pengolahan air bersih.
  - d. Mengetahui metode yang tepat dalam mengidentifikasi dan menganalisis dampak lingkungan yang timbul akibat dari adanya proses pengolahan air bersih.
3. Bagi pemerintah

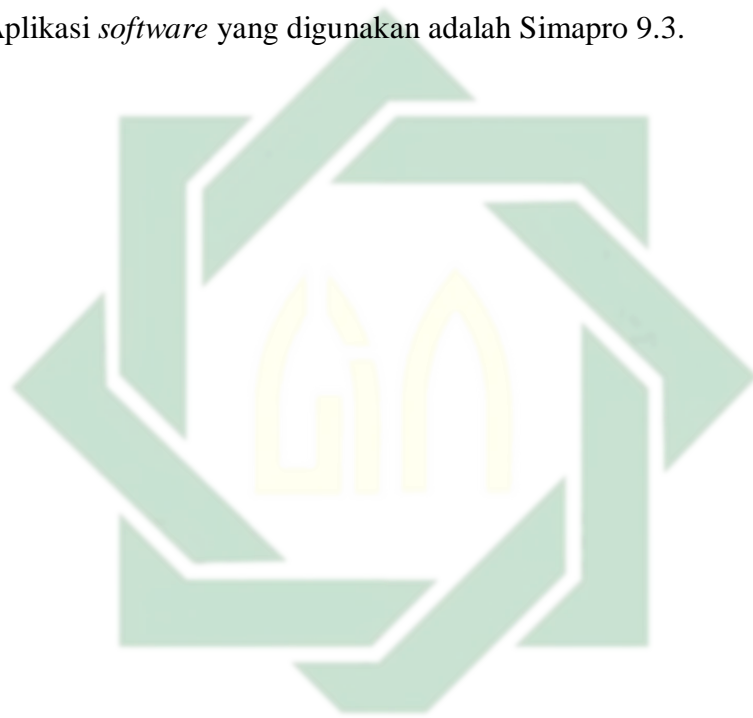
Sebagai pedoman untuk menentukan *database* dan mengetahui metode analisis dengan tepat dalam proses pengolahan air bersih.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Pengambilan data dilakukan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim yang berlokasi di Jl. Raya Losari RT.12/RW.02, Desa Sidoharjo, Dusun Losari Barat, Kabupaten Mojokerto.
2. Batasan analisis adalah *gate to gate*, yaitu proses pengolahan air bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Gedek PT. Air Bersih Jatim.
3. Fungsi unit yang digunakan pada penelitian ini adalah kg/tahun.
4. IPA terdiri dari dua unit: unit manual dan otomatis (*scada*).

5. Proses pengolahan air meliputi prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir.
6. Metode LCA yang digunakan yaitu metode CML – IA *Baseline*.
7. Potensi dampak lingkungan yang dikaji dari aspek *global warming, human toxicity, eutrophication, freshwater aquatic ecotoxicity, acidification, dan photochemical oxidant*.
8. Aplikasi *software* yang digunakan adalah Simapro 9.3.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Bersih**

Berdasarkan Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005 Tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, menjelaskan bahwa air minum yang dimaksud yaitu air rumah tangga yang telah melalui proses pengolahan atau tanpa melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 Pasal 40 Ayat 2 yang menyebutkan bahwa pengembangan sistem penyediaan air minum telah menjadi tanggung jawab pemerintah dan pemerintah daerah, oleh karena itu Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) kemudian didirikan.

Air adalah masalah yang sering dihadapi bagi sebagian besar masyarakat dalam kehidupan sehari-hari, baik dari segi kuantitas ataupun kualitas airnya (Akili, dkk., 2017). Meningkatnya jumlah penduduk setiap tahun dan semakin pesatnya jumlah industri secara tidak langsung akan memerlukan ketersediaan dan pasokan kebutuhan air bersih atau air minum yang memadai serta layak untuk dipergunakan. Selain itu, dengan meningkatnya jumlah penduduk maka memerlukan lahan terbuka yang begitu luas dan tersebar untuk dilakukan pembangunan pemukiman sebagai tempat tinggal beserta sarana prasarana pendukung yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan aktifitas yang sesuai dengan standar kehidupan manusia, dan pesatnya jumlah industri tersebut juga akan memerlukan lahan terbuka yang cukup luas serta memadai sebagai sebuah kawasan industri modern dengan segala sarana prasarana guna mendukung aktifitas kegiatan industri yang memenuhi standar sebagai sebuah kawasan industri yang modern (Rifai, dkk., 2021).

Berdasarkan dengan tujuan penggunaannya, kebutuhan air bersih dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik. Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air yang dipergunakan untuk menunjang kebutuhan rumah tangga sehari-hari, seperti

mandi, mencuci, memasak, dan lain sebagainya. Sedangkan untuk kebutuhan non domestik digunakan untuk menunjang beberapa jenis kegiatan yakni industri, komersial, institusional serta fasilitas-fasilitas umum. Pada umumnya, kebutuhan industri digunakan untuk faktor-faktor produksi, dan untuk kebutuhan komersial yaitu meliputi restoran, pertokoan, perhotelan dan lainnya. Sedangkan untuk kebutuhan institusional yaitu meliputi kegiatan perkuliahan atau sekolah, rumah sakit, perkantoran dan lainnya, sedangkan kebutuhan fasilitas umum untuk kepentingan publik yaitu meliputi tempat ibadah, rekreasi, terminal, bandara, pasar dan lain sebagainya (Tomasoa & Jacobs, 2017)

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010, parameter penguji untuk kualitas air minum yang berkaitan dengan aspek kesehatan pada parameter mikrobiologi yakni total bakteri *Coliform* dan bakteri *E.Coli*. Sedangkan parameter yang berkaitan dengan kimia organik yakni nitrit, nitrat, kadmium, flourida, arsen, sianida, selenium, serta total kromium. Untuk parameter yang tidak berkaitan dengan aspek kesehatan yakni termasuk parameter fisik seperti TDS (total zat padat terlarut), warna, bau, suhu, kekeruhan, dan rasa. Sedangkan, untuk parameter kimiawi yaitu pH, alumunium, mangan, kesadahan, klorida, ammonia, seng, tembaga, sulfat, dan besi. Apabila kualitas air tidak memenuhi parameter kualitas air minum, maka dapat mengganggu kesehatan manusia yang mengonsumsinya, karena air dapat sebagai *water borne disaeses* yang berarti penyakit yang dapat ditularkan melalui air yang tidak sehat.

Pada umumnya sumber air baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yaitu dari air permukaan seperti air yang berasal dari sungai, laut, danau, waduk dan lain sebagai. Tetapi air permukaan merupakan sumber air baku yang lebih rentan terkena zat pencemar sehingga membutuhkan pengolahan air yang sesuai dengan keadaan sumber air bakunya. Unit-unit pada proses pengolahan air minum yang biasa digunakan yaitu *intake* yang dilengkapi dengan *bar screen*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi dan reservoir sebagai tempat penampungan air bersih sebelum

dilakukan penyaluran ke daerah-daerah pelayanannya. Untuk meminimalisir terjadinya kerusakan atau kebocoran yang dapat berakibat pada pendistribusian air bersih, maka perlu dilakukan pemantauan serta pemeliharaan pada Instalasi Pengolahan Air (IPA). Pemeliharaan instalasi pengolahan air dapat merujuk kepada SNI 6775:2008 Tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Masyarakat kini semakin banyak yang menggunakan air PDAM sebagai air bersih ataupun air minum mereka, karena kualitas air PDAM telah dijamin sangat baik. Tidak sedikit masyarakat yang awalnya selalu menggunakan air sumur, kini beralih menggunakan air PDAM karena air sumur mereka yang kualitas sudah tidak baik lagi ataupun karena air sumur yang telah mengering. PDAM disetiap kota atau kabupaten pun kini telah mendistribusikan hingga ke pelosok-pelosok desa, walaupun aksesnya cukup sulit namun tetap diusahakan agar pendistribusian air bersih merata.

**Tabel 2. 1** Kriteria Mutu Air Minum

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar Maksimum)
<b>Parameter Mikrobiologi</b>			
1.	E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
2.	Total bakteri koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
<b>Kimia Anorganik</b>			
1.	Arsen	mg/l	0,01
2.	Flourida	mg/l	1,5
3.	Total kromium	mg/l	0,05
4.	Kadmium	mg/l	0,003
5.	Nitrat	mg/l	3
6.	Nitrit	mg/l	50



No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar Maksimum)
7.	Sianida	mg/l	0.07
8.	Selenium	mg/l	0,01
<b>Parameter Fisika</b>			
1.	Bau		Tidak berbau
2.	Warna	TCU	15
3.	Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
4.	Kekeruhan	NTU	5
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Suhu	°C	Suhu udara ±3
<b>Parameter Kimia (tambahan)</b>			
1.	Aluminium	mg/l	0,2
2.	Besi	mg/l	0,3
3.	Kesadahan	mg/l	500
4.	Khlorida	mg/l	250
5.	Mangan	mg/l	0.4
6.	pH		6.5 – 8.5
7.	Seng	mg/l	3
8.	Sulfat	mg/l	250
9.	Tembaga	mg/l	2
10.	Amoniak	mg/l	1,5

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010

## 2.2 Kualitas Air Baku

Air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut sebagai air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, dan atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum (SNI 6773:2008). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 menyebutkan bahwa baku mutu air

adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Berikutnya adalah pengelompokan air menurut peruntukannya, terdiri dari 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu merupakan air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua merupakan air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga merupakan air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat merupakan air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

## **2.3 Instalasi Pengolahan Air Minum**

### **2.3.1 Intake**

Intake merupakan sebuah bangunan yang didirikan di area sumber air baku, bangunan tersebut berguna untuk mendapatkan air yang sesuai dengan jumlah yang direncanakan. Dalam peletakkan bangunan intake terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu sebagai berikut (Swandhana, 2018):

- a. Tanah yang berada disekitar area pembangunan intake harus stabil
- b. Ketinggian dari tanahnya akan berhubungan dengan sistem pengaliran air baku
- c. Mempertimbangkan debit air yang dibutuhkan untuk di masa mendatang

- d. Usahakan agar sedekat mungkin dengan daerah pelayanan
- e. Jauh dari sumber-sumber kontaminan
- f. Dapat memperoleh kualitas air yang paling baik
- g. Pembangunan dilakukan di tempat yang aman, di daerah sungai yang landai serta lurus, dan arus alirannya tidak terlalu besar.
- h. Bangunan dilengkapi dengan *screening* agar benda besar tidak masuk ke dalam unit-unit instalasi selanjutnya
- i. Posisi bangunan harus tepat pada titik penyadapan dapat optimum.

### 2.3.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi berfungsi dalam pengendapan partikel kasar yang akan mengendap sendiri secara gravitasi tanpa adanya penambahan bahan kimia yang membantu dan keadaan air tersebut dalam kondisi yang tenang (Fauziah & IW, 2017). Prasedimentasi (*plain sedimentation basins*) berfungsi untuk mencegah atau menghilangkan lumpur, gravel, pasir ataupun material kasar lainnya supaya tidak masuk ke dalam IPA. Dengan adanya bak prasedimentasi pada instalasi pengolahan air, material-material kasar yang terbawa bersama air baku dapat tereduksi hingga tingkat yang sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan. Secara garis besar, sistem dari prasedimentasi dibagi menjadi tiga jenis yakni prasedimentasi yang menggunakan pengendapan alami (gravitasi), penjebak pasir (*sand-traps*), dan prasedimentasi mekanik yang dapat menghilangkan kerikil dan pasir (Ambat & Prasetyo, 2015).

### 2.3.3 Koagulasi

Koagulasi dapat didefinisikan sebagai destabilisasi sebuah muatan pada koloid dan partikel-partikel tersuspensi, termasuk virus dan bakteri oleh suatu koagulan. Proses koagulasi merupakan proses pengolahan air pertama yang mencampurkan air baku dengan bahan kimia koagulan seperti aluminium sulfat atau bahan koagulan lainnya. Hal tersebut sangat dibutuhkan karena bahan yang terlarut dalam air baku atau yang

telah tersuspensi akan merubah bentuk fisiknya menjadi beberapa partikel yang cukup berat (kolodial), sehingga apabila pH dari air baku menurun karena terjadinya pencampuran alumunium sulfat maka dapat ditambahkan dengan soda *ash* agar pH kembali normal. Terdapat 3 (tiga) faktor yang dapat mempengaruhi sebuah keberhasilan dari proses koagulasi, yaitu sebagai berikut (Swandhana, 2018):

- a. Jenis dari bahan kimia koagulan yang digunakan
- b. Dosis pembubuhan pada bahan kimia koagulan
- c. Pengadukan dari pencampuran bahan kimia dan air baku

Pengendapan pada unit koagulasi dilakukan secara kimiawi yang artinya memerlukan penambahan bahan kimia (koagulan). Penambahan tersebut dilakukan untuk mengubah bentuk fisik dari padatan terlarut ataupun padatan tersuspensi, selain itu juga untuk memudahkan penyisihannya dengan sedimentasi. Efek samping dari penambahan zat kimia yaitu meningkatnya jumlah dari zat terlarut di dalam air, efek lainnya yaitu menurunnya derajat rasa, warna, dan bau. Namun, untuk tingkat kejernihannya sendiri tergantung pada jumlah dan jenis zat kimia atau koagulan yang digunakan (Joko, 2010).

Tujuan penambahan koagulan yaitu untuk menetralkan muatan pada permukaan, sehingga dapat memungkinkan partikel untuk menyatu hingga membentuk partikel yang lebih besar yang dapat lebih mudah untuk dihilangkan. Koagulan yang biasa digunakan yaitu  $Al_2(SO_4)_3$  (aluminum sulfat atau tawas),  $FeCl_3$  (feri klorida),  $FeSO_4$  (fero sulfida), *Poly Aluminum Chloride* (PAC) dan koagulan lainnya (Masters & Ella, 2014). Endapan yang dihasilkan oleh PAC memiliki ukuran partikel yang kecil, sehingga lebih mudah terkena gangguan dan waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan akan lebih lama. Hal tersebut dapat terjadi karena endapan yang dihasilkan oleh bahan kimia PAC tidak stabil (Gozan *et al.*, 2018). Penggunaan bahan kimia PAC pada pengolahan air dapat berdampak pada lingkungan dalam aspek pencemaran udara (Riyanty & Indarjanto, 2015). Pada saat tingkat kekeruhan air

meningkat, terdapat bahan kimia lain yang dapat membantu menjalankan tugas koagulan yaitu zat aditif. Karena selain membantu kerja PAC, zat aditif juga menyumbang emisi yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan.

#### **2.3.4 Flokulasi**

Proses flokulasi merupakan proses penyatuan antar gumpalan-gumpalan partikel menjadi gumpalan yang lebih besar lagi. Pada proses ini air akan diaduk secara perlahan agar terjadi kontak antar gumpalan-gumpalan partikel tanpa memecahkan gumpalan yang terjadi dan dapat mengendap. Salah satu faktor terpenting yang dapat mempengaruhi proses koagulasi dan flokulasi yaitu pH ataupun derajat keasaman. Apabila proses koagulasi dan flokulasi tidak pada batasan pH optimum, maka akan berakibat pada gagalnya proses pembentukan flok, pemborosan bahan kimia, rendahnya kualitas air yang dihasilkan, dan kekeruhan warna (Asyrafansyah, 2020).

#### **2.3.5 Sedimentasi**

Proses sedimentasi adalah proses pengendapan yang setiap partikelnya tidak mengalami perubahan pada ukuran, bentuk ataupun kerapatannya selama dilakukan proses pengendapan. Untuk proses sedimentasi dibedakan menjadi dua jenis, yakni (Mardiansyah dkk., 2021):

- a. Sedimentasi alamiah, merupakan partikel padatan tersuspensi yang mengendap akibat dari gaya berat pada partikel itu sendiri atau gaya gravitasi tanpa adanya penambahan bahan kimia (partikel kotoran yang berada dalam air baku berdiameter 10-2 mm).
- b. Sedimentasi secara non alamiah, merupakan partikel padatan tersuspensi yang mengendap akibat ditambahkan bahan lainnya (partikel halus memiliki ukuran yang lebih kecil dari 10-2 mm) sehingga partikel-partikel tersebut bergabung dan membentuk

partikel yang lebih besar, berat dan stabil sehingga gaya gravitasi yang dihasilkan akan lebih besar.

### 2.3.6 Filtrasi

Filtrasi merupakan sebuah proses pemisahan antara zat padat dan fluida yang dibawa dengan menggunakan sebuah medium yang berpori atau berbahan pori lainnya agar zat padat yang tersuspensi serta koloid dapat dihilangkan secara maksimal. Pada proses pengolahan air bersih, filtrasi berfungsi untuk menyaring air dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi, sehingga air bersih yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Selain dapat mereduksi zat pada yang terkandung, filtrasi juga dapat mereduksi bakteri yang terkandung, menghilangkan bau, rasa, warna, mangan dan besi. Proses filtrasi ini dibutuhkan pada sebagian besar pengolahan air permukaan sebagai bentuk pencegahan karena dilakukan transmisi dari *water diseases*. Secara umum, berdasarkan kecepatan penyaringan filtrasi dibagi menjadi dua, yaitu (Swandhana, 2018):

- a. Saringan pasir lambat (*slow sand filter*), merupakan proses penyaringan dengan menggunakan media saring pasir yang memiliki kecepatan penyaringan yaitu  $1-5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ . Saringan pasir lambat akan bekerja dengan cara mengkombinasikan antara penyaringan, absorpsi atau penyerapan, dan juga flokulasi biologi.
- b. Saringan pasir cepat (*rapid sand filter*), merupakan proses penyaringan dengan kecepatan penyaringan yaitu 40 kali lebih besar dibandingkan dengan saringan pasir lambat. Saringan pasir cepat ini digunakan untuk menyaring partikel flok dari hasil proses koagulasi dan flokulasi, sehingga sebelum dilakukan proses penyaringan dengan menggunakan saringan pasir cepat, maka terlebih dahulu melakukan proses koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan pembubuhan bahan kimia.



### **2.3.7 Desinfeksi**

Pembubuhan dapat dilakukan menggunakan perhitungan yang disesuaikan dengan standar yang sebelumnya sudah ditetapkan. Tujuan dari proses desinfeksi yaitu untuk membunuh bakteri patogen yang dapat merugikan kehidupan manusia kedepannya, selain itu tujuan dari desinfeksi yaitu untuk memberikan jaminan bahwa air tersebut dapat digunakan karena telah aman. Namun apabila dosis dari pembubuhan tidak sesuai dengan prosedur yang ada, maka akan berdampak terhadap kesehatan manusia yang mengkonsumsinya (Fauziah & IW, 2017).

Desinfektan merupakan bahan desinfeksi yang dapat membunuh bakteri patogen seperti bakteri E.Coli. Bromin klorida, kaporit, kalium permanganat, gas iod, gas klor, dan ozon merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai bahan desinfektan. Namun, desinfektan yang sering digunakan yaitu gas klor, kaporit, dan sinar ultra (Joko, 2010).

### **2.3.8 Reservoir**

Reservoir mempunyai peran penting dalam penyediaan air bersih pada suatu kota. Untuk perbedaan kapasitas pada jaringan transmisi yang menggunakan kebutuhan maksimum per hari dengan kebutuhan pada saat jam puncak untuk sistem pendistribusian, menyebabkan dibutuhkannya unit reservoir. Pada saat pemakaian air dibawah rata-rata, maka kelebihan air akan ditampung di reservoir agar dapat digunakan saat pemakaian maksimum. Berikut ini merupakan beberapa fungsi dari unit reservoir, yaitu (Swandhana, 2018):

- a. Wadah untuk pengumpulan air bersih
- b. Wadah penyimpanan air yang digunakan untuk mengatasi fluktuasi dari pemakaian air yang dapat berubah-ubah disetiap jamnya.
- c. Meratakan aliran serta tekanan air, apabila terjadi pemakaian air pelayanan yang bervariasi.
- d. Mendistribusikan air ke daerah-daerah pelayanan.
- e. Menyimpan cadangan air yang digunakan pemadam kebakaran.

## 2.4 Dampak Lingkungan dari IPA

Air bersih merupakan kebutuhan pokok sehari-hari masyarakat yang wajib terpenuhi. Namun, tidak sedikit masyarakat yang masih menggunakan air permukaan yang belum pasti memenuhi baku mutu air bersih untuk kebutuhan sehari-hari. Pemerintah tetap mengupayakan pendistribusian air bersih hingga ke daerah terpencil, agar seluruh masyarakat mendapatkan air bersih. Upaya yang dilakukan pemerintah salah satunya dengan membangun Instalasi Pengolahan Air (IPA) di beberapa tempat sehingga tidak kesulitan dalam pendistribusian air bersih. Semakin banyak pembangunan IPA maka semakin banyak proses pengolahan air untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat, dan dari setiap kegiatan atau proses yang dilakukan maka akan menimbulkan dampak ke lingkungan maupun makhluk hidup. Pada serangkaian proses pengolahan air terdapat proses-proses yang menjadi faktor timbulnya dampak terhadap lingkungan.

Proses penghilangan kotoran pada air baku merupakan salah satu proses dari pengolahan air yang dapat mengakibatkan dampak terhadap lingkungan. Hal tersebut diakibatkan oleh penggunaan bahan kimia seperti koagulan, klorin, aluminium dan bahan polimer. Bahan kimia yang digunakan untuk menghilangkan kotoran pada air baku akan meninggalkan zat residunya serta limbah yang dihasilkan, hal tersebut yang dapat berdampak terhadap lingkungan. Selain itu, apabila jumlah air baku yang akan diolah lebih banyak, tingkat kekeruhan yang lebih tinggi, sehingga bahan kimia dan energi listrik yang dibutuhkan akan lebih besar (Andrian & Irawati, 2019). Hal tersebut akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan yang lebih besar seperti *global warming* karena energi listrik yang dihasilkan dan kesehatan makhluk hidup karena terpapar bahan kimia melalui udara maupun air.

Pengolahan air bersih yang dilakukan dengan menggunakan sistem *scada* lebih efisien, karena dalam sistem *scada* terdapat sistem kontrolnya. Sehingga proses pengolahan air yang dilakukan dapat diatur serta dikendalikan sesuai dengan parameter yang ditentukan. Sedangkan pada proses pengolahan air dengan sistem manual, kualitas air akan selalu berubah sesuai dengan

bagian atau jadwal yang piket pada hari tersebut. Pelanggan di PDAM Tirta Weninig sering kali mengeluh mengenai kualitas air yang kurang baik, namun setelah menggunakan sistem *scada* keluhan pelanggan tersebut berkurang. Hal tersebut karena kualitas air sebelum dilakukan pengolahan dapat diketahui terlebih dahulu melalui sistem kontrol yang tersedia. Selain itu dengan menggunakan sistem *scada*, dosis dari jumlah kaporit yang digunakan dapat ditentukan sehingga pengolahan air dapat lebih efisien dan efektif (R. P. Utami & Radityaningrum, 2021).

## **2.5 Life Cycle Assessment (LCA)**

*Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi dampak lingkungan yang timbul karena adanya suatu proses, produk ataupun aktivitas (Zulfikar & Prasetyawan, 2016). Dengan adanya LCA dapat mengetahui sumber daya yang digunakan dalam suatu proses kegiatan atau yang disebut dengan input, serta dapat mengetahui pula material keluaran dari proses tersebut atau yang disebut output (Lolo, dkk., 2021). Evaluasi yang dilakukan pada metode LCA ini juga berguna dalam hal meminimalisir pengambilan material atau bahan baku pada suatu proses dari lingkungan, selain itu juga dapat meminimalisir limbah yang nantinya akan dihasilkan dari proses tersebut (Fitriani, 2019). Sehingga, hasil dari analisis LCA yang dilakukan dapat digunakan sebagai data kuantitatif sebuah produk yang kedepannya dapat digunakan untuk beberapa yaitu seperti sebagai pembandingan dengan produk lainnya, peningkatan nilai jual suatu produk, pengembangan produk, pembuatan kebijakan publik, perencanaan strategi dan lain sebagainya (Ayuningtyas & Yani, 2020).

Life Cycle Assessment merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan yang timbul akibat dari produksi sebuah produk, mulai dari bahan baku hingga produk dapat digunakan oleh masyarakat. Namun, metode *Life Cycle Assessment* (LCA) belum dapat dimanfaatkan potensinya secara maksimal oleh negara-negara

berkembang, dan berbeda dengan beberapa negara maju yang telah menggunakan metode LCA dalam membantu pembangunan yang berkelanjutan. Kurangnya pemanfaatan potensi LCA di negara-negara berkembang berkaitan dengan rendahnya ketertarikan pemerintah serta sektor-sektor industri pada pengembangan LCA (Chaerul & Allia, 2019).

Secara garis besar, pada tahapan LCA ada 4 tahap yakni tahap *goal and scope* untuk mengetahui tujuan serta ruang lingkup LCA, tahap *Life Cycle Inventory* (LCI) sebagai pengumpulan data, tahap *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) sebagai penilaian dari dampak lingkungan yang ditimbulkan, dan tahap interpretasi merupakan tahap terakhir dimana pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan serta rekomendasi dari analisis LCA tersebut.

1. Tahap *goal and scope*

Tahapan ini bertujuan untuk menggambarkan dan merumuskan tujuan, batasan, sistem yang akan dievaluasi serta asumsi lainnya yang berhubungan dengan dampak lingkungan dari siklus hidup suatu proses atau produk (I. M. Utami, 2019).

2. Tahap *Life Cycle Inventory* (LCI)

*Life Cycle Inventory* (LCI) merupakan pengumpulan *database* dari sumber yang berkaitan dengan keakuratan data. Selain itu pada tahapan ini juga dilakukan penguraian terhadap sumber daya dan material yang digunakan, dan emisi yang dibuang ke lingkungan selama siklus hidup suatu proses atau produk (Effendi, 2016). Analisis inventori yang dilakukan yakni mencakup pengumpulan data serta prosedur yang digunakan untuk menghitung masukan dan keluaran yang relevan dari sistem produk, dan pada proses analisis inventaris ini dapat dilakukan secara berulang.

3. Tahap *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA)

*Impact assessment* dilakukan untuk menentukan dampak lingkungan serta memberikan penanganannya. Dampak lingkungan tersebut ditimbulkan dari penggunaan sumber daya dan material, serta emisi yang

dikeluarkan selama siklus hidup suatu proses atau produk. Adapun langkah-langkah pada tahapan LCIA, yaitu:

- a. *Characterization*, merupakan tahap perhitungan data yang didapatkan dari LCI untuk diketahui dari setiap kategori dampak lingkungan yang berdasarkan faktor karakteristiknya.
- b. *Normalization*, merupakan tahap penyetaraan satuan dari setiap kategori dampak agar lebih mudah dalam membandingkan nilai dari setiap kategori dampak lingkungan.
- c. *Weighting*, merupakan tahap pengalihan hasil dari *impact categories indicator* dengan *weighting factor* yang kemudian diakumulasikan dan menjadi nilai total.
- d. *Single score*, merupakan tahapan akhir yang memperlihatkan nilai dari tiap proses produksi atau siklus hidup produk yang memiliki dampak terhadap lingkungan.

#### 4. Tahap interpretasi

Interpretasi adalah hasil dari *life cycle inventory* dan *life cycle impact assessment* yang dianalisis dan ditafsirkan sehingga mendapatkan kesimpulan dari dampak lingkungan yang timbul dari siklus hidup suatu proses atau produk. Kemudian kesimpulan tersebut digunakan untuk rekomendasi atau solusi dari dampak lingkungan tersebut.

### 2.6 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Tahapan LCIA merupakan tahapan yang sulit karena berkaitan dengan sejumlah besar data yang direpresentasikan dalam hasil analisis inventaris. Karena kesulitan pada tahapan ini, metodologi yang dikembangkan dapat menyederhanakan dan mengoptimalkan proses LCIA. Metodologi LCIA merupakan alat yang dikembangkan untuk menghubungkan hasil dari *Life Cycle Inventory* (LCI) dengan dampak lingkungan terkait, dan hasil dari LCI dapat diklasifikasikan dalam kategori dampak yang dilengkapi dengan indikator kategorinya masing-masing (Menoufi, 2011). Berikut ini merupakan jenis-jenis metode LCIA yang terdapat pada simapro:

**Tabel 2. 2** Metode *Life Cycle Impact Assessment*

No	Metode	Impact Category
1.	CML – IA <i>Baseline</i>	<i>Abiotic depletion (elements, ultimate reserves), abiotic depletion (fossil fuels), eutrophication, global warming, ozone layer depletion, human toxicity, freshwater aquatic ecotoxicity, marine aquatic ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, dan photochemical oxidation.</i>
3.	CML – IA <i>Non Baseline</i>	<i>Abiotic depletion, terrestrial ecotoxicity, land competition, photo-oxidant formation, ozone layer depletion, human toxicity, ionising radiation, global warming, freshwater sediment ecotoxicity, freshwater aquatic ecotoxicity, marine sediment ecotoxicity, marine aquatic ecotoxicity, acidification, dan eutrophication.</i>
2.	EDIP 2003 ( <i>Environmental Design of Industrial Products</i> )	<i>Global warming, acidification, ecotoxicity, terrestrial eutrophication, ozone depletion, aquatic eutrophication, human toxicity, photochemical ozone formation, dan noise</i>
3.	TRACI ( <i>Tool for the Redustion and Assessment of Chemical and other environmental Impact</i> )	<i>Global warming, ozone depletion, acidification, smog formation, eutrophication, ecotoxicity, human healthy non cancer, human healthy cancer, fossil fuel depletion, dan human healthy criteria pollutants.</i>
4.	Eco Iindicator 99	<i>Carsinogens, ozone layer depletion, climate change, land use, fossil resources, ionizing</i>



No	Metode	Impact Category
		<i>radiation, ecotoxicity, respiratory effects, eutrophication, dan acidification.</i>
5.	<i>EPS (Environmental Priority Strategies in product design) 2000</i>	<i>Life expectancy, depletion of mineral reserves, severe morbidity and suffering, depletion of fossil reserves (oil), depletion of fossil reserves (coal), depletion of fossil reserves (gas), morbidity, depletion of element reserves, severe nuisance, share of species extinction, nuisance crop production capacity, base cation capacity, production for capacity water, wood production capacity, dan fish and meat production capacity</i>
6.	Eco Scarcity	<i>Ozone depletion, biodiversity losses, photochemical oxidant formation, endocrine disruptors, radioactive wastes, respiratory effects, primary energy resources, air emissions, gravel consumption, water consumption, surface water emissions, radioactive wastes, radioactive emissions, hazardous wastes, cancer cause by radio nuclides emitted to the sea, land filled municipal wastes, emissions to soil, dan emissions to groundwater.</i>
7.	<i>JEPIX (Japan Environmental Policy Priorities Index)</i>	<i>Ozone depletion, biodiversity losses, photochemical oxidant formation, endocrine disruptors, radioactive wastes, respiratory effects, primary energy resources, air emissions, gravel consumption, water</i>

No	Metode	Impact Category
		<i>consumption, surface water emissions, radioactive emissions, hazardous wastes, cancer cause by radio nuclides emitted to the sea, land filled municipal wastes, emissions to soil, dan emissions to groundwater.</i>
8.	RECIPE	<i>Climate change, fossil fuel depletion, ozone depletion, mineral resources depletion, terrestrial acidification, water depletion, freshwater eutrophication, natural land transformation, marine eutrophication, urban land occupation, human toxicity, agricultural land occupation, ionizing radioactive, photochemical oxidant formation, marine ecotoxicity, particulate matter formation, freshwater ecotoxicity, dan terrestrial ecotoxicity</i>
9.	LIME	<i>Ozone layer depletion, land use, global warming, consumption, acidification, resources, photochemical oxidant formation, waste landfill, regional air pollution, eutrophication, ecotoxicity chemical, dan human-toxic chemical</i>
10.	Impact 2002+	<i>Respiratory effects, ionizing radiation, human toxicity ozone depletion, aquatics ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, terrestrial eutrophication and terrestrial, global warming, land occupation, aquatic eutrophication, non-renewable energy, dan mineral extraction</i>

No	Metode	Impact Category
11.	LUCAS	<i>Climate change, abiotic resources depletion, ozone depletion, land use, acidification, human toxicity, photochemical smog, ecotoxicity, respiratory effects, terrestrial eutrophication, dan aquatic eutrophication.</i>
12.	MEEup ( <i>Method for the Evaluation of Energy using Products</i> )	<i>Energy consumption, emissions to air, water consumption, hazardous waste generation, materials in use</i>
13.	BEES ( <i>Building for Environmental and Economic Sustainability</i> )	<i>Global warming, human health, acidification, ozone depletion, eutrophication, ecotoxicity, smog, fossil fuel depletion, criteria air pollutants, indoor air quality, water intake, dan habitat alteration</i>
14.	Ecological Footprints	<i>Cropland, land occupations, pasture, built-up area and hydropower area, dan forest</i>
15.	USEtox	<i>Ecotoxicity</i>
16.	EDP ( <i>Eco-system Damage Potential</i> )	<i>Land occupation, biodiversity, dan land transformation</i>
17.	IPCC ( <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> )	<i>Climate change</i>
18.	CED ( <i>Cumulative Energy Demand</i> )	<i>Fossil resources dan renewable energy resources</i>
19.	CexD ( <i>Cumulative Exergy Demand</i> )	<i>Fossil resources dan non-renewable energy resources</i>
20.	Energy Analysis	<i>Renewable dan non-renewable resources, water use, waste, human labour, dan soil loss</i>
21.	CExC ( <i>Cumulative</i>	<i>Fossil resources dan renewable energy</i>

No	Metode	Impact Category
	<i>Exergy Consumption</i> )	<i>resources</i>
22.	CEENE (Cumulative Exergy Extraction from the Natural Environment)	Fossil resources dan non-renewable energy resources

Sumber: (Menoufi, 2011)

Aktivitas dari pengolahan air yang dilakukan menghasilkan dampak lingkungan yang disebabkan oleh bahan kimia dan energi listrik yang digunakan. Kategori dampak lingkungan yang ditimbulkan pada proses pengolahan air bersih yaitu *global warming, human toxicity, freshwater aquatic ecotoxicity, photochemical oxidant, acidification, dan eutrophication*. Kategori dampak lingkungan tersebut sesuai dengan metode CML-IA *baseline*.

### 2.6.1 Global Warming

Adanya potensi dari pemanasan global untuk mengetahui kemungkinan dari perbandingan dampak pemanasan global dari berbagai jenis gas. *Global Warming Potential (GWP)* menyediakan satuan ukuran yang umum, sehingga dapat memungkinkan para analis untuk menjumlahkan perkiraan dari emisi gas yang berbeda-beda. Selain itu, dengan adanya satuan ukuran yang umum dapat memungkinkan para pembuat kebijakan dapat membandingkan peluang adanya pengurangan emisi dari berbagai sektor dan jenis gas.

*Global warming* membahas mengenai efek pada suhu di atmosfer yang mulai meningkat. Satuan yang digunakan pada dampak lingkungan ini adalah CO<sub>2</sub>eq (H. P. Putri, 2017). Pada pengolahan air, *global warming* menjadi salah satu dampak lingkungan yang timbul disebabkan oleh penggunaan energi listrik. Penyebab dari *global warming* sendiri yaitu berasal dari gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan gas rumah kaca terhadap pembakaran bahan bakar dalam penyediaan listrik (Karnaningroem & Anggraeni, 2021). Selain itu menurut (I. M. Utami, 2019), dalam

penelitiannya menjelaskan bahwa faktor utama yang menyebabkan terjadinya dampak *global warming* pada pengolahan air yaitu penggunaan energi listrik pada beberapa unit pengolahan.

### **2.6.2 Human Toxicity**

*Human toxicity* dapat terjadi karena efek zat beracun pada lingkungan yang akan berisiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya. Potensi terjadinya *human toxicity* dapat dihitung dengan menggunakan *Uniform System for the Evaluation of Substance* (USES-LCA) yang diadaptasi untuk tujuan dari LCA itu sendiri (Singh *et al.*, 2018). Selain itu, potensi terjadinya dampak ini juga dapat dihitung berdasarkan dari indeks yang menunjukkan bahan kimia yang berpotensi merusak lingkungan (Putri, 2018). Sedangkan untuk satuan yang digunakan untuk menghitung setiap zat beracun adalah 1,4-diklorobenzena (DB) per kilogram emisi (Singh *et al.*, 2018). Pada hasil penelitian (Karnaningroem & Anggraeni, 2021), telah dijelaskan bahwa faktor utama yang menyebabkan terjadinya dampak *human toxicity* yaitu penggunaan bahan kimia. Karena bahan kimia yang digunakan pada pengolahan air sebagai bahan koagulan dapat menyebabkan masalah pada kesehatan manusia khususnya pada bagian syaraf seperti penyakit parkison, alzeimer, dan penyakit lainnya.

### **2.6.3 Freshwater Aquatic Ecotoxicity**

Dampak yang dipertimbangkan pada kategori dampak *freshwater aquatic ecotoxicity* adalah dampak emisi zat beracun ke udara, air, dan tanah terhadap air tawar dan ekosistem. USES-LCA dapat digunakan untuk menghitung potensi ekotoksitasnya dengan menggambarkan kadar, paparan, dan efek dari zat beracun tersebut. Satuan yang digunakan untuk menyatakan faktor karakteristiknya adalah 1,4-diklorobenzena (DB) per kilogram emisi (Singh, *et al.*, 2018). Pada penelitian (Adiansyah, dkk., 2019) didapatkan hasil analisis, bahwa dampak dari *freshwater aquatic ecotoxicity* diakibatkan oleh penggunaan katalis molydenum pada proses produksi pupuk urea. Sehingga perlu

adanya manajemen dalam pengelolaan penggunaan katalis pada setiap proses produksinya.

#### **2.6.4 Photochemical Oxidation**

Salah satu yang menjadi penyebab utama terjadinya dampak lingkungan *photochemical oxidation* adalah senyawa CO, VOC, dan NO<sub>x</sub> (Budiono & Ratni JAR, 2021). Metode CML-IA *Baseline* dapat digunakan dalam menganalisis dampak lingkungan dari *photochemical oxidation*. Satuan yang digunakan pada dampak ini adalah kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-eq, satuan tersebut dapat mempresentasikan jumlah dari C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> yang terbentuk (Noorsasi, 2021). Pada hasil penelitian (Noorsasi, 2021), faktor terbesar dari timbulnya dampak lingkungan *photochemical oxidation* yaitu berasal dari bahan bakar gas dan emisi fugitive yang digunakan, sehingga dapat menghasilkan emisi SO<sub>x</sub> dan CH<sub>4</sub>.

#### **2.6.5 Acidification**

*Acidification* atau pengasaman suatu zat dapat menyebabkan berbagai macam dampak pada tanah, air tanah, air permukaan, organisme, ekosistem, dan material. Pada metode CML, potensi pengasaman ini diperluas untuk asam nitrat (pada tanah, air, dan udara), asam sulfat (pada air), belerang trioksida (pada udara), hidrogen klorida (pada air dan tanah), hidrogen flourida (pada air dan tanah), asam fosfat (pada air dan tanah), hidrogen sulfida (pada tanah), dan oksida nitrat (pada udara) (Singh *et al.*, 2018). Senyawa yang berkontribusi besar terhadap *acidification potential* ini adalah senyawa asam yaitu terdiri dari HCl, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, dan HF. Potensi dampak *acidification* dapat dinyatakan dalam bentuk satuan kilogram SO<sub>2</sub>, sehingga senyawa lainnya yang bukan termasuk SO<sub>2</sub> tetapi memiliki kontribusi terhadap terjadinya dampak *acidification* akan diekivalenkan kedalam satuan massa SO<sub>2</sub> (Ain, 2021). Hasil dari penelitian (Ain, 2021), menjelaskan bahwa faktor terbesar dari terjadinya dampak *acidification* yaitu penggunaan bahan bakar solar pada proses pengangkutan sampah dan



daur ulang sampah yang membutuhkan energi untuk pemakaian mesin diesel.

#### **2.6.6 Eutrophication**

*Eutrophication* adalah konsentrasi dari nutrient kimia yang berada di dalam ekosistem sehingga dapat memicu perkembangan alga secara berlebihan. Dampak lingkungan *eutrophication* terjadi karena disebabkan oleh bahan kimia seperti fosfor, amonia, nitrogen oksida, dan nitrat yang berada di air (Putri, 2018).. Untuk menyatakan satuan potensi *eutrophication* yaitu menggunakan PO<sub>4</sub> ekuivalen per kilogram emisi (Singh *et al.*, 2018). Pada penelitian (Karnaningroem & Anggraeni, 2021), faktor penyebab dari terjadinya dampak *eutrophication* yaitu berasal dari bahan kimia yang digunakan selama proses pengolahan air terjadi dan beban dari pengolahan yaitu dalam bentuk lumpur.

#### **2.7 Software Simapro**

*Software* Simapro merupakan salah satu *software* yang kegunaannya untuk membantu menganalisis LCA dalam aspek lingkungan dari sebuah produk ataupun jasa secara sistematis serta konsisten (Fitriani, 2019). *Software System for Integrated Environmental Assessment of Product* atau yang disingkat Simapro merupakan salah satu *software* yang kegunaannya untuk menganalisis dampak lingkungan dari suatu sistem amatan tertentu. Data yang diperlukan untuk dimasukkan ke *software* Simapro dapat ditentukan sesuai dengan deskripsi sistem amatannya, pada umumnya meliputi distribusi material atau bahan baku, proses produksi, dan distribusi produk akhir (Utami, 2019). Dari data tersebut dapat menganalisis dampak lingkungan selama daur hidup suatu proses atau suatu produk. Hasil dari inputan data seperti kuantitas dan kualitas dari bahan baku akan dikalkulasikan, kemudian akan menghasilkan outputan yaitu suatu nilai grafik (Putri, 2017).

Presentasi hasil dari LCA menggunakan diagram sankey dan diagram batang yang digunakan untuk menampilkan hasil dari LCA, dan tabel yang

digunakan untuk analisis inventaris. Kelebihan dari penggunaan simapro yaitu dokumentasi dalam pengumpulan data dilakukan dengan baik, aspek sosial juga dapat dimodelkan dengan menggunakan simapro, telah terintegrasi dengan *database ecoinvent*, dan sebagian besar pengumpulan data itu berasal dari proses unitnya. Sedangkan kelemahan dari penggunaan simapro yaitu biaya investasi yang tinggi dan jumlah format dari kumpulan data yang terbatas (Silva *et al.*, 2017).

## 2.8 Integrasi Keislaman

Al-Qur'an menjelaskan bahwa air merupakan sebuah rahmat dari Allah SWT sehingga memiliki nilai yang begitu suci. Air juga merupakan salah satu elemen yang sangat penting dalam kehidupan manusia, tumbuhan serta hewan, oleh karena itu kehidupan di muka bumi ini semuanya bergantung oleh air. Air bukan hanya sebagai unsur yang penting dan bermanfaat, tetapi juga merupakan unsur yang mempunyai signifikansi yang mendalam dengan akibat yang sangat berpengaruh pula. Sebagai sumber dari kehidupan, air yang diperoleh dari permukaan bumi pun berasal dari berbagai macam sumber sehingga dapat digolongkan menjadi air permukaan (air laut, danau, sungai), air tanah dan air angkasa (hujan) (Suska dkk., 2020). Dengan adanya tumbuhan menjadi sebuah pelengkap dari kehidupan di muka bumi ini, seperti yang telah Allah SWT jelaskan pada QS. Al-An'am (6) : 99.

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرَجُ  
مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ  
مُسْتَنْبَهًا وَعَظِيرًا مُتَسَابِهًا أَنْظَرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

*“Dan dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka kami keluarkan tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang hijau. Kami keluarkan dari tanaman yang hijau itu butir yang banyak, dan dari mayang kurma mengurai tangkai-tangkai yang menjuali, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula)*

*zaitun dan delima yang serupa dan tidak serupa. Perhatikanlah buahnya diwaktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.”*

Ayat diatas mengaitkan antara air dan tumbuhan, keduanya juga berkaitan dengan kehidupan manusia di muka bumi ini. Sebuah benih atau biji tidak akan tumbuh apabila belum disirami dengan air, benih yang sangat kecil apabila disirami dengan air akan mulai tumbuh saat air mulai membasahinya. Setelah itu akan tumbuh besar dan menghasilkan tanaman yang hijau dan buah yang dapat dinikmati oleh manusia. Dengan demikian, air memiliki sifat kelembutan dan kejernihannya sehingga dapat melarut hingga ke akar pohon, yang kemudian naik ke atas dahan dan daun-daun pepohonan. Tanaman yang tumbuh subur tersebut dapat menjadi salah satu sumber pangan untuk makhluk hidup, serta oksigen yang di lepaskan tumbuhan pun sangat diperlukan oleh manusia dan hewan untuk bernafas agar dapat bertahan hidup (Suska dkk., 2020).

لَوْ كَانَ فِيهِمَا آلِهَةٌ إِلَّا اللَّهُ لَفَسَدَتَا فَسُبْحَانَ اللَّهِ رَبِّ الْعَرْشِ عَمَّا يَصِفُونَ

*“Seandainya pada keduanya (di langit dan di bumi) ada tuhan-tuhan selain Allah, tentu keduanya telah binasa. Maha Suci Allah yang memiliki Arasy, dari apa yang mereka sifatkan.”*

Pada QS Al-Anbiya (21) : 2, Allah SWT menjelaskan bahwasannya kezaliman maupun ketamakan kini telah menybar di muka bumi serta kemaksiatan pula yang kini telah menjadi budaya, oleh karena itu manusia sudah tidak lagi memperhatikan apa yang dihalalkan dan apa yang diharamkan oleh Allah SWT. Sehingga banyak terjadi kerusakan-kerusakan di muka bumi ini seperti kerusakan lingkungan, sosial, moral, dan mental. Allah SWT mengazab manusia dengan mendatangkan bencana alam yang dapat merusak alam serta mempengaruhi kehidupan manusia (Nurhayati dkk., 2018).

Salah satu prinsip yang digunakan Islam dalam berdakwah yakni mencegah sebuah keburukan lebih berat daripada mengajak untuk kebaikan, hal tersebut karena untuk mencegah sebuah keburukan itu akan mengundang resiko. Oleh karena itu, dalam ajaran Islam mencegah kemungkaran itu merupakan salah satu hal yang selalu ditekankan (Handriatni, 2007). Nabi Muhammad SAW bersabda:

*“Barang siapa diantara kalian melihat sebuah kemungkaran, maka ubahlah dengan tangannya (kekuasaan). Apabila tidak sanggup, maka ubahlah dengan lisannya. Jika tidak sanggup, maka ubahlah dengan hatinya. Yang demikian itu adalah selemah-lemahnya iman.”*

Hadits diatas mengandung arti seseorang yang memiliki kekuasaan wajib menggunakan kekuatannya untuk mencegah terjadinya kemungkaran. Namun, kenyataannya yang saat ini terjadi adalah banyak kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh keserakah manusia serta tindakan penguasa yang kurang tepat. Tidak sedikit pula kasus kerusakan lingkungan yang pelakunya merupakan para penguasa yang seharusnya melakukan pencegahan. Sedangkan para penguasa yang mencoba untuk mencegah pun tidak berdaya karena sistem yang terlalu rumit dan kekuasaan tak terlihat dari pelaku kerusakan lingkungan. Oleh sebab itu, Hadits Riwayat Muslim yang diatas sangat relevan dengan kejadian nyata yang sedang terjadi di muka bumi ini (Handriatni, 2007).

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
1.	Geafiata Amalia Nurbaiti (2021)	<i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) Metode Kajian Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air Bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalanpanji	Metode LCA dengan pendekatan <i>Impact 2002+</i>	Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu <i>impact 2002+</i> dengan 15 dampak lingkungan yang ditimbulkan, namun yang dianalisis 3 dampak tertinggi yakni <i>respiratory inorganics</i> , <i>global warming</i> , dan <i>non-renewable energy</i> .
2.	Vina Nirma Wahyuni (2020)	Analisis Dampak Lingkungan dengan Metode <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) terhadap Koagulan <i>Alumunium Sulfat</i> dan <i>Poly Alumunium Chloride</i> (PAC) di IPAM Ngagel Surabaya	Metode LCA	Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa skenario 1 merupakan skenario terbaik dengan menggunakan koagulan <i>alumunium sulfat</i> yang menimbulkan dampak terkecil. Dampak lingkungan <i>alumunium sulfat</i> pada <i>carsinogen</i> yaitu sebesar 3,59 DALY, <i>respiratory inorganics</i> sebesar 3,01 DALY dan juga <i>climate</i>

No.	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
				<i>change</i> sebesar 2,17 DALY.
3.	Nieke Karnaningroem dan Desy Risqi Anggraeni (2020)	<i>Study of Life Cycle Assessment (LCA) on Water Treatment</i>	Metode LCA dengan pendekatan CML – IA <i>Baseline</i>	Studi ini menjelaskan bahwa dampak lingkungan dari proses pengolahan air bersih yaitu <i>global warming</i> sebesar 23.697.275 kg CO <sub>2eq</sub> /year, <i>human toxicity</i> sebesar 9.190.241 kg 1,4-DBeq/year, dan <i>eutrophication</i> sebesar 287.644,1 kg PO <sub>4</sub> —eq/year. Proses pengolahan air tersebut membutuhkan energi listrik sebesar 11.220.195,47 kWh/year.
4.	Intania Mitra Utami (2019)	Analisis Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air di IPAM “X” dengan Menggunakan	Metode LCA dengan pendekatan <i>impact 2002+</i>	Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil dari LCA pada serangkaian proses pengolahan air di IPAM "X" yakni <i>Global Warming</i> sebesar



No.	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
		Metode Life Cycle Assessment (LCA)		658911,5 kgCO <sub>2</sub> , <i>Respiratory Inorganics</i> sebesar 250,2 kg PM <sub>2,5</sub> , dan <i>Ozone Layer Depletion</i> sebesar 0,015 kg CFC-11. Semua dampak lingkungan tersebut disebabkan oleh penggunaan bahan kimia dan penggunaan energi listrik. Sehingga alternatif yang perlu dilakukan yaitu dengan menggunakan substitusi desinfektan jenis klor dengan hipoklorin, penggunaan koagulan sintetik jenis alum dengan nilan, dan energi listrik pada IPAM sebagian disupply dari energi terbarukan yaitu tenaga surya.
5.	David Andrian dan Desrina Yusi Irawati	Dampak Proses Pengolahan Air Bersih terhadap	Metode LCA dengan pendekatan	Pada penelitian ini penggunaan listrik merupakan

No.	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
	(2019)	Lingkungan	<i>impact 2002+</i>	penyumbang terbesar terjadinya dampak lingkungan. Akibat penggunaan listrik, dampak lingkungan <i>non-renewable energy</i> sebesar 5,55E-9 Pt yang disebabkan oleh ketersediaan gas, minyak dan uranium. Sedangkan dampak lingkungan <i>global warming</i> sebesar 5,46E-9 Pt yang disebabkan oleh <i>carbon dioxide</i> dari hasil pembakaran bahan bakar fosil.
6.	Flavie Prezelus, Ligia Tiruta-Barna, Jean-Christophe Remigy, Christelle Guigui (2021)	<i>Process-Based LCA of Ultrafiltration for Drinking Water Production</i>	Metode LCA dengan pendekatan <i>Recipe</i>	Hasil LCA dari penelitian ini adalah potensi terjadinya dampak lingkungan terbesar disebabkan oleh perubahan kondisi lapangan/proses, khususnya pada saat mempertimbangkan fluks filtrasi dan durasi

No.	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
				siklus filtrasi. Sehingga langkah pertama yang dapat dilakukan yakni dengan mengembangkan model untuk operasi membran seperti fabrikasi membran dan akhir siklus.
7.	Sheldon Q Shi, Liping Cai, Yun Weng, Dong Wang, dan Yuanping Sun (2019)	<i>Comparative Life Cycle Assessment of Water Supply Pipes Made From Bamboo vs Polyvinyl Chloride</i>	Metode LCA dengan pendekatan <i>eco-indicator</i> 99	Hasil dari penelitian ini menunjukkan total beban lingkungan dapat berkurang 7,19 kali lipat apabila menggunakan pipa bambu untuk menggantikan pipa PVC, serta kebutuhan energi kumulatif dapat berkurang 3,40 kali lipat pada saat menggunakan pipa bambu.
8.	Christian Baresel, Vincent Schaller, Christian Jonasson, Christer	<i>Functionalized Magnetic Particles for Water Treatment</i>	Metode LCA	Pada penelitian ini skenario 4 merupakan sistem pemulihan yang paling rendah yakni 0% pemulihan. Skenario 4 ini memiliki dampak 5

No.	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
	Johansson, Romain Bordes, Vinay Chauhan, Abhilash Sugunan, Jens Sommertune, dan Sebastian Welling (2019)			kali lipat lebih tinggi daripada dampak perubahan iklim.
9.	Hamdy Awad, Mohamed Gar Aalm, dan Hishan Kh. El- Etriby (2019)	<i>Environmental and Cost Life Cycle Assessment of Different Alternatives for Improvement of Wastewater Treatment Plant in Developing Countries</i>	Metode LCA dengan pendekatan CML 2000	Menurut penelitian ini sistem lumpur aktif konvensional dengan pencernaan lumpur secara aerobik menunjukkan dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem konvensional tanpa pencernaan lumpur karena penggantian listrik yang dihasilkan dari prosedur konvensional oleh daya yang dihasilkan dari proses pencernaan anaerobik.

No.	Penulis Penelitian (Tahun)	Judul pada Penelitian	Metode pada Penelitian	Hasil dari Penelitian
10.	Nilay Elginöz, Muhammed Alzaboot, Fatos Germirli Babuna, dan Gulen Iskender (2019)	<i>Construction of a Large Water Treatment Plant: Appraisal of Environmental Hotspots</i>	Metode LCA	Studi ini menerangkan bahwa kontribusi utama dari <i>global warming, acidification, eutrophication</i> , dan <i>human toxicity</i> yaitu beton dan struktur baja. Sedangkan <i>freshwater aquatic ecotoxicity</i> dan <i>terrestrial ecotoxicity</i> disebabkan oleh pipa dan membran polivinil klorida serta beton yang digunakan. Dan <i>marine aquatic ecotoxicity</i> timbul akibat beton, aluminium dan struktur baja.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu penelitian**

Waktu penelitian yaitu mulai bulan Februari – Juni 2022, yang dimulai dengan pengumpulan data primer dan sekunder baik melalui literatur maupun data-data lapangan dari setiap unit pengolahan. Data primer tersebut yakni hasil dari observasi, wawancara dan dokumentasi lapangan. Sedangkan untuk data sekunder yakni debit inlet dan outlet IPA, karakteristik air baku dan air olahan setiap unit, kebutuhan bahan kimia, dan kebutuhan listrik.

#### **3.2 Lokasi penelitian**

Lokasi penelitian berada di IPA Gedek PT. Air Bersih Jawa Timur. IPA Gedek yang bertempat di Jl. Raya Losari RT.12/RW.02, Dusun Losari Barat, Desa Sidoharjo, Kecamatan Gedek, Kabupaten Mojokerto. Lokasi IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim dapat dilihat pada Gambar 3.1.

#### **3.3 Tahapan Penelitian**

Tahapan dari penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap pengolahan data-data hingga penyusunan laporan. Alur dari tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan kerangka pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.3.

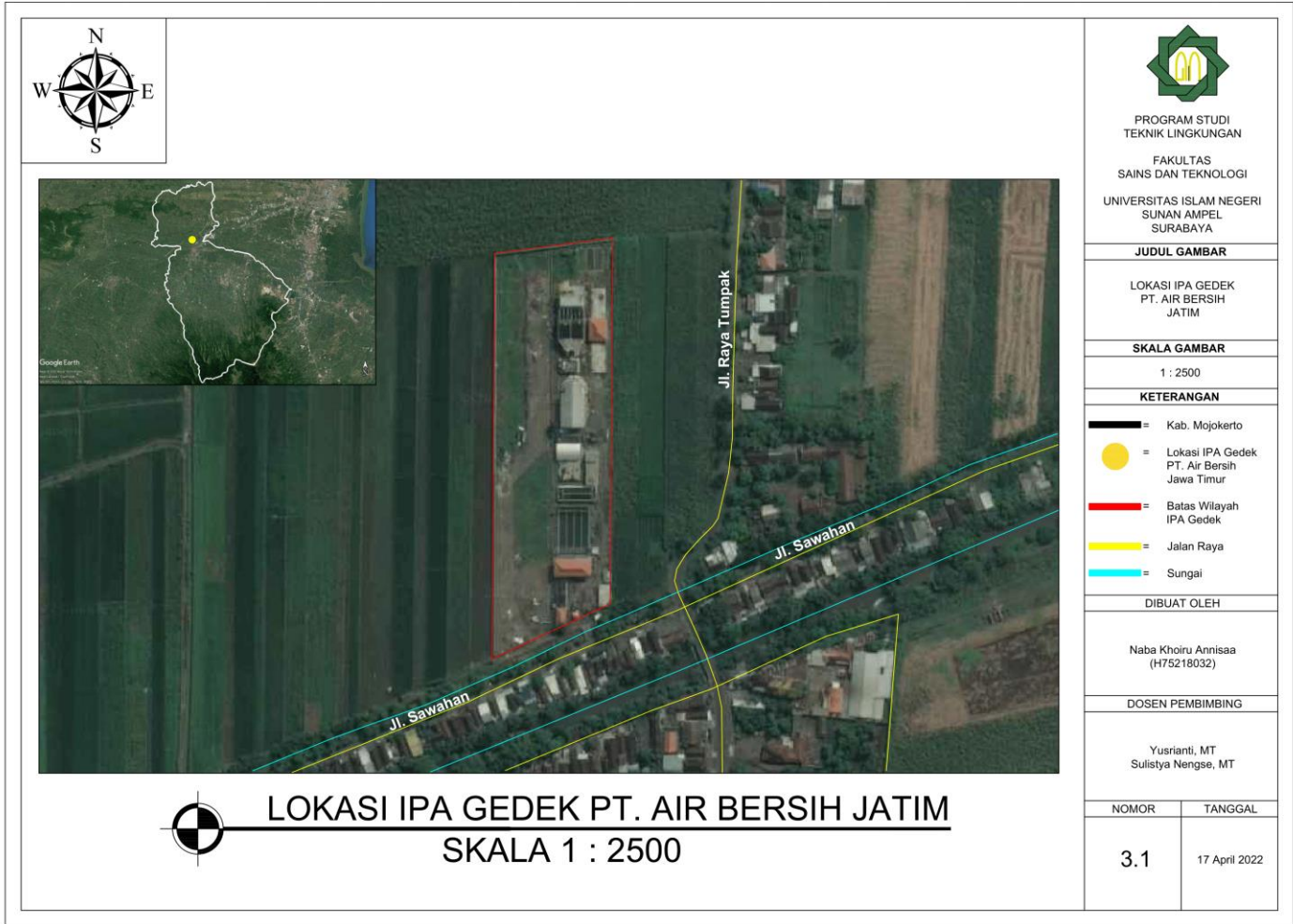
#### **3.4 Metode Penelitian**

##### **3.4.1 Pengumpulan Data**

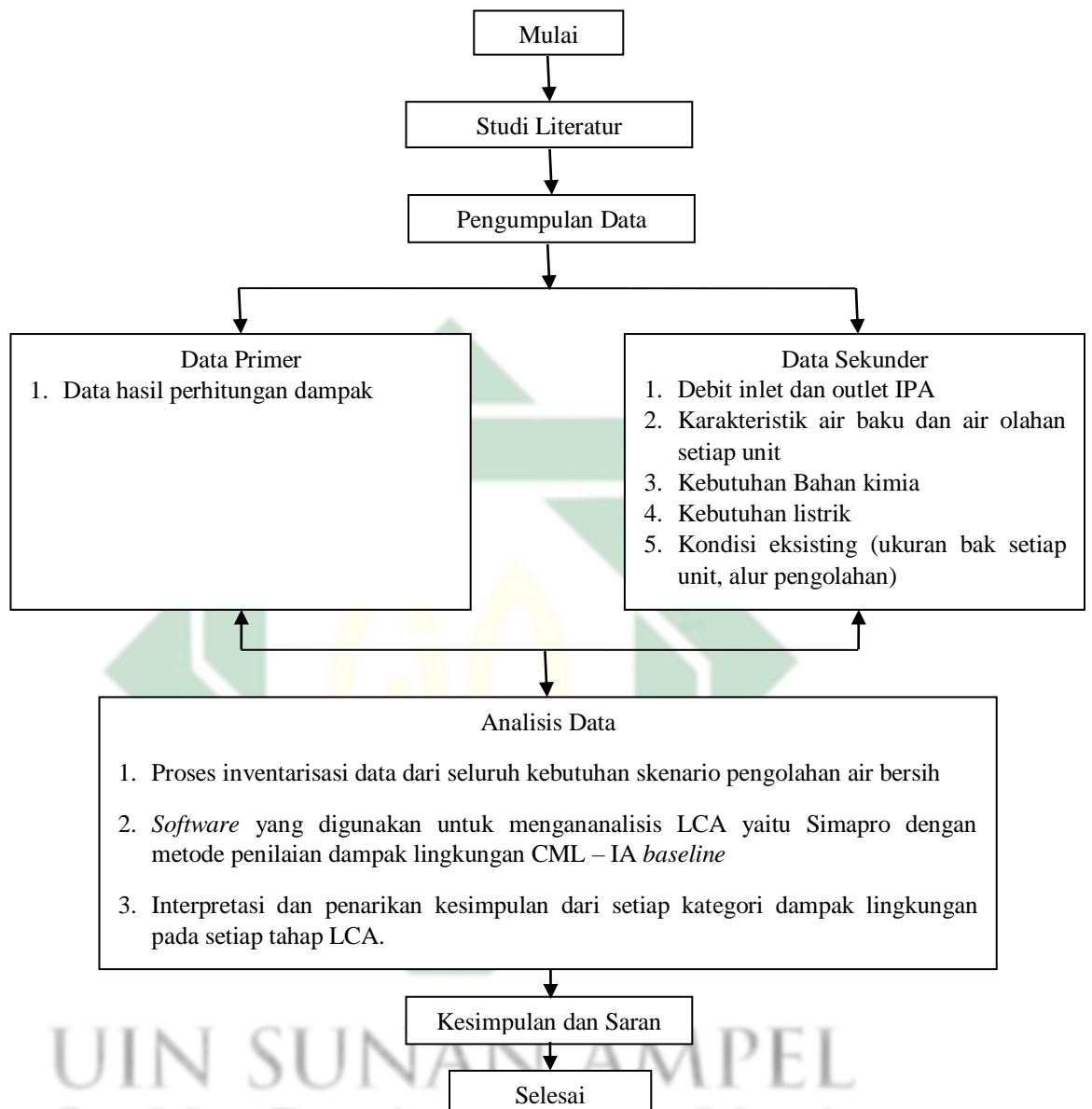
###### **a. Pengumpulan Data Primer**

Data primer pada penelitian ini adalah data hasil perhitungan dampak lingkungan terhadap pengolahan air di IPA Gedek PT. Air Bersih Jawa Timur. Data diperoleh dari hasil analisis prakira dampak dengan menggunakan metode *life cycle assessment*, melalui *software* Simapro 9.3 dan *impact category method* yang digunakan adalah CML-IA *Baseline*.

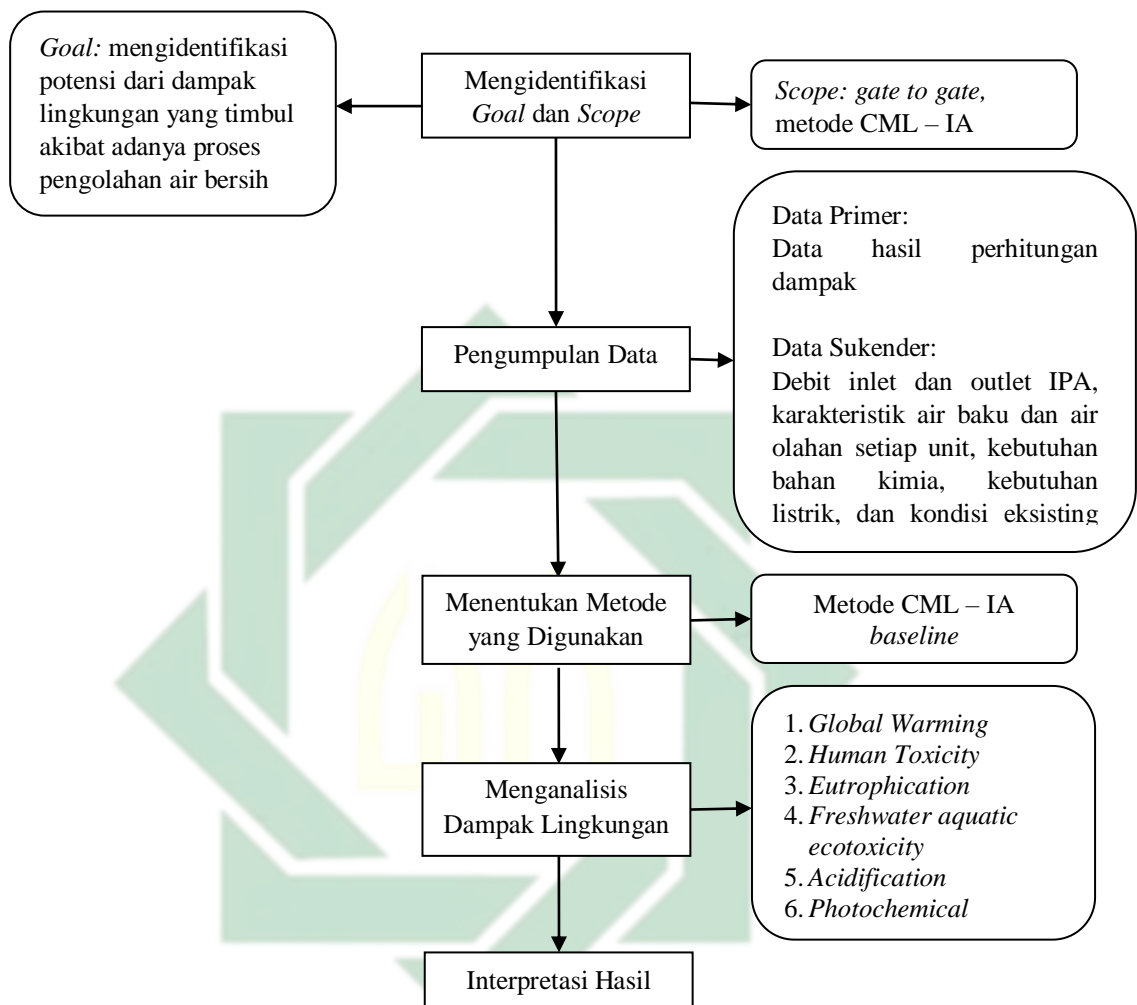




**Gambar 3. 1** Lokasi IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim  
 (sumber: hasil analisis, 2022)



**Gambar 3. 2** Diagram Alir Penelitian  
(sumber: hasil analisis, 2022)



**Gambar 3. 3** Kerangka Pikir  
(sumber: hasil analisis, 2022)

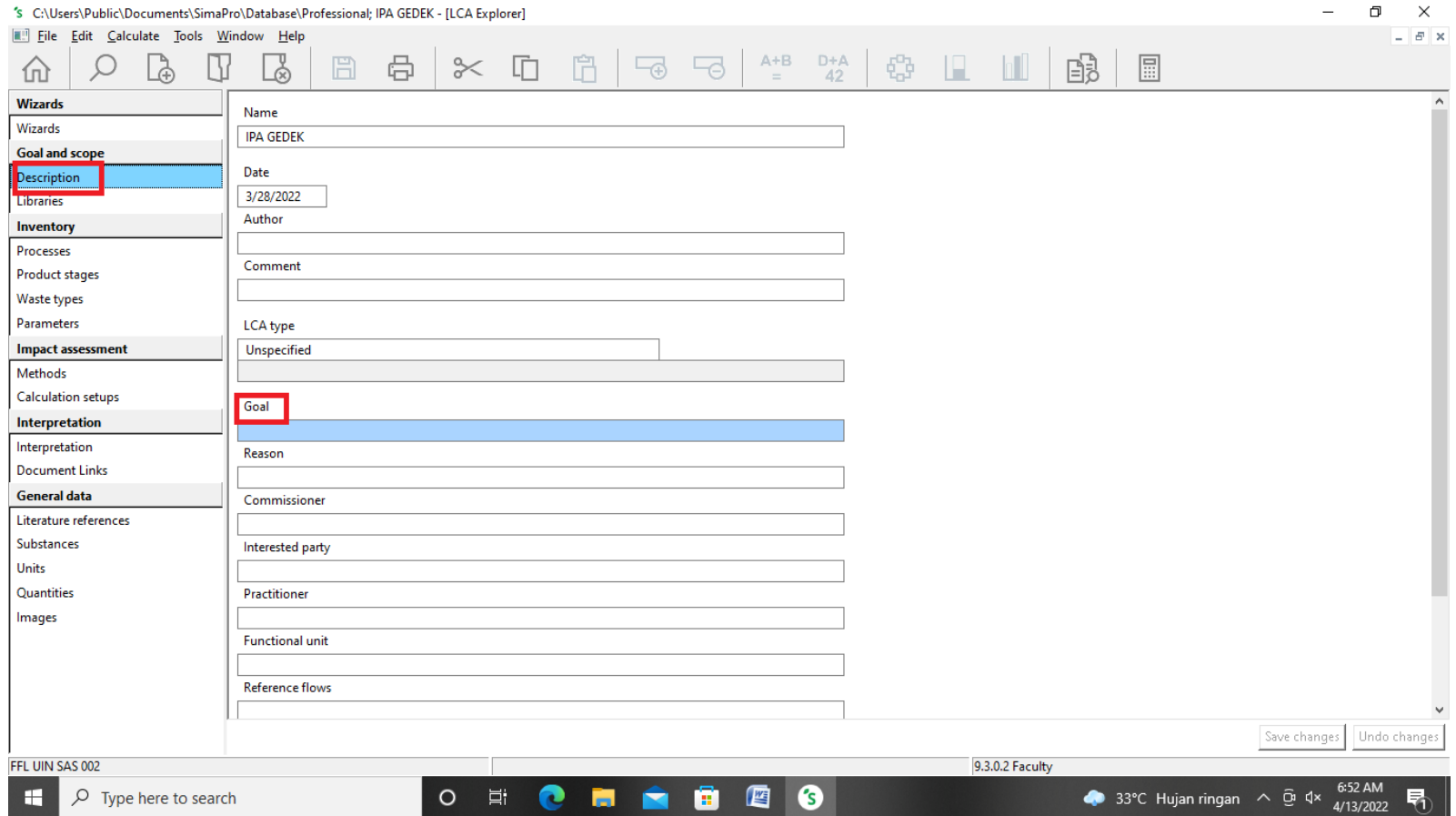
#### b. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah debit inlet dan outlet IPA, karakteristik air baku dan air olahan setiap unit, kebutuhan bahan kimia, dan kebutuhan listrik. Data debit inlet dan outlet diperoleh dari data IPA Gedek tahun 2021 dan untuk data karakteristik air baku dan air olahan dari setiap unit pengolahan diperoleh dari hasil uji laboratorium yang dilakukan IPA Gedek setiap bulannya. Sedangkan untuk data kebutuhan bahan kimia diperoleh dengan pengukuran sesuai perhitungan yang ada, kemudian untuk data kebutuhan listrik diperoleh dengan

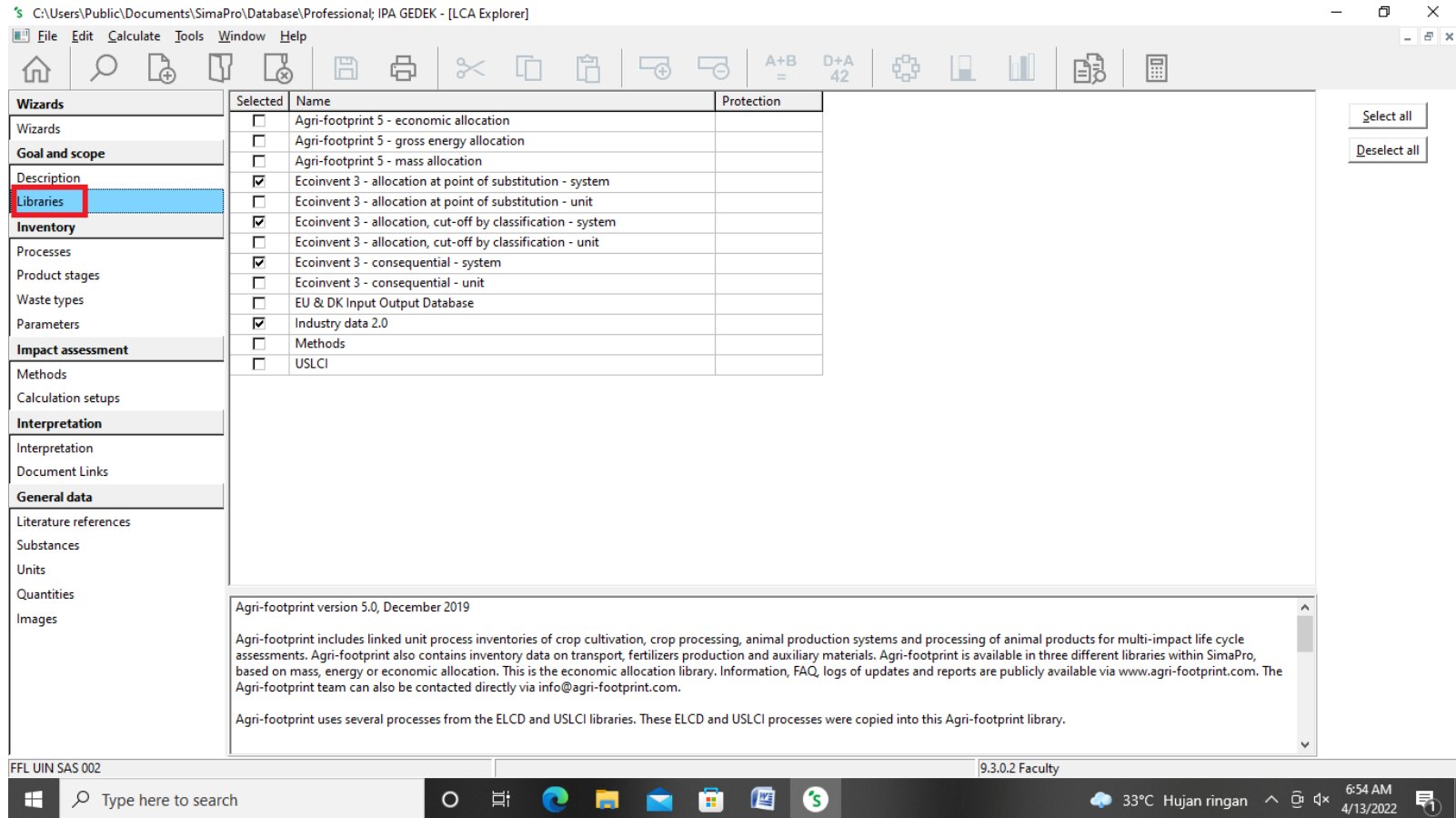
mewawancarai narasumber. Data kondisi eksisting lokasi IPA berupa ukuran dari bak setiap unit pengolahan dan alur pengolahan air yang diperoleh dari hasil wawancara.

### **3.4.2 Pengolahan Data dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA)**

- a. Penentuan tujuan dan ruang lingkup, merupakan tahap pertama yang dilakukan pada pengolahan data dengan metode LCA. Tampilan Simapro untuk menentukan tujuan seperti pada Gambar 3.4, dan untuk menentukan ruang lingkup penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.5. Tahapan ini dilakukan agar penelitian sesuai dengan tujuan dan lebih jelas cakupan penelitiannya. Ruang lingkup dari penelitian ini adalah *gate to gate* atau proses produksi pada pengolahan air bersih di IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim dengan diagram alir *scope* seperti pada Gambar 3.6.
- b. *Life Cycle Inventory* (LCI), proses inventarisasi data dari seluruh kebutuhan skenario pengolahan air bersih. Data debit inlet dan outlet IPA, karakteristik air baku dan air olahan setiap unit, kebutuhan Bahan kimia, dan kebutuhan listrik yang telah dikumpulkan akan diinput sebagai *database* simapro. Tahap penginputan data untuk *database* disesuaikan dengan subjek yang akan diteliti dan apabila ingin menambahkan data mana pilih “*new*” seperti pada Gambar 3.7. Sedangkan jika ingin melihat data yang telah diinput maka pilih “*view*” dan tampilan datanya seperti pada Gambar 3. 8.

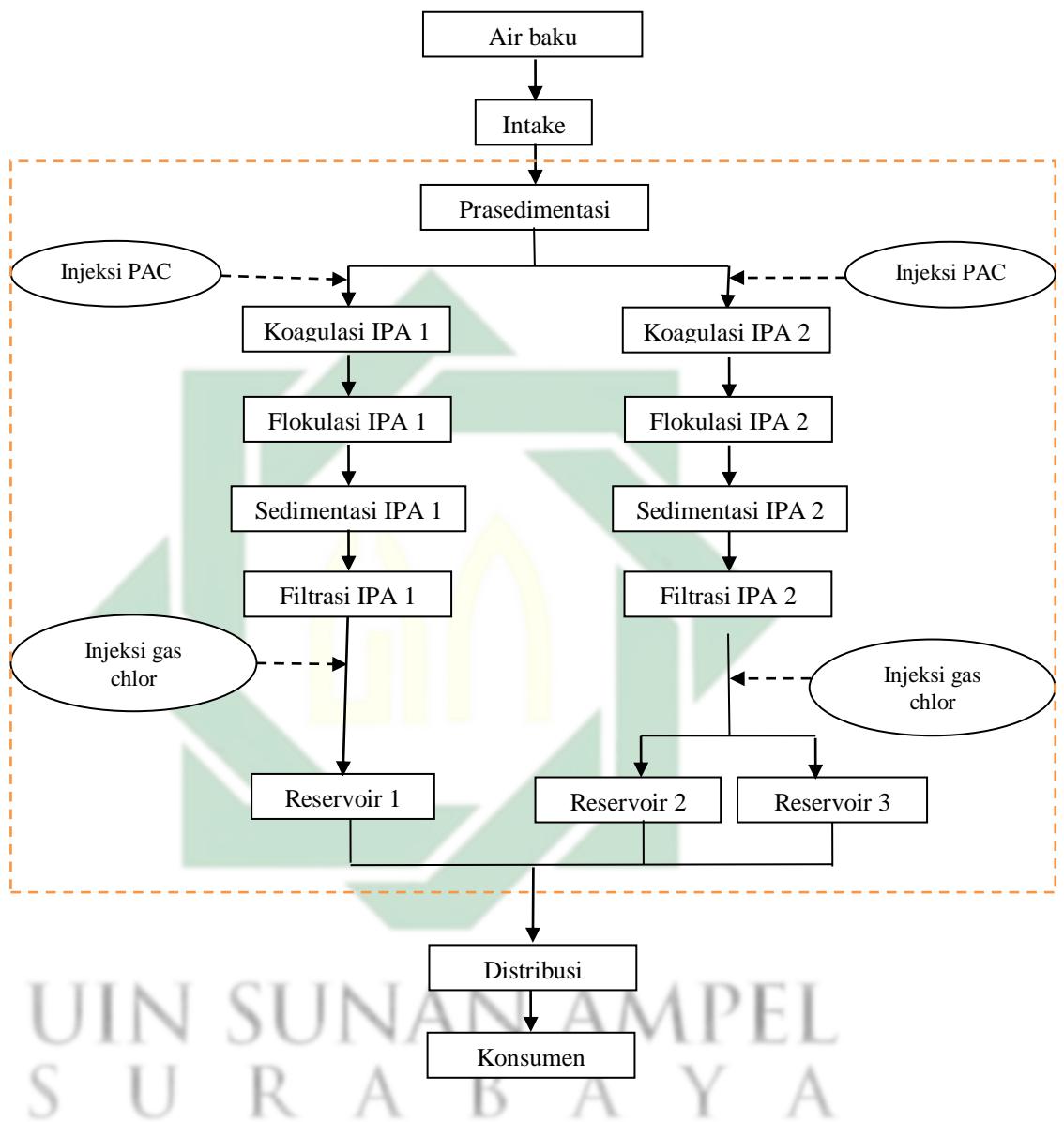


**Gambar 3.4** Penentuan tujuan  
(sumber: Simapro 9.3)



**Gambar 3.5** Penentuan scope  
(sumber: Simapro 9.3)





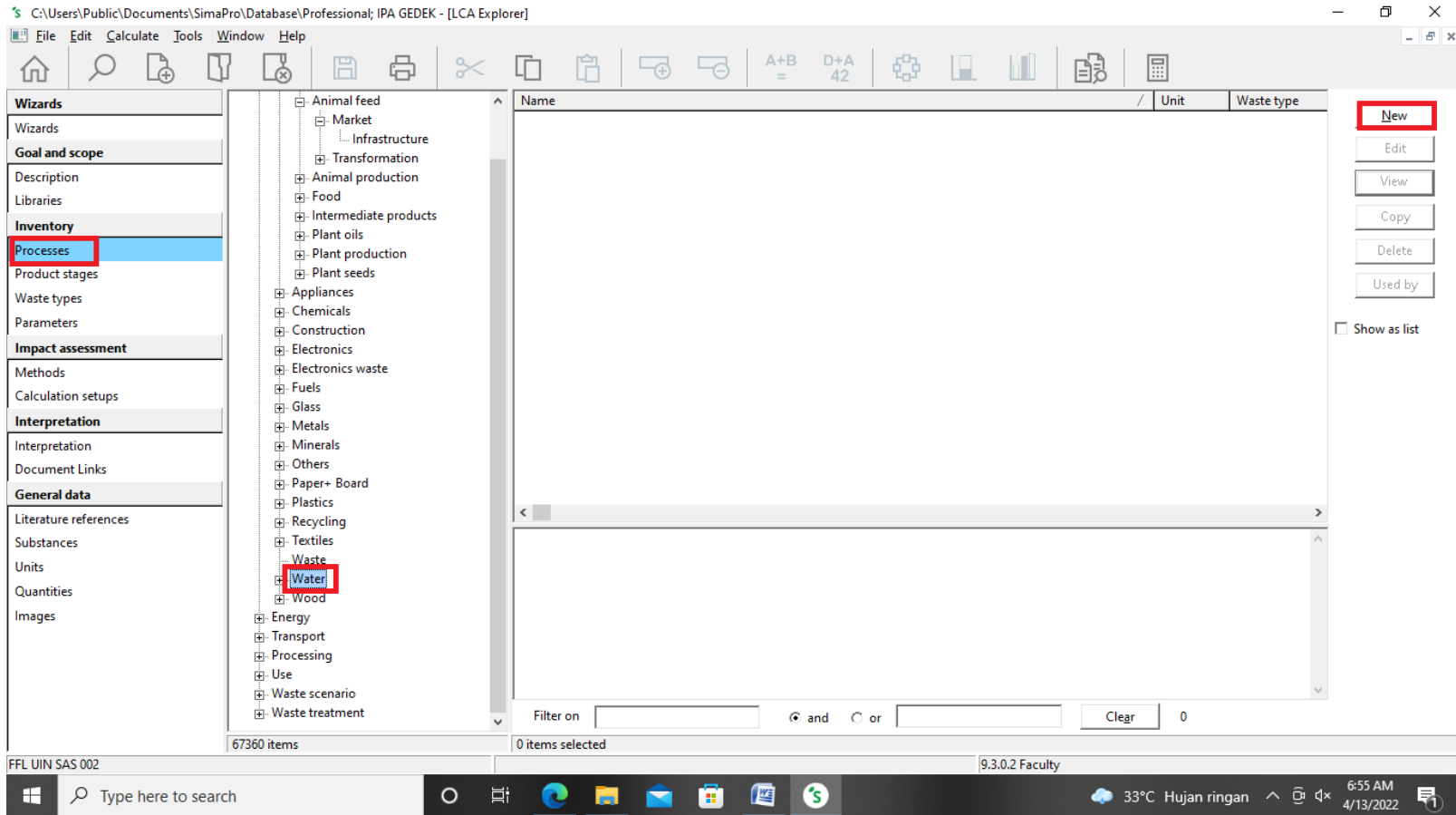
**Gambar 3. 6** Batasan (*scope*) yang dianalisis dari proses pengolahan air bersih  
(sumber: hasil analisis, 2022)

Keterangan:

IPA 1: Instalasi pengolahan air dengan debit 50 liter/detik dan dengan sistem manual

IPA 2: Instalasi pengolahan air dengan debit 150 liter/detik dan dengan sistem otomatis (*scada*)

: Batas penelitian



Gambar 3.7 Input database tahapan proses  
(sumber: Simapro 9.3)

C:\Users\Public\Documents\Simapro\Database\Professional; IPA GEDEK - [New material process]

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
0	kg	Mass	100 %	not defined	Water		
Add							

Outputs to technosphere: Avoided products

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
Add								
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								

Outputs

Emissions to air	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								
Emissions to water	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
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								
Non material emissions	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add								

FFL UIN SAS 002 9.3.0.2 Faculty

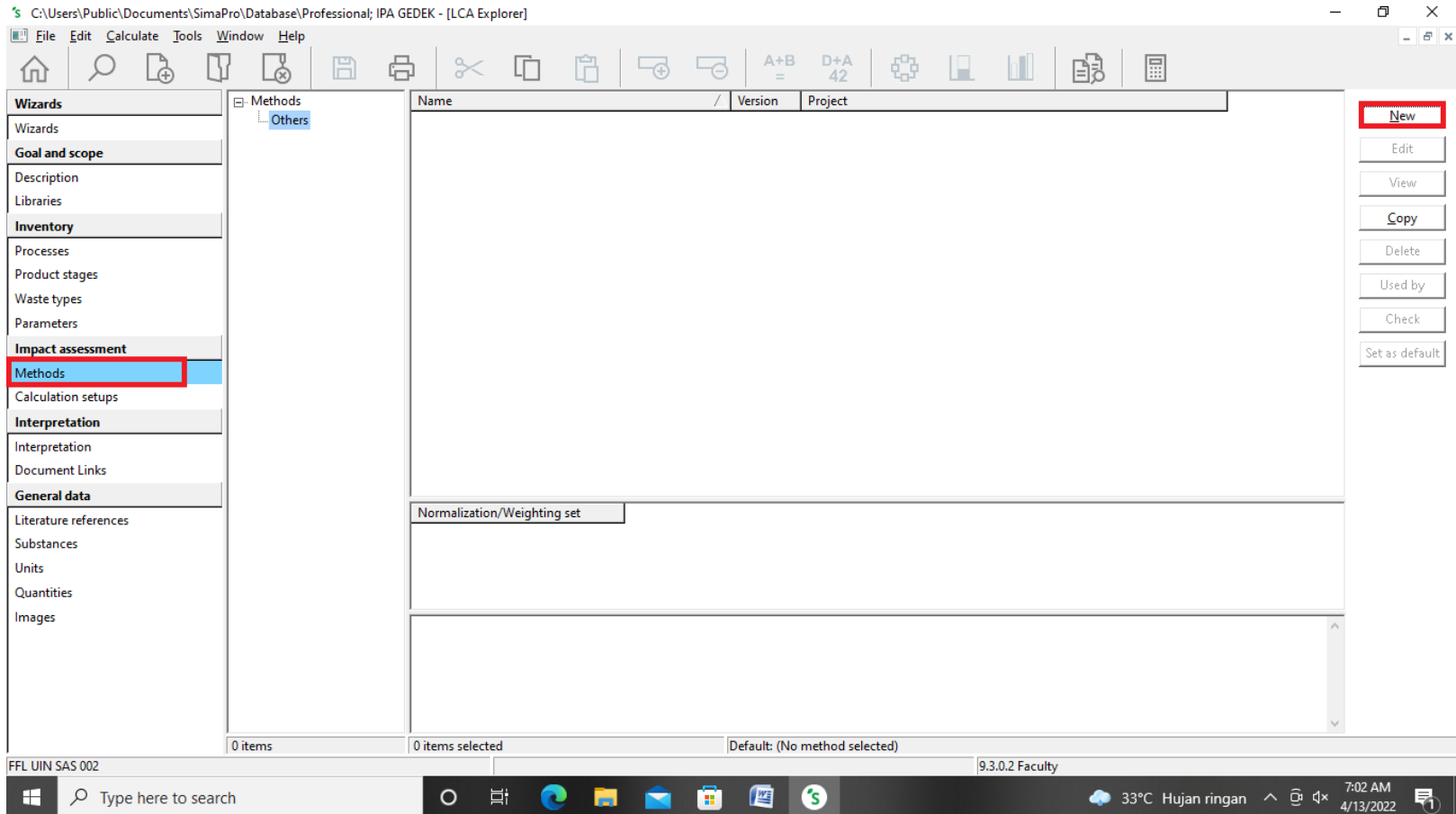
Type here to search 33°C Hujan ringan 6:56 AM 4/13/2022

Gambar 3. 8 Database tahapan proses  
(sumber: Simapro 9.3)

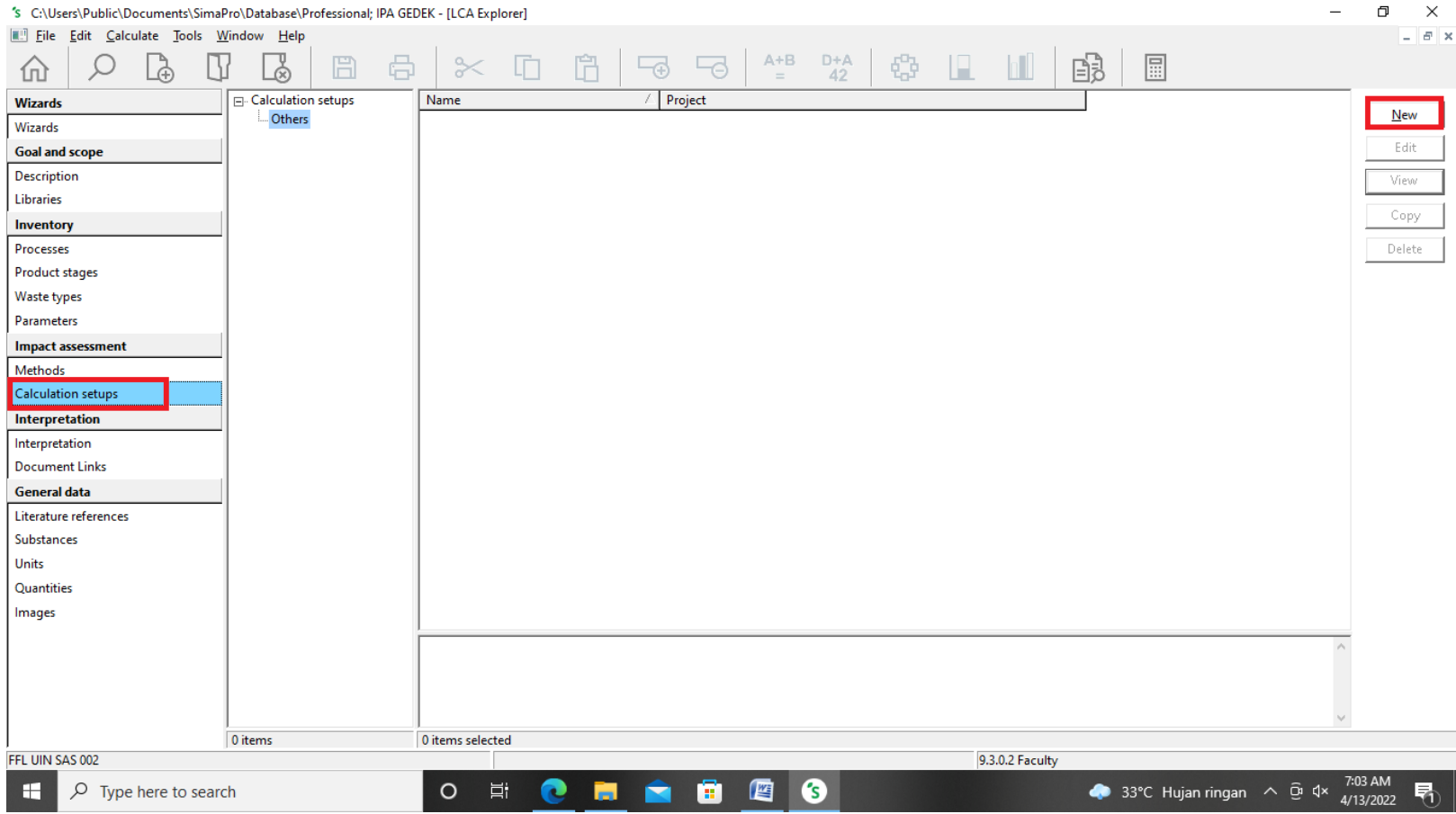
- c. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*, software Simapro digunakan untuk menganalisis LCA dengan metode penilaian dampak lingkungan CML – IA *baseline*. Dampak yang dianalisis dengan menggunakan Metode CML – IA *baseline* berfokus pada enam kategori dampak lingkungan yaitu *global warming*, *human toxicity*, *eutrophication*, *freshwater aquatic ecotoxicity*, *acidification*, dan *photochemical oxidation*. Tahapan dalam menganalisis data dilakukan 4 tahap yaitu *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*. Tampilan pada Simapro untuk menentukan metode yang dipilih seperti pada Gambar 3.9, sedangkan untuk perhitungan dampak lingkungan dapat dilihat pada Gambar 3.10. Hasil dari perhitungan dampak lingkungan yang dianalisis dapat dilihat pada Gambar 3.11.
- d. Interpretasi dan penarikan kesimpulan dilakukan pada setiap kategori dampak lingkungan pada setiap tahap LCA. Interpretasi dilakukan dengan menganalisis kontribusi agar dapat melihat output atau potensi apa yang dapat menjadi penyebab terjadinya dampak lingkungan yang ada. Tahap ini juga merupakan tahap penarikan kesimpulan dari hasil analisis yang dilakukan, dan tampilan di Simapro dari tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 3.12.

### 3.4.3 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada tahapan penelitian yaitu penarikan kesimpulan dari data hasil analisis perhitungan dampak lingkungan yang dikaji dan kesimpulan yang diambil dapat menjawab tujuan dilakukannya penelitian. Setelah itu memberikan saran yang dijadikan sebagai rekomendasi perbaikan, hal tersebut dilakukan agar dampak lingkungan dari proses pengolahan air menjadi lebih rendah.

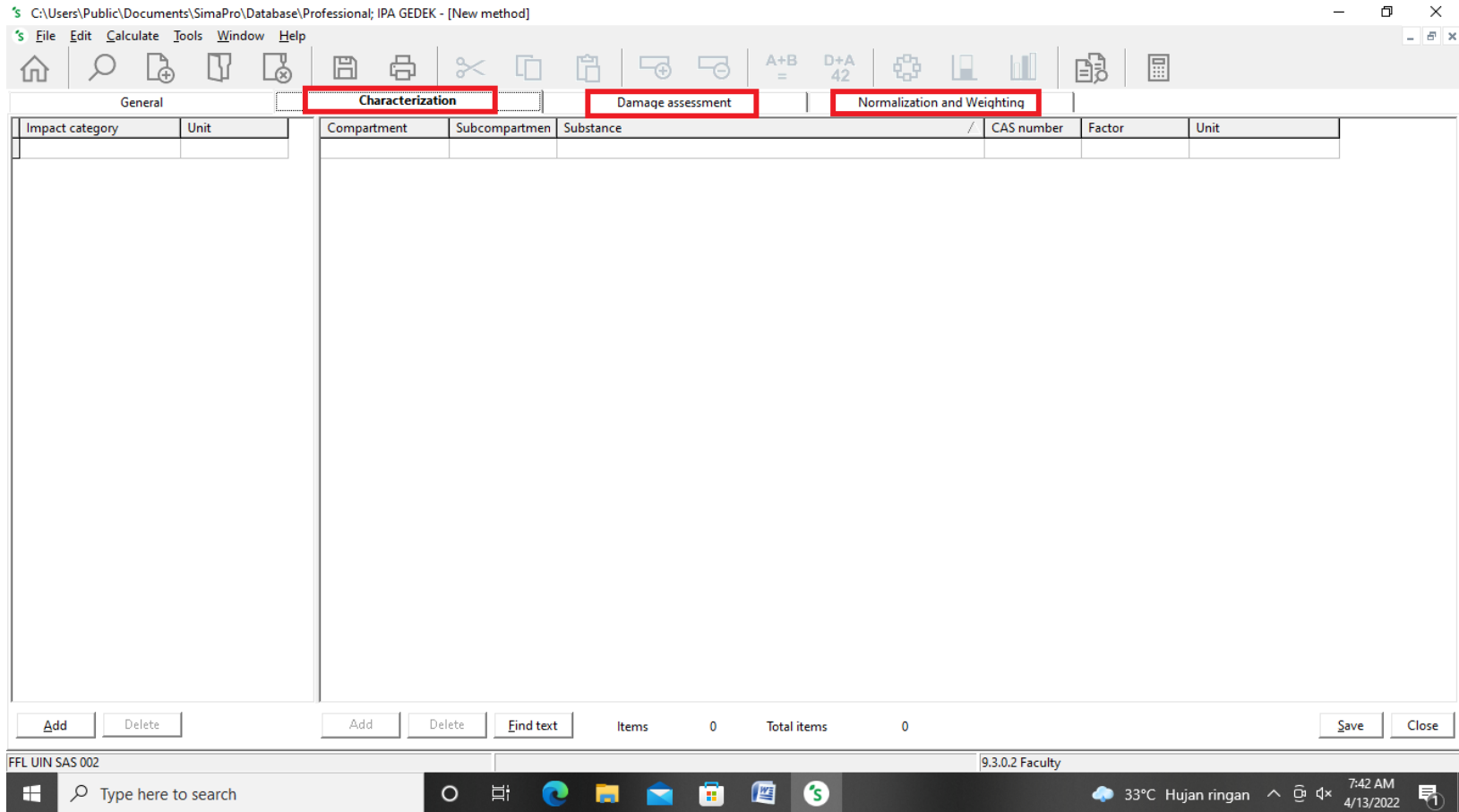


**Gambar 3. 9** Penentuan metode  
(sumber: Simapro 9.3)

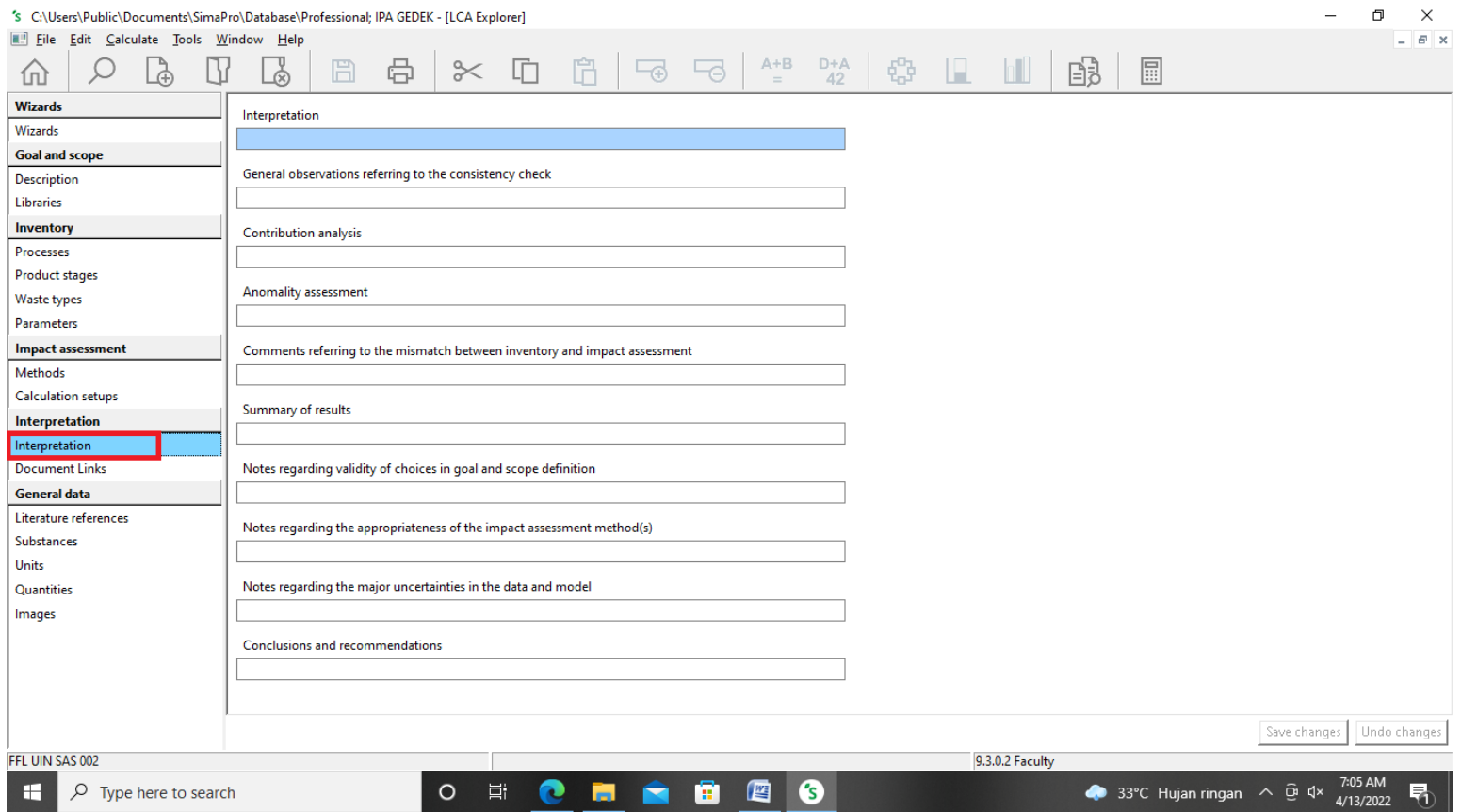


Gambar 3. 10 Perhitungan dampak  
(sumber: Simapro 9.3)





**Gambar 3.11** Hasil perhitungan dampak  
(sumber: Simapro 9.3)



**Gambar 3. 12** Interpretasi  
(sumber: Simapro 9.3)

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Gambaran Umum IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim**

Sejak tahun 1984 Konsultan Jepang (PCI) melakukan studi untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat Surabaya dan sekitarnya, dan untuk memenuhi kebutuhan air bersih dilakukan pemanfaatan mata air Umbulan yang bertempat di Kabupaten Pasuruan. Proyek yang dilakukan tersebut berjalan secara intensif dari tahun ke tahun, sehingga proyek tersebut dikenal dengan sebutan Proyek Air Bersih Umbulan. Perkembangan proyek tersebut sangat baik hingga menjalin kerjasama dengan pihak swasta dalam hal pengoperasian dan pembiayaan. Pada tahun 1987 melalui Peraturan Daerah Provinsi Dati I Jatim Nomor 2 Tahun 1987 yang kini diganti menjadi Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2014, maka didirikan Perusahaan Daerah Air Bersih (PDAB).

PT. Air Bersih Jatim Unit SPAM Mojolagres-Mojokerto atau IPA Gedek didirikan pada tahun 2014 yang berlokasi di Jl. Raya Losari RT.12/RW.02, Dusun Losari Barat, Desa Sidoharjo, Kecamatan Gedek, Kabupaten Mojokerto. IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim memiliki visi yaitu Menjadi Penyelenggara Sistem Penyediaan Air Minum di Wilayah Provinsi Jawa Timur yang Handal dan Profesional. Selain itu, IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim pun memiliki beberapa misi yang digunakan sebagai langkah untuk mewujudkan visi dari perusahaan. Sebagai motivasi untuk menjalankan misi yang dibuat, maka IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim mempunyai sebuah motto yaitu Solusi Pemenuhan Air Minum serta Kepuasan Pelanggan adalah Prioritas Pelayanan Kami. Visi, misi dan motto yang dibuatkan bukan hanya berlaku untuk para karyawan, tetapi juga untuk seluruh pegawai yang bekerja di IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim. Kini, IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim sendiri memiliki 20 pekerja dengan pembagian shift sebanyak 3 shift, dimana pada masing-masing shift memiliki 8 jam kerja. Namun, untuk jam kerja bagian administrasi dan pegawai kantor lainnya yaitu pukul 08.00 – 16.00

WIB. Selama satu minggu, IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim telah menetapkan hari kerja yaitu sebanyak 5 hari kerja.

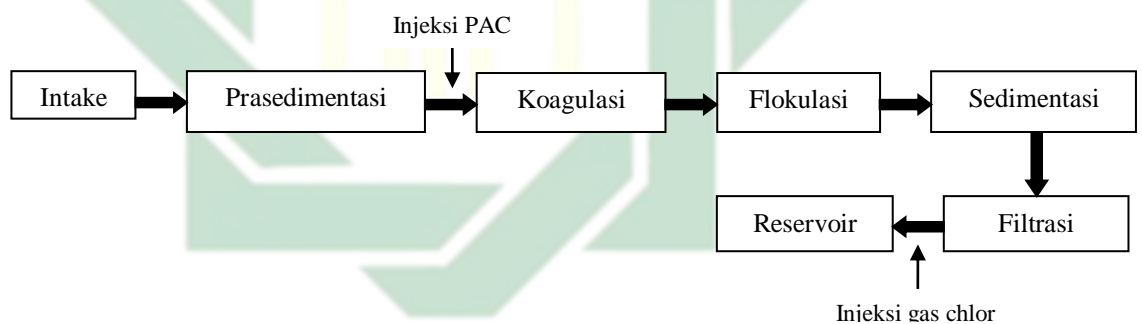
PT. Air Bersih Jatim Unit SPAM Mojolagres-Mojokerto atau IPA Gedek adalah sebuah bentuk kerjasama yang dilakukan antar pemerintahan daerah yang disetujui oleh Dirjen Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. Selain itu, IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim bekerja sama dengan beberapa PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum), kerjasama tersebut dilakukan karena IPA Gedek berfokus pada pengolahan air bersih dan PDAM menjadi tempat pendistribusian air minum. Beberapa PDAM yang menjalin kerjasama yaitu PDAM Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Gresik, dan Kabupaten Lamongan. Wilayah pelayanan untuk masing-masing PDAM berbeda, untuk PDAM Kabupaten Mojokerto pada bulan April 2022 melayani 7440 rumah dan pada bulan Mei 2022 mengalami kenaikan menjadi 7458 rumah. Sedangkan untuk PDAM Kabupaten Lamongan pada bulan April melayani 617 rumah. Untuk PDAM Kabupaten Gresik bulan April 2022 melayani 6747 rumah, dan pada bulan Mei 2022 melayani 6751 rumah.

Perencanaan pembangunan IPA Gedek dilakukan sebagai pengolahan air bersih dengan kapasitas pengolahan yaitu 300 liter/detik. Air baku yang digunakan sebagai bahan baku pengolahan air di IPA Gedek yaitu berasal dari Sungai Brantas, sehingga pembangunan intake IPA Gedek berada di dekat Sungai Brantas. Instalasi pengolahan air yang dimiliki IPA Gedek memiliki kapasitas produksi 50 liter/detik dengan dilengkapi 7 unit proses pengolahan. Ketujuh unit proses pengolahan tersebut adalah *intake*, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir. Pada tahun 2019, terdapat penambahan instalasi pengolahan dengan unit proses yang sama seperti sebelumnya, namun untuk kapasitas produksi dan sistem yang digunakan berbeda dengan instalasi pengolahan sebelumnya. Jika pada instalasi pengolahan yang pertama atau IPA 1 memiliki kapasitas produksi 50 liter/detik, maka instalasi pengolahan yang kedua atau IPA 2 ini memiliki kapasitas produksi 150 liter/detik. IPA 1 menggunakan sistem konvensional dengan memanfaatkan gaya gravitasi dalam proses pengolahannya, sedangkan

untuk IPA 2 menggunakan sistem yang lebih dikenal dengan sistem *Scada* yang memanfaatkan pompa hidrolis.

#### 4.2 Kondisi Eksisting Pengolahan Air Bersih

Pengolahan air bersih yang dilakukan oleh IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim memiliki total debit air yakni 200 liter/detik. Pengolahan air tersebut dilakukan pada 2 paket instalasi pengolahan air yaitu IPA 1 yakni IPA dengan sistem manual yang memiliki debit 50 liter/detik dan IPA 2 yakni IPA dengan sistem otomatis (*scada*) yang memiliki debit 150 liter/detik. Kedua paket instalasi pengolahan air tersebut memiliki tahapan pengolahan yang sama namun karena debit yang lebih besar, maka IPA otomatis memiliki jumlah bak yang lebih banyak dari IPA manual. Gambar 4.1 berikut merupakan diagram alir pengolahan air bersih di IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim.



**Gambar 4. 1** Alur Pengolahan Air Bersih  
(sumber: hasil analisis, 2022)

##### 4.2.1 Unit Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan unit pengolahan yang bertujuan untuk mengendapkan benda kasar yang tidak tersaring pada *bar screen* seperti pasir atau benda lainnya yang dapat disebut dengan partikel diskret (Joko, 2010). Prasedimentasi merupakan unit pertama pengolahan air di IPA Gedek. Sebelum prasedimentasi, terdapat unit intake yang berlokasi di samping Sungai Brantas sebagai sumber air baku. Unit prasedimentasi yang IPA Gedek berjumlah 4 bak dengan dimensi masing-masing bak memiliki panjang sebesar 26,4 m, lebar sebesar 4,55 m, dan kedalaman sebesar 4,03 m. Keempat bak prasedimentasi tersebut saling

berhubungan, sehingga jika terdapat bak prasedimentasi yang sedang dilakukan pembersihan maka proses pengolahan air akan digantikan oleh bak prasedimentasi yang lainnya. Unit ini dilengkapi dengan 3 pompa pembagi yang berkapasitas 100 liter/detik. Unit prasedimentasi pada IPA Gedek dapat dilihat seperti pada Gambar 4.2.



**Gambar 4. 2** Prasedimentasi IPA Gedek  
(Sumber: Dokumentasi probadi, 2022)

#### 4.2.2 Unit Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penambahan zat kimia (koagulan) ke dalam air yang diikuti dengan pengadukan cepat agar koagulan dan koloid di dalam air dapat tercampur. Terdapat beberapa jenis pengadukan pada unit koagulasi, namun yang digunakan IPA Gedek dalam pengadukan yaitu sistem gravitasi dan sistem terjunan dengan memanfaatkan gaya hidrolisis (Joko, 2010).

Air yang berasal dari unit prasedimentasi masuk ke unit koagulasi IPA 1 dan koagulasi IPA 2. Pada unit koagulasi IPA 1 memiliki bak yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang yaitu 6,4 m, dengan ukuran lebar yaitu 1,68 m dan kedalaman yaitu 1,46 m. Sistem yang digunakan pada IPA 1 Gedek adalah sistem gravitasi tanpa menggunakan pompa. Sedangkan unit koagulasi IPA 2 memiliki bentuk bak heksagonal dengan ukuran diameter sebesar 4,1 m dan kedalaman sebesar 1,75 m. Jenis pengadukan koagulasi pada IPA 2 memanfaatkan gaya hidrolisis, selain itu juga memanfaatkan turbulensi di dalam pipa dan terjunan air. Jenis hidrolisis dengan terjunan juga memanfaatkan



energi yang terjadi dari ketinggian terjunan air tersebut. Sedangkan untuk pembubuhan zat kimia dilakukan sebelum air diterjunkan, sehingga air yang terjun tersebut telah mengandung koagulan yang siap untuk diaduk (Joko, 2010). Pemberian dosis koagulan diberikan sesuai dengan tingkat kekeruhan air, dan ketentuan dosis untuk IPA 1 dan IPA 2 berbeda. Sebelum dilakukan penambahan PAC, koagulan yang digunakan akan dicampur air dengan menggunakan mixer. Unit koagulasi IPA Gedek baik IPA 1 maupun IPA 2 dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Unit Koagulasi (a) IPA 1 Gedek; (b) IPA 2 Gedek  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

#### 4.2.3 Unit Flokulasi

Flokulasi atau pengadukan lambat merupakan proses tumbukkan antar flok yang menyebabkan terbentuknya gumpalan flok yang lebih besar, serta terjadi perbedaan berat jenisnya terhadap air. Oleh sebab itu, dengan adanya perbedaan berat jenisnya terhadap air maka dapat memudahkan flok untuk mengendap di bak sedimentasi (Joko, 2010). Sistem flokulasi yang digunakan oleh IPA Gedek merupakan proses flokulasi dengan menggunakan *buffle* vertikal yang berbentuk heksagonal.

Air dari unit koagulasi IPA 1 menuju unit flokulasi IPA 1 mengalir dengan sistem gravitasi. Pada IPA 1, bak flokulasi berjumlah 6 bak yang berbentuk heksagonal dengan ukuran diameter yaitu 1,73 m. Sedangkan pada IPA 2, air yang berasal dari unit koagulasi menuju unit flokulasi

mengalir secara hidrolisis. Untuk bak flokulasi pada IPA 2 berjumlah 7 bak, dengan masing-masing ukuran diameter 2,48 m dan dengan kedalaman sebesar 7 m. Unit flokulasi IPA Gedek baik IPA 1 maupun IPA 2 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Unit Flokulasi (a) IPA 1 Gedek; (b) IPA 2 Gedek  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

#### 4.2.4 Unit Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pengendapan partikel dengan menggunakan gaya gravitasi. Partikel akan mengendap dengan sendirinya karena pada proses flokulasi terjadi perubahan berat jenis pada partikel. Semakin besar berat jenis partikel maka kemampuan mengendapnya akan semakin tinggi, selain itu kemampuan pengendapan partikel juga dapat dipengaruhi oleh ukuran partikelnya.

Air dari unit flokulasi akan masuk ke unit sedimentasi untuk mengendapkan flok yang sebelumnya telah terbentuk pada unit flokulasi. Ukuran bak sedimentasi IPA 1 yaitu panjang 4,36 m dan memiliki lebar 6,05 m. Sedangkan air yang berasal dari unit flokulasi IPA 2 akan masuk ke unit sedimentasi IPA 2 yang berjumlah 2 bak sedimentasi. Bak sedimentasi tersebut masing-masing memiliki ukuran panjang yaitu sebesar 11,325 m, lebar sebesar 5,78 m, dan untuk kedalaman sebesar 6,58 m. Proses pengendapan pada unit sedimentasi dilakukan secara gravitasi, sehingga zat padat akan mengendap dan untuk zat cair yang

masuk ke unit filtrasi melalui *v-notch*. Unit sedimentasi IPA Gedek baik IPA 1 maupun IPA 2 dapat dilihat pada Gambar 4.5.



(a)



(b)

**Gambar 4. 5** Unit Sedimentasi (a) IPA 1 Gedek; (b) IPA 2 Gedek  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

#### 4.2.5 Unit Filtrasi

Filtrasi merupakan proses penyaringan suatu partikel secara biologi, kimia dan fisik yang bertujuan untuk menyaring atau memisahkan yang tidak terendapkan pada proses sedimentasi melalui media berpori. Media filter yang biasa digunakan yaitu pasir, karena pasir filter mudah diperoleh serta lebih ekonomis. Pasir filter yang digunakan merupakan pasir halus yang lebih cepat mampat (*clogging*), dan apabila ukuran pasir terlalu besar maka partikel halus dalam air akan ikut lolos dari proses filtrasi. Setelah melewati media filtrasi maka air menuju media penahan filter, media tersebut berupa kerikil atau gravel. Tujuan dari adanya media penahan yaitu untuk menahan media filter serta

menyebarkan media filtrat ke dalam sistem drainase dan aliran air pencuci pasir (Joko, 2010).

Jenis saringan yang digunakan IPA Gedek yaitu saringan pasir cepat (*rapid sand filter*) dengan kecepatan penyaringan pada pasir cepat relatif lebih cepat sehingga membutuh pencuciannya berupa *backwash*. Air yang berasal dari unit sedimentasi akan masuk ke unit filtrasi, bak filtrasi pada IPA 1 memiliki panjang yang berukuran 3,66 m dan memiliki lebar 1,11 m. Pada IPA 2, air dari unit sedimentasi akan masuk ke unit filtrasi yang berjumlah 6 bak filtrasi dengan 5 bak utama dan 1 bak cadangan. Bak filtrasi masing-masing memiliki ukuran panjang sebesar 6,75 m, dengan lebar 2,35 m, dan kedalaman 5,75 m. Ketebalan dari pasir silika sebagai penyaring yakni 70 cm, sedangkan ketebalan gravel yaitu 20 cm. Gravel sendiri merupakan media penyangga agar lapisan pasir silika tidak turun ke bawah dan masuk ataupun menutupi sistem *under drain*. Unit filtrasi IPA Gedek baik IPA 1 maupun IPA 2 dapat dilihat pada Gambar 4.6.



(a)



(b)

**Gambar 4. 6** Unit Filtrasi (a) IPA 1 Gedek; (b) IPA 2 Gedek  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)



#### 4.2.6 Unit Desinfeksi

Desinfeksi merupakan usaha yang dapat dilakukan pada pengolahan untuk mematikan mikroorganisme terutama yang bersifat patogen dan masih tersisa dalam proses. Jenis dari desinfeksi ada yang berupa kimia seperti larutan kaporit, gas chlor, dan gas ozon dan untuk fisika seperti gelombang mikro dan ultraviolet. IPA Gedek menggunakan desinfeksi berupa gas chlor, penginjeksian gas chlor dilakukan pada saat air menuju ke unit reservoir. Pemilihan gas Klor pada proses desinfeksi, karena biaya yang dikeluarkan untuk gas chlor lebih rendah walaupun dalam penanganannya memerlukan ketelitian lebih karena bersifat gas. Proses desinfeksi yang dilakukan tersebut dapat disebut post chlorinasi, karena penginjeksian chlor dilakukan pada proses terakhir pengolahan air. Post chlorinasi memiliki tujuan yaitu untuk membunuh mikroorganisme patogen di dalam air serta menyediakan sisa klorin untuk keamanan air hingga sampai ke konsumen.

#### 4.2.7 Unit Reservoir

Air yang telah melalui serangkaian proses pengolahan air kemudian menuju ke tempat penyimpanan air. Reservoir merupakan bangunan instalasi untuk menyimpan air yang telah diolah serta telah memenuhi syarat air minum, sehingga air tersebut siap untuk didistribusikan ke masyarakat. Pada umumnya, unit reservoir dibangun di bawah permukaan tanah atau *ground reservoir* dan juga terdapat beberapa instalasi pengolahan air yang membangun reservoir di atas permukaan tanah. Fungsi utama dari bangunan reservoir yakni tempat penyimpanan air serta cadangan air saat keadaan darurat, dan juga menyiapkan air yang dibutuhkan oleh pemadam kebakaran.

IPA Gedek memiliki 3 unit reservoir dengan jenis penyimpanan air yaitu *ground reservoir* atau penyimpanan bawah tanah. Kapasitas maksimal penyimpanan air dari satu reservoir yaitu 500 m<sup>3</sup>, sehingga total kapasitas maksimal penyimpanan dari semua unit reservoir yaitu 1500 m<sup>3</sup>. Namun, untuk reservoir 1 untuk menampung air bersih hasil

dari pengolahan IPA 1 sedangkan untuk reservoir 2 untuk menampung air bersih hasil dari pengolahan IPA 2 Air yang telah masuk ke reservoir ini telah diproses dan diberikan desinfektan sehingga air tersebut telah siap di distribusikan ke masyarakat. Untuk pengujian air bersih tersebut dilakukan setiap sebulan sekali di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Surabaya. Unit reservoir sebagai tempat penampungan air bersih IPA Gedek dapat dilihat pada Gambar 4.7.



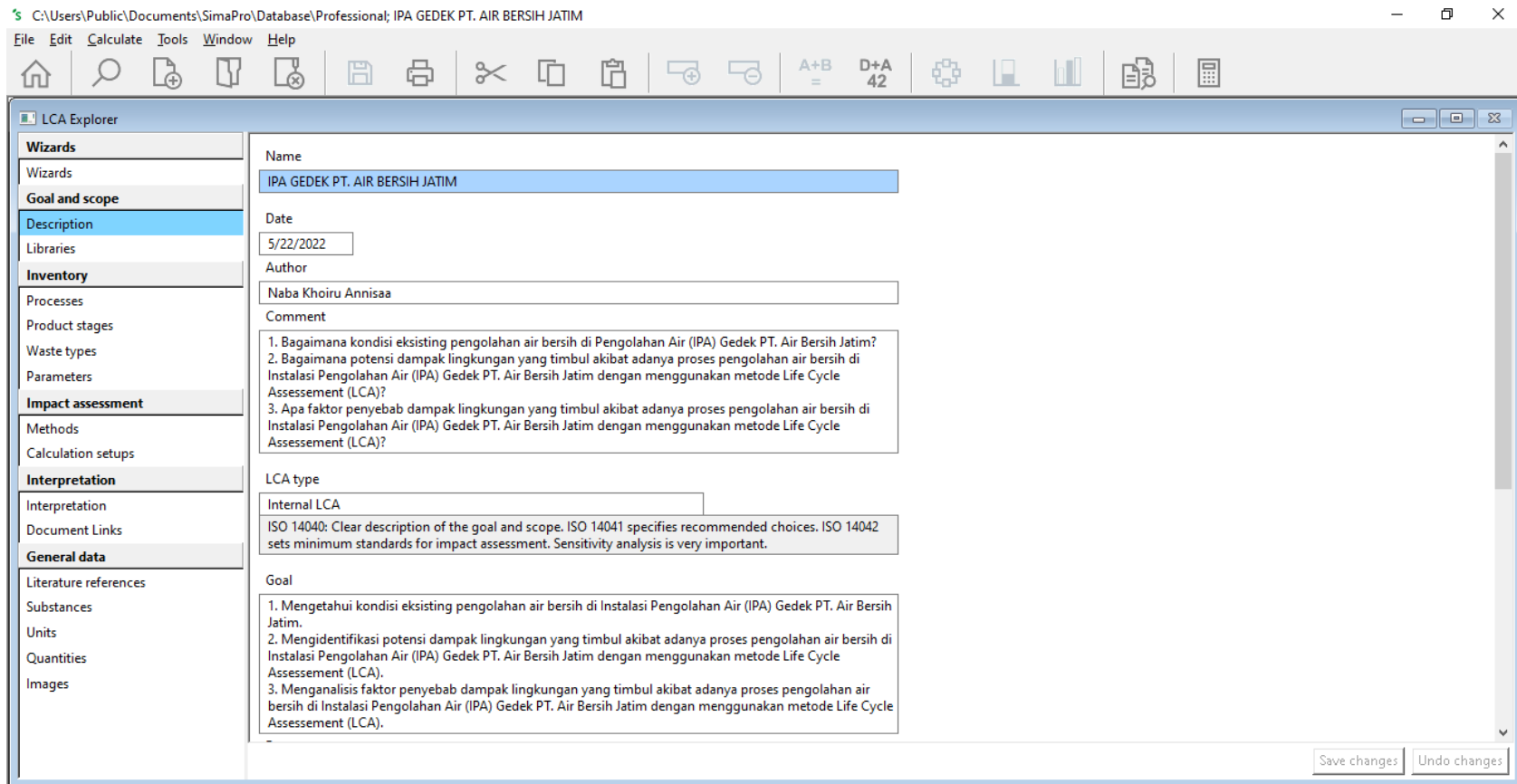
**Gambar 4. 7** Reservoir IPA Gedek  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2022)

### **4.3 Analisis *Life Cycle Assessment* (LCA)**

#### **4.3.1 *Goal and Scope***

Tahap pertama yaitu menentukan tujuan dan ruang lingkup dari sebuah penelitian. Selain untuk mengetahui kondisi eksisting proses pengolahan air, tujuan dari penelitian yaitu untuk mengidentifikasi potensi serta menganalisis faktor penyebab dari dampak lingkungan pada proses pengolahan air. Ruang lingkup yang digunakan sebagai batasan subjek pada penelitian adalah *gate to gate*, yang artinya subjek penelitian adalah unit proses pengolahan air mulai dari prasedimentasi hingga reservoir. Penentuan tujuan di *software* Simapro dapat dilihat pada Gambar 4.8.





**Gambar 4. 8** Penentuan *goal*  
Sumber: Hasil analisis (2022)

*Database* yang tersedia meliputi *agri footprint 5 (economic allocation)*, *agri-footprint 5 (gross energy allocation)*, *agri-footprint 5 (mass allocation)*, *ecoinvent 3 (allocation at point of substitution)*, *ecoinvent 3 (allocation, cut off by classification)*, *ecoinvent 3 (consequential)*, *EU & DK input output database*, *industri data 2.0*, dan *USLCI*. Metode yang dipilih dalam penelitian ini adalah metode *CML-IA Baseline* karena sesuai dengan subjek penelitian dan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Tampilan pada Simapro dapat dilihat pada Gambar 4.9.

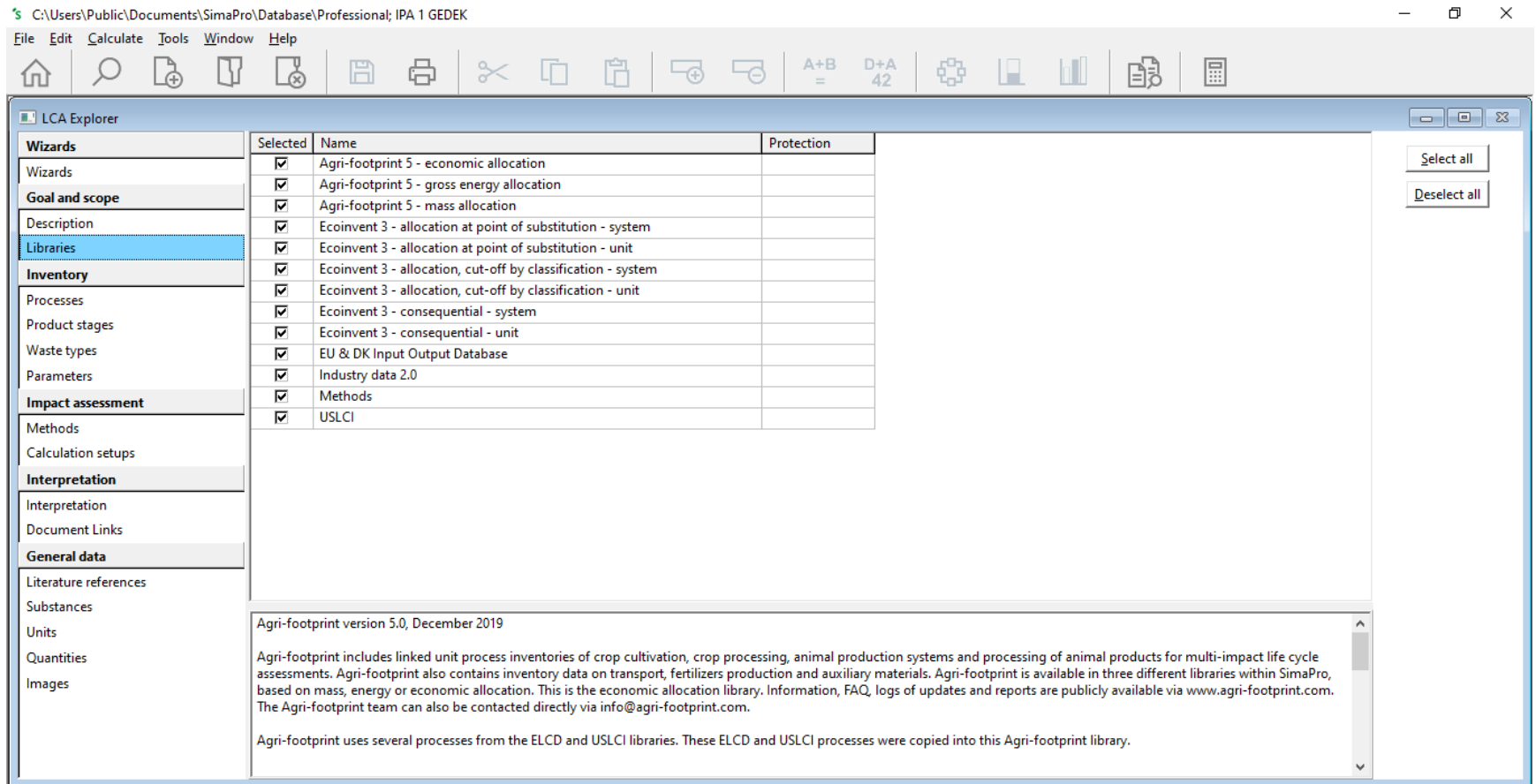
#### 4.3.2 *Life Cycle Inventory (LCI)*

Tahap *life cycle inventory* merupakan tahap pengumpulan data yang selanjutnya akan diinput ke *software* Simapro, kemudian Simapro akan menganalisis dampak lingkungan akibat adanya proses pengolahan air melalui data yang diinput tersebut. Data yang diinput ke Simapro merupakan data yang berasal dari data arsip IPA Gedek selama tahun 2021 yang kemudian dirata-ratakan. Data yang diinput tersebut meliputi data bahan baku yang digunakan, bahan kimia yang dibutuhkan serta data energi yang diperlukan. Proses penginputan data ke Simapro dapat dilihat pada Gambar 4.10.

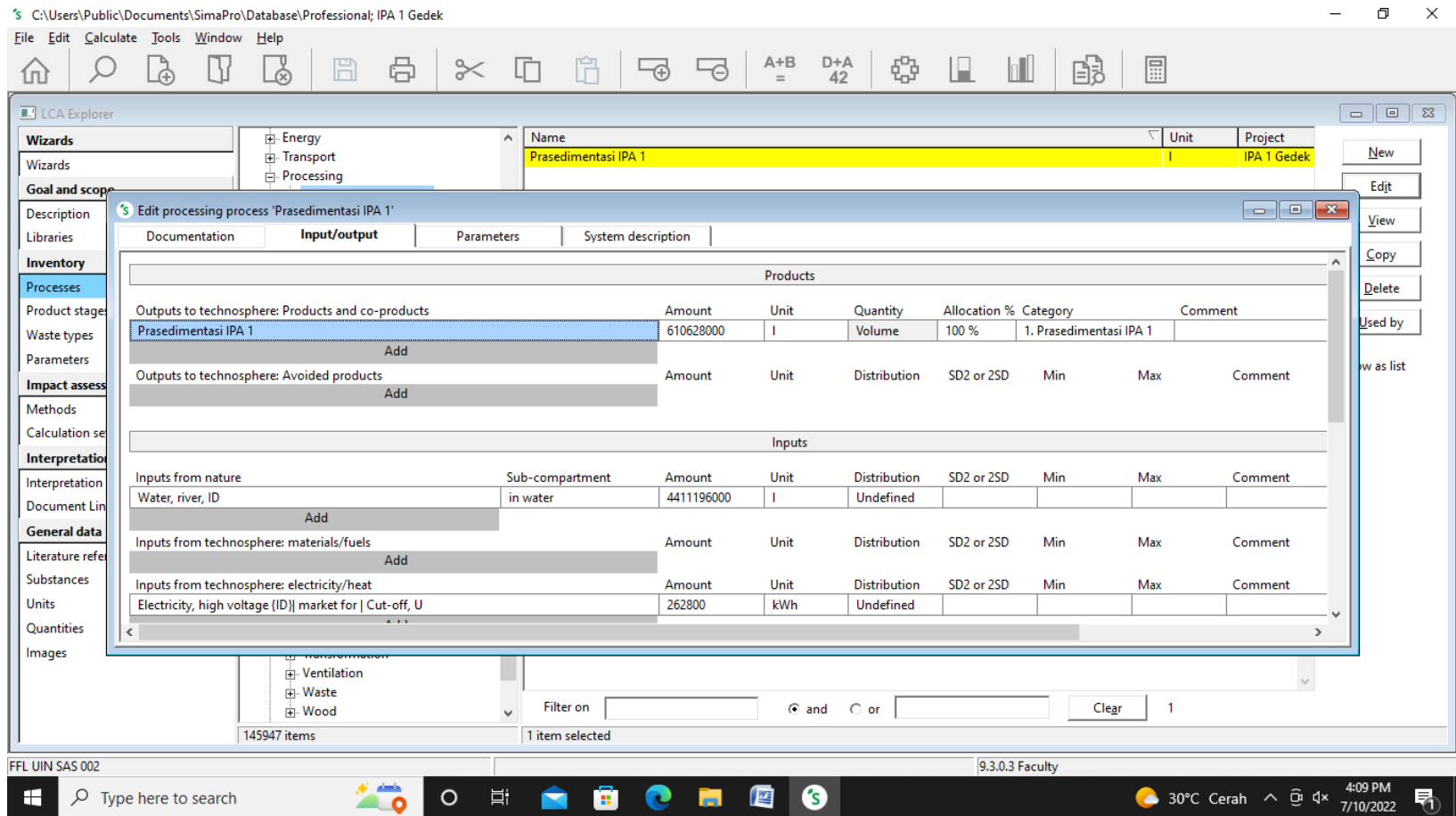
##### a. *Life cycle inventory* IPA 1 Gedek

###### 1) Prasedimentasi

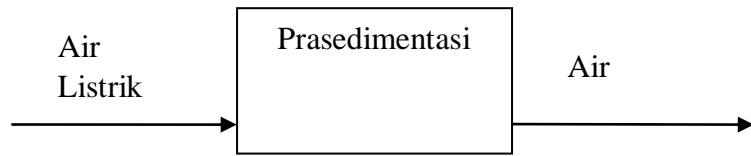
Prasedimentasi merupakan unit pengolahan air yang bertujuan untuk mengendapkan benda atau material yang tidak dapat tersaring pada *bar screen*. Pada Gambar 4.11 merupakan diagram alir prasedimentasi IPA 1 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.1 adalah tabel *life cycle inventory* pada prasedimentasi IPA 1 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 9** Penentuan *scope*  
 Sumber: Hasil analisis (2022)



**Gambar 4. 10** Proses penginputan data  
 Sumber: Hasil analisis (2022)



**Gambar 4. 11** Diagram alir prasedimentasi IPA 1 Gedek  
 Sumber: Hasil analisis (2022)

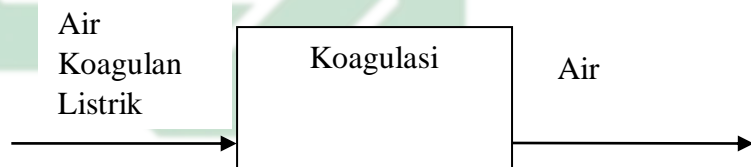
**Tabel 4. 1** *Life cycle inventory* prasedimentasi IPA 1 pada tahun 2021

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air Baku	4.411.196.000	liter
Listrik (pompa)	262.800	kWh
<b>Output</b>		
Air	610.628.000	liter

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

## 2) Koagulasi

Koagulasi merupakan proses pengadukan cepat yang dilakukan dengan penambahan zat kimia untuk mengikat molekul lainnya didalam air. Pada Gambar 4.12 merupakan diagram alir koagulasi IPA 1 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.2 adalah tabel *life cycle inventory* pada koagulasi IPA 1 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 12** Diagram alir koagulasi IPA 1 Gedek  
 Sumber: Hasil analisis (2022)

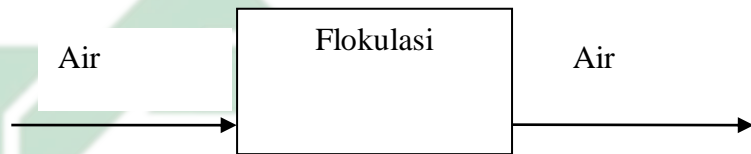
**Tabel 4. 2** *Life cycle inventory* koagulasi IPA 1 pada tahun 2021

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	61.062.8000	liter
Listrik (pompa dan mixer)	4388,103	kWh
PAC	27.279,77	kg
<b>Output</b>		
Air	594.770.000	liter
<b>Parameter</b>		
Aluminum	36,64	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

### 3) Flokulasi

Flokulasi merupakan proses pengadukan lambat untuk mempercepat laju tumbukkan antar partikel, sehingga partikel akan semakin membesar dan akan lebih mudah mengendap saat memasuki unit sedimentasi. Pada Gambar 4.13 merupakan diagram alir flokulasi IPA 1 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.3 adalah tabel *life cycle inventory* pada flokulasi IPA 1 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 13** Diagram alir flokulasi IPA 1 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

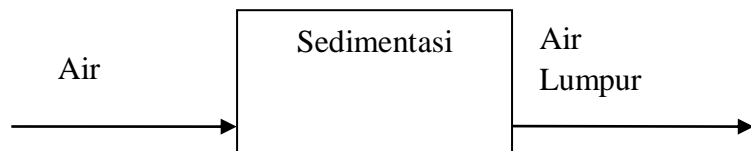
**Tabel 4. 3** *Life cycle inventory* flokulasi IPA 1 pada tahun 2021

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	594.770.000	liter
<b>Output</b>		
Air	593.580.000	liter
<b>Parameter</b>		
Aluminium	29,74	Kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

### 4) Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pengendapan yang dilakukan dengan menggunakan gaya gravitasi, karena partikel yang masuk dari unit flokulasi akan mengendap dengan sendirinya. Pada Gambar 4.14 merupakan diagram alir sedimentasi IPA 1 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.4 adalah tabel *life cycle inventory* pada sedimentasi IPA 1 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 14** Diagram alir sedimentasi IPA 1 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

**Tabel 4. 4** *Life cycle inventory* sedimentasi IPA 1 pada tahun 2021

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	593.580.000	liter
<b>Output</b>		
Air	591.799.000	liter
Lumpur	2909	kg
<b>Parameter</b>		
Aluminum	89,04	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

#### 5) Filtrasi

Filtrasi merupakan proses penyaringan dengan menggunakan media saring seperti pasir dan media penyangga seperti kerikil atau gravel. Pada Gambar 4.15 merupakan diagram alir filtrasi IPA 1 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.5 adalah tabel *life cycle inventory* pada filtrasi IPA 1 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 15** Diagram alir filtrasi IPA 1 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

**Tabel 4. 5** *Life cycle inventory* filtrasi IPA 1 pada tahun 2021

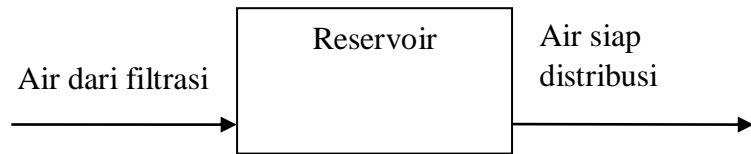
Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	591.799.000	liter
<b>Output</b>		
Air	588.367.000	liter
<b>Parameter</b>		
Aluminum	29.59	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

#### 6) Reservoir

Reservoir merupakan bangunan terakhir dalam proses pengolahan air sebelum air didistribusikan ke pelanggan, sehingga reservoir diperlukan untuk menyimpan air bersih yang sudah siap didistribusikan. Pada Gambar 4.15 merupakan diagram alir reservoir IPA 1 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.6 adalah tabel *life cycle inventory* pada reservoir IPA 1 Gedek pada tahun 2021.





**Gambar 4. 16** Diagram alir reservoir IPA 1 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

**Tabel 4. 6** *Life cycle inventory* reservoir IPA 1 pada tahun 2021

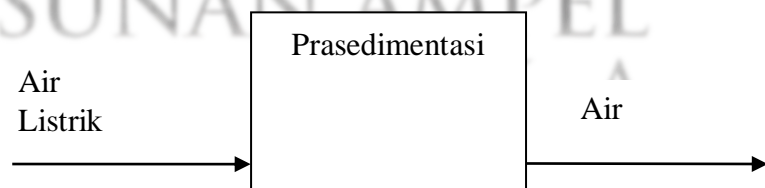
Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	588.367.000	liter
Gas klor	294,18	kg
<b>Output</b>		
Air	588.367.000	liter
<b>Parameter</b>		
Aluminum	17,65	kg
Free klorin	235.35	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

b. *Life cycle inventory* IPA 2 Gedek

1) Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan unit pengolahan air yang bertujuan untuk mengendapkan benda atau material yang tidak dapat tersaring pada *bar screen*. Pada Gambar 4.17 merupakan diagram alir prasedimentasi IPA 2 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.7 adalah tabel *life cycle inventory* pada prasedimentasi IPA 2 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 17** Diagram alir prasedimentasi IPA 2 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

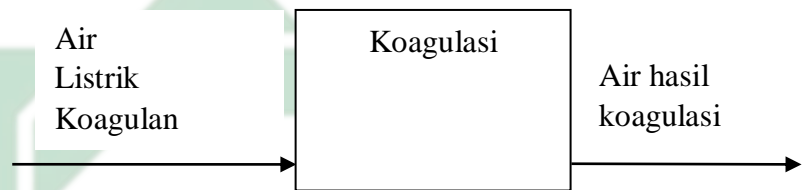
**Tabel 4. 7** *Life cycle inventory* prasedimentasi IPA 2 pada tahun 2021

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	4.411.196.000	liter
Listrik	593696,736	kWh
<b>Output</b>		
Air	3.852.594.000	liter

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

## 2) Koagulasi

Koagulasi merupakan proses pengadukan cepat yang dilakukan dengan penambahan zat kimia untuk mengikat molekul lainnya didalam air. Pada Gambar 4.18 merupakan diagram alir koagulasi IPA 2 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.8 adalah tabel *life cycle inventory* pada koagulasi IPA 2 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 18** Diagram alir koagulasi IPA 2 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

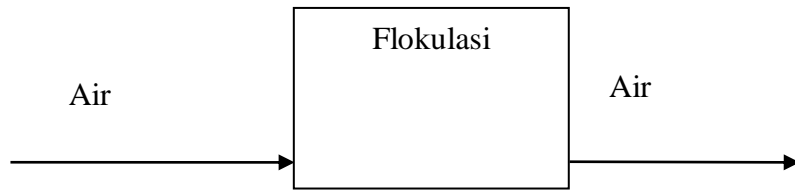
**Tabel 4. 8** *Life cycle inventory* koagulasi IPA 2 dalam satu tahun

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	3.852.594.000	liter
Listrik	6331,8375	kWh
PAC	108527,57	kg
<b>Output</b>		
Air	3.752.542.000	liter
<b>Parameter</b>		
Aluminum	346,73	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

## 3) Flokulasi

Flokulasi merupakan proses pengadukan lambat untuk mempercepat laju tumbukkan antar partikel, sehingga partikel akan semakin membesar dan akan lebih mudah mengendap saat memasuki unit sedimentasi. Pada Gambar 4.18 merupakan diagram alir flokulasi IPA 2 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.9 adalah tabel *life cycle inventory* pada flokulasi IPA 2 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 19** Diagram alir flokulasi IPA 2 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

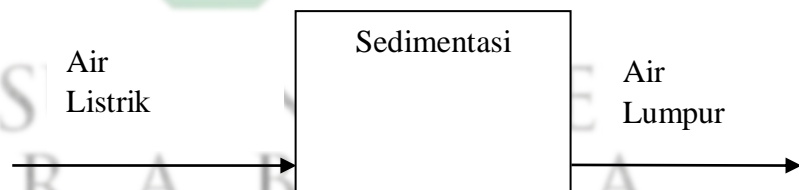
**Tabel 4. 9** *Life cycle inventory* flokulasi IPA 2 dalam satu tahun

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	3.752.542.000	liter
<b>Output</b>		
Air	3.745.037.000	liter
<b>Parameter</b>		
Aluminium	375,25	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

#### 4) Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pengendapan yang dilakukan dengan menggunakan gaya gravitasi, karena partikel yang masuk dari unit flokulasi akan mengendap dengan sendirinya. Pada Gambar 4.20 merupakan diagram alir sedimentasi IPA 2 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.10 adalah tabel *life cycle inventory* pada sedimentasi IPA 2 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 20** Diagram alir sedimentasi IPA 2 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

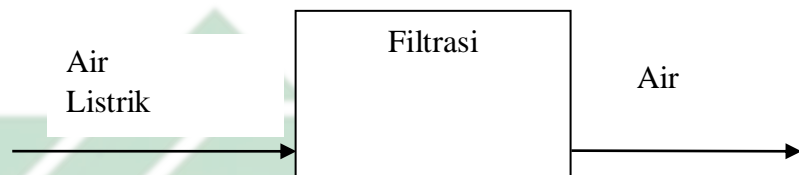
**Tabel 4. 10** *Life cycle inventory* sedimentasi IPA 2 dalam satu tahun

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	3.745.037.000	liter
Listrik	15417,6	kWh
<b>Output</b>		
Air	3.733.802.000	liter
Lumpur	18296	kg
<b>Parameter</b>		
Aluminium	898,81	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

5) Filtrasi

Filtrasi merupakan proses penyaringan dengan menggunakan media saring seperti pasir dan media penyangga seperti kerikil atau gravel. Pada Gambar 4.21 merupakan diagram alir filtrasi IPA 2 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.11 adalah tabel *life cycle inventory* pada filtrasi IPA 2 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 21** Diagram alir filtrasi IPA 2 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

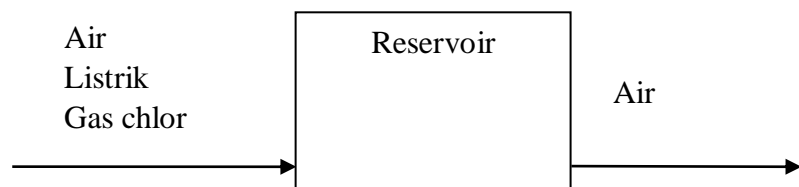
**Tabel 4. 11** *Life cycle inventory* filtrasi IPA 2 dalam satu tahun

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	3.733.802.000	liter
Listrik	1114,898	kWh
<b>Output</b>		
Air	3.712.146.000	liter
<b>Parameter</b>		
Aluminum	410,72	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

6) Reservoir

Reservoir merupakan bangunan terakhir dalam proses pengolahan air sebelum air didistribusikan ke pelanggan, sehingga reservoir diperlukan untuk menyimpan air bersih yang sudah siap didistribusikan. Pada Gambar 4.22 merupakan diagram alir reservoir IPA 2 Gedek, sedangkan untuk Tabel 4.12 adalah tabel *life cycle inventory* pada reservoir IPA 2 Gedek pada tahun 2021.



**Gambar 4. 22** Diagram alir reseervoir IPA 2 Gedek  
Sumber: Hasil analisis (2022)

**Tabel 4. 12** *Life cycle inventory* reservoir IPA 2 dalam satu tahun

Material	Jumlah	Satuan
<b>Input</b>		
Air	3.712.146.000	liter
Listrik	11283,19	kWh
Gas klor	294,18	kg
<b>Output</b>		
Air	3.712.146.000	liter
<b>Parameter</b>		
Aluminum	259,85	kg
Free klorin	1225,01	kg

Sumber: Arsip perusahaan, 2021

#### 4.3.3 *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

Tahapan ini merupakan tahapan klasifikasi serta penilaian dampak lingkungan yang dianalisis sesuai dengan data-daata yang telah diinput pada tahap *life cycle inventory*. Dampak lingkungan yang dianalisis harus disesuaikan dengan metode penilaian dampak yang digunakan, dan penelitian ini menggunakan metode CML-IA *Baseline* untuk menganalisis dampak lingkungan. Selain karena metode penilaian dampak telah didukung oleh *software* Simapro, pertimbangan lain dari pemilihan metode juga dilihat dari kategori dampak yang tersedia sesuai dengan objek penelitian.

Kategori dampak lingkungan yang tersedia pada metode CML-IA *Baseline* yaitu *abiotic depletion*, *abiotic depletion (fossil fuel)*, *global warming*, *ozone layer depletion*, *human toxicity*, *freshwater aquatic ecotoxicity*, *marine aquatic ecotoxicity*, *terrestrial ecotoxicity*, *photochemical oxidation*, *acidification*, dan *eutrophication*. Sedangkan dalam penelitian ini, analisis dampak lingkungan yang akan dibahas hanya berfokus pada 6 dampak yaitu *global warming*, *human toxicity*, *freshwater aquatic ecotoxicity*, *photochemical oxidation*, *acidification*, dan *eutrophication*. Pemilihan kategori dampak yang dianalisis berdasarkan dampak lingkungan tertinggi pada sebuah penelitian terdahulu dengan objek penelitian yang sama. Pada Gambar 4.23 adalah gambaran dari proses analisis dampak lingkungan pada Simapro.

#### 4.3.4 Klasifikasi Dampak

Data bahan baku yang dibutuhkan pada sebuah proses dan data emisi yang dikeluarkan ke lingkungan adalah data yang dibutuhkan agar dapat dilakukan pengklasifikasian dampak.

a. *Global warming*

*Global Warming Potential* (GWP) dapat terjadi akibat adanya penggunaan energi listrik dari setiap instalasi pengolahan air selama proses produksi berlangsung. Hal tersebut karena energi listrik yang digunakan bersumber dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), yang dimana produksi listrik tersebut sebagian besarnya masih menggunakan bahan bakar fosil atau batu bara yang murni berasal dari karbon. Sehingga apabila terjadi pembakaran pada batu bara tersebut untuk menghasilkan energi listrik, maka dapat menyebabkan adanya polusi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Karbon dioksida merupakan salah satu penyumbang dari GWP, dan pembakaran bahan bakar fosil adalah salah satu sumber penghasil karbon dioksida (Pratama & Parinduri, 2019).

b. *Human toxicity*

*Human toxicity* adalah efek racun yang berasal dari bahan kimia terhadap manusia. Perhitungan potensi dampak *human toxicity* berdasarkan dosis bahan kimia yang digunakan dan toksisitas dari zat yang terkandung pada bahan kimia tersebut. Selain itu, penggunaan energi listrik yang produksinya menggunakan bahan bakar fosil juga menjadi salah satu potensi dapat terjadinya *human toxicity* (Putri, 2018).

c. *Freshwater aquatic ecotoxicity*

Dampak yang dipertimbangkan pada kategori dampak *freshwater aquatic ecotoxicity* adalah dampak emisi zat beracun ke udara, air, dan tanah terhadap air tawar dan ekosistem (Singh *et al.*, 2018). Air baku yang digunakan pada proses pengolahan pun dapat berdampak terhadap lingkungan pada kategori dampak ini. Air baku yang

digunakan IPA Gedek adalah air sungai brantas, dan sebagian besar air sungai di Indonesia telah menurun kualitasnya akibat limbah domestik dan non domestik yang dibuang langsung ke sungai.

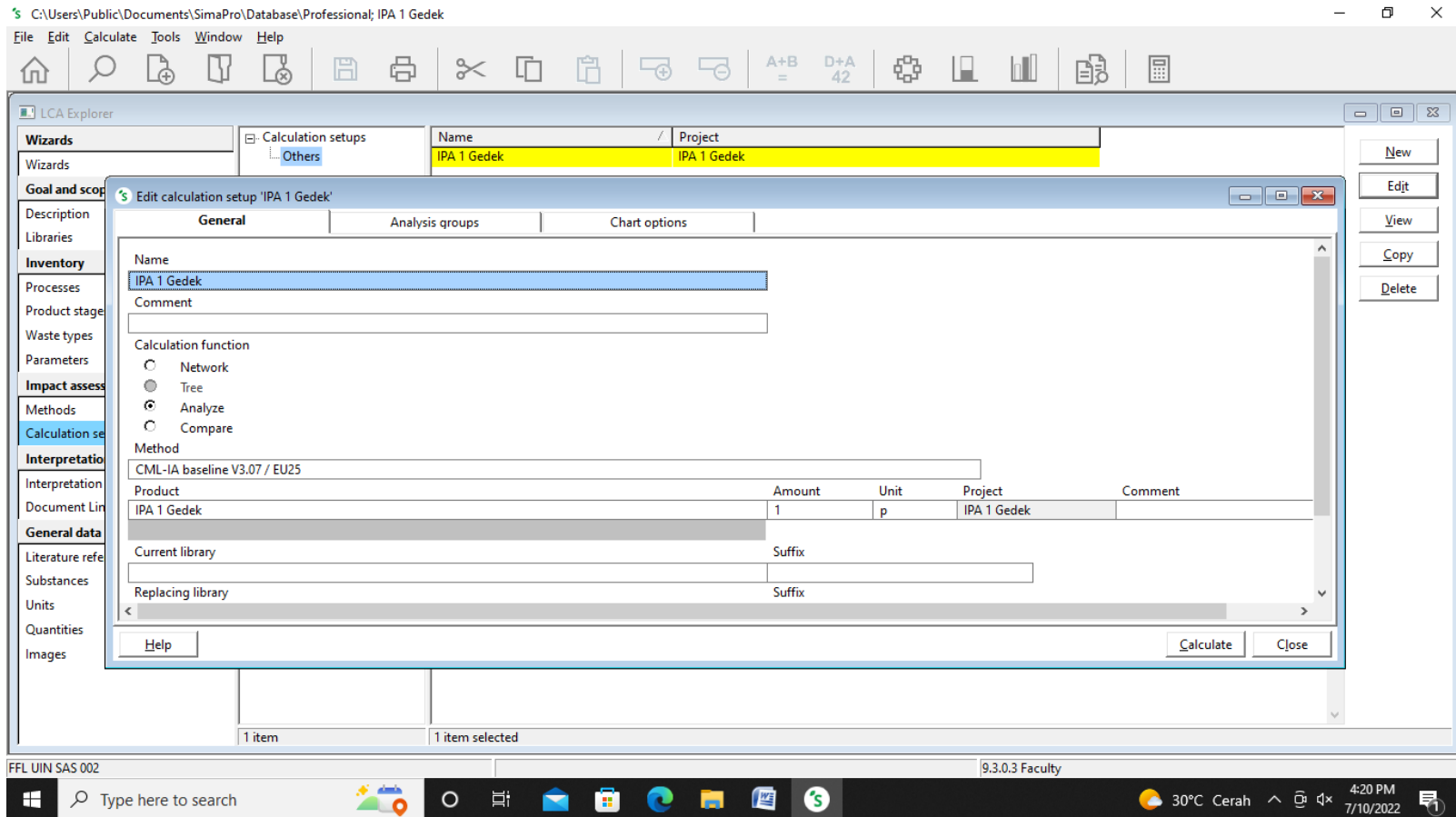
d. *Photochemical oxidation*

Senyawa CO, VOC, dan NO<sub>x</sub> merupakan salah satu dari faktor penyebab utama terjadinya dampak *photochemical oxidation* (Budiono & Ratni JAR, 2021). Senyawa tersebut merupakan parameter yang dilihat untuk mengidentifikasi adanya pencemaran udara, dan ruang lingkup penelitian ini meliputi bahan kimia serta bahan baku, energi listrik dan parameter air yang diperlukan. Hal tersebut mempengaruhi hasil perhitungan dampak lingkungan pada kategori *photochemical oxidation*. Namun, *photochemical oxidation* juga dipengaruhi oleh penggunaan energi listrik selama proses pengolahan air berlangsung.

e. *Acidification*

Senyawa yang berkontribusi besar terhadap *acidification potential* ini adalah senyawa asam yaitu terdiri dari HCl, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, dan HF (Ain, 2021). Indonesia selalu mengupayakan energi terbarukan dan sumber daya alam lainnya agar dapat memproduksi energi listrik. Namun untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat baik dalam kehidupan rumah tangga maupun industri, Perusahaan Listrik Negara (PLN) masih menggunakan bahan bakar fosil. NO<sub>x</sub> dan SO<sub>2</sub> merupakan jenis limbah yang termasuk sumber deposisi asam, dan deposisi asam dapat menimbulkan terjadinya hujan asam.





**Gambar 4. 23** Proses analisis dampak lingkungan  
*Sumber: Hasil analisis (2022)*

f. *Eutrophication*

Dampak lingkungan *eutrophication* terjadi karena disebabkan oleh bahan kimia seperti fosfor, amonia, nitrogen oksida, dan nitrat yang berada di air (Putri, 2018). faktor penyebab dari terjadinya dampak *eutrophication* yaitu berasal dari bahan kimia yang digunakan selama proses pengolahan air terjadi dan beban dari pengolahan yaitu dalam bentuk lumpur (Karnaningroem & Anggraeni, 2021). Lumpur yang dihasilkan dari pengolahan air mengandung zat berbahaya akibat bahan kimia yang digunakan pada saat proses penjernihan air. Sehingga lumpur yang langsung dibuang tanpa adanya pengolahan akan membahayakan lingkungan serta makhluk hidup disekitarnya.

#### 4.3.5 Karakterisasi Dampak

Pada proses karakterisasi dampak akan dilakukan perbandingan dari masing-masing jenis pengolahan dan unit pengolahan.

a. *Global Warming*

Hasil perhitungan nilai karakterisasi *global warming* dengan menggunakan Simapro menunjukkan bahwa, IPA 2 memiliki dampak *global warming* tertinggi. Total nilai karakterisasi *global warming* untuk IPA 2 yaitu  $9,17 \times 10^6$  kg CO<sub>2</sub> eq/tahun, sedangkan untuk IPA 1 total nilainya yaitu  $2,63 \times 10^5$  kg CO<sub>2</sub> eq/tahun. Jadi, pada nilai karakterisasi *global warming* IPA 2 lebih tinggi dari IPA 1. Hal tersebut karena IPA 2 merupakan IPA dengan sistem otomatis atau *scada*, sedangkan IPA 1 merupakan IPA dengan sistem manual. Oleh karena itu, energi listrik yang diperlukan oleh IPA 2 lebih besar jika dibandingkan dengan kebutuhan energi listrik IPA 1. Hasil perhitungan nilai karakterisasi *global warming* disajikan pada Tabel 4.13.

**Tabel 4. 13** Karakterisasi Nilai *Global Warming*

Proses	Nilai <i>Global Warming</i> (kg CO <sub>2</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	4.83 x 10 <sup>5</sup>	1.09 x 10 <sup>6</sup>
Koagulasi	5.39 x 10 <sup>5</sup>	1.29 x 10 <sup>6</sup>
Flokulasi	5.39 x 10 <sup>5</sup>	1.29 x 10 <sup>6</sup>
Sedimentasi	5.39 x 10 <sup>5</sup>	1.32 x 10 <sup>6</sup>
Filtrasi	5.39 x 10 <sup>5</sup>	2.07 x 10 <sup>6</sup>
Reservoir	5.4 x 10 <sup>5</sup>	2.1 x 10 <sup>6</sup>
<b>Total</b>	3.18 x 10 <sup>6</sup>	9.17 x 10 <sup>6</sup>

Sumber: Hasil analisis (2022)

IPA 1 memiliki nilai normalisasi *global warming* yang lebih kecil, IPA 1 merupakan pengolahan air dengan sistem manual. Oleh karena itu tidak membutuhkan energi listrik sebanyak IPA 2, sistem *scada* atau otomatis yang digunakan IPA 2 membutuhkan energi listrik untuk pengoperasian dan pemantauan. Zat pencemar yang berkontribusi besar terhadap dampak *global warming* yaitu *carbon dioxide* (CO<sub>2</sub>) dilihat pada Tabel 4.14.

**Tabel 4. 14** Nilai *substance carbon dioxide*

Proses	Nilai <i>Carbon Dioxide</i> (kg CO <sub>2</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	4,76 x 10 <sup>5</sup>	1,09 x 10 <sup>6</sup>
Koagulasi	5,27 x 10 <sup>5</sup>	1,26 x 10 <sup>6</sup>
Flokulasi	5,27 x 10 <sup>5</sup>	1,26 x 10 <sup>6</sup>
Sedimentasi	5,27 x 10 <sup>5</sup>	1,29 x 10 <sup>6</sup>
Filtrasi	5,27 x 10 <sup>5</sup>	2,02 x 10 <sup>6</sup>
Reservoir	5,28 x 10 <sup>5</sup>	2,05 x 10 <sup>6</sup>
<b>Total</b>	3,11 x 10 <sup>6</sup>	8,95 x 10 <sup>6</sup>

Sumber: Hasil analisis (2022)

IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim memperoleh energi listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), sebagian besar PLN memproduksi energi listrik dengan berbahan bakar fosil. Gas CO<sub>2</sub> merupakan limbah yang dihasilkan pada pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang kini termasuk ke dalam golongan gas rumah kaca (Harjanto, 2008). IPA 2 membutuhkan lebih banyak energi listrik, sehingga *substance* Gas CO<sub>2</sub> akan meningkat seiring dengan berjalannya

produksi energi listrik berbahan bakar fosil. Total nilai CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada IPA 2 yaitu 8,95 x 10<sup>6</sup> kg CO<sub>2</sub> eq/tahun, sedangkan untuk IPA 1 total nilai CO<sub>2</sub> lebih kecil yaitu 3,11 x 10<sup>6</sup> kg CO<sub>2</sub> eq/tahun.

b. *Human Toxicity*

*Human toxicity* adalah efek racun yang berasal dari bahan kimia terhadap manusia. Selain itu, penggunaan energi listrik yang produksinya menggunakan bahan bakar fosil juga menjadi salah potensi dapat terjadinya *human toxicity* (Putri, 2018). Pada penelitian ini, nilai karakteristikasi *human toxicity* pada IPA 2 lebih tinggi daripada IPA 1. Total nilai karakteristikasi *human toxicity* pada IPA 2 adalah 3,76 x 10<sup>5</sup> kg 1,4 -DB eq/tahun, sedangkan total nilai IPA 1 lebih kecil yaitu 1,24 x 10<sup>5</sup> kg 1,4 -DB eq/tahun. Hasil perhitungan nilai karakteristikasi *global warming* disajikan pada Tabel 4.15.

**Tabel 4. 15** Karakterisasi Nilai *Human Toxicity*

Proses	Nilai <i>Human Toxicity</i> (kg 1,4 -DB eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	1.79 x 10 <sup>5</sup>	4.05 x 10 <sup>5</sup>
Koagulasi	2.59 x 10 <sup>5</sup>	7.12 x 10 <sup>5</sup>
Flokulasi	2.59 x 10 <sup>5</sup>	7.12 x 10 <sup>5</sup>
Sedimentasi	2.59 x 10 <sup>5</sup>	7.22 x 10 <sup>5</sup>
Filtrasi	2.59 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Reservoir	2.6 x 10 <sup>5</sup>	1.01 x 10 <sup>6</sup>
<b>Total</b>	1.48 x 10 <sup>6</sup>	4.56 x 10 <sup>6</sup>

Sumber: Hasil analisis (2022)

Bahan kimia yang digunakan yaitu PAC sebagai bahan koagulan dan gas klor sebagai bahan desinfektan. Penggunaan air baku akan mempengaruhi kuantitas dari penggunaan bahan kimia. Pada Tabel 4.16 dapat dilihat nilai *selenium* yang menjadi penyumbang pada dampak *human toxicity*.

**Tabel 4. 16** Nilai *Substance Selenium*

Proses	Nilai <i>Selenium</i> (kg 1,4 -DB eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$7,88 \times 10^4$	$1,78 \times 10^5$
Koagulasi	$8,82 \times 10^4$	$2,12 \times 10^5$
Flokulasi	$8,82 \times 10^4$	$2,12 \times 10^5$
Sedimentasi	$8,82 \times 10^4$	$2,16 \times 10^5$
Filtrasi	$8,82 \times 10^4$	$3,38 \times 10^5$
Reservoir	$8,82 \times 10^4$	$3,43 \times 10^5$
<b>Total</b>	$5,2 \times 10^5$	$1,5 \times 10^6$

Sumber: Hasil analisis (2022)

Senyawa *selenium* yang terdapat dalam pengolahan air IPA 1 sebesar  $5,2 \times 10^5$  kg 1,4-DB eq/tahun, sedangkan untuk IPA 2 berkontribusi lebih tinggi yakni  $1,5 \times 10^6$  kg 1,4-DB eq/tahun. *Selenium* yang masuk dalam pengolahan air berasal dari air baku yang digunakan yaitu air sungai, air sungai dapat mengandung *selenium* dari berbagai kegiatan khususnya kegiatan pertambangan. Sumber utama debu *selenium* yang masuk ke dalam perairan yaitu batu bara yang dihasilkan dari kegiatan penggalian, pencucian, dan penyimpanan (Budiyanto, 2014).

c. *Freshwater Aquatic Ecotoxicity*

Dampak yang dipertimbangkan pada kategori dampak *freshwater aquatic ecotoxicity* adalah dampak emisi zat beracun ke udara, air, dan tanah terhadap air tawar dan ekosistem (Singh *et al.*, 2018). Nilai karakterisasi dari dampak *freshwater aquatic ecotoxicity* tertinggi pada IPA 2 dengan nilai total yaitu  $5,44 \times 10^5$  kg 1,4 -DB eq/tahun. Sedangkan untuk IPA 1 memiliki nilai total karakterisasi *freshwater aquatic ecotoxicity* yakni  $1,81 \times 10^5$  kg 1,4 -DB eq/tahun. Hasil perhitungan nilai karakterisasi *freshwater aquatic ecotoxicity* disajikan pada Tabel 4.17.

**Tabel 4. 17** Karakterisasi Nilai *Freshwater Aquatic Ecotoxicity*

Proses	Nilai <i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity</i> (kg 1,4 -DB eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$2.78 \times 10^5$	$6.28 \times 10^5$
Koagulasi	$3.78 \times 10^5$	$1.01 \times 10^6$
Flokulasi	$3.78 \times 10^5$	$1.01 \times 10^6$
Sedimentasi	$3.78 \times 10^5$	$1.02 \times 10^6$
Filtrasi	$3.78 \times 10^5$	$1.45 \times 10^6$
Reservoir	$3.78 \times 10^5$	$1.47 \times 10^6$
<b>Total</b>	$2.17 \times 10^6$	$6.6 \times 10^6$

Sumber: Hasil analisis (2022)

Sumber air baku yang digunakan pada proses pengolahan air bersih juga mempengaruhi dampak lingkungan yang ditimbulkan, dan sumber air baku IPA Gedek yaitu air sungai brantas. Sebagian besar kualitas air sungai di Indonesia telah menurun, hal tersebut disebabkan oleh interaksi masyarakat terhadap sungai. Tidak sedikit masyarakat yang menggunakan sungai sebagai tempat pembuangan limbah domestik serta industri (Rismawati, dkk., 2020). Tabel 4.18 merupakan zat sebagai penyumbang terbesar pada dampak *freshwater aquatic ecotoxicity*.

**Tabel 4. 18** Nilai *Substance Nickel*

Proses	Nilai <i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity</i> (kg 1,4 -DB eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$1,35 \times 10^5$	$3,06 \times 10^5$
Koagulasi	$1,44 \times 10^5$	$3,33 \times 10^5$
Flokulasi	$1,44 \times 10^5$	$3,33 \times 10^5$
Sedimentasi	$1,44 \times 10^5$	$3,41 \times 10^5$
Filtrasi	$1,44 \times 10^5$	$5,51 \times 10^5$
Reservoir	$1,44 \times 10^5$	$5,59 \times 10^5$
<b>Total</b>	$8,54 \times 10^5$	$2,42 \times 10^6$

Sumber: Hasil analisis (2022)

*Nickel* atau nikel merupakan salah satu logam berat yang dapat ditemukan di perairan sungai di Indonesia. Hal tersebut karena kawasan sungai khususnya di Indonesia sering kali tercemar oleh logam berat yang berasal dari air buangan industri yang sebelumnya

tidak dioleh dahulu. Secara toksikologi, nikel merupakan jenis logam berat esensial dimana keberadaannya dibutuhkan oleh organisme hidup dalam jumlah tertentu namun apabila berlebihan maka dapat menimbulkan efek racun (Yudo, 2018). Selain dari industri, penyebab utama adanya senyawa nikel yang masuk ke perairan yaitu karena adanya kegiatan tambang untuk mendapatkan lignit yang menjadi bahan bakar pembangkit listrik (Rianta, 2022). Total nilai nikel pada IPA 1 yaitu  $8,54 \times 10^5$  kg 1,4-DB eq/tahun, dan pada IPA 2 yaitu  $2,42 \times 10^6$  kg 1,4-DB eq/tahun.

d. *Photochemical Oxidation*

Salah satu yang menjadi penyebab utama terjadinya dampak lingkungan *photochemical oxidation* adalah senyawa CO, VOC, dan NO<sub>x</sub> (Budiono & Ratni JAR, 2021). IPA 2 Gedek memiliki nilai karakterisasi *photochemical oxidation* yang lebih besar dari IPA 1 Gedek. IPA 2 Gedek memiliki total nilai 77 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq/tahun, sedangkan IPA 1 Gedek memiliki total nilai karakterisasi sebesar 2,57 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq/tahun. Penyumbang terbesar yaitu pada unit reservoir untuk IPA 2 maupun IPA 1, hal tersebut akibat penggunaan energi listrik. Hasil perhitungan nilai karakterisasi *photochemical oxidation* disajikan pada Tabel 4.19.

**Tabel 4. 19** Karakterisasi Nilai *Photochemical Oxidation*

Proses	Nilai <i>Photochemical Oxidation</i> (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	39.7	89.8
Koagulasi	53.5	142
Flokulasi	53.5	142
Sedimentasi	53.5	145
Filtrasi	53.5	206
Reservoir	53.6	209
<b>Total</b>	307	934

Sumber: Hasil analisis (2022)



Salah satu yang menjadi penyebab utama terjadinya dampak lingkungan *photochemical oxidation* adalah senyawa CO, VOC, dan NO<sub>x</sub> (Budiono & Ratni JAR, 2021). Selain itu, sulfur dioksida juga merupakan zat yang dihasilkan dari produksi energi listrik dengan bahan bakar fosil (Noorsasi, 2021). Senyawa yang dihasilkan tersebut berbahaya dan dapat menyebabkan pencemaran udara seperti hujan asam, pemanasan global dan lain sebagainya. Tabel 4.20 merupakan zat yang berkontribusi pada dampak *photochemical oxidation*.

**Tabel 4. 20** Nilai *Substance Sulfur Dioxide*

Proses	Nilai <i>Photochemical Oxidation</i> (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	34,1	76,9
Koagulasi	44,2	115
Flokulasi	44,2	115
Sedimentasi	44,2	117
Filtrasi	44,2	170
Reservoir	44,3	172
<b>Total</b>	255	768

Sumber: Hasil analisis (2022)

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) merupakan zat tertinggi yang menjadi faktor terjadinya dampak *photochemical oxidation*. Pemanfaat energi listrik yang efektif dapat membantu berkurangnya zat SO<sub>2</sub> di udara serta mengurangi dampak *photochemical oxidation*. Hal tersebut karena Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil pada produksi energi listrik, namun Indonesia tetap mengupayakan pemanfaatan sumber daya alam serta energi terbarukan. Selain karena mengurangi emisi udara, hal tersebut juga untuk mengantisipasi terjadinya krisis bahan bakar fosil. Total nilai sulfur dioksida pada IPA 1 yaitu 255 kg 1,4-DB eq/tahun, dan pada IPA 2 yaitu 768 kg 1,4-DB eq/tahun.

e. *Acidification*

Senyawa yang berkontribusi besar terhadap *acidification potential* ini adalah senyawa asam yaitu terdiri dari HCl, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, dan HF (Ain, 2021). Total nilai karakterisasi *acidification* IPA 2 yaitu sebesar 757 kg SO<sub>2</sub> eq/tahun, sedangkan nilai total IPA 1 lebih kecil dari total nilai IPA 2 yaitu 2,24 x 10<sup>3</sup> kg SO<sub>2</sub> eq/tahun. Hal tersebut karena penggunaan energi listrik pada IPA 2 lebih besar, energi listrik pada IPA 2 digunakan untuk pemompaan, *mixer*, parameter digital, *blower*, *compressor*, dan monitor yang digunakan untuk memantau pengolahan air dari jauh. Hasil perhitungan nilai karakterisasi *acidification* disajikan pada Tabel 4.21.

**Tabel 4. 21** Karakterisasi Nilai *Acidification*

Proses	Nilai <i>Acidification</i> (kg SO <sub>2</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	1.24 x 10 <sup>3</sup>	2.8 x 10 <sup>3</sup>
Koagulasi	1.57 x 10 <sup>3</sup>	4.06 x 10 <sup>3</sup>
Flokulasi	1.57 x 10 <sup>3</sup>	4.06 x 10 <sup>3</sup>
Sedimentasi	1.57 x 10 <sup>3</sup>	4.13 x 10 <sup>3</sup>
Filtrasi	1.57 x 10 <sup>3</sup>	6.05 x 10 <sup>3</sup>
Reservoir	1.57 x 10 <sup>3</sup>	6.13 x 10 <sup>3</sup>
<b>Total</b>	9.1 x 10 <sup>3</sup>	2.72 x 10 <sup>4</sup>

Sumber: Hasil analisis (2022)

Potensi dampak *acidification* dapat dinyatakan dalam bentuk satuan kilogram SO<sub>2</sub>, sehingga senyawa lainnya yang bukan termasuk SO<sub>2</sub> tetapi memiliki kontribusi terhadap terjadinya dampak *acidification* akan diekivalenkan kedalam satuan massa SO<sub>2</sub> (Ain, 2021). Produksi listrik dengan menggunakan bahan bakar fosil dapat menyebabkan terjadi hujan asam. Tabel 4.22 merupakan zat sebagai penyumbang terbesar pada dampak *acidification*.

**Tabel 4. 22** Nilai *Substance* Sulfur Dioksida

Proses	Nilai <i>Acidification</i> (kg SO <sub>2</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	851	1,92 x 10 <sup>3</sup>
Koagulasi	1,11 x 10 <sup>3</sup>	2,89 x 10 <sup>3</sup>
Flokulasi	1,11 x 10 <sup>3</sup>	2,89 x 10 <sup>3</sup>

Proses	Nilai Acidification (kg SO <sub>2</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Sedimentasi	1,11 x 10 <sup>3</sup>	2,94 x 10 <sup>3</sup>
Filtrasi	1,11 x 10 <sup>3</sup>	4,25 x 10 <sup>3</sup>
Reservoir	1,11 x 10 <sup>3</sup>	4,31 x 10 <sup>3</sup>
<b>Total</b>	6,38 x 10 <sup>3</sup>	1,92 x 10 <sup>4</sup>

Sumber: Hasil analisis (2022)

Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) merupakan zat dengan kontribusi tertinggi pada dampak *acidification*. Nilai zat SO<sub>2</sub> pada IPA 2 lebih tinggi daripada IPA 1, hal tersebut karena penggunaan energi listrik IPA 2 yang lebih tinggi daripada IPA 1. Energi listrik yang dibutuhkan IPA 1 hanya untuk pompa dan *mixer* untuk mencampurkan koagulan dengan air. Sedangkan IPA 2 menggunakan energi listrik untuk perpompaan, pengoperasian, dan pemantauan. Total nilai sulfur dioksida pada IPA 1 yaitu 6,38 x 10<sup>3</sup> kg 1,4-DB eq/tahun, dan pada IPA 2 yaitu 1,92 x 10<sup>4</sup> kg 1,4-DB eq/tahun.

f. *Eutrophication*

Dampak lingkungan *eutrophication* terjadi karena disebabkan oleh bahan kimia seperti fosfor, amonia, nitrogen oksida, dan nitrat yang berada di air (Putri, 2018). Total nilai karakterisasi dampak lingkungan *eutrophication* pada IPA 2 Gedek lebih besar dari total nilai karakterisasi IPA 1 Gedek. Total nilai IPA 2 yaitu 2,59 x 10<sup>3</sup> kg PO<sub>4</sub> eq/tahun, sedangkan untuk total nilai IPA 1 yaitu 912 kg PO<sub>4</sub> eq/tahun. Hasil perhitungan nilai karakterisasi *eutrophication* disajikan pada Tabel 4.23.

**Tabel 4. 23** Karakterisasi Nilai *Eutrophication*

Proses	Nilai Eutrophication (kg PO <sub>4</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	1.74 x 10 <sup>3</sup>	3.92 x 10 <sup>3</sup>
Koagulasi	1.87 x 10 <sup>3</sup>	4.36 x 10 <sup>3</sup>
Flokulasi	1.87 x 10 <sup>3</sup>	4.36 x 10 <sup>3</sup>
Sedimentasi	1.87 x 10 <sup>3</sup>	4.46 x 10 <sup>3</sup>
Filtrasi	1.87 x 10 <sup>3</sup>	7.15 x 10 <sup>3</sup>
Reservoir	1.87 x 10 <sup>3</sup>	7.25 x 10 <sup>3</sup>
<b>Total</b>	1.11 x 10 <sup>4</sup>	3.15 x 10 <sup>4</sup>

Sumber: Hasil analisis (2022)

IPA Gedek belum memiliki pengolahan lumpur, dimana pengolahan lumpur sangat berguna untuk mengolah lumpur hasil buangan dari proses pengolahan air. Lumpur yang telah diproses sebelum dibuang langsung ke lingkungan akan lebih baik, karena lumpur hasil pengolahan air telah mengandung bahan kimia yang berbahaya untuk lingkungan dan makhluk hidup lainnya. Tabel 4.24 merupakan zat sebagai penyumbang terbesar pada dampak *eutrophication*.

**Tabel 4. 24** Nilai *Substance Phosphate*

Proses	Nilai <i>Eutrophication</i> (kg PO <sub>4</sub> eq/tahun)	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	1,58 x 10 <sup>3</sup>	3,58 x 10 <sup>3</sup>
Koagulasi	1,68 x 10 <sup>3</sup>	3,9 x 10 <sup>3</sup>
Flokulasi	1,68 x 10 <sup>3</sup>	3,9 x 10 <sup>3</sup>
Sedimentasi	1,68 x 10 <sup>3</sup>	3,99 x 10 <sup>3</sup>
Filtrasi	1,68 x 10 <sup>3</sup>	6,45 x 10 <sup>3</sup>
Reservoir	1,68 x 10 <sup>3</sup>	6,54 x 10 <sup>3</sup>
<b>Total</b>	1 x 10 <sup>4</sup>	2,84 x 10 <sup>4</sup>

Sumber: Hasil analisis (2022)

Fosfat adalah nutrisi yang esensial untuk pertumbuhan suatu organisme perairan, dan pada umumnya senyawa fosfat berasal dari penguraian limbah domestik, limbah industri, limbah organik ataupun pupuk. Perairan di Indonesia sebagian besar telah tercampur oleh limbah domestik, limbah domestik dan lainnya sehingga beberapa sungai memiliki kualitas air yang buruk (Widyastuti et al., 2015). Total nilai fosfat pada IPA 1 yaitu 1 x 10<sup>4</sup> kg 1,4-DB eq/tahun, dan pada IPA 2 yaitu 2,84 x 10<sup>4</sup> kg 1,4-DB eq/tahun. Menurut data tahun 2021, fosfat mau masuk ke pengolahan melalui air baku sebesar 0,2579 mg/l, sedangkan untuk baku mutu fosfat pada air baku yaitu 0,2 mg/l. Fosfat yang masuk ke pengolahan akan terendap menjadi lumpur bersama dengan molekul lainnya, sehingga diperlukan pengolahan lumpur untuk memisahkannya dengan fosfat.

#### 4.3.6 Normalisasi Dampak

*Normalization* atau normalisasi merupakan suatu tahap penyetaraan satuan dari setiap kategori dampak agar lebih mudah dalam membandingkan nilai dari setiap kategori dampak lingkungan.

##### a. *Global Warming*

Nilai normalisasi *global warming* tertinggi didapatkan oleh IPA 2 dengan nilai total sebesar  $1.82 \times 10^{-6}$ , sedangkan untuk IPA 1 memiliki nilai yang lebih rendah yakni sebesar  $6.33 \times 10^{-7}$ . Kebutuhan energi listrik pada proses reservoir lebih banyak karena digunakan untuk pompa maupun peralatan lain yang membutuhkan bantuan energi listrik untuk menjalankannya. Hasil perhitungan nilai normalisasi *global warming* disajikan pada Tabel 4.25.

**Tabel 4. 25** Nilai Normalisasi *Global Warming*

Proses	Nilai <i>Global Warming</i>	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$9.61 \times 10^{-8}$	$2.17 \times 10^{-7}$
Koagulasi	$1.07 \times 10^{-7}$	$2.57 \times 10^{-7}$
Flokulasi	$1.07 \times 10^{-7}$	$2.57 \times 10^{-7}$
Sedimentasi	$1.07 \times 10^{-7}$	$2.63 \times 10^{-7}$
Filtrasi	$1.07 \times 10^{-7}$	$4.12 \times 10^{-7}$
Reservoir	$1.07 \times 10^{-7}$	$4.18 \times 10^{-7}$
<b>Total</b>	$6.33 \times 10^{-7}$	$1.82 \times 10^{-6}$

Sumber: Hasil analisis (2022)

Unit reservoir merupakan unit yang pada prosesnya membutuhkan energi listrik lebih tinggi dari unit lainnya baik pada IPA 1 dan IPA 2. Hal tersebut karena penggunaan pompa untuk mendistribusikan membutuhkan energi listrik yang lebih besar, agar pendistribusian sampai kepada konsumen.

##### b. *Human Toxicity*

Potensi terjadinya dampak lingkungan *human toxicity* dapat dihitung berdasarkan dari indeks yang menunjukkan bahan kimia yang berpotensi merusak lingkungan (Putri, 2018). Total nilai normalisasi pada IPA 1 sebesar  $1.9 \times 10^{-7}$ , dan IPA 2 memiliki nilai

$5.89 \times 10^{-7}$ . Hasil perhitungan nilai normalisasi *human toxicity* disajikan pada Tabel 4.26.

**Tabel 4. 26** Nilai Normalisasi *Human Toxicity*

Proses	Nilai <i>Human Toxicity</i>	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$2.31 \times 10^{-8}$	$5.23 \times 10^{-8}$
Koagulasi	$3.35 \times 10^{-8}$	$9.18 \times 10^{-8}$
Flokulasi	$3.35 \times 10^{-8}$	$9.18 \times 10^{-8}$
Sedimentasi	$3.35 \times 10^{-8}$	$9.32 \times 10^{-8}$
Filtrasi	$3.35 \times 10^{-8}$	$1.29 \times 10^{-7}$
Reservoir	$3.35 \times 10^{-8}$	$1.31 \times 10^{-7}$
<b>Total</b>	$1.9 \times 10^{-7}$	$5.89 \times 10^{-7}$

Sumber: Hasil analisis (2022)

Dampak *human toxicity* terjadi akibat dari penggunaan bahan kimia serta energi listrik. Proses yang menjadi penyumbang terbanyak yaitu unit reservoir, dimana pada proses tersebut membutuhkan energi listrik untuk distribusi. Selain itu, pada unit reservoir terjadi penambahan bahan kimia berupa gas klor sebagai desinfektan agar air tetap terjaga hingga sampai ke konsumen.

c. *Freshwater Aquatic Ecotoxicity*

Total nilai normalisasi pada dampak *freshwater aquatic ecotoxicity* IPA 2 sebesar  $1,27 \times 10^{-5}$ , sedangkan untuk nilai normalisasi IPA 1 lebih rendah yakni  $4,18 \times 10^{-6}$ . Produksi air yang dilakukan IPA 2 lebih besar maka, air baku yang dibutuhkan pun lebih besar. Hasil perhitungan nilai normalisasi *freshwater aquatic ecotoxicity* disajikan pada Tabel 4.27.

**Tabel 4. 27** Nilai Normalisasi *Freshwater Aquatic Ecotoxicity*

Proses	Nilai <i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity</i>	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$5.36 \times 10^{-7}$	$1.21 \times 10^{-6}$
Koagulasi	$7.29 \times 10^{-7}$	$1.95 \times 10^{-6}$
Flokulasi	$7.29 \times 10^{-7}$	$1.95 \times 10^{-6}$
Sedimentasi	$7.29 \times 10^{-7}$	$1.98 \times 10^{-6}$
Filtrasi	$7.29 \times 10^{-7}$	$2.81 \times 10^{-6}$



Proses	Nilai <i>Freshwater Aquatic Ecotoxicity</i>	
	IPA 1	IPA 2
Reservoir	$7.3 \times 10^{-7}$	$2.84 \times 10^{-6}$
<b>Total</b>	$4.18 \times 10^{-6}$	$1.27 \times 10^{-5}$

Sumber: Hasil analisis (2022)

Pemilihan kategori material input pada Simapro sesuai dengan negara, oleh karena itu sebagai data air baku dipilih air sungai negara Indonesia. Beberapa negara berkembang termasuk Indonesia, masih menggunakan danau, sungai, kolam, dan kanal sebagai tempat untuk mencuci, mandi, hingga tempat untuk membuang kotoran (tinja) atau limbah produksi. Hal tersebut membuat badan air di Indonesia menjadi tercemar oleh virus dan bakteri patogen lainnya (Said, 2018). Air sungai berantas menjadi sumber air baku yang digunakan oleh IPA Gedek. Debit air IPA 2 yaitu 150 liter/detik sedangkan debit air dari IPA 1 yaitu 50 liter/detik, sehingga kebutuhan air baku IPA 2 lebih besar dari IPA 1.

d. *Photochemical Oxidation*

Nilai normalisasi dampak *photochemical oxidation* pada IPA 1 dan IPA 2 Gedek yang tertinggi berasal dari proses reservoir. Nilai total pada IPA 1 yaitu  $3,63 \times 10^{-8}$ , sedangkan nilai total pada IPA 2 lebih besar yakni  $1,1 \times 10^{-7}$ . Hasil perhitungan nilai normalisasi *photochemical oxidation* disajikan pada Tabel 4.28.

Tabel 4. 28 Nilai Normalisasi *Photochemical Oxidation*

Proses	Nilai <i>Photochemical Oxidation</i>	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$4.69 \times 10^{-9}$	$1.06 \times 10^{-8}$
Koagulasi	$6.32 \times 10^{-9}$	$1.68 \times 10^{-8}$
Flokulasi	$6.32 \times 10^{-9}$	$1.68 \times 10^{-8}$
Sedimentasi	$6.32 \times 10^{-9}$	$1.71 \times 10^{-8}$
Filtrasi	$6.32 \times 10^{-9}$	$2.43 \times 10^{-8}$
Reservoir	$6.32 \times 10^{-9}$	$2.46 \times 10^{-8}$
<b>Total</b>	$3.63 \times 10^{-8}$	$1.1 \times 10^{-7}$

Sumber: Hasil analisis (2022)

Penggunaan energi listrik yang meningkat dapat meningkatkan produksi energi listrik. Untuk memenuhi kebutuhan energi



masyarakat, Indonesia masih menggunakan fosil sebagai bahan bakar produksi listrik. Dari proses produksi listrik tersebut, terdapat limbah yang dihasilkan dan salah satunya adalah limbah yang dikeluarkan melalui udara.

e. *Acidification*

Hasil perhitungan normalisasi *acidification* menunjukkan bahwa nilai IPA 2 lebih tinggi daripada nilai IPA 1. Nilai normalisasi *acidification* IPA 2 yaitu  $9,67 \times 10^{-7}$ , sedangkan nilai normalisasi IPA 1 yaitu  $3,23 \times 10^{-7}$ . Hasil perhitungan nilai normalisasi *acidification* disajikan pada Tabel 4.29.

**Tabel 4. 29** Nilai Normalisasi *Acidification*

Proses	Nilai <i>Acidification</i>	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$4.39 \times 10^{-8}$	$9.92 \times 10^{-8}$
Koagulasi	$5.58 \times 10^{-8}$	$1.44 \times 10^{-7}$
Flokulasi	$5.58 \times 10^{-8}$	$1.44 \times 10^{-7}$
Sedimentasi	$5.58 \times 10^{-8}$	$1.47 \times 10^{-7}$
Filtrasi	$5.58 \times 10^{-8}$	$2.15 \times 10^{-7}$
Reservoir	$5.59 \times 10^{-8}$	$2.18 \times 10^{-7}$
<b>Total</b>	$3.23 \times 10^{-7}$	$9.67 \times 10^{-7}$

Sumber: Hasil analisis (2022)

Penggunaan energi listrik menjadi penyebab karena sebagian besar produksi listrik di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil. Gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> termasuk salah satu limbah gas yang ditimbulkan dari kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Fosil (Harjanto, 2008). Semakin besar penggunaan listrik maka semakin besar pula limbah yang dihasilkan dalam memproduksi listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

f. *Eutrophication*

Nilai normalisasi *eutrophication* sama seperti nilai normalisasi dampak sebelumnya, dimana IPA 2 memiliki nilai yang lebih tinggi daripada IPA 1. Nilai normalisasi *eutrophication* IPA 2 yaitu  $2,39 \times 10^{-6}$ , dan nilai normalisasi untuk IPA 1 yaitu  $8,39 \times 10^{-7}$ . Selain itu,

proses yang memiliki nilai tertinggi adalah proses reservoir baik pada IPA 1 dan IPA 2. Hasil perhitungan nilai normalisasi *eutrophication* disajikan pada Tabel 4.30.

**Tabel 4. 30** Nilai Normalisasi *Eutrophication*

Proses	Nilai <i>Eutrophication</i>	
	IPA 1	IPA 2
Prasedimentasi	$1.32 \times 10^{-7}$	$2.97 \times 10^{-7}$
Koagulasi	$1.41 \times 10^{-7}$	$3.3 \times 10^{-7}$
Flokulasi	$1.41 \times 10^{-7}$	$3.3 \times 10^{-7}$
Sedimentasi	$1.41 \times 10^{-7}$	$3.38 \times 10^{-7}$
Filtrasi	$1.41 \times 10^{-7}$	$5.42 \times 10^{-7}$
Reservoir	$1.41 \times 10^{-7}$	$5.5 \times 10^{-7}$
<b>Total</b>	$8.39 \times 10^{-7}$	$2.39 \times 10^{-6}$

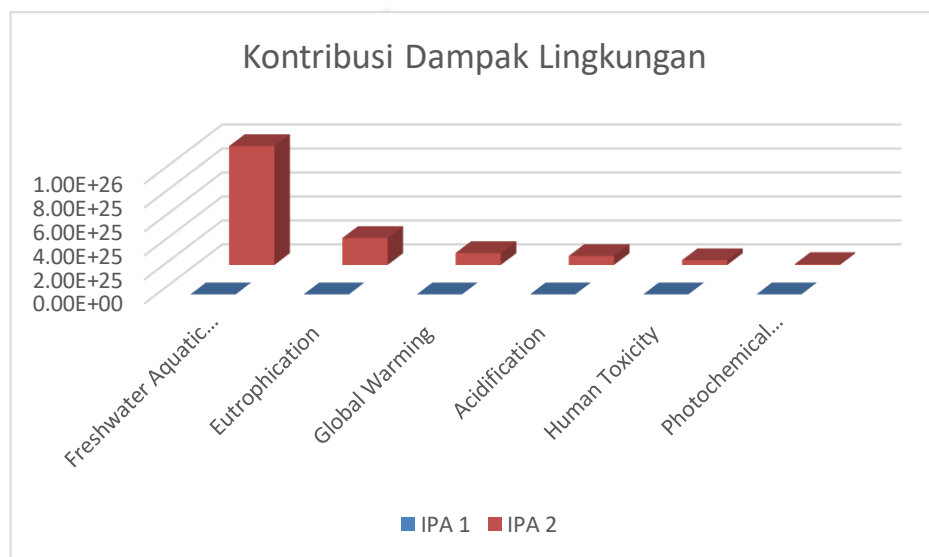
Sumber: Hasil analisis (2022)

Pada penelitian sebelumnya dampak lingkungan *eutrophication* disebabkan oleh penggunaan bahan kimia serta terdapat beban pengolahan berupa lumpur. Sehingga lumpur hasil pengolahan langsung dibuang ke sungai tanpa melewati proses pengolahan lumpur. Oleh karena itu guna mengurangi dampak *eutrophication* diperlukan pengolahan lumpur untuk mengurangi kandungan air dalam lumpur (Karnaningroem & Anggraeni, 2021). Selain itu tidak adanya pengolahan lumpur, dapat membuat lumpur menjadi berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan. Karena lumpur hasil samping pengolahan air telah mengandung bahan kimia yang dibutuhkan pada proses pengolahan air seperti bahan koagulan dan lainnya.

#### 4.3.7 Tahap interpretasi

Tahap interpretasi merupakan tahap akhir dalam LCA, tahap ini terdiri dari dua langkah yaitu identifikasi mengenai isu penting dan evaluasi. Mengidentifikasi isu penting dilakukan untuk melihat konsistensi dalam menginventarisasi data input, output, dan melakukan penilaian dampak lingkungan. Pada langkah evaluasi dilakukan untuk

mengetahui proses yang perlu dilakukan dalam upaya menurunkan dampak lingkungan (Ramdhani .dkk, 2019). Tahap interpretasi bertujuan untuk mendapatkan sebuah hasil akhir kajian yang didasarkan pada hasil analisis dari tahap *Life Cycle Inventory* (LCI) dan *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) (Yani, 2021). Perbandingan antara dampak yang ditimbulkan oleh IPA 1 dan IPA 2 dapat dilihat pada Gambar 4.24.



**Gambar 4. 24** Dampak Lingkungan pada IPA Gedek

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Sesuai dengan inventarisasi data input dan output, pada Gambar 4.24 adalah hasil analisis perhitungan dampaknya. Dampak tertinggi dari pengolahan air bersih di IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim yaitu *global warming* yang disebabkan oleh penggunaan energi listrik selama proses pengolahan air berlangsung. Nilai total dampak *global warming* pada IPA 1 yaitu  $2,63 \times 10^5$  kg CO<sub>2</sub> eq dan IPA 2 sebesar  $9,17 \times 10^6$  kg CO<sub>2</sub> eq, dengan karbon dioksida sebagai kontributor terbesarnya. Senyawa karbon dioksida yang terkandung dalam IPA 1 yaitu  $3,11 \times 10^6$  kg CO<sub>2</sub> eq/tahun dan yang terkandung dalam IPA 2 yaitu  $8,95 \times 10^6$  kg CO<sub>2</sub> eq/tahun. Karbon dioksida merupakan salah satu emisi yang dikeluarkan pada saat dilakukannya produksi energi listrik dengan menggunakan bahan bakar fosil. Sebagian besar produksi energi listrik di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil, namun Indonesia selalu

mengupayakan untuk menggunakan sumber daya alam atau energi terbarukan sebagai bahan bakarnya. IPA 2 memiliki nilai yang lebih tinggi karena energi listrik yang dibutuhkan IPA 2 lebih besar daripada IPA 1. Pada umumnya IPA membutuhkan energi listrik untuk mengolah air, namun IPA 2 merupakan pengolahan air dengan sistem *scada* atau otomatis sehingga membutuhkan energi listrik untuk pengoperasian dan pemantauan.

Dampak tertinggi kedua yaitu *freshwater aquatic ecotoxicity* dengan total nilai dampak IPA 1 yaitu  $1,81 \times 10^5$  kg 1,4-DB eq dan IPA 2 yaitu  $5,44 \times 10^5$  kg 1,4-DB eq. Zat dengan kontribusi tertinggi terhadap dampak ini adalah nikel dengan nilai total kontribusi pada IPA 1 sebesar  $8,54 \times 10^5$  kg 1,4-DB eq dan pada IPA 2 sebesar  $2,42 \times 10^6$  kg 1,4-DB eq. Nikel menjadi kontributor tertinggi karena mengikuti kondisi air baku yang digunakan oleh IPA Gedek yaitu air sungai Berantas. Keadaan sungai di Indonesia telah tercemar oleh logam berat yang berasal dari limbah industri yang belum diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Nikel menjadi salah satu logam berat yang dapat ditemukan di perairan sungai di Indonesia (Yudo, 2018). Sumber utama masuknya nikel ke perairan juga disebabkan oleh kegiatan pertambangan seperti penggalian, pencucian, hingga penyimpanan. Hal tersebut dilakukan guna untuk menyediakan bahan bakar fosil untuk pemangkit listrik (Rianta, 2022). Namun selain dari kegiatan industri, limbah domestik juga merupakan salah satu penyebab tercemarnya perairan sungai di Indonesia.

*Human toxicity* merupakan dampak tertinggi ketiga yang timbul akibat adanya proses pengolahan air. Penyebab terjadinya dampak tersebut adalah penggunaan bahan kimia serta penggunaan energi listrik. Nilai dampak *human toxicity* pada IPA 1 yaitu  $1,24 \times 10^5$  kg 1,4-DB eq, sedangkan nilai normalisasi untuk IPA 2 yaitu  $3,76 \times 10^5$  kg 1,4-DB eq. Kontributor terbesar pada dampak ini yaitu senyawa selenium dengan total nilai pada IPA 1 sebesar  $5,2 \times 10^5$  kg 1,4-DB eq, sedangkan IPA 2

sebesar  $1,5 \times 10^6$  kg 1,4 -DB eq. Selenium yang masuk dalam pengolahan air berasal dari air baku yang digunakan yaitu air sungai, air sungai dapat mengandung selenium dari berbagai kegiatan khususnya kegiatan pertambangan. Sumber utama debu selenium yang masuk ke dalam perairan yaitu batu bara yang dihasilkan dari kegiatan penggalian, pencucian, dan penyimpanan (Budiyanto, 2014). Selain selenium, *chloroform* juga merupakan kontributor yang menyebabkan terjadinya dampak ini, senyawa organik *chloroform* dapat ditemukan pada air yang telah terklorinasi (Hasan, 2006). Air minum yang telah terklorinasi dengan kloroform sebagai *Trihalomethane* (THM) yang dominan apabila dikonsumsi dapat menyebabkan efek karsinogenik terhadap manusia (Josopandojo & Purnomo, 2021). Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan menggantikan klorinasi menggunakan gas klor menjadi melakukan penambahan bahan klorinasi berupa garam hipoklorit. Penambahan gas klor dapat menyebabkan penurunan nilai pH air karena adanya pembentukan asam kuat. Namun, apabila klorin yang digunakan dalam bentuk natrium hipoklorit maka dapat menaikkan alkalinitas air sehingga pH air akan lebih tinggi (Hanum, 2002).

Dampak lingkungan selanjutnya yang disebabkan oleh adanya proses pengolahan air yaitu *eutrophication* dengan total nilai dampak IPA 1 sebesar 912 kg PO<sub>4</sub> eq, dan IPA 2 sebesar  $2,59 \times 10^3$  kg PO<sub>4</sub> eq. Fosfat menjadi kontributor terbesar dalam dampak lingkungan *eutrophication*, senyawa fosfat yang terkandung di dalam IPA 1 yaitu  $1 \times 10^4$  eq dan dalam IPA 2 yaitu  $2,84 \times 10^4$  kg PO<sub>4</sub> eq. Limbah domestik merupakan salah satu penyumbang meningkatnya kadar fosfat secara signifikan di perairan (Purba, dkk, 2021). Hal tersebut berhubungan dengan keadaan sungai di Indonesia yang tercemar akibat pembuangan limbah sebelum dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Selain itu terjadinya dampak dari *eutrophication* disebabkan oleh penggunaan bahan kimia serta beban dari pengolahan dalam bentuk lumpur (Karnaningroem & Anggraeni, 2021). Lumpur merupakan limbah yang

dihasilkan dalam proses pengolahan air, apabila tidak ada pengolahan lumpur maka sangat berbahaya jika lumpur tersebut dibuang ke lingkungan. Karena lumpur dari pengolahan air mengandung bahan kimia yang dapat membahayakan lingkungan serta makhluk hidup di sekitarnya.

Dampak selanjutnya yang ditimbulkan akibat adanya pengolahan air yaitu *acidification* yang disebabkan oleh penggunaan energi listrik. Nilai total dampak acidification pada IPA 1 yaitu 757 kg SO<sub>2</sub> eq, sedangkan IPA 2 memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu 2,24 x 10<sup>3</sup> kg SO<sub>2</sub> eq. Dampak ini disebabkan oleh penggunaan energi listrik karena sebagian besar produksi listrik di Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil. Gas SO<sub>2</sub> merupakan salah satu limbah gas yang timbul akibat kegiatan pembangkit listrik tenaga fosil. Selain itu SO<sub>2</sub> juga merupakan kontributor tertinggi terhadap dampak lingkungan *acidification*, nilai SO<sub>2</sub> pada IPA 2 yaitu 1,92 x 10<sup>4</sup> kg SO<sub>2</sub> eq dan nilai untuk IPA 1 lebih rendah yaitu 6,38 x 10<sup>3</sup> kg SO<sub>2</sub> eq.

Dampak *photochemical oxidation* merupakan dampak terkecil akibat adanya proses pengolahan air, dengan total nilai dampak IPA 1 sebesar 25,7 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq dan pada IPA 2 sebesar 77 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq. Dampak lingkungan ini diakibatkan oleh penggunaan listrik, karena kontributor tertingginya yaitu sulfur dioksida. Kadar sulfur dioksida yang terkandung dalam IPA 1 yaitu 255 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq, sedangkan pada IPA 2 yang terkandung sebesar 768 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq. Gas sulfur dioksida merupakan salah satu limbah yang timbul akibat adanya kegiatan pembangkit listrik tenaga fosil (Harjanto, 2008). Pemanfaatan energi listrik dapat membantu mengurangi terjadinya dampak ini karena Indonesia masih menggunakan bahan bakar fosil.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan hasil analisis dampak lingkungan yang terjadi akibat adanya proses pengolahan air bersih IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengolahan air bersih di IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim memiliki dua paket instalasi dengan sistem manual dan otomatis (scada). Pengolahan pada IPA 1 menggunakan sistem manual yang memiliki debit air 50 liter/detik, sedangkan untuk pengolahan IPA 2 menggunakan sistem otomatis (scada) yang memiliki debit air 150 liter/detik. Kedua instalasi memiliki unit proses yang sama, namun memiliki dimensi bangunan yang berbeda yakni unit proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir. Unit prasedimentasi pada IPA 1 dan IPA 2 merupakan satu bangunan yang sama.
2. Potensi dampak yang ditemukan *global warming*, *freshwater aquatic ecotoxicity*, *human toxicity*, *eutrophication*, *acidification*, dan *photochemical oxidation*. Dampak tertinggi di IPA 1 dan IPA 2 dengan nilai masing-masing  $2,63 \times 10^5$  kg CO<sub>2</sub> eq dan  $7,54 \times 10^5$  kg CO<sub>2</sub> eq yaitu dampak *global warming*. Sedangkan untuk dampak terendah di IPA 1 dan IPA 2 yaitu *photochemical oxidation* dengan nilai masing-masing 25,7 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq dan 77 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq.
3. Hasil analisis menunjukkan bahwa dampak lingkungan tertinggi yaitu *global warming*, *acidification*, dan *photochemical oxidation* disebabkan oleh penggunaan energi listrik selama proses pengolahan air berlangsung. Sedangkan untuk dampak lingkungan *freshwater aquatic ecotoxicity* dan *eutrophication* disebabkan oleh air baku yang tercemar. Kemudian, untuk dampak lingkungan *human toxicity* disebabkan oleh penggunaan bahan kimia.



## 5.2 Saran

Dari penelitian ini, saran yang dapat diberikan penulis yaitu:

1. Perlu sumber alternatif energi lain, misalnya *panel surya* dalam upaya mengurangi penggunaan energi listrik.
2. Untuk mengurangi kadar logam berat dari air baku yang digunakan, diperlukannya penambahan proses pengolahan sebelum masuk ke *intaake*.
3. Penggunaan gas klor sebagai desinfektan dapat diganti dengan penggunaan garam hipoklorit.
4. Diperlukan kerjasama antar seluruh pihak sehingga data-data yang tersedia lebih lengkap dan terperinci.
5. Perlunya sosialisasi penerapan LCA kepada IPA Gedek PT. Air Bersih Jatim dan pihak terkait yang berkepentingan, agar dapat meminimalisir terjadinya dampak lingkungan akibat adanya proses pengolahan air bersih.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiansyah, J. S., Ningrum, N. P., Pratiwi, D., & Hadiyanto, H. (2019). *Kajian Daur Hidup (Life Cycle Assessment) dalam Produksi Pupuk Urea: Studi Kasus PT Pupuk Kujang*. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(3), 522. <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.522-527>
- Ain, T. N. (2021). *Kajian Skenario Pengolahan Sampah Rumah Tangga di Kota Sukabumi Dengan Metode Life Cycle Assesment (LCA)*. 6.
- Akili, R. H., Asrifuddin, A., Punduh, M. I., Kesehatan, F., Universitas, M., & Ratulangi, S. (2017). *Eschererchia Coli Dalam Air Minum Pada Depot Air Minum Isi Ulang Di Wilayah Kerja Puskesmas Tuminting Kota Manado* Air merupakan masalah yang selalu dihadapi sehari-hari pada sebagian masyarakat , baik dari segi kuantitas maupun kualitas air . Sesuai denga. 47–52.
- Ambat, R. E., & Prasetyo, R. A. (2015). *Perancangan Bak Prasedimentasi. Potensi : Jurnal Sipil Politeknik*, 17(1), 23–29. <https://doi.org/10.35313/potensi.v17i1.518>
- Andrian, D., & Irawati, D. Y. (2019). *Dampak Proses Pengolahan Air Bersih Terhadap Lingkungan. Heuristic*, 16(1). <https://doi.org/10.30996/he.v16i1.2475>
- Asyrafansyah, M. (2020). *Pengaruh Injeksi Natrium Hidroksida Terhadap pH dan Turbidity pada Proses Koagulasi-Flokulasi Air pada Mixing Zone. Orphanet Journal of Rare Diseases*, 21(1), 1–9.
- Ayuningtyas, U., & Yani, M. (2020). *Listrik Jabodetabek Dengan Metode Life Cycle Assessment Green House Gas Emissions Electricity Usage On Jabodetabek Electrictrains with Life*. 2, 95–106.
- Budiono, D. I. luqmana, & Ratni JAR, N. (2021). *Life Cycle Assessment (LCA) Pengolahan Sampah Proses Termal Pada Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Supit Urang Kota Malang. EnviroUS*, 1(2), 59–66. <https://doi.org/10.33005/envirous.v1i2.38>
- Budiyanto, F. (2014). *Siklus Selenium dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Laut. Oseana*, XXXIX, 55–63.

- Chaerul, M., & Allia, V. (2019). *Tinjauan Kritis Studi Life Cycle Assessment (LCA) di Indonesia*. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(1), 816–823. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i1.1653>
- Effendi, A. (2016). *Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytical Process (ANP) Untuk Manajemen Lingkungan PT. Chaeron Pokphand-Krian* (Issue August).
- Fauziah, N. R., & IW, H. R. (2017). *Tinjauan Pengolahan Air Minum Di Pdam Kabupaten Kebumen Tahun 2017*. *Buletin Keslingmas*, 37(3), 354–363. <https://doi.org/10.31983/keslingmas.v37i3.3900>
- Fitriani, E. (2019). *Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) pada Industri Kecil Menengah Keripik Sanjai di Bukittinggi*.
- Gozan, M., Wulan, P. P., & Putra, H. (2018). *Peningkatan efisiensi penggunaan koagulan pada unit pengolahan air limbah batu bara*. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(2), 44. <https://doi.org/10.5614/jtki.2009.8.2.2>
- Handriatni, A. (2007). *Peran Islam dalam Penyelamatan Lingkungan*. 3, 34–37.
- Hanum, F. (2002). *Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum. Sumatra Utara : Universitas Sumatra Utara*, 1–13.
- Harjanto, N. T. (2008). *Dampak lingkungan pusat listrik tenaga fosil dan prospek pltn sebagai sumber energi listrik nasional*. *Jurnal BATAN*, 1(1), 39–50.
- Hasan, A. (2006). *Dampak penggunaan klorin*. *J. Tek. Lingk. P3TL-BPPT*, 7(1), 90–96. <http://ejurnal.bppt.go.id/ejurnal2011/index.php/JTL/article/view/456/472>
- Joko, T. (2010). *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum (1st ed.)*. Graha Ilmu.
- Josopandojo, B., & Purnomo, A. (2021). *Studi Kemampuan Instalasi Pengolahan Air untuk Meminimalisasi Trihalometana (Studi Kasus IPA Siwalanpanji Kabupaten Sidoarjo)*. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.53648>
- Karnaningroem, N., & Anggraeni, D. R. (2021). *Study of Life Cycle Assessment (LCA) on Water Treatment*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 799(1), 0–10. [<http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/http://digilib.uinsby.ac.id/>](https://doi.org/10.1088/1755-</a></p></div><div data-bbox=)

1315/799/1/012036

- Lolo, E. U., Gunawan, R. I., Krismani, A. Y., & Pambudi, Y. S. (2021). Penilaian Dampak Lingkungan Industri Tahu Menggunakan Life Cycle Assessment (Studi Kasus: Pabrik Tahu Sari Murni Kampung Krajan, Surakarta). *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2337–2347. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3480>
- Lopes Silva, D. A., Piekarski, C. M., Moris, V. A. da S., Nunes, A. O., & Rodrigues, T. O. (2017). *How important is the LCA software tool you choose Comparative results from CILCA 2017 How important is the LCA software tool you choose ? VII Conferencia Internacional de Análisis de Ciclo de Vida En Latinoamérica, June.*
- Mardiansyah, D., Fatoni, A., & Febriani, Y. (2021). PKM Revitalisasi Sistem Penyediaan Air Rawa Menjadi Air Bersih Layak Konsumsi Di Desa Langkitin Dengan Menggunakan Teknologi Tepat Guna. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 14–19. <https://doi.org/10.31949/jb.v2i1.563>
- Masters, G. M., & Ella, W. P. (2014). *Pearson New Internasional Edition: Introduction to Environmental Engineering and Science (3rd ed.)*. Pearson Education Limited.
- Menoufi, K. A. I. (2011). *An overview on Life Cycle Impact Assessment ( LCIA ) methodologies: A state of the art. Dissertation.*
- Noorsasi, A. R. (2021). *Kajian Dampak Lingkungan Berdasarkan Metode Life Cycle Assessment Pada Onshore Receiving Facility Di Pt X Berdasarkan Metode Life Cycle Assessment Pada Onshore Receiving.*
- Nurbaiti, G. A. (2021). *Life Cycle Assessment (LCA) Sebagai Metode Kajian Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air Bersih di Instalasi Pengolahan Air (IPA) Siwalanpanji. Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents.*
- Nurhayati, A., Ummah, Z. I., & Shobron, S. (2018). Kerusakan Lingkungan Dalam Al-Qur'an. *Suhuf*, 30(2), 194–220. <https://journals.ums.ac.id/index.php/suhuf/article/view/7643>

- Pratama, R., & Parinduri, L. (2019). *Penanggulangan Pemanasan Global. Buletin Utama Teknik*, 15(1), 92.
- Purba, S., Yudha, I., Ayu, D., & Pebriani, A. (2021). *Profil Nutrien Nitrat dan Fosfat pada Air di Sungai Jangga*, 185(2), 180–185.
- Putri, H. P. (2017). *Life Cycle Assessment (LCA) Emisi Pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Bensin Dengan Pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP)*. <https://Repository.Its.Ac.Id/43311/>, 65(1), 816–823. <https://repository.its.ac.id/id/eprint/43311>
- Putri, S. N. (2018). *Life Cycle Assessment (LCA) Proses Produksi Kain Pabrik Tekstil (Studi Kasus : PC. GKBI Medari Yogyakarta)*. Universitas Islam Indonesia.
- Ramdhani, M., Yani, M., & Ismayana, A. (2019). *Analisis Emisi GRK dan Konversi Energi pada Produksi Minyak Jarak (Ricinus communis L.) dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)*. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 9(3), 680–691. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.3.680-691>
- Rianta, M. G. (2022). *Mengenal Metode Surface Mining Pada Pertambangan Batubara*. *IndonesiaRe*.
- Rifai, A., Fuad, & Noviani, L. (n.d.). *Manajemen Pengelolaan Bisnis Air Bersih dan Air Minum Untuk Keseimbangan Pengelolaan Lingkungan Guna Keberlangsungan Kehidupan*. 25–39.
- Rismawati, L., Priatmadi, B. J., Hidayat, A. S., & Indrayatie, E. R. (2020). *Kajian Persepsi Dan Perilaku Masyarakat Terhadap Pencemaran Air Sungai Martapura*. *EnviroScienteeae*, 16(3), 389. <https://doi.org/10.20527/es.v16i3.9681>
- Riyanty, F. P. E., & Indarjanto, H. (2015). *Kajian Dampak Proses Pengolahan Air di IPA Siwalanpanji Terhadap Lingkungan dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA)*. *Jurnal Teknik ITS*, 4(2), D86–D90. <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/11441%0Ahttps://ejurnal.its.ac.id>
- Said, N. I. (2018). *Disinfeksi Untuk Proses Pengolahan Air Minum*. *Jurnal Air*





*Air Bersih Jatim Unit Spam Mojolagres ( Perseroda ), Kabupaten Mojokerto*  
”.

- Vince, F., Aoustin, E., Bréant, P., & Marechal, F. (2008). *LCA tool for the environmental evaluation of potable water production*. *Desalination*, 220(1–3), 37–56. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.01.021>
- Widyastuti, E., Sukanto, S., & Setyaningrum, N. (2015). *Pengaruh Limbah Organik terhadap Status Tropik, Rasio N/P serta Kelimpahan Fitoplankton di Waduk Panglima Besar Soedirman Kabupaten Banjarnegara*. *Biosfera*, 32(1), 35. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2015.32.1.293>
- Yani, M. (2021). *Study of the Environmental Impact on Agar Flour Product Using Life*. 31(3), 343–355.
- Yudo, S. (2018). *Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai Dki Jakarta*. *Jurnal Air Indonesia*, 2(1), 1–15. <https://doi.org/10.29122/jai.v2i1.2275>
- Zulfikar, A., & Prasetyawan, Y. (2016). *Analisa Life Cycle Assessment Pada Proses Produksi Di Ukm Murni Mandiri, Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri*. July, 1–23.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A