

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESMENT* (LCA) TERHADAP KOAGULAN ALUMINIUM SULFAT DAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDE* (PAC) DI IPAM NGAGEL SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Lingkungan



Disusun oleh:

VINA NIRMA WAHYUNI

NIM: H05216022

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Vina Nirma Wahyuni

NIM : H05216022

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul: "ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) TERHADAP KOAGULAN *ALUMINIUM SULFAT* DAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDE* (PAC) DI IPAM NGAGEL SURABAYA". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 6 Agustus 2020

Yang Menyatakan,



(Vina Nirma Wahyuni)

NIM. H05216022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir oleh:

Nama : Vina Nirma Wahyuni

NIM : H05216022

Judul : Analisis Dampak Lingkungan dengan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) Terhadap Koagulan *Aluminium Sulfat* dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) di IPAM Ngagel Surabaya.

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 21 Juli 2020

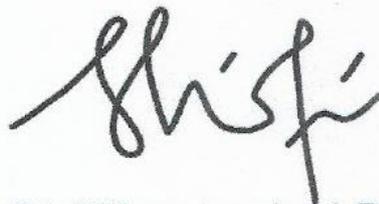
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Rr Diah Nugraheni Setyowati, M. T)

NIP. 198205012014032001



(Shinfi Wazna Auvaria, M. T)

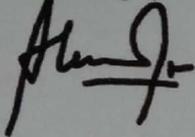
NIP. 198603282015032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Vina Nirma Wahyuni ini telah dipertahankan
di depan tim penguji tugas akhir
di Surabaya, 24 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

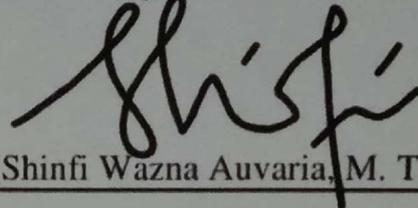
Dosen Penguji I



(Rr Diah Nugraheni Setyowati, M. T)

NIP. 198205012014032001

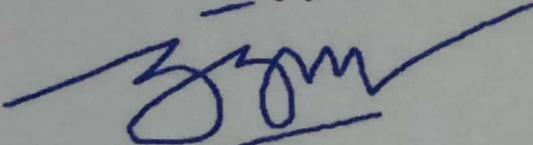
Dosen Penguji II



(Shinfi Wazna Auvaria, M. T)

NIP. 198603282015032001

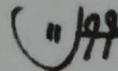
Dosen Penguji III



(Abdul Hakim, M. T)

NIP.198008062014031002

Dosen Penguji IV



(Estri Kusumawati, M. Kes)

NIP. 198708042014032003

Mengetahui,

Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Sunan Ampel Surabaya



Dr. Evi Fatimatur Ruydiyah, M.Ag)

NIP. 197312272005012003

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Vina Nirma Wahyuni
NIM : H05216022
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : vinanirmawahyuni@gmail.com

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

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain

(.....)

yang berjudul:

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN DENGAN METODE *LIFE CYCLE*

ASESSMENT (LCA) TERHADAP KOAGULAN ALUMINIUM SULFAT DAN

POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) DI IPAM NGAGEL SURABAYA

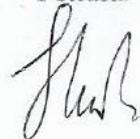
beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin 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, 6 Agustus 2020

Penulis



(Vina Nirma Wahyuni)

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
			IPAM. Solusi untuk mengurangi dampak lingkungan akibat penggunaan energi listrik yaitu peningkatan efisiensi peralatan dan sistem aliran air memanfaatkan gaya gravitasi.
2.	Kevin Wais Alqorin "Analisis Tingkat Eko Efisiensi Menggunakan Metode <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA) Pada Usaha Kecil Menengah (UKM) Batik Laweyan	Untuk membandingkan dampak lingkungan dari kedua UKM sehingga bisa didapatkan nilai <i>eco cost</i> yang akan digunakan untuk mengukur perbandingan <i>Eco Efficiency Index</i> (EEI) dan <i>Eco Efficiency Ratio</i> (EER) dengan menggunakan 8.5.2.0	Dari hasil perhitungan didapatkan hasil <i>Eco Cost</i> pada UKM Batik Anugrah Purnama sebesar Rp1,767,337,381.54 dan UKM Batik Ogid sebesar Rp.1,287,012,133.64 dan nilai <i>Eco Efficiency Index</i> (EEI) pada UKM Batik Anugrah Purnama sebesar 0.178 dan pada UKM Batik Ogud sebesar 0.147 yang berarti bahwa kedua UKM tersebut dapat dikatakan terjangkau secara finansial (<i>affordable</i>) namun tidak ramah lingkungan (<i>not sustainable</i>). Nilai <i>Eco Efficiency Ratio</i> (EER) pada UKM Batik anugrah Purnama yaitu sebesar 462.96% dan UKM Batik

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
			Ogud sebesar -576.65% sehingga dari perbandingan kedua UKM tersebut yang lebih efisien yaitu UKM Batik Anugrah Purnama.
3.	Fara Pratiwi Eka Riyanty dan Hariwiko Indarjanto “Kajian Dampak Proses Pengolahan Air di IPA Siwalanpanji Terhadap Lingkungan dengan Menggunakan Metode <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA)	Bertujuan untuk mengkaji dampak-dampak terhadap lingkungan dari proses pengolahan air di IPA Siwalanpanji dengan menggunakan <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	Dari hasil analisis LCA, menggunakan software SimaPro 7.33 dampak pencemaran yang terjadi berupa pencemaran yang terjadi berupa pencemaran udara yang disebabkan oleh penggunaan klorin, <i>Poly Alumunium Chloride</i> (PAC) dan konsumsi listrik.
4.	Yunianto Rahmanizar Maksum “Kajian <i>Life Cycle Assesment</i> (LCA) Untuk Perbaikan Produksi Air Bersih di Instalasi	Untuk menganalisa dampak lingkungan yang terjadi dari serangkaian proses pengolahan air bersih di IPAM PDAM khususnya IPAM Ngagel II yang dilakukan dengan	Dari hasil LCA, diketahui bahwa bagian pompa air baku memiliki dampak terbesar yaitu sebesar 73 kPt. Dari hasil LCA, diidentifikasi alternative pengurangan dampak lingkungan di bagian pompa, yaitu perubahan

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	Pengolahan Air Minum IPAM Ngagel II PDAM Surabaya Dengan Pendekatan <i>Analytic Network Process ANP</i> ” (2011)	pendekatan <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	kapasitas pompa, peningkatan intensitas maintenance, serta pelatihan dan pengembangan operator.
5.	Simon Peter Hamonangan, Naniek Utami Handayani, Arfan Bakhtiar “Evaluasi Dampak Proses Produksi dan Pengolahan Limbah Minuman Isotonik Terhadap Lingkungan dengan Metode <i>Life Cycle Assessment</i> ”	Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak-dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh proses produksi kemudian menganalisis dampak-dampak lingkungan tersebut, lalu memberikan rekomendasi yang sesuai dengan permasalahan yang ada sehingga dampak lingkungan dapat diminimalisir.	Setelah perhitungan LCA dilakukan, kemudian didapatkan hasil bahwa proses produksi Mizone menghasilkan dampak lingkungan terbesar yaitu pencemaran air dan tanah, sedangkan proses pengolahan limbah Mizone menghasilkan dampak lingkungan terbesar yaitu pencemaran tanah dan pemanasan global.
6.	Marianna Garfí, Erasmo Cadena, David Sanchez-Ramos, Ivett Ferrer	Kajian ini mengevaluasi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh konsumsi air minum	Hasilnya menunjukkan bagaimana air keran yaitu alternatif yang paling menguntungkan, sementara air kemasan disajikan hasil

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	<p><i>“Life cycle assessment of drinking water: comparing conventional water treatment, reverse osmosis and mineral water in glass and plastic bottles”</i></p>	<p>di Barcelona (Spanyol) menggunakan metodologi penilaian siklus hidup (LCA). Lima skenario yang berbeda dibandingkan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) keran air dari air minum konvensional 2) tekan air dari pengolahan air minum konvensional dengan reverse Osmosis di pabrik pengolahan air 3) keran air dari air minum konvensional pengolahan dengan domestik reverse osmosis 4) air mineral dalam botol plastik, dan 5) air mineral dalam botol kaca. 	<p>terburuk karena bahan baku yang lebih tinggi dan input Senergi yang diperlukan untuk botol manufaktur, terutama dalam kasus botol kaca. Dampak yang ditimbulkan oleh reverse osmosis domestik yaitu antara 10 dan 24% lebih tinggi daripada alternatif air keran tergantung pada kategori dampak. Itu karena konsumsi listrik yang lebih tinggi. Reverse osmosis di pabrik pengolahan air menunjukkan dampak hampir dua kali lebih tinggi dari domestik sistem reverse osmosis skenario, terutama karena input energi yang lebih tinggi.</p>
7.	<p>George Bârjoveanu, Carmen Teodosiu, Andreea-Florina Gîlcă, Ioana</p>	<p>Tujuan dari studi ini yaitu untuk mengevaluasi pabrik pengolahan air minum (DWTP) di Iasi City (Romania) oleh penilaian siklus hidup</p>	<p>Kontributor utama untuk dampak dalam sebagian besar kategori yaitu: konsumsi listrik (25-95% tergantung pada kategori dampak) dan klorida Ferri yang digunakan dalam</p>

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	Roman, Silvia Fiore <i>“Environmental Performance Evaluation of a Drinking Water Treatment Plant: A Life Cycle Assessment Perspective”</i>	(LCA) dan untuk mengidentifikasi dan mencirikan dampak lingkungan. Iasi DWTP melibatkan skema berikut: pra-oksidasi (klorin dioksida), koagulasi/flocculation, sedimentasi, koreksi pH (kalsium hidroksida), filtrasi pasir yang cepat, filtrasi karbon aktif granular dan disinfeksi (gas klorin).	koagulasi/flocculation (35-100%, tergantung pada kategori dampak). Penilaian dampak siklus hidup menunjukkan bahwa semakin rendah konsentrasi polutan, semakin tinggi dampak lingkungan spesifik akan, yang meminta untuk analisis rinci lebih lanjut dari kinerja lingkungan tanaman pengolahan air dalam setidaknya dua arah: penghapusan kontaminan muncul (hadir dalam konsentrasi yang sangat rendah) dan analisis yang lebih rinci pada kinerja individu setiap tahap pengobatan.
8.	Alexandre Bonton, Christian Bouchard, Benoit Barbeau, Stéphane Jedrzeja <i>“Comparative life cycle assessment of</i>	Tujuan dari studi ini yaitu untuk melakukan penilaian siklus hidup komparatif dari dua tanaman pengolahan air: satu tanaman konvensional ditingkatkan dan satu pabrik nanofiltrasi.	Penelitian ini mengungkapkan dampak yang sangat berbeda untuk kedua tanaman, menarik perhatian pada pentingnya pilihan bahan kimia pengolahan air dan sumber energi.

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	<i>water treatment plants</i> ”	Salah satu tanaman nanofiltrasi yang ada dipilih dan diselidiki dengan sangat rinci, termasuk fase operasi dan konstruksinya. Tanaman ini terletak di bagian utara provinsi Quebec dan telah beroperasi selama lebih dari 10 tahun.	
9.	Adriana Del Borghi, Carlo Strazza, Michela Gallo, Simona Messineo dan Massimiliano Nas “Water supply and sustainability: life cycle assessment of water collection, treatment and distribution service”	Tujuan dari makalah ini yaitu untuk menggambarkan perkembangan siklus hidup studi penilaian Layanan pasokan air minum di Sisilia, Italia. Analisis ini mempertimbangkan tahapan pengumpulan, pengobatan dan distribusi air minum melalui jaringan regional,	Hasil dan diskusi analisis menunjukkan saham dampak sepanjang rantai siklus hidup, yaitu output oleh Lapangan baik dan kelompok musim semi, pemurnian dan desalinasi tanaman, kehilangan air di dalam air, konsumsi listrik dari sistem pekerjaan air dan dampak pemeliharaan jaringan. Berkenaan dengan potensi pemanasan global (GWP), dampak dari pemurnian tanaman mewakili 6 – 7% pangsa Total, sementara Desalinasi di 74%. Hilangnya air di dalam air

No.	Penulis dan Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
			menunjukkan dampak 15 – 17%; kontribusi karena konsumsi listrik dari sistem pengerjaan air dan hasil pemeliharaan jaringan menjadi 3%. Tanaman Desalinasi mewakili kontribusi utama untuk semua kategori dampak dipertimbangkan.
10.	Xiaobo Xue, Sarah Cashman, Anthony Gaglione, Jnet Mosley, Lori Weiss, Xin Cissy Ma, Jennifer Cashdollar, Jay Garland “Holistic analysis of urban water systems in the Greater Cincinnati region: life cycle assessment and cost implications”	Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dan ekonomi dari sistem air dan limbah perkotaan dengan dua utilitas di wilayah Cincinnati Raya sebagai studi kasus. Studi ini memberikan wawasan untuk potensi optimasi efisiensi secara keseluruhan dan dapat berfungsi sebagai patokan bagi masyarakat mempertimbangkan adopsi sistem air alternatif.	Penilaian siklus hidup menunjukkan bahwa operasi dan pemeliharaan distribusi air minum yaitu kontributor yang mendominasi untuk konsumsi energi (43%) dan potensi pemanasan global (41%). Pembuangan air limbah dari pabrik pengolahan air limbah menyumbang lebih dari 80% dari total potensi eutrofikasi. Analisis biaya ditentukan bahwa biaya tenaga kerja dan pemeliharaan (19%) untuk pengumpulan air limbah, dan biaya listrik (13%) untuk distribusi air minum

Skenario 1

a. Characterization

Characterization merupakan tahapan dimana akan menampilkan kontribusi relatif terhadap dampak lingkungan. Tahap ini akan mengukur kontribusi dampak produk atau kegiatan pada setiap indikator dampak. Selain itu, tahap ini membandingkan secara langsung hasil *life cycle inventory* dalam tiap kategori. Berdasarkan **Tabel 4.3** tentang *characterization* dampak pada skenario 1, kerugian dampak yang terbesar yaitu kerugian terhadap kesehatan pernapasan (*respiratory inorganics*) karena pemakaian listrik/energi yang cukup tinggi pada proses produksi air.

Tabel 4.3 *Characterization* Dampak Lingkungan Skenario 1 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact Category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Aluminium sulfat</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>	DALY	3.59	0.00544	2.23	0.00108	6.606E-5	0.00154	0.00083	0.00646	0.00366	1.34
<i>Respiratory inorganic</i>	DALY	8.01	0.0109	2.2	0.00109	0.00357	0.0597	0.00182	0.0102	0.00368	5.72
<i>Climate change</i>	DALY	2.17	0.00179	0.305	0.000184	0.00529	0.0189	0.0000582	0.00183	0.000635	1.84

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

b. Normalization

Pada tahap *normalization* diperoleh dengan membagi *characterization* dengan nilai normal. Hasil nilai normalisasi untuk tiga kategori kerugian dampak lingkungan dari mulai terbesar sampai terkecil yaitu dampak lingkungan terhadap sumber daya, kesehatan manusia dan ekosistem. Nilai dampak lingkungan dari tahap *normalization* pada skenario 1 dapat dilihat pada

Tabel 4.4.

Tabel 4.4 *Normalization* dampak lingkungan Skenario 1 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Aluminium sulfat</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>		407	0.616	253	0.123	0.00686	0.175	0.094	0.731	0.414	152
<i>Respiratory inorganics</i>		907	1.24	249	0.124	0.404	6.76	0.206	1.16	0.417	647
<i>Climate change</i>		246	0.203	34.5	0.0208	0.599	2.14	0.0658	0.207	0.0719	208

(Sumber : Hasil Pengolahan SimaPro)

c. *Single score*

Pembobotan yang dilakukan dengan semua potensi dampak lingkungan akan dikonversi ke *single score* dengan memperlihatkan tiap-tiap proses yang mempunyai dampak lingkungan. Hasil *single score* disajikan dalam **Tabel 4.5**. Pada dampak lingkungan kategori kesehatan manusia, kategori dampak *carcinogens* (senyawa yang terdapat pada polutan lingkungan dan berpengaruh pada kesehatan manusia) terbesar ada pada penggunaan *Aluminium sulfat*. Kategori dampak *respiratory inorganic* (efek saluran pernapasan) terbesar dipengaruhi oleh penggunaan *electricity* (energi listrik). Kategori dampak *climate change* (peubahan iklim pada waktu tertentu) terbesar dipengaruhi oleh penggunaan *electricity* (energi listrik).

Tabel 4.5 *Single score* dampak lingkungan Skenario 1 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Aluminium sulfat</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Poly Aluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Cersinogenics</i>	MPt	0.163	0.000246	0.101	4.91E-5	2.74E-6	6.99E-5	3.76E-5	0.000292	0.000166	0.0607
<i>Respiratory inorganics</i>	MPt	0.363	0.000494	0.0997	4.95E-5	0.000162	0.0027	8.22E-5	0.000464	0.000167	0.259
<i>Climate change</i>	MPt	0.0984	8.13E-5	0.0138	8.32E-6	0.00024	0.000855	2.63E-5	8.3E-5	2.88E-5	0.0832

Emisi CO₂ yang diakibatkan oleh aktivitas pembakaran karbon yang terdapat pada energi fosil, mulai dari minyak bumi, gas bumi hingga batubara. Karbondioksida merupakan penyumbang utama terjadinya pemanasan global. Hal ini dibuktikan dari penelitian yang dilakukan oleh Kyung *et al* (2013), dalam penelitian ini dibuat pemodelan yang bertujuan untuk memperkirakan banyaknya emisi CO₂ yang dihasilkan dari pengolahan air (WTP) menggunakan sistem *on-site* dan *off-site* CO₂ secara konvensional. *On-site* CO₂ diartikan sebagai reaksi kimia pada proses pencampuran secara mekanik dalam koagulasi. Sedangkan *off-site* CO₂ merupakan total kebutuhan *electricity* dan bahan bakar pada unit operasi serta total produksi dan *chemical* untuk konsumsi *on-site*. Dari penelitian itu, dihasilkan total emisi CO₂ yang memiliki hubungan dengan kebutuhan listrik pada WTP sejumlah 5,1 % dari total emisi keseluruhan.

Tabel 4.6 *Characterization* dampak lingkungan Skenario 2 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact Category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>	DALY	6.57	0.00544	5.21	0.00108	6.606E-5	0.00154	0.00083	0.00646	0.00366	1.34
<i>Respiratory inorganic</i>	DALY	11.1	0.0109	5.24	0.00109	0.00357	0.0597	0.00182	0.0102	0.00368	5.72
<i>Climate change</i>	DALY	2.77	0.00179	0.905	0.000184	0.00529	0.0189	0.0000582	0.00183	0.000635	1.84

(Sumber : Hasil Pengolahan SimaPro)

b. *Normalization*

Normalization merupakan proses analisa data, dimana membandingkan indikator dampak antara kategori dampak. Tujuan dari penyetaraan satuan disini agar penilaian dampak (*impact assessment*) yang dihasilkan pada proses *running* SimaPro dapat dibandingkan satu sama lain. Berikut ini yaitu hasil perhitungan *normalization* dapat dilihat pada **Tabel 4.7**

Tabel 4.7 *Normalization* dampak lingkungan Skenario 2 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Damage category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>		744	0.616	590	0.123	0.00686	0.175	0.094	0.731	0.414	152
<i>Respiratory inorganics</i>		1.25E3	1.24	593	0.124	0.404	6.76	0.206	1.16	0.417	647
<i>Climate change</i>		314	0.203	102	0.0208	0.599	2.14	0.0658	0.207	0.0719	208

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

c. Single score

Pembobotan yang dilakukan dengan semua potensi dampak lingkungan akan dikonversi ke *single score* dengan memperlihatkan tiap-tiap proses yang mempunyai dampak lingkungan. Hasil *single score* disajikan dalam **Tabel 4.8**.

Dari seluruh *impact category* yang dihasilkan, tampak bahwa kategori *respiratory inorganics* memiliki dampak yang paling besar dibandingkan kategori dampak yang lainnya. Pemakaian *electricity* dan pemakaian bahan kimia *Poly Aluminium Chloride* (PAC) merupakan faktor terbesar yang menyebabkan dampak tersebut.

Tabel 4.8 *Single score* Dampak Lingkungan Skenario 2 Berdasarkan Bahan Kimia dan Konsumsi Listrik

<i>Impact category</i>	Unit	Total	<i>Tap water</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Calcium chloride</i>	<i>Activated carbon</i>	<i>Chlorine</i>	<i>Polyacrylamide</i>	<i>Aluminium chloride</i>	<i>Polyaluminium chloride</i>	<i>Electricity</i>
<i>Carcinogens</i>	MPt	0.298	0.000246	0.236	4.91E-5	6.99E-5	2.74E-6	3.76E-5	0.000292	0.000166	0.0607
<i>Respiratory inorganics</i>	MPt	0.5	0.000494	0.237	4.95E-5	0.000162	0.0027	8.22E-5	0.000464	0.000167	0.259
<i>Climate change</i>	MPt	0.126	8.13E-5	0.041	8.32E-6	0.00024	0.000855	2.63E-5	8.3E-5	2.88E-5	0.0832

(Sumber: Hasil Pengolahan SimaPro)

- Hallet, K. (2011). *Energy Intensity of Water : Literature Suggest Increasing Interest Despite Limited and Inconsistent Data in ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 209-419.
- Hamonangan. (2016). Evaluasi Dampak Proses Produksi dan Pengolahan Limbah Minuman Isotonik Mizone Terhadap Lingkungan dengan Metode Life Cycle Assessment. 1-14.
- Hasan, A. (2011). Dampak Penggunaan Klorin. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 90-96.
- Irawati. (2018). Analisa Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Dengan Metode Life Cycle Assesment (LCA). *Jurnal Teknik Industri*, 166-177.
- Lewis, T. E. (1990). *Environmental Chemistry and Toxicity of Aluminium*. Michigan: Lewis Publisher. Inc.
- Lin, S. D., & Lee, C. C. (2007). *Water and Wastewater Calculations Manual vol.6*. New York: McGraw-hill .
- M. J Thorn, J. L. (2011). Life-Cycle Assessment as a Sustainability Management Tool: Strengths, weakness, and Other Considerations. *Environmnetal Quality Management*, vol. 20 1-10.
- Maulinda, L., & dkk. (2015). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11-19.
- Mayasari, R., & dkk. (2018). Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC) (Studi Kasus PDAM Tirta Musi Palembang). *Jurnal Integrasi*, Vol. 3 No.2 (28-36).
- Mc Carthy, J. J. (2001). *Report fThe Intergovermental Panel on Climate Change*. New York, USA: Cambridge University.
- Metcalf. (1979). *Wastewater Engineering: Treatment, disposal and Reuse*. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Co.

- Moran, L., & all, e. (2010). *Chemical Laboratory Safety and Security, A Guide to Prudent Chemical Management*. Washington DC: The National Academies Press.
- Muyibi, & Alfugara. (2003). *International Journal Environmental Studies*, 617-626.
- N. P Maghgoub, N. P. (2010). Towards Sustainability in Urban Water: A Life Cycle Analysis of The Urban water System of Alexandria City, Egypt. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, pp, 1100-1106.
- Nisa, d. (2012). Penentuan Tingkat Eko Efisiensi Proses Produksi Biji Kakao Menggunakan Life Cycle Assessment pada Unit Produksi di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan Universitas Brawijaya: Malang*.
- O. O. O Rodriguez, R. A.-G. (2016). Life Cycle Assessment of Four Potable Water Treatment Plants in Northeastern Colombia. *Revista Ambiente and Agua*, 268-278.
- Okuda, Baes, Nishijima, & Okada. (1999). *Journal water Research*, 3373-3378.
- Pujadi. (2013). Analisis Sustainability Packaging dengan Metode Life Cycle Assesment(LCA).
- Rachim, T. A. (2017). *Life Cycle Assessment (LCA) Pengolahan Sampah Secara Termal (Studi Kasus. TPA Benowo, Kota Surabaya)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rahayu, S. R. (2019). Evaluasi Operasional dan Pemeliharaan Instalasi Pengolahan Air Minum Ngagel III PDAM Surya Sembada Surabaya. 1-106.
- Raucher. (2008). *Risk and Benefits of Ennergy Management For Drinking Water Utilities*. Denver: Awwa Research Foundation.
- Riyanty. (2015). Kajian Dampak Proses Pengolahan Air di IPA Siwalanpanji Terhadap Lingkungan dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assesment. *Jurnal Teknik ITS*, 2337-3539.

