

# ANALISIS PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PADA PRODUKSI KERUPUK UMKM “ANUGRAH” MENGGUNAKAN METODE *LIFE CYCLE ASSESMENT (LCA)*

1<sup>st</sup> Bayu Anggoro  
Universitas Telkom Purwokerto  
Banyumas, Indonesia  
[bayuanggoro@student.telkomuniversity.ac.id](mailto:bayuanggoro@student.telkomuniversity.ac.id)

2<sup>nd</sup> Aswan Munang  
Universitas Telkom Purwokerto  
Banyumas, Indonesia  
[aswanm@telkomuniversity.ac.id](mailto:aswanm@telkomuniversity.ac.id)

3<sup>rd</sup> Dina Rachmawaty  
Universitas Telkom Purwokerto  
Banyumas, Indonesia  
[dinarr@telkomuniversity.ac.id](mailto:dinarr@telkomuniversity.ac.id)

## ABSTRAK

Sektor industri UMKM (Usaha Mikro Kecil Menengah) di Indonesia menjadi usaha untuk mencari pendapatan oleh masyarakat. Kerupuk ini menjadi salah satu industri UMKM yang dilakukan oleh masyarakat Jatilawang. Pembuangan limbah yang dilakukan secara langsung ke lingkungan membutuhkan sebuah metode pengolahan untuk mengurangi terjadinya pencemaran. Hasil limbah akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan sekitarnya seperti limbah cair yang dibuang setelah proses produksi selesai akan menimbulkan bau tidak sedap, limbah padat akan menghasilkan debu yang berterbangan, dan limbah gas akan mencemari udara di lingkungan tersebut.

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengurangi pencemaran lingkungan karena limbah yang tidak diolah dari industri kerupuk pada UMKM. Subjek pada penelitian ini yaitu UMKM kerupuk yang berlokasi di Desa Kedung Wringin, Kecamatan Jatilawang, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. Data yang digunakan diperoleh melalui metode kajian pustaka penelitian sebelumnya dan metode observasi objek UMKM. Pengolahan data dilakukan mulai dari *raw material extraction, manufacturing & processing, transportation, usage & retail, waste disposal* yang kemudian akan dianalisis berdasarkan Life Cycle Assesment.

Kata kunci : life cycle assesment, limbah cair, umkm

## I. PENDAHULUAN

Sebagian besar UMKM lebih banyak berkembang di daerah Jawa lebih tepatnya Jawa Tengah yang menempati peringkat pertama dengan jumlah industri mikro dan kecil (IMK) terbanyak yaitu 898.162 usaha (Badan Pusat Statistik, 2021). Banyaknya usaha yang terdapat di daerah Jawa Tengah, di daerah Banyumas lebih tepatnya Jatilawang memiliki banyak industri rumahan atau *homemade* yang terkenal salah satunya industri kerupuk UMKM “Anugrah”.

Kerupuk adalah makanan pelengkap yang biasa disajikan bersama soto yang menambah cita rasa gurih dan renyah dipadukan dengan kuah soto yang hangat. Kerupuk ini menjadi salah satu industri rumahan yang dilakukan oleh masyarakat Jatilawang. Sebagian besar masyarakat desa Kedung Wringin, Kecamatan Jatilawang berprofesi sebagai produsen kerupuk. Proses produksi kerupuk ini cukup mudah karena dapat dibuat sendiri, namun membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga banyak masyarakat yang berperan menjadi konsumen dibandingkan produsen. Namun dibalik dampak positif tingginya produksi

yang dibuat oleh UMKM kerupuk ini, ternyata terdapat dampak negatif yang bisa menyebabkan kerusakan lingkungan sekitar yaitu air limbah dari perebusan kerupuk tidak dapat diolah atau diorganisir dengan baik oleh UMKM tersebut. Tentunya dalam produksi sebuah produk akan menghasilkan limbah atau sisa hasil produksi berbentuk cair, padat, ataupun gas. Hasil limbah akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan sekitarnya seperti limbah cair yang dibuang setelah proses produksi selesai akan menimbulkan bau tidak sedap, limbah padat akan menghasilkan debu yang berterbangan, dan limbah gas akan mencemari udara di lingkungan tersebut. Limbah yang dihasilkan pada produksi kerupuk ini berbentuk limbah cair yang mengandung zat organik yang dapat mempercepat perkembangan mikroba, sehingga kandungan oksigen dalam air menurun.

## II. KAJIAN TEORI

Damiri (2022) dengan judul “Kajian Dampak Proses Produksi Tapioka Terhadap Lingkungan Dengan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)*”. Tantang tapioka dengan batasan metode gate to gate divalidasi melalui LCA dalam empat fase : (1) tujuan penggunaan LCA dan ruang lingkup penelitian, (2) inventori produksi tapioka, (3) analisis dampak produksi tapioka, dan (4) interpretasi dari hasil analisisnya. Hasil LCA menunjukkan bahwa dalam 1 ton tapioka berkontribusi terhadap efek rumah kaca (1,679 kg CO<sub>2</sub>-eq) dan eutrofikasi (157,923 kg po<sub>4</sub>-eq).

Astuti (2019) “Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan Life Cycle Assessment (LCA)” menunjukkan bahwa konsumsi sda berupa lahan tebu 0,233 ha, air (2.223,117 m<sup>3</sup>) dan energi (19.234,254 mj).

Rolf Frischknecht, et. al, (2020) yang berjudul “*life cycle inventories and life cycle assessments of photovoltaic systems*”. Penelitian yang dilakukan oleh Rolf Frischknecht, dkk. bertujuan untuk menggambarkan nilai aliran energi, material, dan emisi, dalam tahap kehidupan dari *potovoltaic systems*, serta menganalisis daur ulangnya.

## III. METODE

Penelitian ini dilakukan dengan observasi lapangan untuk mengetahui kondisi yang ada di lingkungan UMKM, tentang permasalahan apa yang terjadi. Dari permasalahan yang ada, peneliti berusaha mengidentifikasi sumber masalah sehingga

dapat memecahkannya. Sumber informasi yang didapatkan yaitu dari wawancara, jumlah pekerja, jumlah UMKM. Kemudian data yang didapat akan diolah menggunakan metode LCA yaitu *goal and scope definition, inventory analysis, impact assesment, interpretasi*. Hasil pengolahan data disimpulkan dan akan dijadikan sebagai usaha untuk mengurangi pencemaran limbah produksi kerupuk.

### 3.1 Metode Study Pustaka

Metode digunakan untuk mendapatkan referensi dengan mencari studi literatur sebagai bahan acuan dalam pemecahan masalah suatu objek yang diambil oleh peneliti melalui membaca sumber data yang berhubungan dengan pembahasan dan teori yang dikumpulkan peneliti. Tujuannya, permasalahan yang dibahas dapat diselesaikan dengan acuan studi literatur tersebut.

### 3.2 Observasi UMKM

Metode ini digunakan untuk mengetahui keadaan di lapangan dengan melakukan wawancara secara langsung kepada pemilik UMKM kerupuk sehingga mendapatkan data dibutuhkan.

### 3.3 Singkatan dan Akronim

- LCA = Life Cycle Assesment
- UMKM = Usaha Mikro Kecil Menengah
- IMK = Industri Mikro dan Kecil
- LCI = Life Cycle Inventory
- LCIA = Life Cycle Impact Assesment
- NOx = Natrium Oksida
- HC = Hydro Carbon
- CO = Carbon Oksida
- PM = Particulate Material

Proses	Bahan	Input	Satuan
	Pewarna merah	3	Kg
	Pewarna hijau	3	Kg
Pengadonan	Air panas	60	Liter
	Tepung tapioka	110	Kg
	Garam	4	Kg
	Pewarna merah	0.07	Kg
	Pewarna hijau	0.07	kg
Pencetakan	Adonan kerupuk	184	kg
Perebusan	Adonan kerupuk	184	Kg
	Air	35	Liter
	Kayu bakar	25	Kg
Pemotongan	Kerupuk	156,8	Kg
Penjemuran	Potongan kerupuk	155.8	Kg
Pengemasan	Kerupuk	116.85	Kg
Distribusi	Kerupuk	160	Kg
	BBM (Pertalite)	5	Liter

## IV. PEMBAHASAN

### 4.1 Tujuan dan Batasan

Tujuan (Goals) yaitu mengetahui pencemaran lingkungan dari produksi kerupuk : 1) perubahan iklim, 2) eutrofikasi, 3) pengasaman, 4) toksitas manusia, 5) oksidasi fotokimia. Batasan penelitian ini, siklus hidup produksi kerupuk “cradle to gate” mulai dari transportasi bahan hingga masa akhir pakai (Used). Dampak lingkungan akan dihitung berdasarkan sistem Cradle to Gate.

### 4.2 Analisis Inventoty

Inventarisasi produk sangat penting karena UMKM berurusan dengan perubahan di pasar produksi dan perubahan harga dalam permintaan banyak

Tabel 1 Persediaan bahan

Proses	Bahan	Input	Satuan
Transportasi bahan baku	Kayu bakar	1000	Kg
	Plastik kemasan	5	kg
	BBM (Solar)	4.67	Liter
	Tepung tapioka	6000	Kg
	Garam	100	Kg

Tabel 2 transportasi bahan baku

Proses	Input	Output
Pengiriman bahan baku	BBM Solar : 4,67 lt = 4,67 kg BBM Pertalite untuk pengiriman : Garam, Kayu Bakar, Zat Pewarna Makanan, Plastik = 5 Liter	Batasan emisi mesin solar pada EURO 4 - karbon oksida : 14 g/km - hydrocarbon + natrium oksida : 8,4 g/km - natrium oksida : 7 g/km - partikulat mater : 0,7 g/km

Proses	Input	Output
		Batas emisi bensin EURO 4 : - carbon oxida : 26 g/km - hydrocarbon 2,6g/km - natrium oxida 2,08 g/km
Total	9,67 kg	60,18 g/km

Tabel 3 Perebusan

Proses	Input	Output
Perebusan	- Adonan kerupuk = 184 kg - Berat cetakan kering = 0,9 kg x 56 cetakan = 62,2 Kg. - Air perebusan 35 L = 35 Kg - Kayu bakar = 25 Kg	- Berat bahan matang : 3,28 Kg - Berat cetakan basah = 1,5 kg Berat bahan dan cetakan : 4,78 kg x 56 cetakan = 267,68 Kg - air sisa rebusan = 25 L - Abu dan arang = 3 Kg
Total	306,2 Kg	295,68 Kg

Tabel 4 distribusi kerupuk

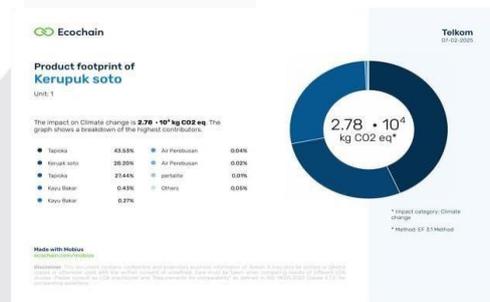
Proses	Input	Output
Pengiriman kerupuk	- kerupuk = 20 bungkus = 160 kg - BBM Peralite :	Bensin untuk EURO 4 : - carbon oxida : 26 g/km

Proses	Input	Output
	5 lt = 5 kg	- hydrocarbon : 2,6 g/km - natrium oxida : 2,08 g/km
Total	165 Kg	30,08 g/Km

#### 4.3 Impact Assesment

##### 4.3.1 Climate Change

Global Warming Potential telah dikembangkan untuk memungkinkan perbandingan dampak pemanasan global. Kategori gas rumah kaca yaitu Metana, Dinitrogen Oksida, dan Karbon Indikasi yang menunjukkan potensi pemanasan global akibat efek rumah kaca, diakibatkan oleh: (1) sumber daya fosil, (2) sumber daya berbasis hayati, dan(3) penggunaan lahan. Dampak dari pemanasan global salah satunya yaitu adanya perubahan iklim (Climate Change). Climate Change diartikan dengan perubahan iklim atau suhu akibat adanya *global warming* yang ditimbulkan dari aktivitas manusia.



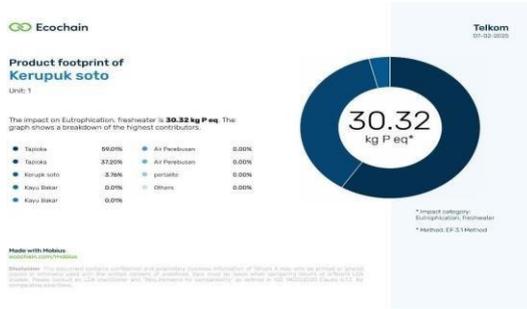
Gambar 1. 1 Climate Change

Metode EF 3.1 dalam kg . CO<sub>2</sub> ( $2,78 \times 10^4$  kg . CO<sub>2</sub>). Kontributor utama dampak *climate change* yaitu (1) Tapioka– 43,53% + 27,44% (jumlah total: 70,97%); (2) Kerupuk (pengolahan produk akhir) – 28,20%; (3) Kayu Bakar – 0,43% + 0,27% (jumlah total: 0,70%); (3) Air Perebusan (Air Mendidih) – 0,04% + 0,02% (jumlah total: 0,06%); (4) Peralite (Bahan Bakar)– 0,01%; dan (5) Kontributor lainnya – 0,05%.

##### 4.3.2 Eutrophication

*Eutropikasi* mencakup semua dampak yang mengakibatkan timbulnya penyuburan, seperti nitrogen (N) dan fosforus (P). eutrifikasi mengakibatkan terhadap ekosistem air karena terlalu banyak nutrien yang ada

didalamnya. Limbah pada produksi kerupuk menghasilkan kontaminan yang berpotensi mencemari lingkungan serta belum standar nasional indonesia (SNI). Limbah industri memiliki kandungan COD, TSS, pH, miniak dan lemak, NH<sub>3</sub> S, Cr dan BOD (Karimah dkk. 2021).



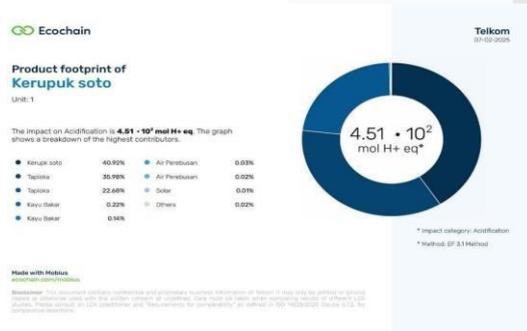
Gambar 1. 2 Eutrofication

Metode EF 3.1, dengan total dampak 30,32 kg P eq (ekuivalen fosfor). Kontributor utama eutrofikasi air tawar yaitu (1) tapioka– 59,01% + 37,20% (jumlah: 96,21%), (2) Kerupuk (pengolahan produk akhir) – 3,76%, (3) Kayu Bakar– 0,01% + 0,01% (total : 0,02%), (4) Air Perebusan (Air Mendidih) – 0,00%, dan (5) Peralite (Bahan Bakar) serta lainnya– 0,00%.

### 4.3.3 Acidification

Polusi yang mengandung asam mampu berdampak signifikan terhadap air, air bawah tanah, air permukaan, mikroorganisme, ekosistem, material dan tanah. Acidification terbentuk karena polutan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan NH<sub>3</sub> yang berada di atmosfer. Polutan SO<sub>2</sub> terbentuk dari pemakaian listrik, pembakaran sulfur serta bahan bakar.

Distribusi bahan baku dan produk kerupuk merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan akibat pemakaian BBM. Emisi berupa asap dari transportasi berupa gas rumah kaca, CO<sub>2</sub>, materi partikulat, timbal, nitrogen oksida, sulfur oksida, dan senyawa organik yang menguap.



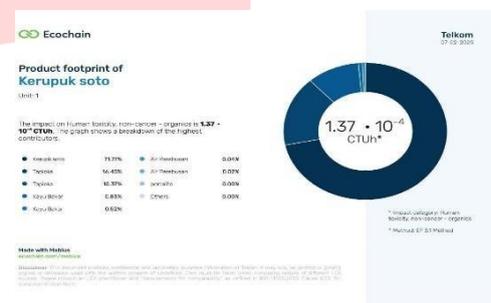
Gambar 1. 3 Acidification

Metode EF 3.1 dalam mol H<sup>+</sup> ekuivalen (4,51 × 10<sup>2</sup> mol H<sup>+</sup> eq). Kontributor utama Acidification yaitu : (1) Kerupuk – 40,92%, (2) Tapioka – 35,98% + 22,68% (jumlah total : 58,66%), (3) Kayu Bakar – 0,22% + 0,14% (jumlah total : 0,36%), (4) Air

Perebusan (Air Mendidih)– 0,03% + 0,02% (jumlah total : 0,05%), (5) Tenaga Surya (Bahan Bakar Diesel)– 0,01%, dan (6) Kontributor lainnya – 0,02%.

### 4.3.4 Human Toxicity

Human Toxicity terbesar yaitu pada tahap perebusan serta transportasi. Pada tahap transportasi terdapat dua kali proses yaitu pengiriman bahan baku dan distribusi produk. transportasi pengiriman bahan baku menggunakan bahan bakar berupa solar yang menghasilkan emisi gas buang berupa CO, HC, NO<sub>x</sub>, dan PM. Sedangkan pada proses distribusi produk, menggunakan kendaraan berbahan bakar pertalite sehingga menghasilkan emisi gas CO, HC, NO<sub>x</sub>. Proses perebusan dimana pembakaran bahan bakar kayu menghasilkan *particulate matter* (PM) yang mengakibatkan gangguan pernafasan pada manusia.



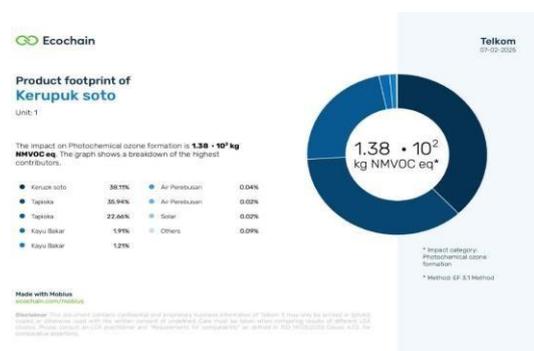
Gambar 1. 4 Human Toxicity

Metode EF 3.1. Kontributor Utama Dampak Human Toxicity antara lain : (1) Kerupuk: 71,77%, (2) Tapioka: 16,45% + 10,37% (Jumlah total 26,82%), (3) Kayu Bakar: 0,83% + 0,52% (Jumlah total 1,35%), (4) Air Perebusan (air mendidih) 0,04% + 0,02% (Jumlah total 0,06%), (5) Peralite (bahan bakar) 0,00%, dan (6) lainnya: 0,00%.

### 4.3.5 Photochemical Oxidation

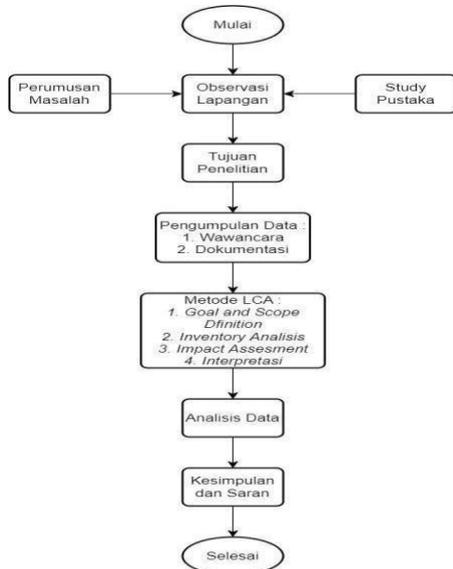
Photochemical Oxidation ialah salah satu jenis polusi udara sekunder yang terjadi di troposfer ketika sulfat dari pembakaran bahan bakar fosil bergabung dengan molekul lain untuk menghasilkan senyawa lain. Biasanya terjadi ketika kelembaban udara rendah dan sinar matahari yang kuat memicu reaksi kimia.

Proses ini menghasilkan ozon dan berbagai senyawa organik volatil, yang dapat berkontribusi pada pembentukan kabut asap dan masalah kesehatan bagi manusia serta dampak negatif terhadap ekosistem.



Gambar 1. 5 Photochemical Oxidation

Metode EF 3.1. Kontributor utama dampak *photochemical oxidation* antara lain : (1) Kerupuk: 38,11%, (2) Tapioka: 35,94% + 22,66% (Jumlah total 8,60%), (3) Kayu Bakar: 1,91% + 1,21% (Jumlah total 3,12%), (4) Air Perebusan (air mendidih 0,04% + 0,02% (Jumlah total 0,06%), (5) Tenaga surya (bahan bakar): ,02%, dan (6) lainnya: 0,09%.



Gambar flow chart alur penelitian

#### 4.4 Interpretation

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan software Mobius Ecochain didapatkan hasil interpretasi yaitu:

Proses produksi Kerupuk berkontribusi terhadap pembentukan ozon troposfer, yang dapat menyebabkan polusi udara dan meningkatkan risiko penyakit pernapasan.

1. Sumber utama emisi adalah perebusan adonan kerupuk dan metode pengiriman bahan baku.
2. 3. Penggunaan kayu bakar dan solar memiliki dampak minimal terhadap pengasaman. Ini menunjukkan bahwa produksi kerupuk tidak terlalu bergantung pada bahan bakar fosil atau bahwa efisiensi penggunaan energi pada tahap ini cukup baik, sehingga emisi yang dihasilkan relatif rendah

## V. KESIMPULAN

### Simpulan

Hasil olah data dan analisisnya dapat ditarik kesimpulan berikut.

1. Berdasarkan analisis LCA yang dilakukan melalui beberapa tahapan mulai dari transportasi bahan baku, pengolahan, perebusan, pendinginan, pemotongan, penjemuran, pengemasan, dan distribusi produk. Tahapan yang memiliki dampak terhadap lingkungan pada proses perebusan (pencemaran air dan tanah), sedangkan transportasi dan distribusi berdampak pada pencemaran

udara.

2. Hasil perhitungan pencemaran udara dari proses transportasi bahan baku yang menggunakan bahan bakar jenis solar dengan standar batasan EURO 4 terhitung karbon oksida = 14 g/km, hydrocarbon + natrium oksida = 8.4 g/km. Sedangkan distribusi yang menggunakan jenis bahan bakar pertalite terhitung karbon oksida = 26 g/km, hydrocarbon = 2.6 g/km, dan natrium oksida = 2.08 g/km.

Saran

Saran dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengatasi limbah dapat dilakukan study lanjut untuk membahas secara teknis solusi yang bisa dilakukan untuk kedepan.
2. Penerapan yang baik perlu memperhatikan tiga aspek utama, yaitu aspek aspek sosial, ekonomi dan ekologis: tiga aspek utama. Dalam penelitian ini, kami merekomendasikan bahwa penelitian ini berkaitan dengan aspek sosial dan ekonomi dari siklus hidup produk UMKM, karena hanya dibahas dalam hal lingkungan.

## REFERENSI

- Achmad Arba'il), Raden Faridz2\*), Abdul Aziz Jakfar3). 2019. "Life Cycle Assessment (LCA) In Herbal Turmeric Acid Products At UD. AL- Mansyurien Kamal Bangkalan."
- Astuti, Ariyanti Dwi. 2019. "Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan Life Cycle Assessment (LCA)."
- Aulia Brilliantina1\*, Adhima Adhamatika1, Elok Kurnia Novita Sari2, Rizza Wijaya2, Dimas Triardianto2, Adi Sucipto2. 2023. "Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan Pada Proses Produksi Gula Kristal Putih Di Bondowoso."
- Ayni, Lutviana Nur, And Erlinda Ningsih. 2021. "Pengolahan Limbah Cair Tekstil Dengan Menggunakan Koagulan Fecl3." Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I (SENASTITAN I) 370–77.
- Badan Pusat Statistik. 2017. "Badan Pusat Statistik." Bps.Go.Id 335–58. Retrieved (Https://Www.Bps.Go.Id/Linktabledinamis/View/I d/960.).
- Damiri, Irwan Bagyo Santoso. 2022. "Kajian Dampak Proses Produksi Tapioka Terhadap Lingkungan Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)." 20(1):105–23.
- Fachria, Rizqy, H. Ramdan, And INP Aryantha. 2020. "Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Sukaregang Garut Dengan Adsorben Karbon Aktif Dan Ijuk." *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal Of Environmental Sustainability Management)* 3(3):379–88. Doi: 10.36813/Jplb.3.3.379-388.
- Harjanto, Taufan Ratri, Mustafidatul Khasanah, And Arsita Nur Rizkia Putri. 2022. "Industri Tahu Rakyat Dalam Tinjauan Life Cycle Assessment." *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)* 4(2):65–73. Doi: 10.35970/Jppl.V4i2.1436.
- Karimah, R. R. S., And M. N. Rhomadhoni. 2021. "Pengolahan Limbah Cair Di Sektor Industri

- Informal Pabrik Pengolahan Kerupuk Kulit UD. X Kabupaten Mojokerto." *HIGIENE: Jurnal ...* (5).
- Kiswanto, Kiswanto, Laila Nur Rahayu, And Wintah Wintah. 2019. "Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan." *Jurnal Litbang Kota Pekalongan* 17:72–82. Doi: 10.54911/Litbang.V17i0.109.
- Lueddeckens, Stefan, Peter Saling, And Edeltraud Guenther. 2020. "Temporal Issues In Life Cycle Assessment—A Systematic Review." *International Journal Of Life Cycle Assessment* 25(8):1385–1401. Doi: 10.1007/S11367-020-01757-1.
- Mustamin, Hasri Adiyani, Retno Panggih Larasati, And Ketut Sumada. 2020. "Studi Kesesuaian Mikroorganisme Terhadap Pengolahan Limbah Cair Industri." *Chempro* 1(02):45–52. Doi: 10.33005/Chempro.V1i2.63.
- Nugroho, Arif Setyo. 2020. "Pengolahan Limbah Plastik Ldpe Dan Pp Untuk Bahan Bakar Dengan Cara Pirolisis." *Jurnal Litbang Sukowati : Media Penelitian Dan Pengembangan* 4(1):10. Doi: 10.32630/Sukowati.V4i1.166.
- Osman, Ahmed I., Neha Mehta, Ahmed M. Elgarahy, Amer Al-Hinai, Ala'a H. AlMuhtaseb, And David W. Rooney. 2021. *Conversion Of Biomass To Biofuels And Life Cycle Assessment: A Review*. Vol. 19. Springer International Publishing.
- Pratiwi, Desy Nur, And Yuwita Ariessa Pravasanti. 2019. "Inovasi Kerupuk Tepung Ampas Tahu Guna Peningkatan Pendapatan Ibu-Ibu Purwogondo, Kartasura."
- Budimas : *Jurnal Pengabdian Masyarakat* 1(1):9–12. Doi: 10.29040/Budimas.V1 i1.705.
- Rigamonti, Lucia, And Eliana Mancini. 2021. "Life Cycle Assessment And Circularity Indicators." *International Journal Of Life Cycle Assessment* 26(10):1937–42. Doi: 10.1007/S11367-021-01966-2.
- Sala, Serenella, Andrea Martino Amadei, Antoine Beylot, And Fulvio Ardente. 2021. "The Evolution Of Life Cycle Assessment In European Policies Over Three Decades." *International Journal Of Life Cycle Assessment* 26(12):2295–2314. Doi: 10.1007/S11367-021-01893-2.
- Utami, Lucky Indrati, Kindriari Nurma Wahyusi, Yulanda Kartika Utari, And Kholilah
- Wafiyah. 2019. "Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut Secara Biologi Aerob
- Proses Batch." *Jurnal Teknik Kimia* 13(2):39–43. Doi: 10.33005/Tekkim.V13i2.1407.
- Yekti, Hanugrah Sinedyo, And Mohammad Mirwan. 2021. "Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA) Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Pt. Surabaya Industrial Estate Rungkut (Sier) Surabaya." *Enviroous* 1(2):120–28. Doi: 10.33005/Enviroous.V1i2.47.