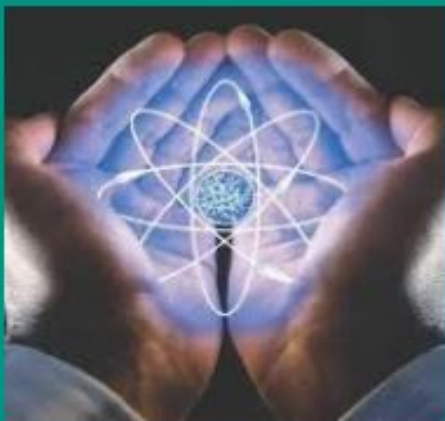


**Table Of Content**

<b>Journal Cover</b> .....	2
<b>Author[s] Statement</b> .....	3
<b>Editorial Team</b> .....	4
<b>Article information</b> .....	5
Check this article update (crossmark) .....	5
Check this article impact .....	5
Cite this article .....	5
<b>Title page</b> .....	6
Article Title .....	6
Author information .....	6
Abstract .....	6
<b>Article content</b> .....	8

---

# Academia Open



*By Universitas Muhammadiyah Sidoarjo*

---

## Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

## Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

## Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

## EDITORIAL TEAM

### Editor in Chief

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

### Managing Editor

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

### Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

**Article information**

**Check this article update (crossmark)**



**Check this article impact (\*)**



**Save this article to Mendeley**



(\*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

## **Life Cycle Assessment of Sugar Industry Supply Chain: A Comprehensive Analysis of Environmental Impacts**

### *Penilaian Siklus Hidup Rantai Pasokan Industri Gula: Analisis Komprehensif Dampak Lingkungan*

**Atikha Sidhi Cahyana, atikhasidhi@umsida.ac.id, (1)**

*Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia*

**Iis Sugiarti, atikhasidhi@umsida.ac.id, (0)**

*Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia*

**Inggit Marodiah, atikhasidhi@umsida.ac.id, (0)**

*Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia*

**Intan Rohma Nurmalasari, atikhasidhi@umsida.ac.id, (0)**

*Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia*

<sup>(1)</sup> Corresponding author

#### **Abstract**

This scientific article aims to address the pressing issue of food wastage, known as "mubazir pangan," in Indonesia and its adverse effects on society, economy, and the environment. Focusing on the sugar industry, the study utilizes Life Cycle Assessment (LCA) to comprehensively analyze the environmental impacts of each process in the Supply Chain Management (SCM). Data collection involves literature studies, raw material usage, production, and product distribution. The LCA reveals significant greenhouse gas emissions, acidification, and eutrophication in the supply chain activities. The results shed light on the need for optimal handling of food wastage, proposing alternative improvements derived from expert interviews at PT. Pabrik Gula. Through Analytical Network Process, the best improvement alternatives are identified to mitigate the industry's impacts. The findings contribute to sustainable practices and environmental conservation in the sugar industry, providing valuable insights for related professionals and stakeholders.

#### **Highlight:**

- The study addresses the pressing issue of food wastage in Indonesia and its adverse social, economic, and environmental impacts, emphasizing the need for effective handling and reduction strategies.
- The research identifies the factors contributing to food wastage and explores their interconnections, aiming for a comprehensive approach to manage food wastage.

- Using Life Cycle Assessment (LCA), the study analyzes the environmental impacts of the sugar industry's Supply Chain Management (SCM), highlighting significant greenhouse gas emissions, acidification, and eutrophication in various stages.

**Keyword:** Food Wastage, Supply Chain Management, Environmental Impacts, Life Cycle Assessment, Sugar Industry

---

Published date: 2023-08-03 00:00:00

---

## Pendahuluan

Definisi *foodwastage* menurut Siaputra (2019) merupakan makanan layak konsumsi yang mengalami pembuangan baik sebelum atau sesudah masa kadaluarsanya. Makanan sisa yang akhirnya terbuang karena tidak dapat dikonsumsi atau merupakan bahan makanan yang terbuang dikarenakan adanya kelalaian ketika proses produksi, pengolahan, dan distribusi.

Definisi *foodwastage* menurut FAO (2015) adalah makanan hasil sisa konsumsi yang terbuang karena kelalaian ketika proses produksi, pengolahan, dan distribusi. Klasifikasi *foodwaste* dibagi menjadi 2 macam yaitu berdasarkan waktu dan tingkat kemungkinannya.

Sedangkan *foodwastage* menurut Ishangulyyev (2019) adalah makanan yang dibeli dan dimasak namun tidak dikonsumsi, limbah makanan dalam tahap konsumsi dapat secara efektif dengan upaya dimasa depan. Ada 4 kriteria yang mempengaruhi *foodwastage* ukuran dan komposisi, pendapatan, budaya dan faktor demografis.

Area munculnya *foodwastage* menurut Betz (2015) dan Gustavsson (2011) juga berbeda, *food loss* sering terjadi pada saat proses pemanenan dan proses, sedangkan *food waste* terjadi pada saat distribusi serta penjualan di retail, *food service* dan pada saat dikonsumsi, di mana perbedaan tersebut terlihat pada gambar 1.



**Figure 1.** Perbedaan area timbulnya *food waste* dan *food loss*

### Proses Produksi Gula Pasir

Dalam proses produksi gula mencakup tahap ekstraksi diikuti dengan pemurnian melalui distilasi (penyulingan). Menurut Singgih (2012), proses produksi gula pada Pabrik Gula Sidoarjo yaitu dengan proses *double sulfatasi alkalis continue* dan menghasilkan gula dengan jenis SHS sebagai produknya. Sebelum tebu diolah tentunya tebu yang digunakan memiliki beberapa kriteria diantaranya manis, bersih dan segar. Apabila salah satu dari tiga kriteria tersebut tidak memenuhi maka tebu tidak akan diolah.

Berikut merupakan proses pembuatan gula yang terbagi dalam beberapa tahap dengan beberapa stasiun, yaitu yang pertama stasiun gilingan, dimana pada stasiun gilingan ini terjadi proses pemerahan atau mengekstraksi tebu untuk mendapatkan nira mentah dengan jumlah yang sebanyak banyaknya dan menghasilkan ampas tebu yang sedikit mungkin. Selanjutnya proses kedua yaitu pada stasiun gilingan dimana pada stasiun ini merupakan proses pemurnian atau menghilangkan zat-zat selain gula yang terkandung didalam nira mentah untuk mendapatkan nira encer dengan kualitas dan kuantitas yang bagus. Setelah itu yaitu stasiun penguapan yang mana pada stasiun ini dilakukan proses penguapan air yang sebanyak banyaknya yang terkandung dalam nira encer tanpa merusak sukrosa yang terkandung didalamnya yang dilakukan seefektif dan seefisien mungkin untuk mendapatkan nira kental dengan kadar brix 60 - 65%. Stasiun berikutnya yaitu stasiun masakan yang merupakan penguapan kedua. Pada stasiun ini akan dilakukan proses memasak nira kental atau proses kristalisasi yaitu mengkristalkan sukrosa yang terkandung di dalam nira kental untuk mendapatkan kristal sukrosa yang murni dan seragam. Pada proses pemasakan ini dapat dilakukan pemasakan ke masakan A, Masakan C, dan Masakan D. Selanjutnya yaitu stasiun puteran, dimana pada stasiun ini menggunakan *centrifugal* untuk memisahkan kristal sukrosa dengan larutan induknya. Stasiun yang terakhir yaitu stasiun penyelesaian, yang akan dilakukan proses pengeringan dan pengayakan gula. Pada stasiun ini dilakukan pengeringan dikarenakan kristal gula yang keluar dari stasiun puteran masih dalam keadaan basah sehingga perlu dilakukan pengeringan dengan dibawa ke talang goyang, dan kemudian gula kering yang keluar dari talang getar dilakukan pengemasan.



## Tinjauan Pustaka dan landasan Teori

### A. Green Supply Chain Management

Definisi *Green Supply Chain Management* (GSCM) dalam penelitian Djunaidi, dkk (2018) adalah suatu upaya dalam jaringan rantai pasok untuk memasukkan isu-isu lingkungan yang menyangkut secara keseluruhan rantai pasok meliputi pemasok, manufaktur, konsumen dan logistik umpan balik dalam sebuah rantai pasok. Konsep *Green Supply Chain Management* (GSCM) adalah mengintegrasikan pengelolaan rantai pasok guna penyelamatan lingkungan mulai dari proses perancangan dan pengembangan produk, seleksi pemasok dan proses pengadaan, proses manufaktur, distribusi produk, sampai dengan daur ulang pada masa akhir hidup produk. Konsep ini akan meningkatkan keseimbangan antara kinerja pemasaran dengan permasalahan lingkungan yang tidak hanya berorientasi pada *long-term survival* tetapi juga berdampak untuk *long-term profitability*, dimana image perusahaan serta keuntungan kompetitif akan ditingkatkan pada masa yang akan datang (Azari, Baihaqi, dan Bramanti 2018).

### B. Life Cycle Assessment

*Life Cycle Assessment* (LCA) adalah suatu metode atau cara yang digunakan untuk menganalisa dampak lingkungan yang terjadi akibat suatu industri dalam berlangsungnya proses pembuatan produk. *Life Cycle Assessment* (LCA) memiliki kelebihan untuk menganalisa dampak lingkungan yang sering terjadi pada proses-proses yang terkait dalam daur hidup suatu produk (Wahyudi, 2017).

## Metode Penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari studi literatur, pengumpulan data penggunaan bahan baku, data produksi, dan data distribusi produk yang akan dianalisa menggunakan metode *Life Cycle Assessment* untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari masing-masing kegiatan pada industri gula tersebut. Setelah diketahui nilai dampak pada masing-masing aktivitas maka akan dilanjutkan pembuatan alternatif perbaikan yang dimana alternatif perbaikan tersebut didapatkan dari hasil wawancara dengan pihak yang ekspert pada bidangnya di PT. Pabrik Gula. Pihak tersebut yaitu kepala bagian pabrikasi serta kepala bagian distribusi dan pemasaran. Setelah dilakukan wawancara maka dilakukan pemilihan alternatif perbaikan yang terbaik dengan cara melakukan pengisian kuisioner dari pihak yang ekspert dan dilakukan pembobotan dengan menggunakan metode *Annalitic Network Process* untuk mendapatkan rekomendasi perbaikan yang tepat untuk mengurangi dampak pada industri gula. Selanjutnya dilakukan penarikan kesimpulan dari perhitungan dan analisa data yang didapatkan, serta menjawab rumusan masalah yang telah direncanakan. Selain itu juga dilakukan pemberian saran terhadap hal-hal yang mungkin dapat diperbaiki ataupun hal yang kurang dalam penulisan ini.

## Hasil dan Pembahasan

### A. Life Cycle Assessment (LCA)

Untuk mengetahui dampak terhadap lingkungan yang akan ditimbulkan dari limbah yang akan dihasilkan, konsumsi energi yang digunakan serta bahan baku yang digunakan untuk proses pembuatan produk. Pada gambar 2 ini merupakan *system boundary*, melingkupi semua proses mulai dari proses pengadaan bahan baku dan bahan enolong yang digunakan, proses produksi gula pasir yang menghasilkan jenis produk gula shs, serta proses distribusi produk yang merupakan penyebaran dan pendistribusian produk jadi.

#### 2) Goal and scope

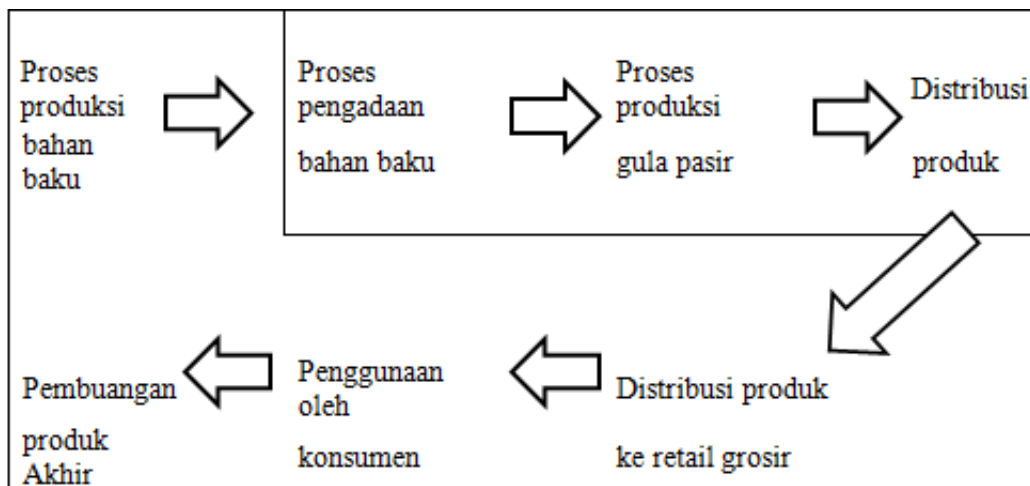


Figure 2. Ruang Lingkup LCA

2) Life Cycle Inventory

Pada *lifecycleinventory* dilakukan pengumpulan data mulai dari data pengadaan bahan baku, proses produksi yang meliputi penggunaan bahan baku, energi serta limbah yang dihasilkan dan pada proses distribusi meliputi pendistribusian.

3) Life Cycle Impact Assesment

LCIA dilakukan menggunakan perhitungan dengan menentukan dampak yang akan ditimbulkan.

No	Kategori Dampak	Penjelasan
1	Gas Rumah Kaca	Dimana energi dari sinar matahari tidak dapat terpantul keluar bumi. Pada keadaan normal energi matahari yang diadsorbsi bumi akan dipantulkan kembali dalam bentuk infra merah oleh awan dan permukaan bumi. Namun karena adanya gas rumah kaca sebagian infra merah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan dikembalikan ke bumi.
2	Asidifikasi	Dikenal sebagai hujan asam terjadi ketika emisi sulfur dioksida dan nitrogen oksida bereaksi di atmosfer dengan air, oksigen, dan oksidan hingga terbentuk berbagai senyawa asam
3	Eutrophikasi	Penurunan kualitas air yang disebabkan oleh pembebanan gizi, yang menyebabkan pergeseran dalam komposisi spesies dan peningkatan produktivitas biologis seperti ganggang. Nitrogen dan fosfor adalah dua zat yang paling terlibat dalam eutrophikasi.

Table 1. Uraian Kategori Dampak

Dalam tabel 1 dilakukan perhitungan dampak yang ditimbulkan berdasarkan kategori dampaknya yaitu pada GRK yang dihasilkan di pabrik gula dianalisis berdasarkan kandungan CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub> yang dikonversi menjadi CO<sub>2-eq</sub>. Dampak terhadap *asidifikasi* dianalisis berdasarkan kandungan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan NH<sub>3</sub> yang dikonversi menjadi SO<sub>2-eq</sub>. Sedangkan dampak *eutrofikasi* berdasarkan kandungan NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dan *Nutrien* (N dan P) yang dikonversi menjadi PO<sub>4</sub><sup>3-</sup><sub>eq</sub>.

No	Sumber	Kategori Polutan	Ton CO <sub>2-eq</sub>	Ton SO <sub>2-eq</sub>	Ton PO <sub>4<sup>3-</sup>-eq</sub>
1	GRK	CO2	37.712.948,7	0	0
		CH4	117.057,7	0	0
		N2O	89.472,8	0	0
2	<i>Asidifikasi</i>	SO2	0	2.896,82	0
		NOx	0	325,12	0

**Figure 3.** Perhitungan Emisi Pada Pengadaan Barang

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa pada proses pengadaan bahan baku menghasilkan dampak terhadap rumah kaca sebesar 37.919.479,40 ton CO<sub>2</sub> dan *asidifikasi* sebesar 3.221,94 ton SO<sub>2</sub>.

No	Sumber	Kategori Polutan	Ton CO <sub>2-eq</sub>	Ton SO <sub>2-eq</sub>	Ton PO <sub>4<sup>3-</sup>-eq</sub>
1	GRK	CO2	22.949,92	0	0
		CH4	2.440.302,24	0	0
		N2O	8.748.142,86	0	0
2	<i>Asidifikasi</i>	SO2	0	357.450,90	0
		NOx	0	135.464,27	0
3	<i>Eutrophikasi</i>	PO <sub>4<sup>3-</sup></sub>	0	0	11.115,25

**Figure 4.** Perhitungan Emisi Pada Produksi

Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa pada proses produksi gula pasir menghasilkan dampak terhadap rumah kaca sebesar 11.211.395,03 ton CO<sub>2</sub> , *asidifikasi* sebesar 492.915,17 ton SO<sub>2</sub> dan *eutrophikasi* sebesar 11.115,25 ton PO<sub>4<sup>3-</sup></sub> .

No	Sumber	Kategori Polutan	Ton CO <sub>2-eq</sub>	Ton SO <sub>2-eq</sub>	Ton PO <sub>4<sup>3-</sup>-eq</sub>
1	GRK	CO2	337.119.475,98	0	0
		CH4	6.278.338,40	0	0
		N2O	799.805,72	0	0
2	<i>Asidifikasi</i>	SO2	0	25.894,95	0
		NOx	0	2.906,29	0

**Figure 5.** Perhitungan Emisi Pada Proses Distribusi

Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa pada proses distribusi produk menghasilkan dampak terhadap rumah kaca sebesar 344.197.619 ton CO<sub>2</sub> dan *asidifikasi* sebesar 28.801,24 ton SO<sub>2</sub>.

#### 4) Interpretasi Hasil

Dari hasil perhitungan dampak menggunakan life cycle assesment dapat diketahui bahwa pada ruang lingkup pada pengadaan bahan baku yang memiliki kontribusi besar terhadap lingkungan yaitu gas rumah kaca (GRK) dengan jumlah 37.919.479,40 ton CO<sub>2</sub> *asidifikasi* sebesar 3.221,94 ton SO<sub>2</sub> dan *eutrophikasi* sebesar 0 ton PO<sub>4<sup>3-</sup></sub>. Emisi terbesar pada proses pengadaan bahan baku bersumber dari penggunaan solar untuk transportasi pengiriman bahan baku dari supplier ke PT. Pabrik Gula. Pada proses produksi yang memiliki kontribusi besar terhadap lingkungan yaitu gas rumah kaca (GRK) dengan jumlah 11.211.395,03 ton CO<sub>2</sub> yang bersumber dari energi listrik, ampas tebu, limbah cair, dan blotong. Pada *asidifikasi* yaitu dengan jumlah 492.915,17 ton SO<sub>2</sub> serta *eutrophikasi* sebesar 11.115,25 ton PO<sub>4<sup>3-</sup></sub> yang berasal dari belerang, blotong, energi listrik, dan limbah cair. Pada proses distribusi yang memiliki kontribusi besar terhadap lingkungan yaitu pada gas rumah kaca (GRK) dengan jumlah 344.197.619, *asidifikasi* sebesar 28.801,24 ton SO<sub>2</sub>, serta pada *eutrophikasi* sebesar 0 ton PO<sub>4<sup>3-</sup></sub>. Emisi terbesar pada proses distribusi ini berasal dari pembakaran penggunaan bahan bakar solar untuk pengiriman produk.

## Kesimpulan

Aktivitas *supplychain* industri gula yang meliputi proses pengadaan bahan baku, proses produksi, dan proses distribusi menghasilkan dampak diantaranya efek gas rumah kaca, *asidifikasi* dan *eutrofikasi*. Total dampak pada proses pengadaan bahan baku yaitu sebesar 37.919.479,40 ton CO<sub>2</sub> pada gas rumah kaca, 3.221,94 ton SO<sub>2</sub> pada *asidifikasi*. Pada proses produksi sebesar 11.211.395,03 ton CO<sub>2</sub> pada gas rumah kaca, 492.915,17 ton SO<sub>2</sub> pada *asidifikasi* dan 11.115,25 ton PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> pada *eutrofikasi*. Sedangkan pada proses distribusi sebesar 344.197.619 ton CO<sub>2</sub> pada gas rumah kaca, 28.901,24 ton SO<sub>2</sub> pada *asidifikasi*.

## References

1. D. P. Ariyani, Asim, "Pengaruh Kualitas Produk dan Keputusan Pembelian terhadap Keputusan Pembelian Kedai Kopi Kulo Cabang Metland Cileungsi: Studi Kasus Pelanggan Kedai Kopi Kulo Cabang Metland Cileungsi", JIA SANDIKTA, vol. 6, no. 8, pp. 8-15, 2020.
2. S. Azari, I. Baihaqi, and G. W. Bramanti, "Identifikasi Resiko Green Supply Chain Management di PT. Petrokimia Gresik", Jurnal Sains dan Seni Pomits, vol. 07, no. 01, 2018.
3. B. Barilla Center for Food and Nutrition, "food waste", Healthy and Sustainable Food Systems, 2019 - books.google.com.
4. A. Betz, "Food waste in the Swiss food service industry - Magnitude and potential for reduction", Waste Management, vol. 35, pp. 218-226, 2015.
5. C. A. Sidhi, I. Vanany, and N. I. Arvitrida, "Food Waste in Supply Chains: A Literature Review", Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bangkok, Thailand, March 5-7, 2019.
6. A. Chin, A. Thoo, "Green Supply Chain Management Environmental Collaboration And Sustainability Performance", Procedia, 2015.
7. M. Djunaidi, "Identifikasi Faktor Penerapan Green Supply Chain Management Pada industri Furniture Kayu", Jurnal Teknik Industri, vol. 19, no. 01, Feb. 2018.
8. FAO, "FAO, IFAD, and WFP. The state of food insecurity in the world 2015: meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress", academic.oup.com, 2015.
9. J. Gustavson et al., "Global Food Losses and Food Waste", FAO, 2011.
10. Heriyanto, "Green Supply Chain Management Pada UKM Kuliner Di Kota Palembang: Evaluasi Untuk Implementasi", Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan PKM Sosial, Ekonomi dan Humaniora, vol. 07, no. 01, 2017.
11. R. Ishangulyyev, S. Kim, and S. H. Lee, "Understanding Food Loss and Waste, Why Are We Losing and Wasting Food?", Jurnal from Department of Information, Turkmen Agricultural Institute, Dashoguz 746300, Turkmenistan, 2017.
12. R. J. Kathlya, E. L. Paramita, "Kepuasan Pelanggan Sebagai Pemediasi Pengaruh Harga, Kualitas Produk Dan Loyalitas Pelanggan", E-MABIS: Jurnal Ekonomi Manajemen dan Bisnis, vol. 21, no. 2, pp. 105-112, 2020.
13. Portonews.com, "Kementan : jangan food waste untuk ketahanan pangan", <https://www.portonews.com/2020/laporan-utama/kementan-jangan-food-waste-untuk-ketahanan-pangan/#:~:text=Diketahui%2C%20berdas arkan%20data%20yang%20ada,penduduk%20Indonesia%20masih%20kekurangan%20gizi, 2020>.
14. B. Puspitasari, N. Budi, and K. Hanan, "Analisa Pemilihan Supplier Ramah Lingkungan Dengan Metode Analytical Network (ANP) Pada PT Kimia Farma Plant Semarang", Jurnal Teknik Industri, vol. XI, no. I, Jan. 2016.
15. Z. Putlely et al., "Structural Equation Modeling (SEM) untuk Mengukur Pengaruh Pelayanan, Harga, dan Keselamatan terhadap Tingkat Kepuasan Pengguna Jasa Angkutan Umum Selama Pandemi Covid-19 di Kota Ambon", Indonesian Journal of Applied Statistics, vol. 4, no. 1, pp. 1-13, 2021.
16. S. Rachman, A. C. Adi, "Peramalan Produksi Gula Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Pada PG Candi Baru Sidoarjo", Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 02, no. 04, Apr. 2018.
17. H. Siaputra, N. Christianti, G. Amanda, "Analisa Implementasi Food Waste Management Di Restoran 'X' Surabaya", Jurnal Manajemen Perhotelan, vol. 5, no. 1, p. 119, 2019.
18. L. Mosses Singgih, "Green Productivity", Institut Teknologi Sepuluh November, 2012.
19. A. Susanty, "Penilaian Implementasi Green Supply Chain Management di UKM Batik Pekalongan Dengan Pendekatan Green SCOR", Jurnal Ilmiah Teknik Industri, vol. 16, no. 01, Jun. 2017.
20. S. Heri Yamin, "Structural Equation Modeling Belajar Lebih Mudah Teknik Analisis Data Kuesioner dengan Lisrel-PLS", Jakarta, Salemba Infotek, 2009.
21. A. Yohanes, "Analytic Network Process (ANP)", Jurnal Dinamika Teknik, vol. 08, no. 02, Jul. 2014.