



Penerapan *life cycle assessment* pada proses produksi di PT. Royal Coconut Gorontalo

Muh. Aditya Utomo Bayu^{1✉}, Abdul Rasyid¹, Hendra Uloli²

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo ⁽¹⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo ⁽²⁾

DOI: 10.31004/jutin.v8i1.38553

✉ Corresponding author:

[muh.adityaxmia1@gmail.com]

Article Info	Abstrak
<p><i>Kata kunci:</i> <i>Proses Produksi;</i> <i>PT. Royal Coconut Gorontalo;</i> <i>Dampak Lingkungan;</i> <i>Life Cycle Assessment (LCA);</i> <i>Analytical Network Process (ANP);</i></p>	<p>PT. Royal Coconut Gorontalo merupakan perusahaan yang pengolahan kelapa menjadi produk tepung kelapa, minyak kelapa dan bungkil. Perusahaan ini pernah mengalami kasus pencemaran lingkungan yang disebabkan pengolahan limbah perusahaan kurang maksimal. Tujuan dari penelitian ini, untuk mengetahui besarnya dampak lingkungan dari proses produksi di perusahaan. Salah satu upaya untuk mengetahui besarnya dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses produksi yaitu menggunakan metode Life Cycle Assessment (LCA). Hasil dari metode ini dapat mengetahui titik kritis yang menyebabkan dampak lingkungan sehingga didapatkan beberapa alternatif rekomendasi perbaikan. Penentuan alternatif rekomendasi terbaik menggunakan metode Analytical Network Process (ANP). ANP merupakan salah satu metode untuk mengukur skala prioritas dalam mengambil suatu keputusan. Hasil dampak lingkungan menggunakan pendekatan LCA dengan metode eco-indicator 99 adalah respiratory inorganics dengan nilai sebesar 8,2382 kPt, sedangkan hasil metode ANP disimpulkan bahwa alternatif penggunaan biobriket sebagai bahan bakar boiler dan kriteria dampak lingkungan sebagai prioritas utama dalam perbaikan lingkungan.</p>
<p><i>Keywords:</i> <i>Production Process;</i> <i>PT. Royal Coconut Gorontalo;</i> <i>Environmental Impact;</i> <i>Life Cycle Assessment (LCA);</i> <i>Analytical Network Process (ANP);</i></p>	<p>Abstract</p> <p>PT Royal Coconut Gorontalo is a company that processes coconut into coconut flour, coconut oil and meal products. This company has experienced cases of environmental pollution caused by less than optimal waste treatment. The purpose of this study is to determine the magnitude of the environmental impact of the production process in the company. One of the efforts to determine the magnitude of environmental impacts caused by the production process is using the Life Cycle Assessment (LCA) method. The results of this method can determine the critical points that cause environmental impacts so that several alternative recommendations for improvement are obtained. Determination of the best alternative recommendations using the Analytical Network Process (ANP)</p>

method. ANP is one method to measure the priority scale in making a decision. The results of environmental impacts using the LCA approach with eco-indicator 99 method are respiratory inorganics with a value of 8.2382 kPt, while the results of the ANP method concluded that the alternative use of briquettes as boiler fuel and environmental impact criteria as the top priority in environmental improvement.

1. INTRODUCTION

Indonesia merupakan negara yang sebagian besar penduduknya bergantung pada sektor pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangannya. Kelapa merupakan bahan baku strategis pada sektor pertanian yang memiliki banyak manfaat bagi kesehatan, mulai dari buah, daun, batang hingga akarnya. Gorontalo merupakan salah satu penghasil kelapa di Indonesia yang memiliki luas area perkebunan sebesar 74,1 ribu hektar di tahun 2021 (BPS, 2022). Tersedianya buah kelapa dalam jumlah yang cukup melimpah di Gorontalo membuat founder berbasis bahan baku kelapa ini lebih memilih mendirikan usahanya di daerah Gorontalo, apalagi jika menerapkan teknologi pengolahan bahan baku kelapa menjadi berbagai macam produk olahan, hal ini akan menjadi usaha yang menjanjikan untuk dimulai (Doppo et al., 2017)

PT Royal Coconut Gorontalo merupakan salah satu perusahaan yang berada di desa Ombulo, Kecamatan Limboto Barat, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Perusahaan ini mengolah kelapa menjadi beberapa produk, produk utama yang dihasilkan yaitu tepung kelapa, krim kelapa beku, krim kelapa cair dan kripik kelapa. Target jumlah buah kelapa yang diolah perusahaan selama satu tahun mencapai 80.000 ton. Semakin banyak buah kelapa yang diolah maka semakin banyak pula limbah yang didapatkan, selain memenuhi kebutuhan konsumen, sebagai sebuah industri juga harus memperhatikan *life cycle* produk (Roslina, 2018)

Menurut Dulohupa.id tahun 2020, menyampaikan bahwasanya PT. Royal Coconut Gorontalo pernah mengalami kasus pencemaran lingkungan, sehingga mengganggu ekosistem sungai di desa Ombulo, Kecamatan Limboto Barat, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Hal ini disebabkan oleh pengolahan limbah cair yang dilakukan perusahaan kurang maksimal sehingga mengakibatkan air tercemar, polusi udara dan ratusan ikan mati. Berdasarkan hasil uji konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan pH yang dilakukan oleh (Walandow et al., 2020) terhadap limbah cair PT. Royal Coconut Gorontalo dinyatakan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji BOD, COD, dan pH

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Permen LH No.5/2014	Hasil Analisa
1	BOD	mg/L	75	8500
2	COD	mg/L	150	17.500
3	pH	mg/L	6-9	4,1

Sumber: (Walandow et al., 2020)

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada hasil analisa BOD didapatkan 8500 mg/L jauh diatas baku mutu permen LH No 5/2014 tentang air limbah bagi usaha atau kegiatan pengolahan kelapa yaitu 75 mg/L begitu pun pada parameter COD dan pH. Oleh sebab itu, jika pengolahan limbah cair yang dihasilkan perusahaan kurang maksimal maka dapat berpotensi terjadinya pencemaran lingkungan pada sungai di sekitar perusahaan, berupa kualitas air sungai dan kualitas ekosistem sungai menurun.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu dilaksanakan penelitian di PT. Royal Coconut Gorontalo mengenai penilaian dampak lingkungan pada proses produksi dari pengolahan bahan baku hingga produk siap dipasarkan perusahaan dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) agar limbah yang dihasilkan perusahaan dapat diminimalisir. *Life Cycle Assessment* merupakan metode yang difungsi untuk mengevaluasi dampak lingkungan pada seluruh daur hidup produk sehingga dapat mengetahui sumber pencemaran pada suatu industri (Lolo et al., 2021). Penerapan LCA pada proses produksi perusahaan, untuk memberikan rekomendasi alternatif solusi dalam perbaikan proses produksi sehingga dapat diterapkan proses produksi yang bersih dan berkelanjutan, selain itu juga memastikan bahwa produk-produk yang dihasilkan memiliki jejak lingkungan yang lebih rendah. Oleh karena itu,

peneliti ingin mengangkat judul tentang "Penerapan *Life Cycle Assessment* Pada Proses Produksi di PT. Royal Coconut Gorontalo"

2. METHODS

2.1 *Life Cycle Assessment* (LCA)

Konsep dasar *Life Cycle Assessment* (LCA) didasarkan pada gagasan bahwa sistem industri tidak dapat dipisahkan dari lingkungan tempat mereka beroperasi. Sistem industri memiliki *input* dan *output*. Masukan ke sistem terdiri dari bahan-bahan yang diperoleh dari lingkungan dan keluarannya dikembalikan ke lingkungan. Ekstraksi bahan (*input*) yang berlebihan menyebabkan penurunan pasokan bahan sedangkan keluaran dari sistem industri dapat berupa limbah, baik itu padat, cair maupun gas dan memberikan kontribusi yang besar bagi lingkungan. Oleh sebab itu, *Life Cycle Assessment* (LCA) bertujuan untuk melakukan penilaian untuk meminimalkan ekstraksi material dari lingkungan dan juga meminimalkan limbah sehingga terciptanya industri berkelanjutan (Sari et al., 2022).

Berdasarkan (ISO 14040, 2006), tahapan LCA terdiri dari (1) Penentuan tujuan dan batasan (*Goal and Scope definition*); (2) *Inventory Analysis* memasukkan data *input* dan *output* proses produksi di PT. Royal Coconut Gorontalo; (3) *Impact Assessment*, penilaian terhadap *impact* ke lingkungan dengan menggunakan metode Eco Indicator 99 (H); (4) *Interpretation*, tahap penarikan kesimpulan berdasarkan korelasi antara *Inventory Analysis* dan *Impact Assessment* serta menentukan rekomendasi untuk perbaikan lingkungan.

2.2 *Analytical Network Process* (ANP)

Metode *Analytical Network Process* (ANP) bertujuan untuk mengukur skala prioritas dalam pengambilan keputusan sehingga menghasilkan nilai dengan tingkat yang paling terpenting dengan menggunakan analisis pertimbangan kriteria dan subkriteria yang ada (Simanjuntak, 2022). Metode *Analytical Network Process* digunakan dalam penelitian ini untuk pemilihan rekomendasi alternatif perbaikan berdasarkan hasil *interpretation* pada metode LCA. Tahapan dalam ANP ini terdiri dari: (1) Penetapan tujuan, alternatif, dan kriteria; (2) Network hubungan tujuan, kriteria, dan alternatif; (3) Pembuatan kuesioner; (4) Pengolahan data menggunakan *software* Super Decission (Krisi et al., 2022).

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1 *Life Cycle Assessment* (LCA)

a. *Goal and Scope Defenition*

Tujuan kajian LCA yang ditetapkan adalah menentukan, menganalisis dampak lingkungan yang timbul pada setiap tahapan daur hidup produksi di PT. Royal Coconut Gorontalo serta memberikan perbaikan pada prosesnya. Sedangkan batasan yang ditetapkan dalam kajian ini adalah kajian LCA adalah:

1. Kajian LCA dilakukan terhadap energi dan emisi yang dihasilkan dalam tahap daur hidup pada proses produksi di PT. Royal Coconut Gorontalo.
2. Proses perbaikan yang direkomendasikan sampai tahap usulan saja.
3. Data yang digunakan merupakan cradle to gate yaitu dari pengolahan bahan baku hingga produk siap dipasarkan.
4. Data yang digunakan ialah data historis produksi di PT. Royal Coconut Gorontalo tahun 2023.
5. Data yang digunakan sebagai *input* dan *output* pada *software* SimaPro yaitu tiap 1 ton produk.

b. *Inventory Analysis*

Tahapan yang ke dua yaitu *Life Cycle Inventory* (LCI). Tahap inventarisasi *input* dan *output* proses produksi di PT. Royal Coconut Gorontalo. Data *input* berupa material / bahan baku, energi. Data *output* berupa hasil produksi, hasil samping produksi (limbah) dan emisi udara. Data yang digunakan merupakan data total 1 periode yang diambil dari *logbook* dan data pengujian emisi perusahaan tahun 2023. LCI disajikan pada Tabel 2 dan Hasil *impact assessment* masing-masing produk menggunakan *software* Simapro disajikan dalam Tabel 3 berikut.

Tabel 2 Life Cycle Inventory proses produksi di PT. Royal Coconut Gorontalo setiap 1 ton Produk

Kategori	Inventory Data	Jumlah	Satuan
<i>Input</i>			
Material	Kelapa	9,713	Ton
	Air	4,591	Ton
	Steam	4.041,56	Ton
Energi	Listrik	14.243	kWh
<i>Output</i>			
Produk	Tepung Kelapa	1	Ton
	Minyak Kelapa	0,342	Ton
	Bungkil	0,410	Ton
	Tempurung Kelapa	2,863	Ton
Emisi ke Udara	Hidrogen (H)	0,0027	Ton
	Nitrogen molecular (N2)	0,53	Ton
	O2	4,91	Ton
	Abu	0,52	Ton
	CO2	4,02	Ton
Emisi ke Tanah	Karbon (C)	0,0667	Ton
Emisi ke Air	Air kelapa	2,896	Ton

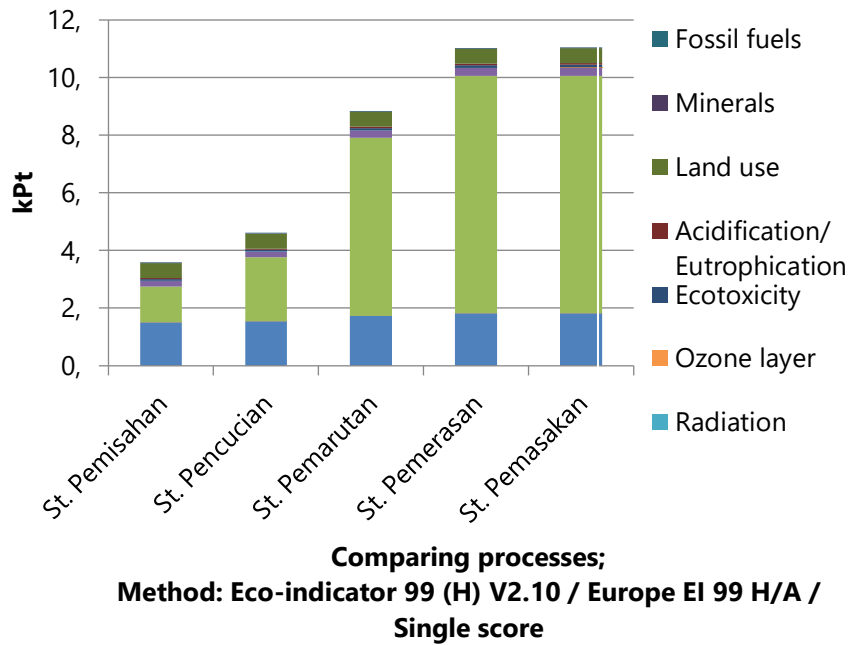
Tabel 3 Hasil impact assessment proses produksi pada setiap produk

Impact category	Unit	Tepung kelapa	Minyak kelapa murni	Bungkil
<i>Carcinogens</i>	Pt	6,85	0,0271	-
<i>Resp. organics</i>	Pt	0,00651	3,23E-5	-
<i>Resp. inorganics</i>	Pt	26	1,36	-
<i>Climate change</i>	Pt	1,24	0,0553	0,0193
<i>Radiation</i>	Pt	0,00109	1,61E-6	-
<i>Ozone layer</i>	Pt	1,73E-5	3,1E-7	-
<i>Ecotoxicity</i>	Pt	0,0886	0,00119	-
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	Pt	0,242	0,00221	-
<i>Land use</i>	Pt	2,58	0,000282	-
<i>Minerals</i>	Pt	0,044	0,00066	-
<i>Fossil Fuels</i>	Pt	0,088	8,52E-5	-
Total	Pt	37,1	1,45	0,0193

Tabel 3 telah ditunjukkan total dampak lingkungan dari masing-masing produk, yaitu berturut-turut proses produksi tepung kelapa 37,1Pt, proses produksi minyak kelapa murni 1,45Pt, dan proses produksi bungkil 0,0193Pt. Dari ketiga produk ini, proses produksi tepung kelapa merupakan proses yang memiliki dampak terbesar. Sehingga perlu dilakukan pengkajian kembali dengan cara breakdown proses-proses yang ada didalamnya. Dari kesebelas kategori dampak yang ada, dampak yang nilainya terbesar yaitu *Respiratory inorganics*, sehingga kategori ini dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat rekomendasi perbaikan.

c. Impact Assessment

Tahap *impact assessment* atau penilaian dampak didasarkan pada hasil dari life cycle inventory. Produk tepung kelapa merupakan produk yang berpengaruh besar, maka tiap-tiap prosesnya dilakukan perbandingan proses agar dapat diketahui proses yang menyumbang dampak terbesar. Pada tahap ini semua data input maupun output yang diperoleh dimasukkan dan diolah dengan software SimaPro. Metode yang digunakan untuk memperkirakan besarnya dampak lingkungan pada proses produksi tepung kelapa adalah Eco-Indicator 99. Hasil dampak yang diproses menggunakan software SimaPro disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 4.



Gambar 1 Diagram *impact assessment* pada proses produksi tepung kelapa

Tabel 4 Hasil *impact assessment* pada Proses produksi tepung kelapa

<i>Impact category</i>	Unit	St pemisahan	St pencucian	St pamarutan	St pemerasan	St penguapan/ pengeringan
<i>Carcinogens</i>	kPt	1,507633	1,548201	1,727056	1,819291	1,819291
<i>Resp. organics</i>	kPt	0,001207	0,00123	0,001324	0,001373	0,001373
<i>Resp. inorganics</i>	kPt	1,241379	2,212585	6,188075	8,238211	8,238211
<i>Climate change</i>	kPt	0,195317	0,207244	0,256237	0,281503	0,300768
<i>Radiation</i>	kPt	0,000405	0,000408	0,000419	0,000425	0,000425
<i>Ozone layer</i>	kPt	0,000003	0,000003	0,000004	0,000004	0,000004
<i>Ecotoxicity</i>	kPt	0,056342	0,059393	0,080538	0,091442	0,091442
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	kPt	0,042041	0,043588	0,050034	0,053358	0,053358
<i>Land use</i>	kPt	0,515481	0,515644	0,516466	0,51689	0,51689

<i>Impact category</i>	Unit	St pemisa han	St pencucian	St pema rutan	St pemerasan	St penguapan/ pengeringan
<i>Minerals</i>	kPt	0,007159	0,007258	0,009185	0,010178	0,010178
<i>Fossil Fuels</i>	kPt	0,017355	0,017411	0,01766	0,017788	0,017788

d. Interpretation

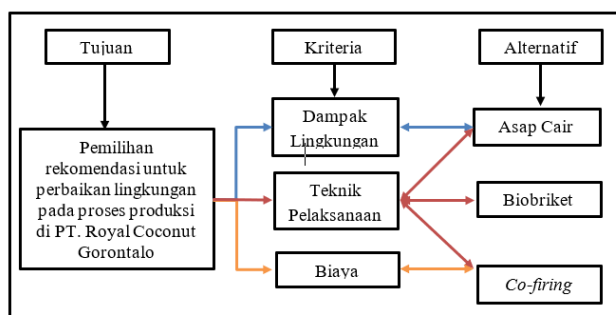
Setelah melakukan penilaian dampak lingkungan dengan menggunakan *software* Simapro, proses produksi tempung kelapa yang memiliki dampak terbesar pada stasiun penguapan/pengeringan, emisi yang dihasilkan berasal dari pemanfaatan uap panas pada stasiun ketel atau boiler. Dampak tertinggi yang dihasilkan adalah respiratory inorganics, hal ini disebabkan karena emisi yang dihasilkan dalam pembakaran pada boiler.

Respiratory inorganics adalah suatu efek pada saluran pernapasan akibat substansi anorganik. Pembakaran tempurung kelapa merupakan salah satu pemicu adanya dampak *respiratory inorganics* yang menghasilkan emisi ke udara berupa *nitrogen molecular* (N₂), *Karbon dioksida* (CO₂) dan *Particulate* <2,5 mm dari abu pembakaran. Maka dibuatlah rekomendasi alternatif perbaikan dalam mengurangi dampak yang ditimbulkan dari penggunaan tempurung kelapa yaitu:

1. Pembuatan asap cair dari asap pembakaran tempurung kelapa pada boiler. Memproduksi asap cair dari hasil pembakaran tempurung kelapa melalui proses kondensasi merupakan cara untuk memanfaatkan asap dari hasil pembakaran tempurung kelapa sebelum dilepaskan ke udara, sehingga dapat mengurangi emisi yang mengakibatkan gangguan pernapasan pada manusia (Puspaningrum et al., 2022). Asap cair memiliki manfaat sebagai bahan pengawet produk pangan dan hortikultura serta bahan pemroteksi tanaman (Harsono, 2017).
2. Penggunaan biobriket tempurung kelapa sebagai bahan bakar pada mesin boiler. Tempurung kelapa yang digunakan oleh perusahaan sebagai bahan bakar pada mesin boiler sebelum digunakan akan diubah menjadi biobriket melalui proses pirolisis. Kadar emisi yang dihasilkan biobriket tempurung kelapa ketika dibakar lebih kecil dibandingkan tempurung kelapa, selain itu energi termal yang dihasilkan juga lebih besar dibandingkan tempurung kelapa (Ariani & Jelita, 2024).
3. Aplikasi sistem co-firing tempurung kelapa dengan biobriket tempurung kelapa. Pengaplikasian sistem ini secara tidak langsung dapat mengurangi penggunaan tempurung kelapa. Hal ini dapat mengurangi emisi yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa. pembakaran co-firing ini bisa mengurangi emisi gas buang yang tidak ramah lingkungan seperti CO dan SO₂ (Suarga et al., 2023).

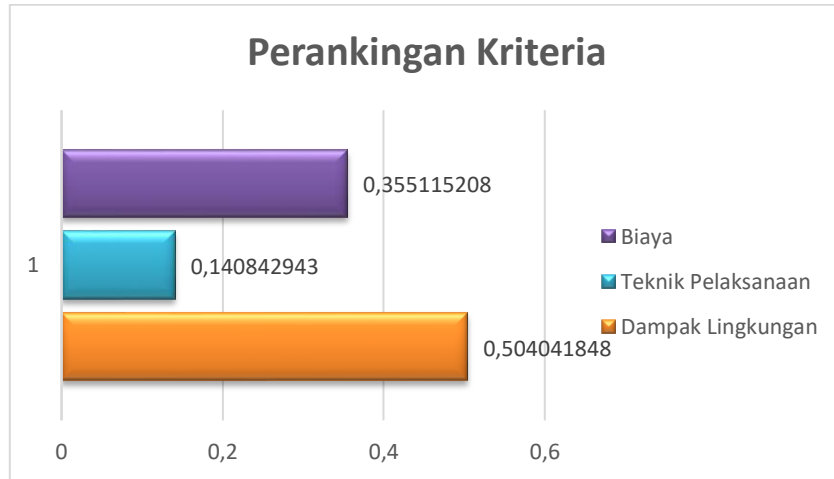
3.2 Analytical Network Process (ANP)

Langkah awal dalam metode ini adalah menetapkan tujuan, alternatif dan kriteria. Tujuan, alternatif dan kriteria dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Struktur network, tujuan, kriteria dan alternatif

Selanjutnya tahap pembobotan dengan memasukkan nilai yang didapatkan dari kuesioner. Kuesioner berfungsi untuk mengetahui pendapat dari para *stakeholder* perusahaan yang didalamnya terdapat skala prioritas antara kriteria dan alternatif. Berdasarkan penginputan data dengan menggunakan *software* super decision hasil pembobotan dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3 Hasil Pembobotan kriteria



Gambar 4 Hasil Pembobotan Alternatif

Berdasarkan gambar diatas dapat disimpulkan bahwa para stakeholder memilih alternatif rekomendasi perbaikan adalah penggunaan biobriket sebagai bahan bakar boiler dengan memprioritaskan dampak lingkungan sebagai kriteria utama. Pembakaran 2 kg biobriket tempurung kelapa menghasilkan energi termal sebesar 6350 cal dan emisi CO2 sebesar 178,16 kg sedangkan tempurung kelapa menghasilkan energi termal sebesar 6300 cal dan emisi CO2 sebesar 797,119 kg (Ariani & Jelita, 2024). Sehingga penggunaan biobriket tempurung kelapa sebagai bahan bakar boiler dapat mengurangi emisi dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan tempurung kelapa.

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa dampak lingkungan dari proses produksi tepung kelapa dengan menggunakan metode Eco-Indicator 99 adalah *respiratory inorganics* dengan nilai sebesar 8,2382 kPt yang berdampak pada stasiun penguapan/pengeringan. Sedangkan hasil keputusan dari berbagai alternatif dan kriteria dengan metode ANP didapatkan bahwa alternatif penggunaan biobriket sebagai bahan bakar boiler dengan memprioritaskan dampak lingkungan sebaga kriteria utama.

5. ACKNOWLEDGMENTS

Ucapan terimakasih kepada PT. Royal Coconut Gorontalo yang telah memberikan dukungan berupa data yang dapat menunjang terciptanya artikel ilmiah ini. Serta ucapan terimakasih juga disampaikan kepada dosen jurusan teknik industri Universitas Negeri Gorontalo yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan yang terbaik.

6. REFERENCES

- Ariani, T. R., & Jelita, M. (2024). Analisis karakteristik, energi dan faktor emisi spesifik biobriket tempurung kelapa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 9(1).
- BPS. (2022). *Diambil kembali maret, 05 2024 dari Badan Pusat Statistika*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTMxlzl=/luas-tanaman-perkebunan-menurut-provinsi.html>
- Doppo, M. R., Lolowang, T. F., & Sondak, L. W. T. (2017). Analisis Kinerja Industri Tepung Kelapa PT. Royal Coconut Kelurahan Sarongsong Satu Kecamatan Airmadidi Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Agri-SosioEkonomi Unsrat*, 13(2), 19–32.
- Fandiyanto, F. (2020). *Dipetik Maret 21, 2024, dari Dulohupa.id Website*: <https://dulohupa.id/pt-royal-coconut-untung-tak-didapat-limbah-tak-dapat-ditolak>
- Harsono, S. S. (2017). Inovasi Teknologi Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Di Kabupaten Situbondo. *Warta Pengabdian*, 11(4), 157–169.
- ISO 14040. (2006). Environmental Management Life Cycle Assessment Principles and Framework. *British Standard*, 3(1), 1–20.
- Krisi, S. A., Jami'in, M. A., & Apriani, M. (2022). Potensi Dampak Lingkungan Pada Industri Minyak Goreng Sawit Dengan Metode Life Cycle Assessment. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 672–677.
- 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.
- Puspaningrum, T., Yani, M., Indrasti, N. S., & Indrawanto, C. (2022). Dampak Gas Rumah Kaca Arang Tempurung Kelapa Dengan Metode Life Cycle Assessment (Batasan Sistem Gate-To-Gate). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(1), 96–106.
- Roslina. (2018). *Implementasi life cycle assessment pada proses produksi PG Madukismo. Skripsi. Teknik Industri*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sari, I. P., Sia, F. L., Habyba, A. N., & Kurniawan, W. (2022). Penilaian Dampak Lingkungan Proses Produksi Tahu Di Jakarta Barat Menggunakan Metode Life Cycle Assessment. *EnviroScienteeae*, 18(3), 110–116.
- Simanjuntak, G. S. (2022). *Analisis Strategi Pemasarandengan Metode Analytic Network Process (Anp) Di Cv. Berdikari Charcoal. Skripsi. Teknik Industri*. Universitas Medan Area.
- Suarga, R. H., Utomo, M. S. . T. S., & Muchammad. (2023). Analisis CFD Co-firing Biomassa Batok Kelapa Pada Stoker Boiler. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 11(4), 159–168. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm>
- Walandow, C. Y., Hariyadi, Montolalu, F., & Potalangi, N. (2020). Bioremediasi EM4 Prodak PT. Songgolangit dan Biakan Sendiri Air Kelapa Terhadap Pengolahan Air Limbah Pabrik Tepung Kelapa PT. Royal Coconut di Desa Ombulo Kec. Limboto Barat Gorontalo. *Majalah Info Sains*, 1(1), 16–23.