



Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Teknologi Hasil Pertanian

STRATEGI PEMANFAATAN LIMBAH PADAT DARI PRODUKSI *CRUDE PALM OIL* (CPO) (STUDI KASUS : PTPN IV REGIONAL II PAGAR MERBAU)

STRATEGY FOR THE UTILIZATION OF SOLID WASTE FROM CRUDE PALM OIL (CPO) PRODUCTION (CASE STUDY: PTPN IV REGIONAL II PAGAR MERBAU)

Raisya Nadra*, Sri Haryani, Yulia Annisa

¹Departemen Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Email Korespondensi: raisya_nad@mhs.usk.ac.id

Abstract

The production process of Crude Palm Oil (CPO) generates solid wastes such as empty fruit bunches, fibers, shells, and sludge, which have not been optimally utilized. This study aims to identify the types of solid waste produced, evaluate their current handling practices, and determine appropriate utilization strategies using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Data were collected through interviews, observations, and questionnaires administered to supervisors and foremen at PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau. The analysis results show that the highest-weighted criterion is environmental effectiveness (0,34), and followed by regulatory feasibility (0,29), and then processing technology (0.22), and the last cost efficiency (0.14). The prioritized strategic alternative is composting (0,35), and then the utilization of waste as boiler fuel (0.34), and the last is briquette production (0,3). This study concludes that using solid waste as boiler fuel is the most feasible strategy and best aligns with the company's needs.

Keywords : AHP, CPO, limbah padat, strategi

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan komoditas industri pertanian yang menghasilkan minyak nabati terbesar (sekitar 44%) dari total produksi minyak nabati utama dunia (Alfaridho et al., 2023). Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara IV Regional II Pagar Merbau merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri kelapa sawit. PKS PTPN IV Regional II merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Komoditas yang dihasilkan dari PKS PTPN IV Regional II berupa *Crude Palm Oil* (CPO) atau minyak sawit mentah.

Menurut Harahap et al., (2019), proses produksi CPO dan inti kernel melalui beberapa tahapan, sehingga menghasilkan berbagai limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang, dan serat buah. Penanganan limbah di pabrik kelapa sawit masih belum konsisten dilaksanakan. Limbah ini seringkali dibiarkan menumpuk tanpa

pengelolaan yang memadai. Menurut Nadhifah (2024), jika limbah padat kelapa sawit diolah dengan baik, maka dapat menghasilkan internalisasi-eksternalisasi pada pabrik dan dapat meningkatkan nilai ekonomi dan lingkungan. Pengelolaan limbah yang tidak berkelanjutan dan tidak dimanfaatkan dengan baik menyebabkan dampak lingkungan seperti pencemaran air dan tanah, serta emisi gas rumah kaca.

Proses pengolahan CPO menghasilkan limbah padat, cair dan gas. Menurut Alpendari dan Prakoso (2021), produksi 1 ton tandan buah segar (TBS) menghasilkan 22-23% tandan kosong. Selain limbah padat, setiap 1 ton pengolahan CPO membutuhkan 5-7 ton air yang akan berakhir menjadi 50% POME (*Palm Oil Mill Effluent*) atau limbah cair. Menurut Fitria et al. (2021), POME adalah limbah cair dari proses produksi minyak sawit yang kaya bahan organik dan sangat cocok digunakan

sebagai bahan baku biogas. Ketika dicampur dengan tandan kosong kelapa sawit, keduanya saling melengkapi untuk mendukung proses produksi biogas secara efisien dalam sistem fermentasi anaerob. Serat dan cangkang sawit digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk memenuhi kebutuhan energi proses di dalam pabrik. Selain itu, abu dari hasil pembakaran limbah juga dimanfaatkan kembali sebagai pupuk atau bahan timbunan jalan kebun.

Pemanfaatan limbah padat dari proses produksi CPO dapat dimanfaatkan secara optimal dengan strategi yang dapat diberikan ke pabrik kelapa sawit. Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk menentukan strategi terbaik dalam mengelola limbah padat yaitu menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Menurut penelitian Bulan (2019), AHP merupakan salah satu metode

pengambilan keputusan yang dikembangkan untuk menetapkan prioritas terbaik diantara beberapa alternatif terpilih.

Menurut Rianto (2023), dalam penelitiannya menentukan prioritas bahan baku untuk bahan bakar boiler dengan menggunakan metode AHP di PT. Sago Nauli. Penelitian ini menerapkan metode AHP untuk menentukan prioritas pemilihan antara tiga jenis limbah padat yaitu serabut buah sawit, serabut tandan kosong, dan cangkang sawit. Ada lima kriteria penting yang dihasilkan yaitu nilai energi, profitabilitas, ketersediaan bahan baku, lama waktu pembakaran, dan efisiensi pembakaran. Hasil analisis menunjukkan bahwa cangkang memiliki bobot tertinggi sebesar (0,433), diikuti serabut tandan kosong (0,281) dan serabut buah (0,264). Limbah cangkang merupakan bobot alternatif paling optimal untuk bahan bakar boiler di PT. Sago Nauli dengan mempertimbangkan keseimbangan antara aspek teknis, ekonomi, dan keberlanjutan.

Penelitian ini akan mencoba membantu menentukan strategi alternatif pemanfaatan limbah padat secara berkelanjutan, merumuskan solusi pemanfaatan secara optimal dan berdampak positif bagi lingkungan pabrik. Penelitian ini menggunakan metode AHP untuk memformulasikan strategi prioritas pemanfaatan limbah padat kelapa sawit di PTPN IV PKS Pagar Merbau.

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Apa saja limbah yang dihasilkan dari proses produksi CPO di PTPN IV Regional II Pagar Merbau?
2. Bagaimana Penanganan limbah padat CPO saat ini di PTPN IV Regional II Pagar Merbau?
3. Strategi pemanfaatan limbah padat manakah yang memiliki tingkat prioritas tertinggi berdasarkan perhitungan metode AHP?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi limbah padat yang dihasilkan dari proses produksi CPO di PTPN IV Regional II Pagar Merbau.
2. Mengidentifikasi penanganan limbah padat CPO saat ini di PTPN IV Regional II Pagar Merbau.
3. Menentukan rekomendasi strategi pemanfaatan limbah padat dari metode AHP untuk penanganan limbah padat di PTPN IV Regional II Pagar Merbau.

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pengelola pabrik kelapa sawit, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan lainnya sebagai dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan limbah padat yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

MATERIAL DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Perkebunan Nusantara IV Regional II,

yang beralamat di Desa Pagar Merbau II, Kec. Pagar Merbau, Kab. Deli Serdang, Prov. Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2025.

Objek dan Ruang Lingkup Penelitian

Objek penelitian ini adalah strategi pemanfaatan limbah padat yang dihasilkan dari proses produksi CPO. Adapun ruang lingkup penelitian ini terdiri dari seluruh proses produksi CPO dan inti kernel di PTPN IV Regional II Pagar Merbau, sampai dengan limbah yang dihasilkan dan strategi pemanfaatannya.

Metode Penelitian

Metode penelitian berupa pengumpulan data yang menggunakan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi, wawancara dan menyebarkan kuesioner. Wawancara dilakukan terhadap beberapa narasumber yakni *supervisor* pengolahan, operator pengolahan, karyawan, serta mandor pabrik yang terlibat langsung dalam pengelolaan limbah padat dari proses produksi CPO. Metode wawancara yang digunakan dalam penelitian ini adalah *indepth interview* yaitu teknik pengumpulan data kualitatif. Wawancara dilakukan secara tatap muka dengan tujuan untuk memperoleh informasi yang *detail* dari narasumber.

Pengumpulan Data

Pengumpulan Data Primer

a. Wawancara

Wawancara ini dilakukan di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau untuk menentukan variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian yaitu: menentukan kriteria dan alternatif terbaik yang dapat diterapkan untuk perusahaan. Menentukan faktor-faktor kriteria dan alternatif dari pemanfaatan limbah padat dengan narasumber dua orang *supervisor* pengolahan, satu orang *supervisor* laboratorium, serta satu orang mandor pabrik yang terlibat

langsung dalam pengelolaan limbah padat dari proses produksi CPO.

b. Kuesioner

Kuesioner ini berisi kesimpulan dari pertanyaan-pertanyaan yang sebelumnya sudah dilakukan pengamatan dan wawancara awal mengenai kriteria-kriteria yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan dari pabrik. Terdapat 5 responden yang mengisi kuesioner yaitu 4 responden dari pihak pabrik dan 1 responden dari Kepala BRMP Aceh. Responden yang dibutuhkan harus benar-benar mengetahui seluruh tahapan proses penanganan limbah padat di pabrik. Oleh karena itu dipilih 5 responden yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel responden

No	Nama	Jabatan
1	Haikal Malik	<i>Supervisor</i>
	Pranasta	Pengolahan Shift 1
2	Rizki Putra	<i>Supervisor</i>
	Arano	Pengolahan Shift 2
3	Pujad Hadhad	<i>Supervisor</i>
	Fathana	Laboratorium
4	M. Aris Mirza	Mandor
	Pratama	Laboratorium
5	Dr. Rahman	
	Jaya	Kepala BRMP Aceh

Metode Analisis

Pada tahapan pengolahan data yang akan dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode AHP untuk menyelesaikan permasalahan pemilihan strategi pemanfaatan limbah padat CPO terbaik dengan menentukan kriteria dan alternatif serta uji konsistensi berdasarkan hasil kuesioner dan diolah menggunakan *microsoft excel*.

Tahapan Metode AHP

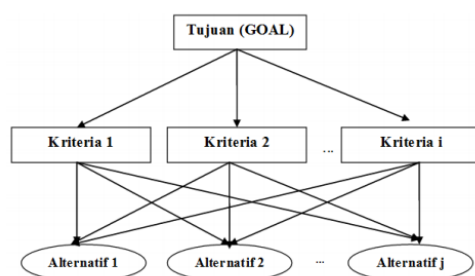
Pada pemilihan strategi pemanfaatan limbah padat CPO terbaik dengan menggunakan metode AHP terdapat tahapan yang dapat dilakukan untuk menentukan strategi pemanfaatan limbah padat CPO di PKS yaitu sebagai berikut.

a. Mendefinisikan Masalah

Dalam tahap ini ditentukan masalah yang akan dipecahkan secara jelas. Masalah yang ada menjadi goals utama pada bagan hirarki yang nantinya menjadi langkah kedua. Dari masalah yang ada akan diberikan solusi terbaik untuk memecahkan permasalahan. Solusi dari masalah yang sudah ditetapkan berjumlah lebih dari satu. Solusi tersebut dapat dihitung nilai bobotnya melalui berbagai tahapan berikut.

b. Menyusun Struktur Hirarki

Setelah menyusun tujuan sebagai level teratas selanjutnya level kedua dari susunan hirarki yang berada di bawahnya yaitu kriteria-kriteria yang sesuai untuk mempertimbangkan solusi berupa alternatif yang akan diberikan. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda tergantung pada relevansi, urgensi, dan pengaruh terhadap *goals* utama. Struktur hirarki AHP dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur hirarki AHP

c. Menetapkan Prioritas Elemen

Langkah awal dalam menentukan prioritas elemen adalah membuat perbandingan berpasangan, yaitu dengan membandingkan elemen secara berpasangan sesuai kriteria yang diberikan melalui bentuk matriks seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	K1	K2	K3		Kn
K1	k11	k12	k13		K1n
K2	k21	k22	k23		K2n

K3	k31	k32	k33		K3n
....					
Kn	kn1	kn2	kn3		knn

Matriks perbandingan berpasangan diisi dengan angka-angka yang merepresentasikan tingkat kepentingan relatif antara satu elemen dengan elemen lainnya. Jika sebuah elemen dibandingkan dengan dirinya sendiri, maka nilainya adalah 1. Apabila elemen i dibandingkan dengan elemen j memiliki nilai tertentu, maka nilai perbandingan elemen j terhadap i adalah kebalikannya. Proses perbandingan ini dilakukan secara berpasangan hingga diperoleh total penilaian sebanyak $n \times [(n-1)/2]$, di mana n merupakan jumlah elemen yang dibandingkan. Nilai perbandingan antar elemen dinyatakan dalam rentang angka dari 1 hingga 9, yang menunjukkan seberapa penting suatu elemen dibandingkan dengan elemen lainnya. Dalam metode AHP, digunakan skala prioritas dari 1 sampai 9 sebagai acuan standar dalam melakukan perbandingan berpasangan. Skala ini memberikan definisi dan penjelasan mengenai makna angka-angka tersebut untuk membantu pengambilan keputusan pada setiap tingkatan hirarki terhadap kriteria di tingkat yang lebih atas.

Tabel 3. Skala penilaian perbandingan berpasangan

Tingkat kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama Pentingnya	Kedua elemen yang mempunyai pengaruh yang sama
3	Sedikit lebih penting	Penilaian sedikit memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya

Tingkat kepentingan	Definisi	Keterangan
5	Lebih penting	Penilaian sangat memihak satu elemen
7	Sangat Penting	Satu elemen lebih disukai dibandingkan dengan lainnya dan elemen tersebut sangat dominan
9	Mutlak lebih penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dibandingkan dengan pasangannya
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua penilaian yang berdekatan	Diberikan bila terdapat keraguan dalam penilaian, antara dua penilaian yang berdekatan
Kebalikan		Jika elemen <i>i</i> memiliki salah satu angka diatas, ketika dibandingkan dengan elemen <i>j</i> , maka <i>j</i> memiliki nilai kebalikan dengan elemen <i>i</i>

d. Menghitung Rata-Rata Geometrik

Menghitung bobot didapatkan dari rata-rata geometrik berdasarkan penilaian beberapa responden dengan rumus sebagai berikut.

$$GM = \sqrt[n]{X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n}$$

GM = *Geometric Mean*

e. Normalisasi Data Kuesioner

$$Nor = \frac{\text{Hasil Kuesioner}}{\text{Total Hasil per Baris}}$$

f. Menghitung Total *Weight Matrix*

Total *weight matrix* merupakan hasil penjumlahan nilai normalisasi dalam setiap baris matriks perbandingan berpasangan yang ada

g. Menghitung *Eigen Vector*

Menghitung *eigen vector* diperoleh dari setiap matriks berpasangan atau total *weight matrix* dibagi dengan jumlah elemen yang ada.

wi: *Eigen vector*

$$wi = \frac{\text{Total Weight Matrix}}{\text{Jumlah elemen}}$$

h. Menghitung λ max

$$\lambda \max = \frac{1}{\text{Jumlah kriteria}}$$

(Penjumlahan dari hasil pembagian tiap kriteria dengan nilai bobot prioritas kriteria)

i. Menghitung *consistency index* (CI)

$$CI = \frac{\lambda \max - n}{n - 1}$$

CI = *Consistency index*

$\lambda \max$ = *Eigenvalue* maksimum

n = Orde matriks

j. Menghitung *consistency ratio* (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

CR = *Consistency Ratio*

CI = *Consistency Index*

RI = *Random Index*

Nilai dari *indeks random* dari *consistency index* atau disebut juga RI yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *index random* (IR)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Limbah Padat CPO di PTPN IV Regional II Pagar Merbau

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah padat CPO yang ada di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau ini berupa tankos, cangkang, serat (*fiber*), dan lumpur (*solid decanter*).

Penanganan Limbah Padat CPO di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa penanganan limbah padat CPO di pabrik belum cukup maksimal. Penanganan limbah padat CPO seperti tankos yang akan diangkut ke kebun harus melibatkan peran aktif pimpinan di pabrik serta pimpinan pihak kebun, dikarenakan limbah padat tandan kosong akan dibawa kembali ke kebun. Penanganan limbah tankos di pabrik selama ini dimanfaatkan sebagai pupuk. Pabrik mengusahakan selalu tepat waktu dalam menangani limbah tankos. Akan tetapi, pada pihak kebun masih kurang cepat melakukan pengangkutan ke kebun sehingga limbah tandan kosong sering menumpuk.

Penanganan limbah padat CPO lainnya seperti serat dan cangkang masih belum ditangani dan dimanfaatkan dengan tepat. Limbah cangkang dan serat ini dimanfaatkan untuk bahan bakar boiler, tetapi sering terlihat menumpuk dikarenakan keaktifan pada karyawan yang masih kurang diperhatikan. Peraturan SOP yang diterapkan pabrik untuk menangani limbah cangkang dan serat masih sering tidak tepat waktu pengangkutannya. Selain itu, belum ada pemanfaatan lain selain dijadikan bahan bakar boiler.

Sementara itu, limbah lumpur sampai saat ini pengangkutannya sudah

ditangani dengan tepat waktu. Limbah lumpur diangkut ke tempat pembuangan akhir yang tempatnya di belakang pabrik, dan sebagian hanya dibiarkan melebur ke tanah tanpa melalui proses pengomposan yang tepat. Meskipun demikian, untuk aspek pengangkutan lumpur ke lokasi pembuangan sudah dilakukan secara tepat waktu dengan menggunakan *truck*. Berikut gambar limbah padat serat dan tandan kosong yang ada di pabrik dapat dilihat pada Gambar 2a-2d.



Gambar 2.a Limbah serat



Gambar 2.b Limbah tankos



Gambar 2.c Limbah cangkang



Gambar 2.d Limbah lumpur

Analisis Strategi Pemanfaatan Limbah Padat Menggunakan AHP

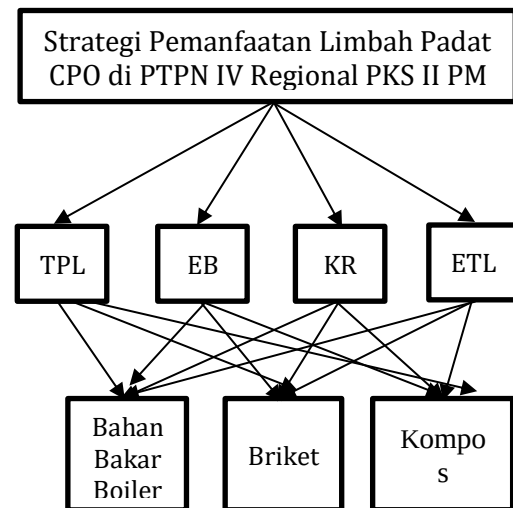
Identifikasi Masalah

Identifikasi permasalahan dilakukan melalui kegiatan observasi dan wawancara di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau. Berdasarkan hasil wawancara, ditemukan bahwa limbah padat yang dihasilkan dari proses produksi CPO di perusahaan ditangani saat ini masih kurang optimal. Pengangkutan tankos ke kebun sering tidak sesuai dengan waktu yang telah ditentukan oleh pihak pabrik, sehingga menyebabkan penumpukan tankos di area pabrik. Limbah cangkang dan serat juga belum dimanfaatkan secara maksimal karena hingga kini hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler, tanpa ada inovasi pemanfaatan lainnya.

Sementara itu, limbah lumpur sebagian diangkut ke tempat pembuangan limbah di belakang pabrik dan kadang dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Namun, proses pengomposannya tidak dilakukan secara tepat karena lumpur hanya dibiarkan melebur ke tanah tanpa perlakuan khusus sebagaimana mestinya dalam pembuatan kompos. Hal ini menyebabkan dampak lingkungan seperti pencemaran air dan tanah serta emisi gas rumah kaca pada lingkungan pabrik. Oleh karena itu, diperlukan penerapan metode AHP dengan kriteria yang sesuai dengan kebutuhan pabrik.

Penyusunan Hirarki

Hasil dari wawancara dengan narasumber yang memiliki keahlian dibidangnya menghasilkan kriteria-kriteria yang dibutuhkan oleh perusahaan, sehingga terbentuk struktur hirarki metode AHP yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Dalam struktur hirarki, pemilihan strategi pemanfaatan limbah padat CPO disusun ke dalam tiga level hirarki. Untuk level nol merupakan tujuan penggunaan metode AHP, yaitu strategi prioritas dari pemanfaatan limbah padat CPO di pabrik. Selanjutnya, untuk level satu adalah kriteria pemilihan strategi prioritas dari pemanfaatan limbah padat CPO, kriteria yang dipilih yaitu: teknologi pengolahan limbah, efisiensi biaya, kelayakan regulasi, dan efektivitas terhadap lingkungan. Selanjutnya, untuk level kedua disusun oleh alternatif yang terdiri dari bahan bakar *boiler*, briket, dan kompos. Struktur hirarki yang telah ditentukan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Hirarki

Perhitungan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Perhitungan AHP ini terdiri dari pembobotan kriteria-kriteria dan alternatif yang menghasilkan kriteria dan alternatif strategi pemanfaatan limbah padat CPO urutan prioritas yang terpilih. Perhitungan dengan metode ini melalui beberapa proses tahapan. Tahapan perhitungan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

a. Matriks Perbandingan Berpasangan

Matriks perbandingan berpasangan menggambarkan kontribusi relatif pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan kriteria yang setingkat di atasnya. Matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dimulai dari menghitung rata-rata geometrik dari hasil kuesioner yang telah diisi oleh 5 responden. Perhitungan rata-rata geometrik dari keempat responden dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 merupakan hasil data pengukuran prioritas kepentingan dari kriteria-kriteria dalam pemilihan strategi pemanfaatan limbah padat CPO di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau, yang hasilnya diperoleh dari perhitungan rata-rata geometrik data kuesioner dari keempat responden.

Menurut Dinardo et al. (2023), menyebutkan bahwa jika dua kriteria mempunyai kepentingan yang sama, maka bobot perbandingan mereka dalam matriks adalah 1. Hasil matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dihitung untuk mengetahui tingkat kepentingan relatif masing-masing kriteria terhadap tujuan yang ditetapkan. Melalui perhitungan ini dapat diperoleh bobot prioritas yang menunjukkan kriteria mana yang lebih dominan dan berpengaruh besar dalam pengambilan keputusan. Dengan demikian, matriks perbandingan berpasangan berfungsi sebagai dasar untuk menilai konsistensi penilaian responden sekaligus menentukan strategi yang paling tepat sesuai dengan hasil analisis AHP.

Tabel 5. Hasil matriks perbandingan berpasangan antar kriteria

Kriteria	TPL	EB	KR	ETL
TPL	1,00	1,72	0,77	0,58
EB	0,58	1,00	0,49	0,45
KR	1,29	2,05	1,00	0,90
ETL	1,72	2,21	1,11	1,00
Total	4,59	6,97	3,37	2,94

1. Normalisasi Kuesioner

Setelah penilaian antar kriteria dibandingkan pada Tabel 5 selanjutnya dilakukan normalisasi dengan cara membagi nilai tiap sel dengan jumlah nilai pada setiap kolom. Keterangan kriteria (TPL) yang ditujukan pada teknologi pengolahan limbah, kriteria (EB) yaitu efisiensi biaya, selanjutnya kriteria (KR) yaitu kelayakan regulasi, dan kriteria (ETL) yaitu efektivitas terhadap lingkungan. Berikut merupakan hasil normalisasi dari keempat responden.

Berdasarkan hasil perhitungan matriks normalisasi yang dilakukan setiap kolom dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6. Normalisasi kuesioner

Kriteria	TPL	EB	KR	ETL
TPL	0,22	0,25	0,23	0,20
EB	0,13	0,14	0,14	0,15
KR	0,28	0,29	0,30	0,31
ETL	0,37	0,32	0,33	0,34

Berdasarkan Tabel 6, normalisasi kuesioner matriks kriteria antar kriteria menunjukkan bahwa normalisasi dapat mengubah data perbandingan menjadi bentuk proporsional dengan tujuan setiap kolom bernilai total sama dengan 1.

2. Perhitungan *eigen vector*

Menurut penelitian Rozali et al. (2023), perhitungan *eigen vector* dari hasil penjumlahan pada setiap baris kriteria yang telah dinormalisasikan, kemudian dilakukan rata-rata setiap baris kriterianya. Jika dijumlah nilai bobot seluruh kriteria adalah 1, maka perhitungan bobot sudah benar.

Berdasarkan hasil perhitungan *eigen vector* antar kriteria yang telah dihitung dibuat dalam bentuk Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan *eigen vector* antar kriteria

Kriteria	Jumlah	<i>Eigen vector</i>
TPL	0,89	0,22
EB	0,57	0,14
KR	1,18	0,29
ETL	1,36	0,34
Rata-rata	4,00	1

Berdasarkan Tabel 7 didapatkan hasil *eigen vector* dari jumlah paada

setiap kriteria yang sudah didapatkan dari Tabel 6 normalisasi kuesioner. Hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai *eigen vector* dari kriteria efektivitas terhadap lingkungan yaitu 0,34, diikuti kriteria kelayakan regulasi yaitu 0,29, diikuti dengan kriteria teknologi pengolahan limbah yaitu 0,22, dan kriteria efisiensi biaya yaitu 0,14.

Nilai bobot *eigen vector* sebesar 0,34 pada kriteria efektivitas terhadap lingkungan menunjukkan bahwa kriteria ini memiliki tingkat kepentingan paling dominan, yaitu berkontribusi sebesar 34% terhadap penentuan strategi pemanfaatan limbah padat CPO. Nilai ini mengindikasikan bahwa responden menganggap aspek lingkungan sebagai faktor yang paling memengaruhi keputusan dibandingkan kriteria lainnya.

3. Perhitungan λ maks

Selanjutnya dilakukan perhitungan λ maks dengan cara mengalikan hasil total *geometric* antar kriteria dengan nilai *eigen vector* tiap kriteria, lalu dijumlahkan hasil dari tiap kriteria yang sudah dikalikan. Berikut perhitungan λ maks perbandingan berpasangan antar kriteria.

$$\lambda \text{ maks} = \frac{1}{\text{Jumlah kriteria}}$$

(Penjumlahan dari hasil pembagian tiap kriteria dengan nilai bobot prioritas kriteria)

$$\lambda \text{ maks} = \frac{1}{4} (4,07 + 2,52 + 5,24 + 4,93)$$

$$\lambda \text{ maks} = 4,19$$

Tabel 8. Perhitungan λ maks antar kriteria

Kriteria	Nilai <i>eigen vector</i>
Teknologi pengolahan limbah	4,07
Efisiensi biaya	2,52
Kelayakan regulasi	5,24
Efektivitas terhadap lingkungan	4,93
λ	maks 4,19

Hasil dari Tabel 8 perhitungan λ maks dari matriks antar kriteria dengan nilai 4,19. Hal ini menunjukkan bahwa matriks perbandingan berpasangan yang digunakan memiliki tingkat konsisten yang baik. Jika nilai λ maks lebih besar dari jumlah kriteria yang ada, maka akan menunjukkan adanya ketidakstabilan dalam perhitungan perbandingan berpasangan yang akan berpotensi mempengaruhi hasil bobot akhir.

4. Perhitungan *Consistency Index* (CI)

Perhitungan selanjutnya dilakukan perhitungan *consistency index* (CI). Berdasarkan hasil dari perhitungan *Consistency Index* (CI) pada perbandingan berpasangan kriteria antar kriteria memperoleh bobot 0,06, hasil tersebut bukan merupakan hasil akhir dari perhitungan metode AHP. Menurut penelitian Handayani (2023), *Consistency Index* (CI) memberikan gambaran tentang tingkat konsistensi dari perbandingan yang dilakukan. Semakin kecil nilai CI, maka semakin konsisten matriks perbandingan tersebut. Berikut perhitungan nilai CI pada matriks perbandingan berpasangan kriteria antar kriteria.

$$CI = \frac{\lambda \text{ maks} - n}{n - 1}$$

$$= \frac{5,70461 - n}{4 - 1} = 0,5682$$

5. Perhitungan *Consistency Ratio* (CR)

Perhitungan selanjutnya dilakukan perhitungan *consistency ratio* (CR). Berikut perhitungan CR dengan membagikan nilai CI dengan nilai *random index* (RI) yang dapat dilihat berdasarkan Tabel 4.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$= \frac{0,5682}{0,9} = 0,63134$$

Berdasarkan hasil perhitungan *Consistency Ratio* (CR) diperoleh nilai CR sebesar 0,07 atau 7%. Nilai tersebut berada dibawah ambang batas 0,09 atau (9%). Menurut Sujati dan Wahyuni (2021), mengukur nilai CR atau konsistensi rasio harus

kurang dari 0,09 atau (9%) pada matriks 4x4 sehingga dapat disimpulkan bahwa matriks perbandingan berpasangan yang digunakan pada matriks kriteria antar kriteria telah memenuhi syarat konsistensi atau dinyatakan valid.

Berdasarkan hasil perhitungan untuk matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dapat dilihat urutan nilai bobot vektor tiap kriteria pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil bobot prioritas kriteria antar kriteria

Kriteria	Bobot
Efektivitas terhadap lingkungan	0,34
Kelayakan regulasi	0,29
Teknologi pengolahan limbah	0,22
Efisiensi biaya	0,14

Berdasarkan Tabel 9 didapatkan bahwa kriteria efektivitas terhadap lingkungan merupakan kriteria terpenting dalam memilih strategi pemanfaatan limbah padat CPO. Nilai bobot kriteria pertama yaitu efektivitas terhadap lingkungan sebesar 0,34 diikuti kriteria kelayakan regulasi dengan bobot nilai 0,29, selanjutnya kriteria teknologi pengolahan limbah dengan bobot nilai 0,22, dan kriteria efisiensi biaya dengan bobot nilai 0,14. Berdasarkan perhitungan diatas, kriteria efektivitas terhadap lingkungan memiliki nilai bobot terbesar. Menurut Harahap et al. (2023), kriteria-kriteria dalam menentukan strategi pemanfaatan limbah padat CPO jika tidak diatur sesuai standar operasional yang ada pada pabrik, dapat

memengaruhi kualitas lingkungan sekitar pabrik. Jika kebijakan regulasi tidak diatur dengan maksimal, maka artinya perusahaan masih kurang peduli terhadap efektivitas lingkungan sekitar pabrik.

Kriteria selanjutnya yaitu kriteria kelayakan regulasi. Menurut Harkeni (2024), regulasi yang ada masih bersifat umum dan belum mengintegrasikan kelayakan pemanfaatan limbah padat dan belum sesuai dengan kebijakan SOP. Kelayakan regulasi dapat mempengaruhi kelayakan pemanfaatan limbah industri sawit dikarenakan akan berdampak kuat dengan kriteria-kriteria lainnya, seperti efisiensi biaya, ketersediaan teknologi pengolahan limbah, dan efektivitas terhadap lingkungan.

Berdasarkan penelitian Franciska et al. (2019), dengan adanya biaya pengolahan limbah, yang dimana dapat mendukung kriteria berdasarkan bobot perhitungan perbandingan berpasangan antar kriteria teknologi pengolahan limbah tersebut, maka perusahaan membutuhkan biaya-biaya khusus yang

digunakan sebagai kontrol terhadap tanggung jawab perusahaan. Kriteria-kriteria tersebut akan mendukung kriteria pertama berdasarkan bobot prioritas yaitu kelayakan pada regulasi perusahaan.

Kriteria terakhir pada perhitungan tersebut ada pada kriteria efisiensi biaya. Menurut Kurniawan dan Mustofa (2022), menjelaskan bahwa efisiensi biaya perlu diperhatikan dalam penanganan limbah padat CPO. ada beberapa biaya terkait dengan penanganan limbah padat CPO yaitu berupa biaya pengolahan limbah, biaya pembuatan instalasi, biaya pembuangan limbah, biaya perijinan, serta biaya untuk pihak ketiga dan sebagainya.

Rekapitulasi Hasil Matriks Perbandingan Berpasangan Secara Keseluruhan

Perhitungan matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dan alternatif dilakukan untuk menghasilkan bobot prioritasnya dan membuktikan pembobotan tersebut konsisten sehingga dapat dilakukan rekapitulasi hasil matriks perbandingan berpasangan sehingga menghasilkan perankingan untuk PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau. Tabel 10 merupakan rekapitulasi hasil matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dan alternatif.

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Matriks Berpasangan secara Keseluruhan

K	Bobot Kriteria	A	Bobot Alternatif	Jumlah Bobot Keseluruhan
TPL	0,22	A1	0,38	0,08
		A2	0,32	0,07
		A3	0,3	0,07
		A1	0,36	0,05
EB	0,14	A2	0,31	0,04
		A3	0,33	0,05
		A1	0,34	0,10
		A2	0,3	0,09
KR	0,29	A3	0,36	0,10
		A1	0,32	0,11
		A2	0,3	0,10
ETL	0,34	A3	0,38	0,13

Berdasarkan Tabel 10 dapat disimpulkan bahwa kriteria yang dapat menjadi prioritas utama di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau dalam memilih strategi pemanfaatan limbah padat dari produksi CPO dilihat mulai dari kriteria efektivitas terhadap lingkungan dengan bobot nilai 0,34 (34%), selanjutnya kriteria kelayakan regulasi dengan bobot 0,29 (29%),

selanjutnya diikuti kriteria teknologi pengolahan limbah dengan bobot nilai 0,22 (22%), dan kriteria terakhir yaitu efisiensi biaya dengan bobot nilai 0,14 (14%) yang didapatkan melalui hasil perhitungan AHP.

Kriteria kelayakan regulasi dapat lebih diperhatikan pihak pabrik dikarenakan dalam pengelolaan limbah padat harus sesuai dengan (SOP-DTPL-003). Menurut Zein et al. (2019), peraturan tata cara operasi yang baik dan benar merupakan salah satu cara terbaik bagi pekerja untuk memanfaatkan limbah padat CPO. Seperti yang disebutkan sebelumnya bahwa SOP memiliki kepentingan tertinggi dikarenakan memiliki hubungan yang erat dengan tata cara operasi yang baik. Selain memerhatikan kelayakan regulasi dapat juga diperhatikan efisiensi biaya dan waktu pengelolaan limbah padat CPO, serta dapat mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan.

Alternatif yang menjadi bobot prioritas dalam memilih strategi pemanfaatan limbah padat berupa serat yang masih sering menumpuk tanpa pengelolaan yang tepat dapat dijadikan bahan bakar boiler, diikuti alternatif kedua yaitu cangkang yang dapat dijadikan briket, serta tandan kosong dan lumpur dapat dijadikan kompos. Alternatif yang disarankan ini harus diperhatikan juga berdasarkan kriteria-kriteria yang dipilih, mulai dari kriteria pertama yang terpilih yaitu kelayakan regulasi yang harus sesuai dengan (SOP-DTPL-003), diikuti dengan kriteria efisiensi biaya, ketersediaan teknologi pengolahan limbah, serta efektivitas dari pemanfaatan limbah padat CPO menjadi bahan bakar boiler yang akan disarankan kepada pihak pengolahan limbah padat di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau. Berdasarkan penelitian Alpandhari dan Prakoso (2021), pengelola limbah padat CPO dapat menjadikan limbah serat sebagai bahan bakar boiler dengan memperhatikan

kelayakan regulasi yang sesuai SOP perusahaan.

Menurut Zein et al. (2019), peraturan tata cara operasi yang baik dan benar merupakan salah satu cara terbaik bagi pekerja untuk memanfaatkan limbah padat CPO. Seperti yang disebutkan sebelumnya bahwa SOP memiliki kepentingan tertinggi dikarenakan memiliki hubungan yang erat dengan tata cara operasi yang baik. Selain memerhatikan kelayakan regulasi dapat juga diperhatikan efisiensi biaya dan waktu pengelolaan limbah padat CPO, serta dapat mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan.

Setelah dilakukan rekapitulasi hasil matriks, selanjutnya masing-masing bobot alternatif secara keseluruhan dapat dihitung dengan menjumlahkan semua bobot keseluruhan (*global priority*) pada strategi pemanfaatan limbah padat CPO yang ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Bobot Prioritas Alternatif

Alternatif	Bobot Prioritas	Prioritas
Kompos	0,35	1
Bahan bakar boiler	0,34	2
Briket	0,30	3

Berdasarkan Tabel 11 pada hasil bobot prioritas matriks perbandingan antar alternatif didapatkan alternatif kompos dengan bobot sebesar 0,35 (35%), selanjutnya diikuti oleh bahan bakar boiler dengan bobot nilai 0,34 (34%), dan terakhir alternatif briket dengan bobot nilai 0,30 (30%). Disimpulkan bahwa alternatif pemanfaatan limbah padat sebagai kompos merupakan prioritas utama yang dapat diterapkan oleh perusahaan. Pemanfaatan limbah padat dari hasil produksi CPO dinilai lebih optimal apabila dijalankan dengan memperhatikan kriteria yang telah ditentukan berdasarkan bobot prioritasnya. Kriteria pertama adalah efektivitas terhadap lingkungan pabrik

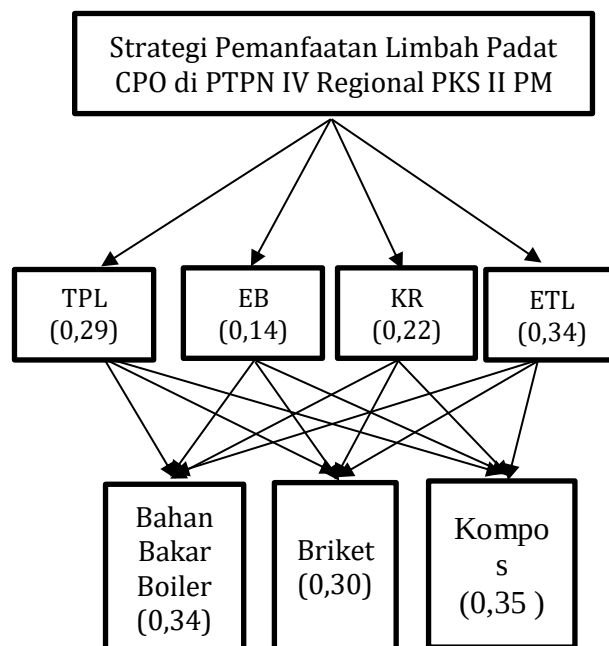
menjadi faktor penentu agar pemanfaatan limbah tidak hanya mengurangi *volume* penumpukan, tetapi juga mendukung upaya perusahaan dalam menjaga kelestarian lingkungan. Dengan menciptakan kelestarian lingkungan dapat membuat para pekerja industri merasakan kenyamanan saat bekerja.

Kriteria kedua yaitu kelayakan regulasi, yang dimana kebijakan perusahaan harus sesuai dengan SOP pabrik yaitu (SOP-DTPL-003) agar implementasi berjalan sesuai aturan dan tidak menimbulkan hambatan administratif dan hambatan lainnya. Selanjutnya, kriteria teknologi pengolahan limbah, yang dimaksud pada pemilihan teknologi tepat guna agar proses pemanfaatan cangkang dan serat menjadi energi lebih efektif dan berkelanjutan. Selanjutnya kriteria yang terakhir yaitu kriteria efisiensi biaya. Efisiensi biaya menjadi pertimbangan penting untuk memastikan bahwa pemanfaatan limbah dapat memberikan keuntungan ekonomis bagi perusahaan.

Selain itu, diperoleh alternatif kedua pemanfaatan limbah padat dari hasil produksi CPO sebagai pupuk kompos. Proses pembuatan kompos dari limbah padat kelapa sawit dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan. Tahap pertama adalah pengumpulan dan pencacahan bahan baku seperti tankos, serat, atau lumpur menjadi potongan lebih kecil agar luas permukaannya meningkat sehingga mudah terurai. Tahap berikutnya adalah penyusunan bahan kompos dengan memperhatikan keseimbangan rasio karbon dan nitrogen. Selanjutnya ditambahkan bahan pendukung atau aktivator mikroba (misalnya *Trichoderma* atau *EM4*) untuk mempercepat proses dekomposisi. Selanjutnya, dilakukan pengaturan kelembapan pada kisaran 50–60% serta pembalikan tumpukan secara berkala untuk menjaga *aerasi* dan kestabilan suhu. Pada fase termofilik (50–60 °C), bahan organik mulai terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Proses selanjutnya menuju fase pematangan, yang ditandai dengan menurunnya suhu mendekati suhu lingkungan, warna kompos yang menjadi coklat tua kehitaman, serta bau yang berubah menjadi netral seperti tanah. Kompos yang matang memiliki rasio C/N seimbang, tekstur remah, dan siap digunakan sebagai pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah (Hafizah et al., 2024).

Alternatif terakhir yaitu pemanfaatan limbah padat CPO menjadi briket. Penelitian Lesmana dan Azhari. (2024), menyatakan bahwa proses pembuatan briket dimulai dengan tahap pengeringan untuk menurunkan kadar air, kemudian dilakukan penggilingan hingga berukuran lebih halus. Setelah itu bahan dicampur dengan perekat alami (seperti tepung tapioka) dan sedikit air agar mudah dipadatkan. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam alat pencetak briket dan ditekan hingga berbentuk padat. Tahap akhir adalah pengeringan briket agar kadar air rendah sehingga memiliki nilai kalor tinggi dan lebih tahan lama saat disimpan. Dengan cara ini, limbah padat kelapa sawit tidak hanya terbatas dimanfaatkan langsung sebagai bahan bakar boiler, tetapi juga dapat diolah menjadi briket yang lebih praktis, efisien dalam penyimpanan, serta memiliki potensi nilai ekonomi yang lebih tinggi. Struktur hirarki disertai dengan pembobotan pada tiap-tiap kriteria dan alternatif yang sudah didapatkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur hirarki yang sudah memiliki bobot pada tiap-tiap kritis dan alternatif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Limbah yang dihasilkan dari proses produksi CPO di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau berupa tandan kosong, serat, cangkang, dan lumpur.
2. Penanganan limbah padat CPO di PTPN IV Regional II PKS Pagar Merbau masih belum maksimal. Hal ini terlihat dari aspek kebijakan regulasi berdasarkan penerapan (SOP-DTPL-003) pabrik, khususnya pada kegiatan pengangkutan limbah padat ke tempat yang telah ditentukan, pelaksanaannya sering tidak sesuai dengan waktu yang seharusnya. Kondisi ini menyebabkan terjadinya penumpukan limbah padat di area pabrik.
3. Berdasarkan hasil perhitungan metode AHP didapatkan kriteria strategi pemanfaatan limbah padat CPO dimulai dari kriteria efektivitas terhadap lingkungan dengan bobot

nilai 0,34 (34%), diikuti dengan kriteria kelayakan regulasi dengan bobot nilai 0,29 (29%), selanjutnya diikuti dengan kriteria teknologi pengolahan limbah dengan bobot nilai 0,22 (22%), dan kriteria terakhir yaitu efisiensi biaya dengan bobot nilai 0,14 (14%). Berdasarkan perhitungan metode AHP didapatkan alternatif yang pertama yaitu pemanfaatan limbah sebagai kompos dengan bobot nilai 0,35 (35%), selanjutnya diikuti dengan bahan bakar boiler memiliki bobot nilai 0,34 (34%), dan yang terakhir yaitu briket dengan bobot nilai 0,30 (30%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak PTPN IV Regional II Pagar Merbau telah memberikan saya kesempatan untuk melakukan penelitian ini, serta kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian dan penulisan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaridho, M. I., Rahayu, D. E. dan Sarwono, E., 2023. Analisis Life Cycle Assessment (LCA) pada Pengolahan Air Limbah di Pahu Makmur Palm Oil Mill. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 24(2):. 116-126.
- Alpandari, H., dan Prakoso, T. 2021. Tindakan Pengembalian Limbah Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Upaya Memaksimalkan Zero Waste. *Agrisintech (Journal of Agribusiness and Agrotechnology)*. 2(2): 48-58.
- Bulan, S. J. 2019. Penerapan Analytical Hierarchy Process (AHP) Dalam Perangkingan Bengkel Mobil Terbaik Di Kota Kupang. *Jurnal Teknologi Terpadu*. 5(1).
- Dinardo, M., Murino, T., dan Adegbola, K. 2023. A Methodology for Selecting Optimal Knowledge Acquisition through Analytic Hierarchy Process and Environment Parameters Impact. *Journal of applied research and technology*. 21(5): 825-849.
- Fitria, A. N., Gunawan, V. S., dan Mardiah, M. 2021. Study of the utilization of palm oil industry liquid waste. *Konversi*. 10(1).
- Franciska, R. M., Sondakh, J. J., dan Tirayoh, V. Z. 2019. Analisis Penerapan Akuntansi Biaya Lingkungan pada Pt. Royal Coconut Airmadidi. *Going Concern. Jurnal Riset Akuntansi*. 58-63.
- Hafizah, N., Riza, A. S., dan Jumar, J. 2022. Biopengomposan Limbah Kelapa Sawit Padat Dengan Dekomposer yang Berbeda dan Kriteria Fisikokimia untuk Penilaian Kualitas Kompos. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 24(2): 109-119.
- Handayani, A. 2023. Statisticam approaches for consistency index in analytical hierarchy process. *AKSIOMA: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*. 14(3): 462-468.
- Harahap, M. M., Asyari, A., Julita, V., Sadikin, S., dan Sholihin, A. 2023. Pengaruh Religiusitas, Pengalaman Kerja dan Penguasaan Teknologi Informasi terhadap Kinerja Pegawai (Studi kasus pada Pemerintah Daerah Kabupaten Pasaman). *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*. 1492-1500.
- Harahap, S., Lubis, Z. dan Rahman, A., 2019. Analisis Potensi dan Strategi Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit di Kabupaten Labuhan Batu. *Jurnal Ilmiah Magister Agribisnis*. 1(2): 162-176.
- Harken, A. H. 2024. Strategi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit di Provinsi Jambi. *Jurnal Khazanah Intelektual*. 8(3): 266-268.
- Kurniawan, A., dan Mustofa, U. A. 2022. Penerapan Akuntansi Lingkungan

- Badan Usaha Milik Desa untuk Mewujudkan Green Accounting Badan Usaha Milik Desa Adijaya Lampung Tengah. *Jurnal Ilmiah Keuangan dan Perbankan*. 87-98.
- Lesmana, R. Y., dan Azhari, M. 2024. Utilization of Oil Palm Shells (*Elaeis Guineensis* Jacq) as Alternative Fuel (Briquettes): Pemanfaatan Cangkang Buah Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) Menjadi Bahan Bakar Alternatif (Briket). *Jurnal Lingkungan Nusantara (JLN)*. 1(1): 01-04.
- Nadhifah, R. U. H. 2024. Internalization of Environmental Externalities: Processing Palm Waste into Renewable Energy. *International Journal of Oil Palm*. 7(2): 11-18.
- Rianto, M. A. 2023. Analisa Penentuan Prioritas Bahan Baku untuk Bahan Bakar Boiler dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process di PT. Sago Nauli (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara).
- Rozali, C., Zein, A., dan Farizy, S. 2023. Penerapan Analytic Hierarchy Process (AHP) untuk Pemilihan Penerimaan Karyawan Baru. *Jurnal Informatika Utama*. 1(2): 32-36.
- Sujati, J, dan Wahyuni, E. S. 2021. Penerapan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Penentuan Prioritas Kondisi Jalan. *JELTec (Journal of Learning Technology)*. 2(1): 1-8.
- Zein, M., Lestari E., dan Aru, A. 2019. Analisis Teknik Penerapan Produksi Bersih pada Proses Pengolahan Crude Palm Oil (CPO) dan Inti Sawit (kernel) di PT. JY. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. 23(2): 179-186.