

Implementation of a decision support system for selecting palm oil processing waste disposal location in Pagar Merbau using the topsis method

¹Karen Dea Nikpani, ²Siswan Syahputra, ³Kristina Annatasia Br.Sitepu

¹Sistem Informasi, STMIK Kaputama

²Bisnis Digital, STMIK Kaputama

³Sistem Informasi, STMIK Kaputama

Jl. Printis Kemerdekaan Cengkeh Turi, Sumatera Utara

e-mail : ¹karendeanikpani@gmail.com, ²siswansyahputra90@gmail.com, ³kannatasia88@gmail.com

Received: 2025-06-30

Revised: 2025-07-31

Accepted: 2025-08-29

Page : 45-57

Abstrak : Pengelolaan limbah padat kelapa sawit, khususnya tandan kosong kelapa sawit (TKKS), menjadi salah satu tantangan utama dalam industri kelapa sawit karena berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah menentukan lokasi penimbunan limbah yang sesuai dengan mempertimbangkan berbagai kriteria teknis, lingkungan, dan sosial. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) berbasis metode *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) dalam pemilihan lokasi penimbunan limbah pengolahan kelapa sawit di Pagar Merbau. Kriteria yang digunakan meliputi luas lahan, jumlah tanaman, jenis tanah, umur tanaman, kebutuhan nutrisi, dan kesuburan tanah. Sistem ini dibangun menggunakan PHP dan MySQL, serta diuji dengan metode *blackbox testing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat membantu menentukan lokasi penimbunan yang paling optimal dengan menghasilkan perankingan alternatif berdasarkan nilai preferensi tertinggi. Dengan demikian, implementasi SPK berbasis TOPSIS terbukti efektif dalam mendukung proses pengambilan keputusan terkait pengelolaan limbah kelapa sawit.

Kata kunci: Sistem Pendukung Keputusan, Limbah Kelapa Sawit, Pemilihan Lokasi, TOPSIS, PHP, MySQL

Abstract : The management of palm oil solid waste, particularly Empty Fruit Bunches (EFB), remains a major challenge in the palm oil industry due to its potential to cause environmental pollution if not properly handled. One solution to this problem is selecting appropriate disposal sites by considering various technical, environmental, and social criteria. This study aims to implement a Decision Support System (DSS) using the *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) method for selecting palm oil waste disposal locations in Pagar Merbau. The criteria applied include land area, number of trees, soil type, plant

age, nutrient requirements, and soil fertility. The system was developed using PHP and MySQL, and tested with the blackbox testing method. The results show that the system effectively supports decision-making by ranking alternative sites based on their highest preference values. Therefore, the implementation of a TOPSIS-based DSS proves to be effective in determining the most optimal location for palm oil waste disposal.

Keywords: Decision Support System, Palm Oil Waste, Site Selection, TOPSIS, PHP, MySQL



Journal of Engineering, Technology and Computing (JETCom) This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

1 Pendahuluan (or Introduction)

Kelapa sawit adalah komoditas pertanian Indonesia yang berperan penting untuk menghasilkan minyak inti sawit yang diperoleh berdasarkan pengolahan tandan buah segar (TBS), kelapa sawit banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak nabati dan berbagai produk turunan. Namun, dalam proses pengolahannya, industri ini juga menghasilkan limbah dalam jumlah besar, baik dalam bentuk cair maupun padat. Pengolahan limbah kelapa sawit yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan berdampak negatif terhadap ekosistem serta kesehatan masyarakat sekitar. [1]

Limbah padat kelapa sawit, khususnya tandan kosong kelapa sawit (TKKS), merupakan salah satu jenis limbah yang dihasilkan dalam jumlah besar oleh pabrik kelapa sawit. Selama ini, pengelolaan tandan kosong masih menjadi tantangan, karena sebagian besar hanya ditangani dengan cara pembakaran atau penimbunan sederhana. Metode pembakaran sudah tidak dianjurkan karena menimbulkan pencemaran udara, sedangkan penimbunan yang dilakukan tanpa perencanaan berisiko mencemari tanah, air, dan lingkungan sekitar [2]

Limbah kelapa sawit dapat digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Limbah padat terdiri atas tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang, dan serat, sedangkan limbah cair dikenal dengan istilah *Palm Oil Mill Effluent* (POME), dan limbah gas berasal dari proses pembakaran [3]

Peningkatan produksi kelapa sawit di wilayah Pagar Merbau turut meningkatkan volume limbah yang harus dikelola. Namun, hingga kini belum tersedia sistem yang mampu mendukung proses pemilihan lokasi penimbunan limbah secara terukur, objektif, dan berbasis data. Penentuan lokasi masih dilakukan secara manual dan cenderung subjektif, sehingga berisiko menimbulkan kesalahan dalam pengambilan keputusan. Urgensi penelitian ini terletak pada perlunya suatu pendekatan berbasis teknologi informasi yang dapat membantu perusahaan maupun pemangku kepentingan dalam menentukan lokasi penimbunan limbah yang sesuai dengan aspek teknis, lingkungan, dan sosial.

Tujuan penelitian ini adalah untuk Mengetahui kriteria yang relevan dalam pemilihan lokasi penimbunan limbah pengolahan kelapa sawit di Pagar Merbau, mengimplementasikan metode topsis dalam sistem pendukung keputusan untuk membantu proses pemilihan lokasi penimbunan limbah padat tangkos, mendapatkan hasil yang optimal dalam pemilihan lokasi penimbunan limbah padat tangkos pengolahan kelapa sawit menggunakan sistem pendukung keputusan berbasis metode topsis. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat, menambah wawasan dan referensi dalam pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis metode TOPSIS, memberikan kontribusi akademik dalam bidang pengelolaan limbah industri berbasis teknologi, membantu pihak dari perusahaan dalam menentukan lokasi penimbunan limbah yang lebih efisien dalam lingkungan,

menyediakan sistem berbasis teknologi yang dapat diimplementasikan dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan limbah industri.

2 Tinjauan Literatur (or Literature Review)

Menurut penelitian [4] yang berjudul “Sistem Pendukung Keputusan Rekomendasi Tempat Wisata Menggunakan Metode Topsis”. Penelitian ini bertujuan untuk merekomendasikan tempat wisata dengan menggunakan kriteria jarak, waktu tempuh, biaya masuk, dan kebersihan dengan menerapkan metode Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) dalam memberikan rekomendasi sebuah keputusan. TOPSIS merupakan salah satu metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang digunakan untuk menyeleksi alternatif terbaik dari sekelompok alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil perangkingan rekomendasi tempat wisata yang mendapatkan rangking 1 yaitu Taman dan Tempat Bersejarah dengan nilai sebesar 0,673, rangking 2 yaitu Kolam Renang dengan nilai sebesar 0,597, rangking 3 yaitu Pantai dengan nilai sebesar 0,504, dan rangking 4 yaitu Gunung dengan nilai sebesar 0,409.

Menurut penelitian [5] yang berjudul “Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi Objek Wisata di Aceh Tengah Menggunakan Metode Topsis” Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam pemilihan lokasi objek wisata adalah metode TOPSIS (Technique for Order Preference by Similiarity to Ideal Solution). Metode TOPSIS merupakan metode pengambilan keputusan multi kriteria yang menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dengan solusi ideal positif dan jarak terjauh dengan solusi ideal negatif. Langkah-langkah yang digunakan dalam metode TOPSIS adalah proses perhitungan matriks normalisasi, proses perhitungan matriks normalisasi berbobot, proses penentuan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif, proses perhitungan jarak pisah setiap alternatif terhadap solusi ideal, dan proses perhitungan nilai preferensi setiap alternatif. Hasil dari proses perhitungan metode TOPSIS adalah berupa informasi pemilihan lokasi objek wisata yang paling mendekati pilihan yang diinginkan oleh para wisatawan.

Menurut penelitian [6] yang berjudul “Penerapan Metode Topsis dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi Kandang baru untuk Ayam Petelur” Sistem Pendukung Keputusan (SPK) memiliki peran penting dalam membantu pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat, terutama dalam menentukan lokasi kandang baru untuk ayam petelur. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan SPK menggunakan metode TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) guna mengevaluasi kelayakan lokasi berdasarkan lima kriteria utama: jarak dengan pasar, kepadatan penduduk, jarak dengan toko, jarak dengan kandang sebelumnya, dan harga tanah. Data alternatif lokasi diolah melalui beberapa tahap, termasuk normalisasi matriks, pembobotan, serta penghitungan solusi ideal positif dan negatif. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa lokasi alternatif lokasi 1 merupakan pilihan terbaik dengan nilai kedekatan solusi sebesar 0,551. Sistem ini memberikan rekomendasi lokasi yang optimal dan dapat membantu peternak dalam pengambilan keputusan secara efisien.

Menurut penelitian [7] pada penelitian Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Jumlah Pinjaman Kepada Calon Nasabah Bumdes Menggunakan Metode Topsis menampilkan prioritas-prioritas tertinggi hingga terendah dari calon nasabah tersebut, sehingga akan memudahkan dan membantu pihak BUMDes dalam mengambil keputusan. TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif dan jarak terpanjang (terjauh) dari solusi

ideal negatif untuk menentukan kedekatan relatif dari suatu alternatif dengan solusi optimal. Menurut penelitian [8] Metode Topsis adalah salasatu sistem pendukung keputusan yang digunakan untuk memilih alternatif terbaik berdasarkan beberapa kriteria. Ide dasarnya adalah mencari solusi yang paling dekat dengan solusi ideal terbaik, solusi positif dan paling jauh dari solusi terburuk, solusi negatif. Metode Topsis membantu membuat keputusan yang lebih objektif dengan membandingkan semua pilihan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan.

Menurut penelitian [9] sistem informasi khusus yang di kenal sebagai Sistem Pendukung Keputusan berfungsi untuk membantu manajemen dalam membuat keputusan tentang masalah yang bersifat semi terstruktur. Sistem ini dapat menghasilkan berbagai alternatif, yang dapat digunakan secara interaktif oleh pengguna untuk menentukan seberapa dekat suatu alternatif dengan solusi terbaik. Ada beberapa hal yang menjadi alasan digunakan sistem pendukung keputusan, yaitu dalam pemilihan lokasi limbah pengolahan kelapa sawit, sistem pendukung keputusan (SPK) sangat penting karena melibatkan berbagai faktor, seperti regulasi, lingkungan, dan biaya. Sistem pendukung keputusan dapat menganalisis berbagai kriteria secara objektif dan mempercepat proses pengambilan keputusan. Sistem pendukung keputusan juga dapat menyesuaikan kebutuhan, sehingga lebih fleksibel dan dapat diterapkan dalam berbagai kondisi.

Meskipun berbagai penelitian telah berhasil menunjukkan keunggulan TOPSIS, sebagian besar studi masih berfokus pada bidang pariwisata, pemilihan lokasi usaha, maupun perencanaan fasilitas. Belum banyak penelitian yang secara khusus mengkaji penggunaan TOPSIS untuk permasalahan lingkungan, khususnya dalam pemilihan lokasi penimbunan limbah kelapa sawit. Padahal, limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu persoalan serius yang menimbulkan risiko pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik.

Dengan demikian, terdapat celah penelitian (research gap) dalam penerapan metode TOPSIS pada kasus pemilihan lokasi penimbunan limbah industri kelapa sawit. Artikel ini berfokus untuk mengisi kekosongan tersebut dengan mengimplementasikan sistem pendukung keputusan berbasis TOPSIS guna menentukan lokasi penimbunan limbah kelapa sawit di wilayah Pagar Merbau. Penelitian ini tidak hanya menguji efektivitas metode dalam konteks lingkungan, tetapi juga membangun sistem berbasis web dengan dukungan database MySQL sehingga hasilnya dapat langsung digunakan sebagai alat bantu dalam pengambilan keputusan yang praktis.

3 Metode Penelitian (or Research Method)

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data kriteria dan data alternatif. Kriteria mencakup luas lahan, jumlah tanaman, jenis tanah, umur tanaman, kebutuhan nutrisi, dan kesuburan tanah. Alternatif penelitian adalah sepuluh blok lahan di wilayah Pagar Merbau yang diajukan sebagai kandidat lokasi penimbunan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Tabel 3.1 Data Limbah

No	BLOK	Luas Lahan (Ha)	Jumlah Tanaman	Jenis Tanah	Umur Tanaman	Kebutuhan Nutrisi	Kesuburan Tanah
1.	113	32,93	5.400	Tanah mineral stabil + infrastruktur dasar (paving, dasar tanah padat)	15	168	90
2.	114	32,88	5.345	Ultisol sangat masam, drainase buruk	17	222	83
3.	115	20,76	3.355	Ultisol sangat masam, drainase buruk	16	217	41
4.	116	32,34	5.190	Inceptisol/ Entisol daratan, drainase moderat	6	156	51

5.	117	23,91	3.826	Inceptisol/ Entisol daratan, drainase moderat	9	240	81
6.	118	34,74	5.491	Histosol/gambut jenuh, aluvial sangat jenuh/banjir	11	164	42
7.	119	17,52	2.882	Tanah mineral stabil + infrastruktur dasar (paving, dasar tanah padat)	11	237	83
8.	124	23,37	3.806	Ultisol sangat masam, drainase buruk	3	140	54
9.	125	30,10	5.114	Latosol/Oxisol stabil, drainase baik	12	236	86
10.	126	33,59	5.513	Tanah mineral stabil + infrastruktur dasar (paving, dasar tanah padat)	5	235	54

Tabel 3.2 Kriteria dan Bobot

No	Kriteria	kode	Type	Bobot
1.	Luas Lahan (Ha)	C1	<i>benefit</i>	0,13
2.	Jumlah Tanaman	C2	<i>benefit</i>	0,1
3.	Jenis Tanah	C3	<i>cost</i>	0,17
4.	Umur Tanaman	C4	<i>benefit</i>	0,2
5.	Kebutuhan Nutrisi	C5	<i>benefit</i>	0,25
6.	Kesuburan Tanah	C6	<i>benefit</i>	0,15

Tabel 3.3 Data Alternatif

No	Alternatif	Kode Alternatif
1.	113	A1
2.	114	A2
3.	115	A3
4.	116	A4
5.	117	A5
6.	118	A6
7.	119	A7
8.	124	A8
9.	125	A9
10.	126	A10

Tabel 3.4 Trasformasi Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Nilai
1.	Tanah mineral stabil + infrastruktur dasar (paving, dasar tanah padat)	1

2.	Latosol/Oxisol stabil, drainanse baik	2
3.	Inceptisol/ Entisol daratan, drainase moderat	3
4.	Ultisol sangat masam, drainase buruk	4
5.	Histosol/gambut jenuh, aluvial sangat jenuh/banjir	5

Tabel 3.5 Trasformasi Data Limbah

No	BLOK	Luas Lahan (Ha)	Jumlah Tanaman	Jenis Tanah	Umur Tanaman	Kebutuhan Nutrisi	Kesuburan Tanah
1.	A1	32,93	5.400	1	15	168	90
2.	A2	32,88	5.345	4	17	222	83
3.	A3	20,76	3.355	4	16	217	41
4.	A4	32,34	5.190	3	6	156	51
5.	A5	23,91	3.826	3	9	240	81
6.	A6	34,74	5.491	5	11	164	42
7.	A7	17,52	2.882	1	11	237	83
8.	A8	23,37	3.806	4	3	140	54
9.	A9	30,10	5.114	2	12	236	86
10.	A10	33,59	5.513	1	5	235	54

Tabel 3.6 Kriteria dan Bobot

No	Kriteria	Bobot	Type
1.	Luas Lahan (Ha)	0,13	<i>benefit</i>
2.	Jumlah Tanaman	0,1	<i>benefit</i>
3.	Jenis Tanah	0,17	<i>cost</i>
4.	Umur Tanaman	0,2	<i>benefit</i>
5.	Kebutuhan Nutrisi	0,25	<i>benefit</i>
6.	Kebutuhan Tanah	0,15	<i>benefit</i>
Total		1.00	

Alat utama penelitian berupa perangkat keras komputer/laptop untuk pengolahan data, serta perangkat lunak PHP dan MySQL untuk pengembangan sistem pendukung keputusan. Selain itu, digunakan perangkat lunak bantu seperti Microsoft Excel untuk perhitungan awal dan dokumentasi data. PHP adalah singkatan dari personal home page, yang kini lebih dikenal sebagai PHP (*Hypertext Preprocessor*). PHP merupakan bahasa pemrograman server-side scripting yang dirancang khusus untuk pengembangan web dan dapat disematkan ke dalam HTML. PHP digunakan untuk membuat halaman web dinamis, memproses formulir, mengakses database, membuat sistem manajemen konten, hingga membangun sistem pendukung keputusan (SPK) berbasis web.[10]. MySQL adalah sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) yang bersifat open source, digunakan untuk menyimpan, mengelola, dan mengakses data dalam bentuk tabel. MySQL menggunakan bahasa

Structured Query Language (SQL) sebagai bahasa standar untuk melakukan operasi basis data, seperti menyimpan, mengambil, memperbarui, dan menghapus data.

Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif, karena penelitian berfokus pada analisis data numerik untuk mendukung pengambilan keputusan. Metode yang dipilih adalah TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) sebagai salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria.

Rancangan penelitian dilakukan melalui beberapa tahap: identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data kriteria dan alternatif; (4) transformasi data ke dalam bentuk numerik; (5) penerapan metode TOPSIS; (6) implementasi sistem berbasis web; dan (7) pengujian sistem menggunakan *black box testing*.

Ruang lingkup penelitian difokuskan pada pemilihan lokasi penimbunan limbah padat kelapa sawit di wilayah Pagar Merbau. Objek penelitian adalah blok-blok lahan yang tersedia di wilayah tersebut dan berpotensi dijadikan lokasi penimbunan. Penelitian dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) wilayah Pagar Merbau, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, sebagai lokasi pengumpulan data lapangan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui: (1) observasi langsung ke lapangan untuk menilai kondisi lokasi; (2) wawancara dengan pihak manajemen pabrik dan tenaga ahli untuk memperoleh data kriteria dan bobot; serta (3) dokumentasi dari catatan perusahaan terkait lahan dan kondisi lingkungan.

Definisi operasional variabel penelitian dijelaskan sebagai berikut : Luas Lahan (C1): ukuran area calon lokasi penimbunan (ha), bersifat benefit; Jumlah Tanaman (C2): jumlah tanaman sawit dalam blok lahan, bersifat benefit; Jenis Tanah (C3): kondisi tanah yang ditransformasikan ke skor 1–5 sesuai tingkat kesesuaian, bersifat cost; Umur Tanaman (C4): usia tanaman sawit dalam tahun, bersifat benefit; Kebutuhan Nutrisi (C5): jumlah pupuk/nutrisi yang dibutuhkan, bersifat benefit; Kesuburan Tanah (C6): tingkat kesuburan berdasarkan hasil observasi, bersifat benefit.

Teknik analisis yang digunakan adalah metode *K-Means Clustering*, yaitu membuat normalisasi matriks keputusan, matriks keputusan ternormalisasi terbobot, solusi ideal positif dan negatif solusi ideal positif A+ dan solusi ideal negatif A- dapat ditentukan berdasarkan ranking bobot ternormalisasi (y_{ij}), menghitung Jarak Alternatif terhadap solusi, menentukan nilai preferensi untuk setiap alternatif.

4 Hasil dan Pembahasan (or Results and Analysis)

4.1 Membuat Matriks Keputusan Ternormalisasi

Langkah awal analisis dilakukan dengan menyusun matriks keputusan dan melakukan normalisasi untuk menyetarakan skala antar kriteria. Proses ini menghasilkan nilai proporsional yang dapat dibandingkan secara adil. Normalisasi menunjukkan bahwa beberapa alternatif, khususnya A1 (blok 113), memiliki keunggulan signifikan pada kriteria luas lahan dan jumlah tanaman dibanding alternatif lain.

$$\text{Rumus : } r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

Hasil dari matriks keputusan ternormalisasi

$$R = \begin{bmatrix} 0,3613 & 0,3640 & 0,1010 & 0,4149 & 0,2592 & 0,4120 \\ 0,3607 & 0,3603 & 0,4041 & 0,4702 & 0,3425 & 0,3800 \\ 0,2278 & 0,2262 & 0,4041 & 0,4426 & 0,3348 & 0,1877 \\ 0,3548 & 0,3499 & 0,3030 & 0,1660 & 0,2407 & 0,2335 \\ 0,2623 & 0,2579 & 0,3030 & 0,2489 & 0,3703 & 0,3708 \\ 0,3811 & 0,3702 & 0,5051 & 0,3043 & 0,2530 & 0,1923 \\ 0,1922 & 0,1943 & 0,1010 & 0,3043 & 0,3656 & 0,3800 \\ 0,2564 & 0,2566 & 0,4041 & 0,0830 & 0,2160 & 0,2472 \\ 0,3302 & 0,3447 & 0,2020 & 0,3319 & 0,3641 & 0,3937 \\ 0,3685 & 0,3716 & 0,1010 & 0,1383 & 0,3626 & 0,2472 \end{bmatrix}$$

4.2 Matriks Keputusan Ternormalisasi Terbobot

Selanjutnya dilakukan perhitungan matriks keputusan ternormalisasi terbobot yang diperoleh dari hasil perkalian matriks R dengan bobot preferensi (0,13,0,1 0,17,0,2, 0,25, 0,15) sehingga didapatkan hasil seperti matriks Y berikut ini. Maka hasil dari menghitung matriks ternormalisasi terbobot yaitu: Matriks R Ternormalisasi :

Rumus: $Y_{ij} = w_i \cdot r_{ij}$ W: 0,13 0,1 0,17 0,2 0,25 0,15

$$\begin{bmatrix} 0,3613*0,13 & 0,3640*0,1 & 0,1010*0,17 & 0,4149*0,2 & 0,2592*0,25 & 0,4120*0,15 \\ 0,3607*0,13 & 0,3603*0,1 & 0,4041*0,17 & 0,4702*0,2 & 0,3425*0,25 & 0,3800*0,15 \\ 0,2278*0,13 & 0,2262*0,1 & 0,4041*0,17 & 0,4426*0,2 & 0,3348*0,25 & 0,1877*0,15 \\ 0,3548*0,13 & 0,3499*0,1 & 0,3030*0,17 & 0,1660*0,2 & 0,2407*0,25 & 0,2335*0,15 \\ 0,2623*0,13 & 0,2579*0,1 & 0,3030*0,17 & 0,2489*0,2 & 0,3703*0,25 & 0,3708*0,15 \\ 0,3811*0,13 & 0,3702*0,1 & 0,5051*0,17 & 0,3043*0,2 & 0,2530*0,25 & 0,1923*0,15 \\ 0,1922*0,13 & 0,1943*0,1 & 0,1010*0,17 & 0,3043*0,2 & 0,3656*0,25 & 0,3800*0,15 \\ 0,2564*0,13 & 0,2566*0,1 & 0,4041*0,17 & 0,0830*0,2 & 0,2160*0,25 & 0,2472*0,15 \\ 0,3302*0,13 & 0,3447*0,1 & 0,2020*0,17 & 0,3319*0,2 & 0,3641*0,25 & 0,3937*0,15 \\ 0,3685*0,13 & 0,3716*0,1 & 0,1010*0,17 & 0,1383*0,2 & 0,3626*0,25 & 0,2472*0,15 \end{bmatrix}$$

Hasil dari $Y_{ij} = w_i \cdot r_{ij}$

$$Y = \begin{bmatrix} 0,0469 & 0,0364 & 0,0171 & 0,0829 & 0,0648 & 0,0617 \\ 0,0468 & 0,0360 & 0,0686 & 0,0940 & 0,0856 & 0,0570 \\ 0,0296 & 0,0226 & 0,0686 & 0,0885 & 0,0837 & 0,0281 \\ 0,0461 & 0,0349 & 0,0515 & 0,0332 & 0,0601 & 0,0350 \\ 0,0340 & 0,0257 & 0,0515 & 0,0497 & 0,0925 & 0,0556 \\ 0,0495 & 0,0370 & 0,0858 & 0,0608 & 0,0632 & 0,0288 \\ 0,0249 & 0,0194 & 0,0171 & 0,0608 & 0,0914 & 0,0570 \\ 0,0333 & 0,0256 & 0,0686 & 0,0166 & 0,0540 & 0,0370 \\ 0,0429 & 0,0344 & 0,0343 & 0,0663 & 0,0910 & 0,0590 \\ 0,0479 & 0,0371 & 0,0171 & 0,0276 & 0,0906 & 0,0370 \end{bmatrix}$$

4.3 Penentuan Solusi Ideal Positif (A^+) dan Negatif (A^-)

Pada tahap ini, solusi ideal positif (A^+) dan solusi ideal negatif (A^-) ditentukan berdasarkan hasil normalisasi terbobot. A^+ mewakili nilai terbaik untuk setiap kriteria, sedangkan A^- mewakili nilai terburuk. Langkah ini penting untuk mengukur jarak tiap alternatif dalam menentukan lokasi penimbunan limbah pengolahan kelapa sawit di Pagar Merbau.

Selanjutnya dilakukan pencarian nilai solusi ideal positif dan negatif seperti berikut ini.

$$Y_1^+ \text{ Max} = \{0,0469; 0,0468; 0,0296; 0,0461; 0,0340; 0,0495; 0,0249; 0,0333; 0,0479; 0,479\}$$

$$= 0,0495$$

$$Y_1^- \text{ Min}=\{0,0469; 0,0468; 0,0296; 0,0461; 0,0340; 0,0495; 0,0249; 0,0333; 0,0479; 0,479\}= 0,0249$$

$$Y_2^+ \text{ Max}=\{0,0364; 0,0360; 0,0226; 0,0349; 0,0257; 0,0370; 0,0194; 0,0256; 0,0344; 0,0371\}= 0,0371$$

$$Y_2^- \text{ Min}=\{0,0364; 0,0360; 0,0226; 0,0349; 0,0257; 0,0370; 0,0194; 0,0256; 0,0344; 0,0371\}= 0,0194$$

$$Y_3^- \text{ Min}=\{0,0171; 0,0686; 0,0686; 0,0515; 0,0515; 0,0858; 0,0171; 0,0686; 0,0343; 0,0171\}= 0,0171$$

$$Y_3^+ \text{ Max}=\{0,0171; 0,0686; 0,0686; 0,0515; 0,0515; 0,0858; 0,0171; 0,0686; 0,0343; 0,0171\}= 0,0858$$

$$Y_4^+ \text{ Max}=\{0,0829; 0,0940; 0,0885; 0,0332; 0,0497; 0,0608; 0,0608; 0,0166; 0,0663; 0,0276\}= 0,0940$$

$$Y_4^- \text{ Min}=\{0,0829; 0,0940; 0,0885; 0,0332; 0,0497; 0,0608; 0,0608; 0,0166; 0,0663; 0,0276\}= 0,0166$$

$$Y_5^+ \text{ Max}=\{0,0648; 0,0856; 0,0837; 0,0601; 0,0925; 0,0632; 0,0914; 0,0540; 0,0910; 0,0906\}= 0,0925$$

$$Y_5^- \text{ Min}=\{0,0648; 0,0856; 0,0837; 0,0601; 0,0925; 0,0632; 0,0914; 0,0540; 0,0910; 0,0906\}= 0,0540$$

$$Y_6^+ \text{ Max}=\{0,0617; 0,0570; 0,0281; 0,0350; 0,0556; 0,0288; 0,0570; 0,0370; 0,0590; 0,0370\}= 0,0617$$

$$Y_6^- \text{ Min}=\{0,0617; 0,0570; 0,0281; 0,0350; 0,0556; 0,0288; 0,0570; 0,0370; 0,0590; 0,0370\}= 0,0281$$

$$A^+ \{0,0495, 0,0371, 0,0858, 0,0940, 0,0925, 0,0617\}$$

$$A^- \{0,0249, 0,0194, 0,0171, 0,0166, 0,0540, 0,0281\}$$

4.4 Menghitung Jarak Terhadap Solusi Ideal

Pada tahap ini, dihitung jarak setiap alternatif terhadap solusi ideal positif (A^+) dan solusi ideal negatif (A^-) menggunakan rumus *Euclidean*. Nilai ini menunjukkan seberapa dekat alternatif dengan kondisi terbaik dan terburuk untuk membantu menentukan lokasi penimbunan limbah yang paling layak.

Menghitung jarak antara nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal positif seperti berikut:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_i^+ - Y_{ij})^2}$$

$$D_1^+ = \sqrt{(0,0469 - 0,0495)^2 + (0,0364 - 0,0371)^2 + (0,0171 - 0,0171)^2 + (0,0829 - 0,0940)^2 + (0,0648 - 0,0925)^2 + (0,0617 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,0300$$

$$D_2^+ = \sqrt{(0,0468 - 0,0495)^2 + (0,0360 - 0,0371)^2 + (0,0686 - 0,0171)^2 + (0,0940 - 0,0940)^2 + (0,0856 - 0,0925)^2 + (0,0570 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,0522$$

$$D_3^+ = \sqrt{(0,0296 - 0,0495)^2 + (0,0226 - 0,0371)^2 + (0,0686 - 0,0171)^2 + (0,0885 - 0,0940)^2 + (0,0837 - 0,0925)^2 + (0,0281 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,0671$$

$$D_4^+ = \sqrt{(0,0461 - 0,0495)^2 + (0,0349 - 0,0371)^2 + (0,0515 - 0,0171)^2 + (0,0332 - 0,0940)^2 + (0,0601 - 0,0925)^2 + (0,0350 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,0816$$

$$D_5^+ = \sqrt{(0,0340 - 0,0495)^2 + (0,0257 - 0,0371)^2 + (0,0515 - 0,0171)^2 + (0,0497 - 0,0940)^2 + (0,0925 - 0,0925)^2 + (0,0556 - 0,0617)^2}$$

$$= 0,0595$$

$$D_6^+ = \sqrt{(0,0495 - 0,0495)^2 + (0,0370 - 0,0371)^2 + (0,0858 - 0,0171)^2 + (0,0608 - 0,0940)^2 + (0,0632 - 0,0925)^2 + (0,0288 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,0881$$

$$D_7^+ = \sqrt{(0,0249 - 0,0495)^2 + (0,0194 - 0,0371)^2 + (0,0171 - 0,0171)^2 + (0,0608 - 0,0940)^2 + (0,0914 - 0,0925)^2 + (0,0570 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,0451$$

$$D_8^+ = \sqrt{(0,0333 - 0,0495)^2 + (0,0256 - 0,0371)^2 + (0,0686 - 0,0171)^2 + (0,0166 - 0,0940)^2 + (0,0540 - 0,0925)^2 + (0,0370 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,1055$$

$$D_9^+ = \sqrt{(0,0429 - 0,0495)^2 + (0,0344 - 0,0371)^2 + (0,0343 - 0,0171)^2 + (0,0663 - 0,0940)^2 + (0,0910 - 0,0925)^2 + (0,0590 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,0334$$

$$D_{10}^+ = \sqrt{(0,0479 - 0,0495)^2 + (0,0371 - 0,0371)^2 + (0,0171 - 0,0171)^2 + (0,0276 - 0,0940)^2 + (0,0906 - 0,0925)^2 + (0,0370 - 0,0617)^2}$$
$$= 0,0708$$

Selanjutnya menghitung jarak antara nilai terbobot setiap alternatif terhadap solusi ideal negatif seperti berikut:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_i^- - Y_{ij})^2}$$

$$D_1^- = \sqrt{(0,0469 - 0,0249)^2 + (0,0364 - 0,0194)^2 + (0,0171 - 0,0858)^2 + (0,0829 - 0,0166)^2 + (0,0648 - 0,0540)^2 + (0,0617 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,1055$$

$$D_2^- = \sqrt{(0,0468 - 0,0249)^2 + (0,0360 - 0,0194)^2 + (0,0686 - 0,0858)^2 + (0,0940 - 0,0166)^2 + (0,0856 - 0,0540)^2 + (0,0570 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0942$$

$$D_3^- = \sqrt{(0,0296 - 0,0249)^2 + (0,0226 - 0,0194)^2 + (0,0686 - 0,0858)^2 + (0,0885 - 0,0166)^2 + (0,0837 - 0,0540)^2 + (0,0281 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0798$$

$$D_4^- = \sqrt{(0,0461 - 0,0249)^2 + (0,0349 - 0,0194)^2 + (0,0515 - 0,0858)^2 + (0,0332 - 0,0166)^2 + (0,0601 - 0,0540)^2 + (0,0350 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0472$$

$$D_5^- = \sqrt{(0,0340 - 0,0249)^2 + (0,0257 - 0,0194)^2 + (0,0515 - 0,0858)^2 + (0,0497 - 0,0166)^2 + (0,0925 - 0,0540)^2 + (0,0556 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0681$$

$$D_6^- = \sqrt{(0,0495 - 0,0249)^2 + (0,0370 - 0,0194)^2 + (0,0858 - 0,0858)^2 + (0,0608 - 0,0166)^2 + (0,0632 - 0,0540)^2 + (0,0288 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0543$$

$$D_7^- = \sqrt{(0,0249 - 0,0249)^2 + (0,0194 - 0,0194)^2 + (0,0171 - 0,0858)^2 + (0,0608 - 0,0166)^2 + (0,0914 - 0,0540)^2 + (0,0570 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0943$$

$$D_8^- = \sqrt{(0,0333 - 0,0249)^2 + (0,0256 - 0,0194)^2 + (0,0686 - 0,0858)^2 + (0,0166 - 0,0166)^2 + (0,0540 - 0,0540)^2 + (0,0370 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0219$$

$$D_9^- = \sqrt{(0,0429 - 0,0249)^2 + (0,0344 - 0,0194)^2 + (0,0343 - 0,0858)^2 + (0,0663 - 0,0166)^2 + (0,0910 - 0,0540)^2 + (0,0590 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0894$$

$$D_{10}^- = \sqrt{(0,0479 - 0,0249)^2 + (0,0371 - 0,0194)^2 + (0,0171 - 0,0858)^2 + (0,0276 - 0,0166)^2 + (0,0906 - 0,0540)^2 + (0,0370 - 0,0281)^2}$$
$$= 0,0842$$

4.5 Menghitung Nilai Preferensi (Vi)

Tahap ini dilakukan untuk menentukan peringkat setiap alternatif dengan menghitung nilai preferensi Vi, yaitu rasio antara jarak ke solusi ideal negatif dan total jarak ke solusi ideal positif dan negatif. Nilai ini menjadi dasar dalam menentukan alternatif lokasi penimbunan limbah kelapa sawit yang paling layak dipilih.

Rumus : $v_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$

$$V_1 = \frac{0,1055}{0,1055 + 0,03} = \frac{0,1055}{0,1355} = 0,7786$$

$$V_2 = \frac{0,0942}{0,0942 + 0,0522} = \frac{0,0942}{0,1465} = 0,6431$$

$$V_3 = \frac{0,0798}{0,0798 + 0,0671} = \frac{0,0798}{0,1469} = 0,5434$$

$$V_4 = \frac{0,0472}{0,0472 + 0,0816} = \frac{0,0472}{0,1288} = 0,3664$$

$$V_5 = \frac{0,0681}{0,0681 + 0,0595} = \frac{0,0681}{0,1277} = 0,5338$$

$$V_6 = \frac{0,0543}{0,0543 + 0,0881} = \frac{0,0543}{0,1425} = 0,3816$$

$$V_7 = \frac{0,0943}{0,0943 + 0,0451} = \frac{0,0943}{0,1395} = 0,6762$$

$$V_8 = \frac{0,0219}{0,0219 + 0,1055} = \frac{0,0219}{0,1275} = 0,1722$$

$$V_9 = \frac{0,0894}{0,0894 + 0,0334} = \frac{0,1229}{0,0842} = 0,7277$$

$$V_{10} = \frac{0,0842}{0,0842 + 0,0708} = \frac{0,1551}{0,1551} = 0,5432$$

4.6 Perangkingan

Perkalian pada hasil perhitungan matriks normalisasi dengan bobot kriteria yang ada akan menghasilkan nilai preferensi yang diurutkan dari nilai tertinggi ke nilai terendah, sehingga sistem pendukung keputusan dapat membantu menentukan lokasi penimbunan limbah pengolahan kelapa sawit di Pagar Merbau yang paling layak diprioritaskan berdasarkan metode TOPSIS.

No	Kode Alternatif	Nilai Vi	Rangking	5 esi mp ula n (or Con clus ion)	K
1.	A1	0,7786	1		
2.	A9	0,7277	2		
3.	A7	0,6762	3		
4.	A2	0,6431	4		
5.	A3	0,5434	5		
6.	A10	0,5432	6		
7.	A5	0,5338	7		
8.	A6	0,3816	8		
9.	A4	0,3664	9		
10.	A8	0,1722	10		

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode TOPSIS mampu memberikan hasil yang objektif dalam menentukan lokasi penimbunan limbah dengan mempertimbangkan berbagai kriteria teknis, lingkungan, dan sosial. Kriteria kebutuhan nutrisi dan umur tanaman memiliki pengaruh terbesar, sehingga lahan dengan kondisi tersebut lebih diutamakan untuk keberlanjutan.

Temuan ini sejalan dengan penelitian [4] dan [5] yang membuktikan bahwa TOPSIS dapat menghasilkan keputusan yang lebih tepat dalam kasus pemilihan lokasi wisata. Namun, keunikan penelitian ini terletak pada penerapannya pada kasus lingkungan, khususnya pengelolaan limbah kelapa sawit, yang jarang dikaji dalam penelitian terdahulu. Selain itu, penelitian ini tidak hanya berhenti pada analisis matematis, tetapi juga mengembangkan sistem berbasis web dengan PHP dan MySQL sehingga hasil dapat langsung digunakan oleh perusahaan dalam pengambilan keputusan.

Dari sisi kelebihan, penelitian ini menawarkan kombinasi antara ketepatan metode multikriteria dengan implementasi sistem yang mudah digunakan. Sistem ini memberikan transparansi dalam proses pemilihan lokasi serta mempercepat pengambilan keputusan. Hal ini menjadi keunggulan dibanding penelitian terdahulu yang sebagian besar hanya berfokus pada perhitungan manual tanpa membangun aplikasi pendukung.

Referensi (Reference)

- [1] A. R. N. Fachira, A. Suwayya, K. Gultom, M. Faizah, P. Syahrani, and Z. Aidha, "PEMANFAATAN LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT DI PTPN X," *Zahra: Journal Of Health And Medical Research*, vol. 4, no. 3, pp. 1–23, 2024.
- [2] M. A. Putri, D. Afriwana, S. Hilaliyah Pulungan, and A. Hasibuan, "Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Pupuk Bagi Masyarakat Simandiangan Kab. Labuhanbatu Selatan," *Zahra: Journal of Health and Medical Research*, vol. 3, no. 3, pp. 408–412, 2023.
- [3] K. Gultom, I. Kesehatan, K. Masyarakat, S. Ramadhani, S. Herdinda, and A. Hasibuan, "Analisis Sistem Pengolahan Kelapa Sawit Dan Pemanfaaaatan Limbah Kelapa Sawit Di Pt. Perkebunan Nusantara Iv Unit Dolok Ilir," *Cross-border*, vol. 6, no. 2, pp. 1167–1174, 2023.
- [4] S. Setiawansyah, "Sistem Pendukung Keputusan Rekomendasi Tempat Wisata Menggunakan Metode TOPSIS," *Jurnal Ilmiah Informatika dan Ilmu Komputer (JIMA-ILKOM)*, vol. 1, no. 2, pp. 54–62, Sep. 2022, doi: 10.58602/jima-ilkom.v1i2.8.
- [5] R. Ini, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi Objek Wisata Di Aceh Tengah Menggunakan Metode TOPSIS," *Jurnal Multimedia dan Teknologi Informasi (Jatilima)*, vol. 4, no. 02, pp. 92–97, Nov. 2022, doi: 10.54209/jatilima.v4i02.329.
- [6] L. Junika Adrian *et al.*, "Jurnal JPILKOM (Jurnal Penelitian Ilmu Komputer) Penerapan Metode TOPSIS Dalam Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi Kandang Baru Untuk Ayam Petelur," Online, 2024.
- [7] D. Krismawati and I. Ambarita, *Seminar Nasional Informatika (SENATIKA) Prosiding SENATIKA 2021 Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Jumlah Pinjaman Kepada Calon Nasabah Bumdes Menggunakan Metode Topsis (Studi Kasus Bumdes Gergas Mandiri Kecamatan Wampu)*.
- [8] E. Nurelasari and E. Purwaningsih, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Perumahan Terbaik Dengan Metode TOPSIS," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (Justin)*, vol. 8, no. 4, p. 317, 2020, doi: 10.26418/justin.v8i4.41036.
- [9] S. Doan and S. Hidayat, "Sistem Pendukung Keputusan Untuk Memilih Budidaya Ikan Hias Air Tawar Menggunakan Af-Topsis," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 11, no. 1, 2021, doi: 10.56244/fiki.v11i1.420.
- [10] Rina Noviana, "Pembuatan Aplikasi Penjualan Berbasis Web Monja Store Menggunakan Php Dan Mysql," *Jurnal Teknik dan Science*, vol. 1, no. 2, pp. 112–124, 2022, doi: 10.56127/jts.v1i2.128.