

LAPORAN AKHIR

Pemilihan Lokasi Pabrik Dengan Algoritma MCDM-AHP



Anggota kelompok 8:

Muhammad Zaidan Fiqri	00000060117
Luthfil Razak Putra. S	00000061384
Yosef Fourentino. W	00000055327
Thomas Dito Rigorastio	00000061313

KELAS IF541-A
SEMESTER GASAL 2023-2024

PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA
TANGERANG

2023

BAB 1

PROBLEM DESCRIPTION

Dalam industri manufaktur modern, pemilihan lokasi pabrik merupakan keputusan strategis yang memiliki implikasi jangka panjang bagi keseluruhan operasi perusahaan. Perusahaan manufaktur saat ini menghadapi tantangan dalam menentukan lokasi pabrik baru yang optimal yang mempertimbangkan sejumlah kriteria yang kompleks.

Dalam konteks ini, sebuah perusahaan manufaktur tertarik untuk membuka pabrik baru dan tengah menghadapi dilema dalam memilih lokasi yang paling sesuai. Beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan termasuk biaya tanah, aksesibilitas, biaya tenaga kerja, infrastruktur, dan dampak lingkungan[1].

1. Biaya Tanah: Menyangkut harga dan ketersediaan tanah di setiap lokasi yang dipertimbangkan.
2. Aksesibilitas: Merujuk pada ketersediaan transportasi dan akses terhadap jaringan logistik di sekitar lokasi.
3. Biaya Tenaga Kerja: Memperhitungkan rata-rata biaya tenaga kerja di wilayah yang dipilih.
4. Infrastruktur: Meliputi ketersediaan dan kualitas infrastruktur pendukung seperti listrik, air, dan gas di lokasi tersebut.
5. Dampak Lingkungan: Evaluasi terhadap potensi dampak negatif yang mungkin dihasilkan oleh pabrik terhadap lingkungan sekitar.

Alternatif lokasi yang sedang dipertimbangkan adalah:

1. Lokasi A: Terletak di area industri dengan harga tanah yang rendah.
2. Lokasi B: Memiliki aksesibilitas yang baik, namun biaya tenaga kerja cenderung tinggi.
3. Lokasi C: Menawarkan biaya tanah dan tenaga kerja yang moderat, namun infrastruktur di lokasi ini belum sepenuhnya dikembangkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) sebagai algoritma MCDM (Multi-Criteria Decision Making) guna mendukung proses pengambilan keputusan dalam menentukan lokasi pabrik yang paling optimal[2]. Dengan mempertimbangkan kriteria-kriteria yang telah disebutkan, penelitian ini akan mengidentifikasi lokasi yang paling sesuai dengan kebutuhan dan prioritas perusahaan, serta memberikan rekomendasi yang mendasar untuk pengambilan keputusan terkait pemilihan lokasi pabrik baru.

Tujuan akhir dari penelitian ini adalah memberikan panduan yang jelas dan terukur bagi perusahaan manufaktur dalam memilih lokasi pabrik yang dapat mendukung keberhasilan operasional jangka panjang dan memberikan dampak positif bagi lingkungan sekitar.

Dalam konteks yang begitu dinamis ini, pemilihan lokasi pabrik menjadi landasan utama yang akan memengaruhi berbagai aspek dari operasi perusahaan dan memiliki implikasi jangka panjang yang signifikan[3]. Oleh karena itu, analisis yang cermat dan terperinci dalam pemilihan lokasi pabrik menjadi suatu keharusan bagi perusahaan manufaktur untuk mencapai keberhasilan dan keberlanjutan operasionalnya.



BAB 2

THEORY - ALGORITHM - METHOD

Dalam penelitian ini, metode Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan sebagai algoritma utama untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam pemilihan lokasi pabrik yang optimal. AHP merupakan salah satu algoritma dari Multi-Criteria Decision Making (MCDM) yang memungkinkan pengambil keputusan untuk menyelesaikan masalah pengambilan keputusan yang melibatkan banyak kriteria dengan tingkat kompleksitas yang berbeda.

2.1 Theory

AHP dikembangkan oleh Thomas Saaty sebagai pendekatan matematis untuk membantu dalam mengambil keputusan ketika berhadapan dengan banyak kriteria yang saling terkait. Teori ini memungkinkan penilaian relatif terhadap sejumlah kriteria yang berbeda signifikansi dan bobotnya[1]. Metode MCDM-AHP menggabungkan konsep-konsep dari kedua metode tersebut. MCDM-AHP digunakan untuk menyelesaikan masalah pemilihan terbaik dari beberapa pilihan dengan mempertimbangkan lebih dari satu kriteria[4]. Prosesnya melibatkan langkah-langkah seperti:

1. Pembuatan Hierarki Kriteria: Identifikasi semua kriteria yang relevan dan susun dalam struktur hirarkis, dengan kriteria utama di bagian atas dan kriteria sub di bawahnya.
2. Pengukuran Perbandingan: Lakukan perbandingan pasangan-pasangan kriteria untuk menentukan tingkat kepentingan relatif antara satu kriteria dengan kriteria lainnya. Proses ini dilakukan menggunakan skala penilaian yang dikembangkan oleh Saaty.
3. Perhitungan Bobot Kriteria: Dengan menggunakan matriks perbandingan yang telah dibuat, lakukan perhitungan matematis untuk mendapatkan bobot dari setiap kriteria.

Perankingan Alternatif: Gunakan bobot kriteria yang telah diperoleh untuk mengevaluasi dan meranking alternatif yang ada berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan.

Metode MCDM-AHP sangat berguna dalam situasi di mana keputusan harus dibuat berdasarkan sejumlah kriteria yang berbeda, dan dapat diterapkan dalam berbagai bidang seperti manajemen, teknik, bisnis, dan lainnya[5].

2.2 Algorithm

Langkah-langkah utama dalam penerapan AHP untuk pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Bobot Kriteria:

Melibatkan para pemangku kepentingan dalam memberikan bobot relatif pada setiap kriteria seperti biaya tanah, aksesibilitas, biaya tenaga kerja, infrastruktur, dan dampak lingkungan.

2. Penilaian Alternatif terhadap Kriteria:

Para pemangku kepentingan memberikan nilai relatif untuk setiap lokasi pabrik terhadap setiap kriteria yang telah ditetapkan. Misalnya, memberikan perbandingan antara lokasi A, B, dan C terkait biaya tanah, aksesibilitas, biaya tenaga kerja, infrastruktur, dan dampak lingkungan.

3. Menghitung Skor Relatif dan Konsistensi:

Menggunakan matriks perbandingan untuk menghitung skor relatif dan mengukur konsistensi matriks. Langkah ini bertujuan untuk memastikan konsistensi dan keandalan dari perbandingan yang dilakukan.

4. Menghitung Skor Akhir untuk Setiap Lokasi:

Skor akhir untuk setiap lokasi dihitung dengan mengalikan nilai relatif dari setiap kriteria dengan bobot kriteria yang telah ditentukan, kemudian menjumlahkannya untuk setiap lokasi.

5. Memilih Lokasi Optimal:

Lokasi dengan skor akhir tertinggi dianggap sebagai pilihan terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

Metode ini memberikan kerangka kerja yang sistematis untuk menyelesaikan masalah pemilihan lokasi pabrik dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yang relevan dan memberikan penilaian yang jelas serta terukur terhadap setiap lokasi yang dipertimbangkan[6].

2.3 Method

1. Metode AHP digunakan sebagai pendekatan utama dalam analisis pemilihan lokasi pabrik.
2. Penggunaan matriks perbandingan dan perhitungan skor relatif untuk setiap kriteria dan alternatif lokasi.
3. Normalisasi nilai eigen dan perhitungan konsistensi matriks guna memastikan reliabilitas hasil.

Penelitian ini menerapkan metodologi yang terstruktur dan sistematis dalam menggunakan AHP sebagai alat analisis untuk mendukung pengambilan keputusan dalam konteks pemilihan lokasi pabrik yang optimal.

Dalam Bab selanjutnya, akan dijelaskan lebih rinci tentang aplikasi langkah-langkah ini dalam konteks pemilihan lokasi pabrik untuk mencapai rekomendasi yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan manufaktur.



BAB 3

SOLUTION

Dalam bab ini, kita akan membahas implementasi langkah-langkah metodologi AHP dalam konteks pemilihan lokasi pabrik untuk perusahaan manufaktur. Proses ini mencakup pengumpulan data, normalisasi matriks perbandingan, perhitungan bobot, dan penghitungan skor akhir untuk setiap lokasi.

3.1 Pengumpulan Data

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data terkait dengan kriteria yang telah ditentukan, yaitu biaya tanah, aksesibilitas, biaya tenaga kerja, infrastruktur, dan dampak lingkungan. Data ini dapat diperoleh melalui survei lapangan, wawancara dengan ahli, atau sumber informasi yang relevan.

3.2 Normalisasi Matriks Perbandingan

Setelah data terkumpul, dilakukan perbandingan berpasangan untuk menilai alternatif terhadap setiap kriteria. Matriks perbandingan ini kemudian dinormalisasi untuk menghasilkan matriks nilai kriteria yang mencerminkan preferensi relatif para pemangku kepentingan terhadap setiap kriteria. Dalam Metode Analisis Hirarki Proses (AHP) pada pengambilan keputusan multi-kriteria (MCDM), normalisasi matriks perbandingan dilakukan untuk mendapatkan bobot relatif yang konsisten dan sesuai dengan aturan matematis yang diperlukan[7].

3.3 Perhitungan Bobot

Dengan menggunakan nilai normalisasi, bobot kriteria dapat dihitung dengan mengambil rata-rata kolom matriks nilai kriteria. Bobot ini mencerminkan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria dalam konteks pemilihan lokasi pabrik. Metode AHP menjadi landasan yang kokoh dalam proses pengambilan keputusan multi-kriteria dengan pendekatan sistematis dan terstruktur. Salah satu langkah kunci dalam AHP adalah perhitungan bobot relatif yang menggambarkan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria atau alternatif yang dievaluasi. Proses dimulai dengan pembentukan matriks perbandingan berpasangan, di mana para ahli memberikan penilaian subjektif terhadap seberapa lebih penting satu elemen

dibandingkan dengan yang lain. Langkah berikutnya adalah normalisasi matriks perbandingan untuk memastikan konsistensi matematis, di mana setiap elemen diubah sehingga jumlah setiap kolom menjadi 1. Kemudian, bobot relatif dari setiap elemen dihitung dengan mengambil rata-rata dari nilai setiap baris dari matriks yang sudah dinormalisasi. Hasilnya adalah bobot relatif yang mencerminkan preferensi relatif dari setiap elemen dalam proses pengambilan keputusan[8][9].

3.4 Perhitungan Skor Akhir

Setelah mendapatkan bobot kriteria, perhitungan skor akhir dilakukan untuk setiap lokasi. Skor akhir diperoleh dengan mengalikan nilai relatif dari setiap kriteria dengan bobot kriteria yang bersangkutan, kemudian menjumlahkannya. Lokasi dengan skor akhir tertinggi dianggap sebagai lokasi pabrik yang paling optimal[10].

3.5 Hasil Akhir

Hasil analisis menggunakan metode AHP menunjukkan skor akhir untuk setiap lokasi. Dari hasil tersebut, akan diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai kelayakan dan kecocokan setiap lokasi dengan kebutuhan perusahaan manufaktur. Skor akhir ini merupakan hasil dari perkalian antara bobot relatif kriteria dengan nilai yang diberikan untuk setiap alternatif terkait kriteria tersebut. Dalam proses ini, bobot relatif yang telah dihitung sebelumnya digunakan sebagai faktor pembobot untuk masing-masing kriteria. Setiap nilai dari alternatif terhadap kriteria dikalikan dengan bobot relatif yang bersangkutan, dan hasilnya dijumlahkan untuk mendapatkan skor akhir dari setiap alternatif. Skor ini mencerminkan penilaian komposit dari berbagai kriteria yang telah ditetapkan, memungkinkan perbandingan yang lebih terinci antara alternatif-alternatif yang dievaluasi.

3.6 Kesimpulan Sementara

Proses analisis ini membantu perusahaan dalam membuat keputusan berbasis data dan kriteria yang relevan. Penerapan AHP memberikan kerangka kerja yang sistematis dan terstruktur untuk memahami kompleksitas pemilihan lokasi pabrik dan memberikan rekomendasi yang lebih terukur.

Bab selanjutnya akan menyoroti demonstrasi dan simulasi dari aplikasi AHP dalam konteks pemilihan lokasi pabrik, memberikan gambaran praktis dan memperlihatkan hasil serta rekomendasi yang diperoleh dari proses analisis ini.

BAB 4

DEMO - SIMULATION

Dalam bab ini, akan disajikan demonstrasi dan simulasi dari penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam konteks pemilihan lokasi pabrik untuk perusahaan manufaktur.

4.1 Pengumpulan Data dan Persiapan

Sebelum memulai simulasi, data terkait dengan kriteria yang telah ditentukan, seperti biaya tanah, aksesibilitas, biaya tenaga kerja, infrastruktur, dan dampak lingkungan, telah dikumpulkan dan disiapkan untuk analisis. Data ini mencakup nilai-nilai relatif dari setiap kriteria untuk setiap lokasi yang dipertimbangkan.

Berikut beberapa kriteria yang dipersiapkan:

1. Biaya Tanah: Harga tanah di setiap lokasi yang dipertimbangkan.
2. Aksesibilitas: Ketersediaan transportasi dan akses ke jaringan logistik.
3. Biaya Tenaga Kerja: Rata-rata biaya tenaga kerja di wilayah tersebut.
4. Infrastruktur: Ketersediaan infrastruktur pendukung seperti listrik, air, dan gas.
5. Dampak Lingkungan: Potensi dampak negatif pabrik terhadap lingkungan.

Selain persiapan kriteria kita juga membutuhkan beberapa alternatif lokasi seperti:

1. Lokasi A - Area industri dengan harga tanah rendah.
2. Lokasi B - Aksesibilitas yang baik tetapi biaya tenaga kerja tinggi.
3. Lokasi C - Biaya tanah dan tenaga kerja yang moderat, tetapi infrastruktur belum sepenuhnya dikembangkan.

4.2 Implementasi AHP dalam Pemilihan Lokasi Pabrik

Penerapan AHP dalam simulasi ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan Kriteria bobot

Tabel 4.1. Menentukan Bobot

Kriteria	Bobot
Biaya Tanah	0.1888
Aksesibilitas	0.0417
Biaya Tenaga Kerja	0.2938
Infrastruktur	0.1529
Dampak Lapangan	0.3228

2. Menilai Alternatif Terhadap Kriteria

Perbandingan Kriteria Berpasangan					
Kriteria	Biaya Tanah	Aksesibilitas	Biaya Tenaga Kerja	Infrastruktur	Dampak Lingkungan
Biaya Tanah	1	3	0.2	0.20	3
Aksesibilitas	0.33	1	0.14	0.33	0.33
Biaya Tenaga Kerja	5	7	1	5	0.20
Infrastruktur	5	3	0.20	1	0.20
Dampak Lingkungan	0.33	3	5	5	1
Jumlah	11.6667	17.0000	6.5429	11.5333	4.7333

Gambar 4.1. Perbandingan Kriteria Berpasangan

3. Menghitung Skor Relatif dan Konsistensi

Matriks Nilai Kriteria (Normalisasi Nilai Eigen)							
Kriteria	Biaya Tanah	Aksesibilitas	Biaya Tenaga Kerja	Infrastruktur	Dampak Lingkungan	Jumlah/ Bobot	Priority/ Rata2
Biaya Tanah	0.0857	0.1765	0.0306	0.0173	0.6338	0.9439	0.1888
Aksesibilitas	0.0286	0.0588	0.0218	0.0289	0.0704	0.2086	0.0417
Biaya Tenaga Kerja	0.4286	0.4118	0.1528	0.4335	0.0423	1.4690	0.2938
Infrastruktur	0.4286	0.1765	0.0306	0.0867	0.0423	0.7646	0.1529
Dampak Lingkungan	0.0286	0.1765	0.7642	0.4335	0.2113	1.6140	0.3228
						1.0000	

Gambar 4.2. Matriks Nilai Kriteria (Normalisasi Nilai Eigen)

Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya Tanah			
Biaya Tanah	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C
Lokasi A	1	0.20	0.17
Lokasi B	5	1	3
Lokasi C	6	0.33	1
Jumlah	12.00	1.53	4.17

Gambar 4.3. Perbandingan alternatif kriteria Biaya Tanah

Matriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Biaya Tanah (Normalisasi Nilai Eigen)					
Biaya Tanah	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C	Jumlah/ bobot	Priority/ rata-rata
Lokasi A	0.0833	0.1304	0.0400	0.2538	0.0846
Lokasi B	0.4167	0.6522	0.7200	1.7888	0.5963
Lokasi C	0.5000	0.2174	0.2400	0.9574	0.3191
					1.0000

Gambar 4.4. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Biaya Tanah

Perbandingan Alternatif Kriteria Aksesibilitas			
Aksesibilitas	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C
Lokasi A	1	0.33	0.14
Lokasi B	3	1	5
Lokasi C	7	0.20	1
Jumlah	11.00	1.53	6.14

Gambar 4.5. Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria Aksesibilitas

Matriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Aksesibilitas (Normalisasi Nilai Eigen)					
Aksesibilitas	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C	Jumlah/ bobot	Priority/ rata-rata
Lokasi A	0.0909	0.2174	0.02333	0.3316	0.1105
Lokasi B	0.2727	0.6522	0.8140	1.7389	0.5796
Lokasi C	0.6364	0.3104	0.1628	0.9296	0.3099
					1.0000

Gambar 4.6. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Aksesibilitas

Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya Tenaga Kerja			
Biaya Tenaga Kerja	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C
Lokasi A	1	6	5
Lokasi B	0.17	1	0.14
Lokasi C	0.20	7	1
Jumlah	1.37	14.00	6.14

Gambar 4.7. Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria Biaya Tenaga Kerja

Matriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Biaya Tenaga Kerja (Normalisasi Nilai Eigen)					
Biaya Tenaga Kerja	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C	Jumlah/ bobot	Priority/ rata-rata
Lokasi A	0.7317	0.4286	0.8140	1.9742	0.6381
Lokasi B	0.1220	0.0714	0.0233	0.2166	0.0722
Lokasi C	0.1463	0.5000	0.1628	0.8091	0.2697
					1.0000

Gambar 4.8. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Biaya Tenaga Kerja

Perbandingan Alternatif Kriteria Infrastruktur			
Infrastruktur	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C
Lokasi A	1	0.14	3
Lokasi B	7	1	3
Lokasi C	0.33	0.33	1
Jumlah	8.33	1.48	7.00

Gambar 4.9. Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria Infrastruktur

Matriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Infrastruktur (Normalisasi Nilai Eigen)					
Infrastruktur	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C	Jumlah/ bobot	Priority/ rata-rata
Lokasi A	0.1200	0.0968	0.4286	0.6453	0.2151
Lokasi B	0.8400	0.6774	0.4286	1.9460	0.6487
Lokasi C	0.0400	0.2258	0.1429	0.4087	0.1362

Gambar 4.10. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Infrastruktur.

Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan			
Dampak Lingkungan	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C
Lokasi A	1	7	0.14
Lokasi B	0.14	1	0.11
Lokasi C	7	9.00	1
Jumlah	8.14	17.00	1.25

Gambar 4.11. Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria Dampak Lingkungan

Matriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Dampak Lingkungan (Normalisasi Nilai Eigen)					
Dampak Lingkungan	Lokasi A	Lokasi B	Lokasi C	Jumlah/ bobot	Priority/ rata-rata
Lokasi A	0.1228	0.4118	0.1139	0.6485	0.2162
Lokasi B	0.0175	0.0588	0.0886	0.1650	0.0550
Lokasi C	0.8596	0.5294	0.7975	2.1865	0.7288
					1.0000

Gambar 4.12. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

4.3 Visualisasi Hasil

Hasil dari perhitungan skor akhir untuk setiap lokasi akan divisualisasikan dalam bentuk grafik atau tabel untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas dan terukur. Ini akan membantu para pemangku kepentingan dalam memahami perbandingan antar lokasi dan mempertimbangkan opsi yang terbaik. Berikut hasil dari perhitungan dengan metode MCDM-AHP

Kriteria	Bobot	Prioritas
Biaya Tanah	0.1888	3
Aksesibilitas	0.0417	5
Biaya Tenaga Kerja	0.2938	2
Infrastruktur	0.1529	4
Dampak Lingkungan	0.3228	1

Kriteria	Bobot	Prioritas
Lokasi A	0.3166	2
Lokasi B	0.2749	3
Lokasi C	0.4085	1

4.4 Penyelesaian dengan Python

Selain penyelesaian pada metode MCDM-AHP dengan perhitungan pada microsoft excel, penyelesaian MCDM-AHP juga dapat di selesaikan dengan Python untuk mencari lokasi pabrik. berikut adalah code yang dipakai pada python untuk memecahkan masalah :

1. Perhitungan Matrix Kriteria

```

import numpy as np

def get_numeric_input(prompt):
    while True:
        try:
            value = float(input(prompt))
            return value
        except ValueError:
            print("Masukkan harus berupa angka. Silakan coba lagi.")

def calculate_criteria_comparison_matrix(criteria_weights):
    criteria_count = len(criteria_weights)
    comparison_matrix = np.zeros((criteria_count, criteria_count))

    for i in range(criteria_count):
        for j in range(i + 1, criteria_count):
            comparison_matrix[i, j] = criteria_weights[i] / criteria_weights[j]
            comparison_matrix[j, i] = criteria_weights[j] / criteria_weights[i]

    return comparison_matrix

def calculate_ahp(comparison_matrix):
    # Step 1: Hitung Jumlah Baris Matriks
    row_sums = comparison_matrix.sum(axis=1)

    # Step 2: Normalisasi Matriks
    normalized_matrix = comparison_matrix / row_sums[:, np.newaxis]

    # Step 3: Hitung Vektor Eigen
    eigen_vector = normalized_matrix.mean(axis=1)

    # Step 4: Hitung Nilai Eigen
    eigen_value = eigen_vector.mean()

    # Step 5: Hitung Konsistensi (Optional)
    n = comparison_matrix.shape[0]
    weighted_sum = np.dot(comparison_matrix, eigen_vector)
    lambda_max = np.sum(weighted_sum / eigen_vector) / n
    consistency_index = (lambda_max - n) / (n - 1)
    random_index = {3: 0.58, 4: 0.90, 5: 1.12, 6: 1.24, 7: 1.32, 8: 1.41, 9: 1.45}
    consistency_ratio = consistency_index / random_index[n]

    # Step 6: Hitung Vektor Prioritas Global
    global_priority_vector = eigen_vector / eigen_vector.sum()

    return eigen_value, global_priority_vector, consistency_ratio

def determine_weights(eigen_value, criteria_count):
    weights = np.full(criteria_count, eigen_value ** (1 / criteria_count))
    normalized_weights = weights / sum(weights)
    return normalized_weights

# Menentukan bobot kriteria dari pengguna
criteria_weights = [0.1886, 0.0417, 0.2938, 0.1529, 0.3228]

# Menghitung matriks perbandingan kriteria
comparison_matrix = calculate_criteria_comparison_matrix(criteria_weights)

# Menghitung AHP
eigen_value, global_priority_vector, consistency_ratio = calculate_ahp(comparison_matrix)

# Menampilkan hasil AHP
print("\nMatriks Perbandingan Kriteria:")
print(comparison_matrix)
print("\nHasil Analisis AHP:")
print("Nilai Eigen: {eigen_value}")
print("Vektor Prioritas Global: {global_priority_vector}")
print("Rasio Konsistensi (Optional): {consistency_ratio}")

# Menentukan bobot
weights = determine_weights(eigen_value, len(criteria_weights))

# Menampilkan bobot
print("\nBobot Kriteria:")
print(weights)

Matriks Perbandingan Kriteria:
[[0.         4.52757794 0.64261402 1.23479398 0.58488228]
 [0.22086884 0.         0.14193329 0.27272727 0.12918216]
 [1.53514407 7.04556355 0.         0.21517133 0.91816189]
 [0.80980169 3.66666667 0.52842266 0.         0.47366791]
 [1.70974576 7.74180719 1.6987066 2.11118378 0.         ]]

Hasil Analisis AHP:
Nilai Eigen: 0.2
Vektor Prioritas Global: [0.2 0.2 0.2 0.2 0.2]
Rasio Konsistensi (Optional): 0.5499650574681881

Bobot Kriteria:
[0.2 0.2 0.2 0.2 0.2]

```

Gambar 4.13. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

2. Perhitungan Matrix Normalisasi

```

import numpy as np

# Define the pairwise comparison matrix for the criteria
criteria_comparison_matrix = np.array([
    [1, 3, 0.2, 0.2, 3],
    [1/3, 1, 0.14, 1/3, 1/3],
    [5, 7, 1, 5, 0.2],
    [5, 3, 0.2, 1, 0.2],
    [1/3, 3, 5, 5, 1]
])

# Calculate the normalized matrix
row_sums = criteria_comparison_matrix.sum(axis=1)
normalized_matrix = criteria_comparison_matrix / row_sums[:, np.newaxis]

# Define the weights for the criteria
weights = np.array([0.1888, 0.0417, 0.2938, 0.1529, 0.3228])

# Calculate the weighted normalized matrix
weighted_normalized_matrix = normalized_matrix * weights

# Calculate the alternative scores
alternative_scores = weighted_normalized_matrix.sum(axis=1)

# Display the results
print("\nMatriks Perbandingan Kriteria:")
print(criteria_comparison_matrix)
print("\nMatriks Normalisasi:")
print(normalized_matrix)
print("\nBobot Kriteria:")
print(weights)
print("\nMatriks Normalisasi Terbobot:")
print(weighted_normalized_matrix)
print("\nNilai Alternatif terhadap Kriteria:")
print(alternative_scores)

Matriks Perbandingan Kriteria:
[[1.  3.  0.2  0.2  3. ]
 [0.33333333 1.  0.14 0.33333333 0.33333333]
 [5.  7.  1.  5.  0.2 ]
 [5.  3.  0.2  1.  0.2 ]
 [0.33333333 3.  5.  5.  1. ]]

Matriks Normalisasi:
[[0.13513514 0.40540541 0.02702703 0.02702703 0.40540541]
 [0.15576324 0.46728972 0.06542956 0.15576324 0.15576324]
 [0.27472527 0.38461538 0.05494505 0.27472527 0.01090901]
 [0.53191489 0.31914894 0.0212766 0.10638298 0.0212766 ]
 [0.02325581 0.20930233 0.34863721 0.34863721 0.06976744]]

Bobot Kriteria:
[0.1888 0.0417 0.2938 0.1529 0.3228]

Matriks Normalisasi Terbobot:
[[0.02551351 0.01990541 0.00794054 0.00413243 0.13000406]
 [0.02940801 0.01948508 0.01922956 0.0238162 0.05028937]
 [0.05186813 0.01603846 0.01614286 0.04206549 0.00354725]
 [0.10042553 0.01330851 0.00625106 0.01620596 0.00686009]
 [0.0043907 0.00872791 0.10248837 0.05333721 0.02252093]]

Nilai Alternatif terhadap Kriteria:
[0.18535676 0.14221121 0.1296622 0.14311915 0.19140512]

```

Gambar 4.14. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

3. Perbandingan Alternatif Biaya Tanah


```

import numpy as np

# Define the pairwise comparison matrix for alternative locations based on Biaya Tanah
comparison_matrix_biaya_tanah = np.array([
    [1, 0.2, 0.17],
    [5, 1, 3],
    [6, 0.33, 1]
])

# Calculate the normalized matrix
row_sums_biaya_tanah = comparison_matrix_biaya_tanah.sum(axis=1)
normalized_matrix_biaya_tanah = comparison_matrix_biaya_tanah / row_sums_biaya_tanah[:, np.newaxis]

# Calculate the priority vector
priority_vector_biaya_tanah = normalized_matrix_biaya_tanah.mean(axis=1)

# Display the results
print("\nPerbandingan Alternatif Kriteria Biaya Tanah:")
print(comparison_matrix_biaya_tanah)
print("\nMatriks Normalisasi:")
print(normalized_matrix_biaya_tanah)
print("\nPriority Vector:")
print(priority_vector_biaya_tanah)

Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya Tanah:
[[1.  0.2  0.17]
 [5.  1.  3. ]
 [6.  0.33 1.  ]]

Matriks Normalisasi:
[[0.72992701 0.1459854  0.12408759]
 [0.55555556 0.11111111 0.33333333]
 [0.81855389 0.04502046 0.13642565]]

Priority Vector:
[0.33333333 0.33333333 0.33333333]

```

Gambar 4.15. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

4. Nilai Alternatif Dalam Kriteria Akseibilitas (Normalisasi Nilai Eigen)

```

import numpy as np

# Define the normalized matrix for alternative locations based on Akseibilitas
normalized_matrix_akseibilitas = np.array([
    [0.0909, 0.2174, 0.02333],
    [0.2727, 0.6522, 0.814],
    [0.6364, 0.3104, 0.1628]
])

# Calculate the sum of weights
sum_of_weights_akseibilitas = normalized_matrix_akseibilitas.sum(axis=0)

# Calculate the priority vector
priority_vector_akseibilitas = sum_of_weights_akseibilitas / sum(sum_of_weights_akseibilitas)

# Display the results
print("\nMatriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Akseibilitas (Normalisasi Nilai Eigen):")
print(normalized_matrix_akseibilitas)
print("\nJumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Akseibilitas:")
print(sum_of_weights_akseibilitas)
print("\nPrioritas Vector:")
print(priority_vector_akseibilitas)

Matriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Akseibilitas (Normalisasi Nilai Eigen):
[[0.0909 0.2174 0.02333]
 [0.2727 0.6522 0.814 ]
 [0.6364 0.3104 0.1628 ]]

Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Akseibilitas:
[1.  1.18 1.00013]

Prioritas Vector:
[0.31445255 0.37105401 0.31449343]

```

Gambar 4.16. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

5. Nilai Alternatif Dalam Kriteria Biaya Tenaga Kerja

```

import numpy as np

# Define the normalized matrix for alternative locations based on Biaya Tenaga Kerja
normalized_matrix_biaya_tenaga_kerja = np.array([
    [0.7317, 0.4286, 0.814],
    [0.122, 0.0714, 0.0233],
    [0.1463, 0.5, 0.1628]
])

# Calculate the sum of weights
sum_of_weights_biaya_tenaga_kerja = normalized_matrix_biaya_tenaga_kerja.sum(axis=0)

# Calculate the priority vector
priority_vector_biaya_tenaga_kerja = sum_of_weights_biaya_tenaga_kerja / sum(sum_of_weights_biaya_tenaga_kerja)

# Display the results
print("\nMatriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Biaya Tenaga Kerja (Normalisasi Nilai Eigen):")
print(normalized_matrix_biaya_tenaga_kerja)
print("\nJumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Biaya Tenaga Kerja:")
print(sum_of_weights_biaya_tenaga_kerja)
print("\nPrioritas Vector:")
print(priority_vector_biaya_tenaga_kerja)

Matriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Biaya Tenaga Kerja (Normalisasi Nilai Eigen):
[[0.7317 0.4286 0.814 ]
 [0.122  0.0714 0.0233]
 [0.1463 0.5   0.1628]]

Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Biaya Tenaga Kerja:
[1.  1.  1.0001]

Prioritas Vector:
[0.33332222 0.33332222 0.33335555]

```

Gambar 4.17. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

6. Nilai Alternatif Dalam Kriteria Dampak Lingkungan (Normalisasi Nilai Eigen)

```

import numpy as np

# Define the normalized matrix for alternative locations based on Dampak Lingkungan
normalized_matrix_dampak_lingkungan = np.array([
    [0.1228, 0.4118, 0.1139],
    [0.0175, 0.0588, 0.0886],
    [0.8596, 0.5294, 0.7975]
])

# Calculate the sum of weights
sum_of_weights_dampak_lingkungan = normalized_matrix_dampak_lingkungan.sum(axis=0)

# Calculate the priority vector
priority_vector_dampak_lingkungan = sum_of_weights_dampak_lingkungan / sum(sum_of_weights_dampak_lingkungan)

# Display the results
print("\nMatriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Dampak Lingkungan (Normalisasi Nilai Eigen):")
print(normalized_matrix_dampak_lingkungan)
print("\nJumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan:")
print(sum_of_weights_dampak_lingkungan)
print("\nPrioritas Vector:")
print(priority_vector_dampak_lingkungan)

Matriks Nilai Alternatif Dalam Kriteria Dampak Lingkungan (Normalisasi Nilai Eigen):
[[0.1228 0.4118 0.1139]
 [0.0175 0.0588 0.0886]
 [0.8596 0.5294 0.7975]]

Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan:
[0.9999 1.  1. ]

Prioritas Vector:
[0.33331111 0.33334444 0.33334444]

```

Gambar 4.18. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

7. Perbandingan Alternatif Pada Kriteria Dampak Lingkungan

```

import numpy as np

# Define the pairwise comparison matrix for alternative locations based on Dampak Lingkungan
comparison_matrix_dampak_lingkungan = np.array([
    [1, 7, 0.14],
    [0.14, 1, 0.11],
    [7, 9, 1]
])

# Calculate the normalized matrix
row_sums_dampak_lingkungan = comparison_matrix_dampak_lingkungan.sum(axis=1)
normalized_matrix_dampak_lingkungan = comparison_matrix_dampak_lingkungan / row_sums_dampak_lingkungan[:, np.newaxis]

# Calculate the sum of weights
sum_of_weights_dampak_lingkungan = normalized_matrix_dampak_lingkungan.sum(axis=0)

# Calculate the priority vector
priority_vector_dampak_lingkungan = sum_of_weights_dampak_lingkungan / sum(sum_of_weights_dampak_lingkungan)

# Display the results
print("\nMatriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria Dampak Lingkungan:")
print(comparison_matrix_dampak_lingkungan)
print("\nMatriks Normalisasi:")
print(normalized_matrix_dampak_lingkungan)
print("\nJumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan:")
print(sum_of_weights_dampak_lingkungan)
print("\nPrioritas Vector:")
print(priority_vector_dampak_lingkungan)

Matriks Perbandingan Alternatif Pada Kriteria Dampak Lingkungan:
[[1.  7.  0.14]
 [0.14 1.  0.11]
 [7.  9.  1.  ]]

Matriks Normalisasi:
[[0.12285012 0.85995086 0.01719902]
 [0.112      0.8      0.088      ]
 [0.41176471 0.52941176 0.05882353]]

Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan:
[0.64661483 2.18930262 0.16462255]

Prioritas Vector:
[0.21553828 0.72978754 0.05467418]

```

Gambar 4.19. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

8. Skor Akhir Lokasi

UMN
UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA

```

import numpy as np

# Mendefinisikan bobot dan prioritas untuk setiap kriteria
kriteria_bobot = np.array([0.1888, 0.0417, 0.2938, 0.1529, 0.3228])
kriteria_prioritas = np.array([3, 5, 2, 4, 1])

# Mendefinisikan bobot dan prioritas untuk setiap lokasi
lokasi_bobot = np.array([0.3168, 0.2749, 0.4085])
lokasi_prioritas = np.array([2, 3, 1])

# Fungsi untuk menghitung skor akhir
def hitung_skor_akhir(bobot_kriteria, prioritas_kriteria, bobot_lokasi, prioritas_lokasi):
    skor_lokasi = np.dot(bobot_kriteria, prioritas_kriteria) * np.dot(bobot_lokasi, prioritas_lokasi)
    return skor_lokasi

# Menghitung skor akhir untuk setiap lokasi
skor_lokasi = hitung_skor_akhir(kriteria_bobot, kriteria_prioritas, lokasi_bobot, lokasi_prioritas)

# Menampilkan hasil
print("Skor Akhir untuk Lokasi:", skor_lokasi)

Skor Akhir untuk Lokasi: 4.28693416

import numpy as np

# Mendefinisikan bobot dan prioritas untuk setiap kriteria
kriteria_bobot = np.array([2.198611111, 1.909027778, 2.836895556])
kriteria_prioritas = np.array([2, 3, 1])

# Mendefinisikan bobot dan prioritas untuk setiap lokasi
lokasi_bobot = np.array([2.198611111, 1.909027778, 2.836895556])
lokasi_prioritas = np.array([2, 3, 1])

# Fungsi untuk menghitung skor akhir
def hitung_skor_akhir(bobot_kriteria, prioritas_kriteria, bobot_lokasi, prioritas_lokasi):
    skor_lokasi = np.dot(bobot_kriteria, prioritas_kriteria) * np.dot(bobot_lokasi, prioritas_lokasi)
    return skor_lokasi

# Menghitung skor akhir untuk setiap lokasi
skor_lokasi = hitung_skor_akhir(kriteria_bobot, kriteria_prioritas, lokasi_bobot, lokasi_prioritas)

# Menampilkan hasil
print("Skor Akhir untuk Lokasi:", skor_lokasi)

Skor Akhir untuk Lokasi: 167.99040125760985

```

Gambar 4.20. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

9. Analisis Hasil Simulasi

```

import numpy as np

# Mendefinisikan bobot dan prioritas untuk setiap kriteria
kriteria_bobot = np.array([0.1888, 0.0417, 0.2938, 0.1529, 0.3228])
kriteria_prioritas = np.array([3, 5, 2, 4, 1])

# Mendefinisikan skor akhir untuk setiap lokasi
skor_lokasi_A = 10
skor_lokasi_B = 15
skor_lokasi_C = 8

# Menghitung total skor akhir dari semua lokasi
total_skor_akhir = skor_lokasi_A + skor_lokasi_B + skor_lokasi_C

# Menghitung bobot untuk masing-masing lokasi
bobot_lokasi_A = skor_lokasi_A / total_skor_akhir
bobot_lokasi_B = skor_lokasi_B / total_skor_akhir
bobot_lokasi_C = skor_lokasi_C / total_skor_akhir

# Menampilkan hasil
print("Bobot Lokasi A:", bobot_lokasi_A)
print("Bobot Lokasi B:", bobot_lokasi_B)
print("Bobot Lokasi C:", bobot_lokasi_C)

Bobot Lokasi A: 0.30303030303030304
Bobot Lokasi B: 0.45454545454545453
Bobot Lokasi C: 0.24242424242424243

```

Gambar 4.21. Matriks Normalisasi Dan Jumlah Bobot Pada Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan.

4.5 Analisis Hasil Simulasi

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penentuan lokasi pabrik yang paling optimal untuk dipilih dengan metode AHP yaitu meliputi kriteria Dampak Lingkungan (0.3228), Biaya Tenaga Kerja (0.2938), Biaya Tanah (0.1888), Infrastruktur (0.1529), Aksesibilitas (0.0417). Lokasi C (0.4085), Lokasi a (0.3166), Lokasi B (0.2749). dengan hasil dan pembahasan diatas responden mendahulukan kriteria Dampak Lingkungan, setelah itu melihat dari sisi Biaya Tenaga Kerja.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. F. Aziz, S. Sorooshian, and F. Mahmud, "Mcdm-ahp method in decision makings," *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 11, no. 11, pp. 7217–7220, 2016.
- [2] A. Musthafa, H. Suyono, and M. Sarosa, "Perbandingan kinerja algoritma c. 45 dan ahp-topsis sebagai pendukung keputusan proses seleksi penerima beasiswa," *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)*, vol. 9, no. 2, pp. 117–122, 2015.
- [3] A. RAHARJA, "Analisa strategi corporate pada industri jasa freight forwarding dengan metode mcdm-ahp di pt. dmkg cargo," 2016.
- [4] V. O. Lawalata, J. M. Tupan, and L. Kaihena, "Analisis pemilihan lokasi yang tepat untuk pembuatan cabang baru dari industri jasa pijat nakamura seitai di provinsi maluku dengan menggunakan metode ahp (analytical hierarchy process)," *ARIKA*, vol. 12, no. 1, p. 11–24, Mar. 2018. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.30598/arika.2018.12.1.11>
- [5] D. R. Prehanto, S. Kom, and M. Kom, *Buku Ajar Model Sistem Pendukung Keputusan dengan AHP dan IPMS*. Scopindo Media Pustaka, 2020.
- [6] K. B. Artana, "Pengambilan keputusan kriteria jamak (mcdm) untuk pemilihan lokasi floating storage and regasification unit (fsru): Studi kasus suplai lng dari ladang tangguh ke bali," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 97–111, 2008.
- [7] A. S. R. Sinaga, "Penentuan karyawan lembur dengan metode analytical hierarchy process (ahp)," *Jurnal Inkofar*, vol. 1, no. 2, 2019.
- [8] D. Y. br Ginting, M. Kom, R. br Ginting, M. Kom, D. J. Sembiring, and M. Kom, *Sistem Pendukung Keputusan dengan Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Penerbit Andi, 2020.
- [9] S. Saefudin and S. Wahyuningsih, "Sistem pendukung keputusan untuk penilaian kinerja pegawai menggunakan metode analytical hierarchy process (ahp) pada rsud serang," *JSiI (Jurnal Sistem Informasi)*, vol. 1, 2014.
- [10] R. Arif, "Penentuan lokasi untuk relokasi pabrik kulit wonocolo dengan metode analytical hierarchy process," 1999.