

PEMILIHAN LOKASI LINI PRODUKSI BARU PADA INDUSTRI SEMEN FIBER PT.XYZ MENGGUNAKAN AHP-TOPSIS

SELECTION OF NEW PRODUCTION LINE LOCATION IN PT.XYZ FIBER CEMENT USING AHP-TOPSIS

Nur Laily Haryanti^{1,2*}, Ahmad Arro'uf Sulfuadi¹, Savrina Anggita Kusumawardani², Vina Safira²

*E-mail: n.laily.haryanti@uii.ac.id

¹Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

²Departemen Manajemen Rekayasa, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

Abstrak

Pemilihan lokasi lini produksi baru merupakan keputusan strategis yang kompleks karena melibatkan banyak kriteria yang saling berhubungan, mulai dari regulasi, finansial, hingga teknis-operasional. Penelitian ini bertujuan menentukan lokasi paling optimal untuk ekspansi perusahaan menggunakan pendekatan hibrida *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Metode AHP digunakan untuk menghitung bobot prioritas kriteria berdasarkan penilaian pakar, sedangkan TOPSIS diaplikasikan untuk mengevaluasi alternatif lokasi dengan membandingkan kedekatan relatifnya terhadap solusi ideal positif dan negatif. Hasil AHP menunjukkan bahwa kriteria dominan adalah *Legal Requirement*, *Opportunity for Further Development*, dan *Internal Rate of Return (IRR)*, yang menegaskan bahwa kepatuhan regulasi, prospek ekspansi, serta profitabilitas investasi menjadi pertimbangan utama. Tahap TOPSIS menghasilkan nilai *closeness coefficient* masing-masing alternatif, yaitu Palembang (0,6722), Sidoarjo (0,3870), dan Bekasi (0,2438). Berdasarkan hasil tersebut, Palembang ditetapkan sebagai lokasi paling layak karena menawarkan keseimbangan terbaik antara kepatuhan regulasi, kelayakan finansial, serta peluang pengembangan jangka panjang. Temuan ini memperlihatkan bahwa kombinasi AHP-TOPSIS efektif sebagai alat bantu *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) dan dapat diterapkan secara luas pada studi kelayakan investasi maupun perencanaan lokasi strategis di sektor industri.

Kata kunci: AHP, multi-criteria decision making, pemilihan lokasi, TOPSIS.

Abstract

Selecting a new production line location is a complex strategic decision because it involves many interrelated criteria, ranging from regulatory, financial, to technical-operational. This study aims to determine the most optimal location for company expansion using a hybrid approach of *Analytical Hierarchy Process* (AHP) and *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). The AHP method is used to calculate the priority weights of criteria based on expert judgment, while TOPSIS is applied to evaluate alternative locations by comparing their relative proximity to the positive and negative ideal solutions. The AHP results indicate that the dominant criteria are *Legal Requirements*, *Opportunity for Further Development*, and *Internal Rate of Return (IRR)*, confirming that regulatory compliance, expansion prospects, and investment profitability are the main considerations. The TOPSIS stage produces *closeness coefficient* values for each alternative, namely Palembang (0.6722), Sidoarjo (0.3870), and Bekasi (0.2438). Based on these results, Palembang is determined as the most feasible location because it offers the best balance between regulatory compliance, financial feasibility, and long-term development opportunities. These findings show that the AHP-TOPSIS combination is effective as a *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) tool and

can be widely applied to investment feasibility studies and strategic location planning in the industrial sector.

Keywords: AHP, multi-criteria decision making, location selection, TOPSIS.

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor industri yang diperkirakan akan terus tumbuh pada tahun 2025 akibat peningkatan konsumsi dan tren pertumbuhan bisnis sejak akhir 2024 [1]. Menanggapi hal tersebut, para perusahaan dan pelaku industri perlu mengambil langkah dan sikap yang hati-hati untuk tetap stabil di industri sekaligus berupaya untuk meningkatkan daya saing. Strategi umum yang dilakukan untuk meningkatkan daya saing industri adalah dengan berinvestasi dalam peningkatan kapasitas produksi atau membuka lini produksi baru. Namun, pengambilan keputusan investasi tidaklah sederhana. Keputusan investasi melibatkan alokasi sumber daya yang besar, memenuhi persyaratan regulasi, dan mempertimbangkan dampak jangka panjang terhadap keberlanjutan perusahaan. Oleh karena itu, menganalisis kelayakan investasi sangat penting sebelum memulai sebuah proyek bagi perusahaan [2]. Analisis kelayakan investasi akan meninjau aspek keuangan dengan menggunakan indikator seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period* (PP) [3][4]. Selain itu, pelaksanaan analisis kelayakan investasi juga perlu mempertimbangkan beberapa faktor lain, seperti faktor teknis, operasional, dan juga lingkungan [5][6]. Dengan pelaksanaan studi kelayakan, perusahaan tidak hanya terbantu dalam hal memprediksi keuntungan, tetapi juga berfungsi sebagai cara bagi pemangku kepentingan untuk memahami risiko dan peluang dalam suatu proyek [7][8].

Memilih lokasi produksi baru merupakan salah satu keputusan strategis terpenting dalam melakukan ekspansi bisnis. Lokasi produksi yang tepat dapat mengurangi waktu distribusi, meningkatkan akses ke bahan baku, dan memperluas jangkauan pasar [9]. Selain itu, pilihan lokasi yang tepat juga dapat berdampak secara langsung terhadap penurunan biaya logistik, ketersediaan tenaga kerja, dan peningkatan kepuasan pelanggan [10]. Bagi industri *fiber cement*, yang merupakan bagian dari sektor bahan bangunan dengan permintaan pasar yang terus meningkat, menemukan lokasi baru menjadi hal yang penting untuk dipertimbangkan. PT. XYZ, yang telah beroperasi lebih dari lima puluh tahun, berencana untuk memperluas operasinya guna memenuhi permintaan yang terus meningkat. Namun, proses pengambilan keputusan harus sistematis dan berbasis pada data karena melibatkan banyak faktor, termasuk aspek keuangan, teknis, operasional, dan regulasi.

Metode pengambilan keputusan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) merupakan salah satu metode yang dapat dipertimbangkan dalam hal studi kelayakan, hal tersebut karena MCDM menyediakan kerangka kerja yang relevan untuk mengevaluasi pilihan lokasi dengan mempertimbangkan berbagai faktor dan kriteria secara bersamaan [11][12]. Beberapa studi sebelumnya telah menunjukkan efektivitas MCDM dalam membantu keputusan kompleks di berbagai bidang, termasuk pertimbangan dalam pemilihan supplier [13], penilaian risiko lingkungan [14], dan pengembangan infrastruktur [15]. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) merupakan kombinasi yang sering digunakan dalam implementasi MCDM. Keduanya secara efektif menggabungkan penimbangan kriteria yang konsisten melalui AHP dengan peringkat alternatif berdasarkan seberapa dekat pilihan alternatif dengan solusi ideal yang didapatkan melalui TOPSIS [16]. Kontribusi dari AHP dapat membantu memecah masalah kompleks menjadi hierarki kriteria dan sub-kriteria melalui perbandingan berpasangan. Sementara itu, TOPSIS menilai alternatif yang paling sesuai berdasarkan jaraknya dari solusi ideal positif dan negatif [17]. Kombinasi kedua metode ini telah terbukti menghasilkan keputusan yang lebih objektif, transparan, dan dapat diterima oleh pemangku kepentingan [18].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menggunakan metode AHP-TOPSIS dalam memilih lokasi untuk lini produksi baru di industri *fiber cement* di PT. XYZ. Fokus pada penelitian ini adalah memberikan analisis rinci tentang opsi lokasi yang tersedia dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang terlibat seperti keuangan, teknis dan operasional, serta regulasi. Keunikan studi ini terletak pada aplikasinya pada industri *fiber cement* yang kurang mendapat perhatian pada beberapa penelitian sebelumnya, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi perusahaan sekaligus menambah literatur yang ada tentang strategi rantai pasok dan pengambilan keputusan multi-kriteria. Hasilnya tidak hanya akan mempengaruhi efektivitas strategi ekspansi PT. XYZ tetapi juga menjadi sumber akademik yang berharga untuk penelitian masa depan, terutama dalam strategi rantai pasok dan kepatuhan di bidang studi departemen.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) dengan memadukan dua metode, yaitu *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Pendekatan ini dipilih karena mampu mengakomodasi kompleksitas dalam pemilihan lokasi produksi yang melibatkan berbagai kriteria dengan kepentingan yang berbeda-beda [19][20]. Proses penelitian dimulai dengan penentuan kriteria, diikuti dengan pembobotan melalui perbandingan berpasangan, lalu penilaian alternatif, dan akhirnya dilakukan pengolahan data untuk memperoleh hasil akhir berupa ranking lokasi. Untuk menjaga validitas hasil, penelitian ini melibatkan tiga orang stakeholder dan satu orang pakar independen dari berbagai bidang. Para ahli yang terlibat memiliki pengalaman lebih dari 15 tahun yang mencakup bidang operasi pabrik, pemasaran, sumber daya manusia, serta aspek komersial dan riset. Keberagaman latar belakang tersebut dapat memberikan perspektif yang lebih komprehensif sehingga keputusan yang dihasilkan tidak hanya berfokus pada satu dimensi, melainkan mencakup seluruh aspek strategis perusahaan.

2.1 *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Metode AHP merupakan metode yang digunakan untuk menentukan bobot relatif dari kriteria yang telah ditetapkan [21]. AHP bekerja dengan cara menyusun perbandingan berpasangan antar kriteria, di mana para responden diminta menilai tingkat kepentingan relatif setiap kriteria. Penilaian tersebut kemudian disusun dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan. Dari matriks ini, dihitung nilai *eigenvector* yang mencerminkan bobot setiap kriteria. Tahapan penting dalam AHP adalah uji konsistensi melalui *Consistency Ratio* (CR). Hanya matriks dengan $CR \leq 0,1$ yang dapat diterima, karena hal ini menunjukkan bahwa penilaian responden konsisten secara logis. Dengan demikian, bobot kriteria yang dihasilkan tidak hanya valid secara matematis, tetapi juga dapat dipertanggungjawabkan dari sisi konsistensi keputusan. Hasil dari proses AHP adalah seperangkat bobot kriteria yang akan digunakan sebagai input pada tahap TOPSIS.

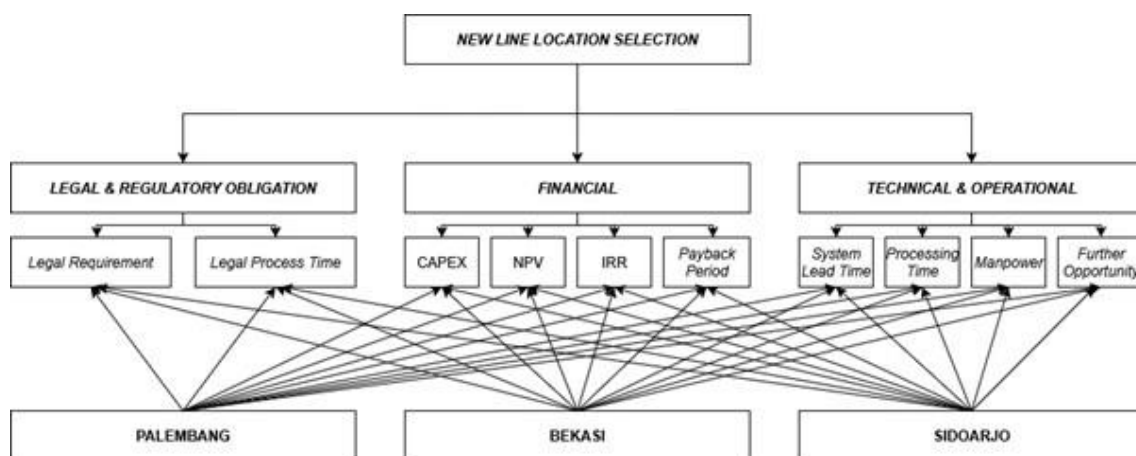
2.2 *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)

Setelah bobot kriteria diperoleh dari AHP, tahap berikutnya adalah menggunakan metode TOPSIS untuk mengevaluasi dan mengurutkan alternatif lokasi. TOPSIS bekerja berdasarkan prinsip bahwa alternatif terbaik adalah yang paling dekat dengan solusi ideal positif dan paling jauh dari solusi ideal negatif [22]. Langkah-langkah TOPSIS dimulai pada normalisasi matriks keputusan agar setiap kriteria dapat dibandingkan dalam skala yang sama, langkah berikutnya adalah melakukan pembobotan matriks hasil normalisasi dengan bobot kriteria dari AHP, selanjutnya adalah melakukan identifikasi solusi ideal positif (nilai terbaik

untuk setiap kriteria) dan solusi ideal negatif (nilai terburuk), kemudian melakukan perhitungan jarak *Euclidean* setiap alternatif terhadap solusi ideal positif (D^+) dan negatif (D^-), dan melakukan perhitungan nilai *closeness coefficient*. Alternatif dengan nilai CC tertinggi dianggap sebagai pilihan terbaik. Dengan metode ini, penilaian terhadap alternatif menjadi lebih obyektif karena mempertimbangkan baik kedekatan terhadap kondisi ideal maupun jarak dari kondisi yang tidak diinginkan.

3.4 2.3 *Hierarchy Tree Structure*

Dalam penelitian ini, kriteria dan sub-kriteria disusun dalam bentuk *hierarchy tree* untuk memberikan representasi visual dan sistematis dari proses pengambilan keputusan. Struktur hierarki dimulai dari tujuan utama, yaitu pemilihan lokasi lini produksi baru, yang kemudian diturunkan ke dalam tiga kriteria utama, yaitu aspek legal dan regulasi, aspek finansial, dan aspek teknis-operasional.



Gambar 1. *Hierarchy Tree Structure*

Masing-masing kriteria utama memiliki sub-kriteria. Aspek legal dan regulasi mencakup persyaratan hukum dan durasi proses perizinan. Aspek finansial mencakup CAPEX, NPV, IRR, serta *Payback Period*. Sementara itu, aspek teknis-operasional mencakup *lead time* sistem, waktu proses, jumlah kebutuhan tenaga kerja, dan peluang pengembangan lebih lanjut. Melalui struktur hierarki ini, proses analisis dapat dilakukan secara lebih terarah, transparan, dan memudahkan dalam menghubungkan kriteria dengan tujuan penelitian.

2.4 *Alternative Options*

Alternatif lokasi yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah Palembang, Bekasi, dan Sidoarjo. Pemilihan ketiga lokasi ini didasarkan pada pertimbangan awal dari manajemen PT. XYZ, yang melihat ketiganya sebagai opsi potensial untuk mendukung ekspansi bisnis. Masing-masing lokasi memiliki karakteristik yang berbeda. Palembang menawarkan potensi pengembangan lebih lanjut namun memerlukan proses legal yang relatif panjang. Bekasi memiliki keunggulan dalam hal infrastruktur dan kedekatan dengan pasar, namun peluang pengembangannya terbatas. Sementara Sidoarjo memiliki keseimbangan antara aspek legal, finansial, dan teknis, meski efisiensinya tidak sebaik lokasi lain.

Tabel 1. *Alternative Options*

Deskripsi		Palembang	Bekasi	Sidoarjo
<i>Legal & Regulatory Obligation</i>	<i>Legal Requirement (Qty)</i>	11	2	2
	<i>Legal Process Time (Tahun/Bulan)</i>	11 Tahun	3 Tahun, 6 Bulan	5 Tahun, 6 Bulan
<i>Financial</i>	CAPEX (Juta Rupiah)	414.865	290.514	290.015
	NPV (Juta Rupiah)	9.188	49.914	30.206
	IRR (%)	13,6%	16,65%	15,32%
	<i>Payback Period (Tahun/Bulan)</i>	8 Tahun, 5 Bulan	6 Tahun, 7 Bulan	7 Tahun, 6 Bulan
<i>Technical & Operational</i>	<i>System Lead Time (Bulan/Hari/Jam)</i>	5 Bulan 3 Hari 16 Jam	6 Bulan 6 Hari 16 Jam	6 Bulan 13 Hari 16 Jam
	<i>Processing Time (Hari/Jam)</i>	12 Hari 1 Jam	12 Hari 4 Jam	12 Hari 4 Jam
	<i>Manpower (Qty)</i>	114 Orang	60 Orang	66 Orang
	<i>Opportunity for further development (Ya/Tidak)</i>	Ya	Tidak	Tidak

Dengan demikian, penelitian ini akan mengintegrasikan penilaian berbasis AHP-TOPSIS untuk menentukan lokasi paling optimal di antara ketiga alternatif tersebut, dengan mempertimbangkan bobot kriteria dan preferensi pemangku kepentingan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Skor Variabel (AHP)

Dalam metode AHP, proses penentuan bobot kriteria dilakukan melalui penyusunan *pairwise comparison matrix*. Matriks ini digunakan untuk memberikan bobot relatif antar kriteria maupun antar alternatif dengan cara membandingkan seberapa penting suatu kriteria terhadap kriteria lainnya dalam memenuhi tujuan penelitian. Dengan demikian, semakin besar bobot yang diperoleh, semakin tinggi pula tingkat kepentingan kriteria tersebut dalam memilih lokasi lini produksi baru. Proses perbandingan berpasangan tersebut kemudian menghasilkan bobot yang berbeda-beda sesuai dengan penilaian masing-masing *assessor*. Hal ini dikarenakan latar belakang keempat *assessor* yang berbeda-beda, mulai dari akademisi, praktisi operasi pabrik, sumber daya manusia, hingga komersial, sehingga preferensi yang diberikan dari masing-masing *assessor* pun akan bervariasi. Adapun hasil lengkap pembobotan kriteria dari keempat *assessor* ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 2. Skor Variabel (AHP)

		<i>Assessor 1</i>								
<i>Criteria</i>	<i>Legal & Regulatory Obligation</i>	<i>Financial</i>				<i>Technical & Operational</i>				
<i>Sub-Criteria</i>	<i>Legal Requirement</i>	<i>Legal Process Time</i>	<i>CAPEX</i>	<i>NPV</i>	<i>IRR</i>	<i>PP</i>	<i>P. Time</i>	<i>Man Power</i>	<i>Further Opportunity</i>	<i>Lead Time</i>

Weight	0.3214	0.1071	0.2038	0.117	0.067	0.039	0.022	0.039	0.0679	0.013
				7	9	2	6	2		1
Palemban	0.7471	0.7531	0.7778	0.685	0.685	0.700	0.333	0.658	0.0909	0.318
g				4	4	7	3	6		9
Bekasi	0.1194	0.0629	0.1111	0.080	0.080	0.097	0.333	0.156	0.4545	0.460
				2	2	2	3	2		0
Sidoarjo	0.1136	0.1840	0.1111	0.234	0.234	0.202	0.333	0.185	0.4545	0.221
				4	4	1	3	2		1

Assessor 2										
Criteria	Legal & Regulatory Obligation			Financial			Technical & Operational			
Sub-Criteria	Legal Requirement	Legal Process Time	CAPE X	NPV	IRR	PP	P. Time	Man Power	Further Opportunity	Lead Time
Weight	0.0117	0.0586	0.0249	0.064	0.193	0.389	0.026	0.021	0.1644	0.045
				5	9	1	6	1		2
Palemban	0.0972	0.0972	0.0972	0.779	0.279	0.551	0.785	0.454	0.8182	0.785
g				2	0	9	4	5		4
Bekasi	0.7007	0.7007	0.7007	0.059	0.649	0.351	0.148	0.454	0.0909	0.148
				9	1	9	8	5		8
Sidoarjo	0.2021	0.2021	0.2021	0.161	0.071	0.096	0.065	0.090	0.0909	0.065
				0	9	2	8	9		8

Assessor 3										
Criteria	Legal & Regulatory Obligation			Financial			Technical & Operational			
Sub-Criteria	Legal Requirement	Legal Process Time	CAPE X	NPV	IRR	PP	P. Time	Man Power	Further Opportunity	Lead Time
Weight	0.1658	0.0553	0.0281	0.140	0.184	0.106	0.039	0.052	0.1974	0.030
				4	8	7	5	0		0
Palemban	0.1350	0.2000	0.0972	0.092	0.135	0.135	0.751	0.104	0.8182	0.700
g				7	0	0	4	7		7
Bekasi	0.5842	0.6000	0.7007	0.700	0.584	0.584	0.178	0.637	0.0909	0.202
				7	2	2	2	0		1
Sidoarjo	0.2808	0.2000	0.2021	0.202	0.280	0.280	0.070	0.258	0.0909	0.097
				1	8	8	4	3		2

Assessor 4										
Criteria	Legal & Regulatory Obligation			Financial			Technical & Operational			
Sub-Criteria	Legal Requirement	Legal Process Time	CAPE X	NPV	IRR	PP	P. Time	Man Power	Further Opportunity	Lead Time
Weight	0.4005	0.0801	0.2420	0.083	0.055	0.024	0.010	0.020	0.0763	0.006
				8	0	6	7	6		4
Palemban	0.6586	0.7640	0.6370	0.790	0.650	0.318	0.766	0.551	0.8182	0.735
g				3	6	9	2	9		2
Bekasi	0.1852	0.0871	0.2583	0.072	0.126	0.221	0.075	0.096	0.0909	0.058
				0	8	1	9	2		1
Sidoarjo	0.1562	0.1489	0.1047	0.137	0.222	0.460	0.157	0.351	0.0909	0.206
				7	5	0	9	9		7

Berdasarkan hasil pada tabel di atas, diketahui bahwa terdapat adanya variasi penekanan kriteria dari setiap *assessor* sesuai dengan bidang keahliannya. *Assessor 1* menempatkan *Legal Requirement* sebagai kriteria dengan bobot tertinggi (0,3214) yang menegaskan pentingnya kepatuhan terhadap regulasi dalam pengambilan keputusan lokasi. Di sisi lain, *Assessor 2* memberikan bobot terbesar pada *Payback Period* (0,3891) dan *IRR* (0,1939) yang menunjukkan bahwa aspek finansial, khususnya terkait tingkat pengembalian modal, dipandang sebagai faktor paling kritis. Sementara itu, *Assessor 3* lebih menekankan pada *Opportunity for Further*

Development (0,1974) dan *IRR* (0,1848) yang menggambarkan orientasi pada prospek jangka panjang dan keberlanjutan investasi. Adapun *Assessor 4* kembali memperkuat pentingnya regulasi dengan memberikan bobot sangat tinggi pada *Legal Requirement* (0,4005) serta *CAPEX* (0,2420), sehingga menyoroti sisi kepatuhan hukum sekaligus kesiapan modal awal. Jika ditinjau secara keseluruhan, meskipun terdapat perbedaan penekanan antar *assessor*, terdapat pola yang konsisten dapat diidentifikasi. Aspek *Legal Requirement* dan *Financial* (khususnya *CAPEX*, *IRR*, dan *Payback Period*) muncul sebagai kriteria yang paling dominan, sementara kriteria pada aspek *Technical & Operational* seperti *Processing Time*, *Manpower*, dan *System Lead Time* cenderung memperoleh bobot yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa dalam konteks penentuan lokasi pabrik semen fiber, keputusan strategis lebih banyak dipengaruhi oleh faktor kepatuhan regulasi dan kelayakan finansial dibandingkan faktor teknis operasional.

3.2 Analisis TOPSIS

Setelah bobot kriteria diperoleh melalui AHP, tahap berikutnya adalah melakukan evaluasi alternatif menggunakan metode TOPSIS. Metode ini dipilih karena mampu mengubah penilaian kualitatif para *stakeholder* dan pakar yang diperoleh dari *pairwise comparison matrix* menjadi nilai kuantitatif yang dapat dibandingkan secara objektif. Dengan memanfaatkan bobot hasil AHP, TOPSIS membangun sebuah *decision matrix* yang menampilkan nilai preferensi tiap alternatif terhadap setiap kriteria, kemudian menghitung kedekatan relatif alternatif tersebut terhadap solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Pendekatan hibrida AHP–TOPSIS juga dianggap lebih andal karena dapat menggabungkan keunggulan AHP dalam menentukan bobot prioritas kriteria dengan kemampuan TOPSIS dalam menghasilkan peringkat alternatif yang objektif. Oleh karena itu, hasil AHP dapat digunakan sebagai dasar pembobotan dalam matriks keputusan TOPSIS, sehingga proses perankingan lokasi dapat dilakukan secara terstruktur dan transparan.

Tabel 3. GEOMEAN

<i>Code</i>	<i>Criteria</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>	<i>GEOMEAN</i>	<i>Rank</i>
<i>C1</i>	<i>Legal Requirement</i>	0.3214	0.0117	0.1658	0.4005	0.1258	1
<i>C2</i>	<i>Legal Process Time</i>	0.1071	0.0586	0.0553	0.0801	0.0726	7
<i>C3</i>	<i>CAPEX</i>	0.2038	0.0249	0.0281	0.2420	0.0766	6
<i>C4</i>	<i>NPV</i>	0.1177	0.0645	0.1404	0.0838	0.0972	4
<i>C5</i>	<i>IRR</i>	0.0679	0.1939	0.1848	0.0550	0.1076	3
<i>C6</i>	<i>Payback Period</i>	0.0392	0.3891	0.1067	0.0246	0.0795	5
<i>C7</i>	<i>Processing Time</i>	0.0226	0.0226	0.0395	0.0107	0.0224	9
<i>C8</i>	<i>Manpower</i>	0.0392	0.0211	0.0520	0.0206	0.0307	8
<i>C9</i>	<i>Opportunity for Further Development</i>	0.0679	0.1644	0.1974	0.0763	0.1139	2
<i>C10</i>	<i>System Lead Time</i>	0.0131	0.0452	0.0300	0.0064	0.0184	10

Tabel di atas menyajikan hasil pembobotan kriteria yang diperoleh dari empat *assessor* melalui perbandingan berpasangan AHP. Terlihat bahwa setiap *assessor* memiliki fokus berbeda dalam menilai pentingnya kriteria. Misalnya, *Assessor 1* memberikan bobot tinggi pada *Legal Requirement* (0,3214) dan *CAPEX* (0,2038), yang menunjukkan penekanan pada aspek regulasi dan investasi awal. Sebaliknya, *Assessor 2* lebih menitikberatkan pada *Payback Period* (0,3891) dan *IRR* (0,1939), yang menandakan orientasi kuat pada kelayakan finansial dan efisiensi modal. *Assessor 3* menempatkan *Opportunity for Further Development* (0,1974) dan *IRR* (0,1848) sebagai prioritas utama, mencerminkan pandangan jangka panjang mengenai peluang ekspansi. Sementara itu, *Assessor 4* kembali menegaskan pentingnya faktor regulasi dengan memberikan bobot tertinggi pada *Legal Requirement* (0,4005) dan *CAPEX* (0,2420), yang

memperlihatkan perhatian terhadap kepatuhan hukum sekaligus kesiapan pendanaan awal. Meskipun terdapat perbedaan antar assessor, hasil agregasi menggunakan nilai rata-rata geometrik menghasilkan bobot final yang dapat dijadikan dasar perhitungan pada metode TOPSIS. Dari hasil tersebut, *Legal Requirement* (0,1258) muncul sebagai kriteria dengan bobot tertinggi, diikuti oleh *Opportunity for Further Development* (0,1139) dan *IRR* (0,1076). Ketiga kriteria ini memperlihatkan bahwa dalam pemilihan lokasi, aspek regulasi, prospek pengembangan, dan keberlanjutan finansial menjadi prioritas utama. Sementara itu, kriteria yang terkait dengan faktor operasional seperti *System Lead Time* (0,0184), *Processing Time* (0,0224), dan *Manpower* (0,0307) cenderung mendapat bobot lebih rendah, sehingga meskipun faktor tersebut penting, namun tidak menjadi faktor penentu utama. Hasil pembobotan kriteria ini juga dapat menjadi dasar pembentukan *decision matrix* pada tahap TOPSIS. Bobot yang diperoleh dari AHP digunakan untuk memberikan penekanan relatif pada setiap kriteria ketika menilai alternatif lokasi. Dengan demikian, proses berikutnya akan menyajikan *decision matrix* yang berisi penilaian ketiga alternatif lokasi terhadap seluruh kriteria, yang kemudian akan dinormalisasi, dibobotkan, dan diolah lebih lanjut hingga menghasilkan peringkat akhir lokasi yang paling layak untuk dipilih.

Tabel 4. *Decision Matrix*

<i>Sub-Criteri</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>	<i>C8</i>	<i>C9</i>	<i>C10</i>
<i>a</i>										
<i>Weight</i>	0.125	0.072	0.076	0.097	0.107	0.079	0.022	0.030	0.113	0.018
	8	6	6	2	6	5	4	7	9	4
Palembang	0.283	0.325	0.261	0.450	0.360	0.359	0.623	0.362	0.472	0.599
	4	2	5	0	0	2	1	7	4	3
Bekasi	0.308	0.219	0.344	0.124	0.249	0.257	0.160	0.256	0.135	0.168
	4	1	5	7	2	8	9	8	9	4
Sidoarjo	0.185	0.182	0.147	0.180	0.180	0.223	0.125	0.197	0.135	0.130
	5	4	7	0	2	8	0	8	9	7
$\sqrt{(\sum x^2)}$	0.475	0.439	0.463	0.510	0.486	0.502	0.656	0.487	0.523	0.636
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel di atas menampilkan *decision matrix* yang disusun berdasarkan bobot kriteria hasil AHP dan nilai preferensi dari masing-masing alternatif lokasi. Bobot kriteria merepresentasikan tingkat kepentingan relatif dari setiap kriteria, di mana nilai tersebut telah diperoleh melalui proses agregasi pada tahap sebelumnya. Sebagai contoh, kriteria *Legal Requirement* (C1) memiliki bobot 0,1258, sedangkan *Opportunity for Further Development* (C9) memiliki bobot 0,1139 yang menandakan bahwa kedua faktor tersebut termasuk faktor yang paling dominan dalam memengaruhi keputusan. Sementara itu, kriteria seperti *Processing Time* (C7) dan *System Lead Time* (C10) memperoleh bobot yang lebih kecil, sehingga kontribusinya dalam penilaian alternatif relatif lebih rendah. Nilai yang tercantum pada baris alternatif yang terdiri dari Palembang, Bekasi, dan Sidoarjo, menunjukkan performa masing-masing lokasi terhadap setiap kriteria. Misalnya, Palembang memperoleh skor tinggi pada *Net Present Value* (0,4500) dan *Opportunity for Further Development* (0,4724), yang menunjukkan kekuatan finansial sekaligus potensi jangka panjang. Bekasi relatif unggul pada *CAPEX* (0,3445), tetapi lemah pada *Processing Time* (0,1609). Sementara Sidoarjo cenderung memiliki nilai moderat di berbagai kriteria, seperti pada *IRR* (0,1802) dan *Manpower* (0,1978). Perbedaan nilai tersebut menunjukkan adanya *trade-off* antar lokasi, di mana Palembang lebih kuat dalam aspek strategis jangka panjang, Bekasi menonjol pada investasi awal, sedangkan Sidoarjo relatif stabil namun kurang menonjol.

Selain itu, baris terakhir tabel menunjukkan nilai akar jumlah kuadrat $\sqrt{(\sum x^2)}$ untuk setiap kriteria. Nilai ini digunakan pada tahap normalisasi untuk menyamakan skala antar kriteria, sehingga perbedaan unit pengukuran (misalnya biaya, waktu, atau tingkat pengembalian) tidak memengaruhi hasil akhir secara bias. Dengan demikian, *decision matrix* ini merupakan fondasi awal dalam metode TOPSIS sebelum dilakukan normalisasi. Tahap berikutnya adalah membentuk *normalized decision matrix*. Normalisasi diperlukan agar semua nilai alternatif berada dalam satu skala yang seragam, sehingga dapat dibandingkan secara adil tanpa dipengaruhi oleh besaran atau satuan asli dari masing-masing kriteria. Proses normalisasi ini juga memastikan bahwa kontribusi setiap kriteria terhadap alternatif benar-benar proporsional terhadap bobot yang telah ditetapkan pada tahap AHP.

Tabel 5. *Normalized Decision Matrix*

<i>Sub-Criteria</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>	<i>C8</i>	<i>C9</i>	<i>C10</i>
<i>Weight</i>	0.265	0.153	0.161	0.205	0.226	0.167	0.047	0.065	0.240	0.039
Palembang	0.597	0.742	0.564	0.883	0.741	0.716	0.950	0.744	0.904	0.942
Bekasi	0.649	0.500	0.743	0.245	0.513	0.514	0.245	0.527	0.260	0.265
Sidoarjo	0.390	0.416	0.319	0.353	0.371	0.446	0.191	0.406	0.260	0.205

Tabel di atas menunjukkan hasil proses normalisasi matriks keputusan pada metode TOPSIS. Normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala dari setiap kriteria agar nilai yang berbeda-beda satuan, seperti biaya, waktu, maupun tingkat pengembalian, dapat dibandingkan secara setara. Proses ini menggunakan rumus normalisasi vektor, di mana setiap nilai kriteria dari alternatif dibagi dengan akar jumlah kuadrat dari seluruh alternatif pada kriteria tersebut. Dengan demikian, nilai yang diperoleh bersifat relatif terhadap keseluruhan alternatif, sehingga perbandingan yang dihasilkan lebih objektif. Hasil normalisasi memperlihatkan perbedaan kekuatan antar lokasi. Palembang memiliki nilai normalisasi yang tinggi pada beberapa kriteria utama, seperti *Net Present Value* (0,883), *Opportunity for Further Development* (0,904), dan *System Lead Time* (0,942), yang menunjukkan keunggulannya dalam aspek finansial dan prospek pengembangan jangka panjang. Bekasi terlihat lebih unggul pada *CAPEX* (0,743), yang menandakan efisiensi dalam kebutuhan investasi awal, meskipun nilai pada kriteria lain relatif lebih rendah. Sementara itu, Sidoarjo memperoleh nilai moderat pada hampir semua kriteria, misalnya pada *Legal Requirement* (0,390) dan *Processing Time* (0,191), sehingga posisinya cenderung stabil namun tidak menonjol dibandingkan dua alternatif lainnya.

Baris bobot (*weight*) pada tabel juga menunjukkan proporsi kontribusi tiap kriteria setelah dinormalisasi. Sebagai contoh, *Internal Rate of Return* dan *Net Present Value* memperoleh bobot relatif lebih besar yaitu 0,226 dan 0,205 yang menegaskan bahwa aspek profitabilitas menjadi fokus utama dalam proses pengambilan keputusan. Sebaliknya, kriteria *Processing Time* (0,047) dan *System Lead Time* (0,039) memiliki bobot paling rendah, hal tersebut menunjukkan bahwa faktor operasional meskipun penting, namun tidak menjadi prioritas utama. Tahap berikutnya adalah membentuk *Weighted Normalized Decision Matrix*. Pada tahap ini, setiap nilai normalisasi alternatif akan dikalikan dengan bobot kriteria yang telah diperoleh dari AHP. Proses pembobotan ini akan memberikan penekanan sesuai tingkat kepentingan kriteria, sehingga kriteria yang lebih dominan akan memberikan pengaruh lebih besar terhadap hasil evaluasi alternatif.

Tabel 6. *Weighted Normalized Decision Matrix*

<i>Sub-Criteria</i>	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>	<i>C8</i>	<i>C9</i>	<i>C10</i>
<i>Cost/Benefit</i>	<i>Min</i>	<i>Min</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Min</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>
Palembang	0.597	0.742	0.564	0.883	0.741	0.716	0.950	0.744	0.904	0.942
Bekasi	0.649	0.500	0.743	0.245	0.513	0.514	0.245	0.527	0.260	0.265
Sidoarjo	0.390	0.416	0.319	0.353	0.371	0.446	0.191	0.406	0.260	0.205
<i>Ideal (v⁺)</i>	<i>0.100</i>	<i>0.060</i>	<i>0.050</i>	<i>0.180</i>	<i>0.170</i>	<i>0.070</i>	<i>0.010</i>	<i>0.030</i>	<i>0.220</i>	<i>0.010</i>
<i>Ideal Negative (v⁻)</i>	<i>0.170</i>	<i>0.110</i>	<i>0.120</i>	<i>0.050</i>	<i>0.080</i>	<i>0.120</i>	<i>0.040</i>	<i>0.050</i>	<i>0.060</i>	<i>0.040</i>

Tabel di atas menunjukkan hasil *Weighted Normalized Decision Matrix*, yaitu matriks keputusan yang telah melalui tahap normalisasi dan kemudian dikalikan dengan bobot kriteria dari AHP. Tahap ini penting karena mengintegrasikan dua informasi utama, yaitu performa relatif masing-masing alternatif terhadap kriteria (hasil normalisasi) dan tingkat kepentingan relatif setiap kriteria (hasil AHP). Dengan demikian, nilai yang muncul pada matriks ini merepresentasikan kontribusi riil dari setiap kriteria terhadap penilaian alternatif secara keseluruhan. Pada baris *Cost/Benefit*, dapat diketahui apakah suatu kriteria dipandang sebagai *cost* atau *benefit*. Dengan adanya klasifikasi ini, proses evaluasi dapat lebih akurat dalam merefleksikan preferensi stakeholder. Di sisi lain terdapat pula hasil matriks yang memperlihatkan bahwa Palembang unggul dalam banyak kriteria utama, misalnya pada *NPV* (0,883), *Opportunity for Further Development* (0,904), dan *System Lead Time* (0,942). Bekasi menunjukkan kekuatan pada *CAPEX* (0,743), yang menandakan efisiensi modal awal, meskipun pada kriteria lain seperti *NPV* nilainya rendah (0,245). Sidoarjo secara umum cenderung moderat, dengan nilai yang relatif lebih kecil dibandingkan Palembang dan Bekasi.

Bagian bawah tabel menampilkan nilai *ideal positive (v⁺)* dan *ideal negative (v⁻)*. Nilai ideal positif merepresentasikan kondisi terbaik yang diharapkan *stakeholder* untuk setiap kriteria, sedangkan nilai ideal negatif menggambarkan kondisi terburuk. Dengan membandingkan posisi masing-masing alternatif terhadap titik ideal positif dan negatif, analisis dapat menilai seberapa dekat alternatif tersebut dengan kondisi yang diinginkan. Tahap selanjutnya adalah menghitung *Distance of Alternatives*, yaitu jarak setiap alternatif terhadap solusi ideal positif (D^+) dan solusi ideal negatif (D^-). Perhitungan ini akan memperlihatkan kedekatan relatif Palembang, Bekasi, dan Sidoarjo terhadap kondisi terbaik maupun terburuk, yang pada akhirnya menjadi dasar dalam menentukan peringkat alternatif.

Tabel 7. *Distance of Alternatives*

<i>Alternatives</i>	<i>D⁺</i>	<i>D⁻</i>	<i>D⁺+D⁻</i>
Palembang	0.1079	0.2212	0.3291
Bekasi	0.2308	0.0744	0.3053
Sidoarjo	0.2064	0.1303	0.3367

Tabel di atas menyajikan hasil perhitungan jarak masing-masing alternatif terhadap solusi ideal positif (D^+) dan solusi ideal negatif (D^-). Konsep utama metode TOPSIS adalah bahwa alternatif terbaik merupakan alternatif yang memiliki jarak paling dekat dengan solusi ideal positif serta paling jauh dari solusi ideal negatif. Dengan kata lain, semakin kecil nilai D^+ dan semakin besar nilai D^- , maka semakin baik posisi alternatif tersebut dibandingkan dengan yang lain. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Palembang memiliki nilai D^+ paling kecil

(0,1079) dan D^- paling besar (0,2212) dibandingkan alternatif lain. Hal ini menandakan bahwa Palembang merupakan lokasi yang paling mendekati kondisi ideal yang diharapkan oleh *stakeholder*, sekaligus paling jauh dari kondisi terburuk. Sebaliknya, Bekasi memiliki nilai D^+ terbesar (0,2308) dan D^- terkecil (0,0744) yang berarti posisinya paling jauh dari kondisi ideal dan paling dekat dengan kondisi negatif, sehingga menjadi alternatif dengan performa relatif paling rendah. Di sisi lain, Sidoarjo berada di antara keduanya dengan nilai D^+ sebesar 0,2064 dan D^- sebesar 0,1303, hal ini menunjukkan bahwa meskipun tidak sebaik Palembang, lokasinya tetap lebih menguntungkan dibandingkan Bekasi.

3.3 Hasil dan Diskusi

Setelah melewati semua tahap dalam metode AHP dan TOPSIS mulai dari pembentukan *pairwise comparison matrix* oleh *assessor*, agregasi bobot kriteria, pembuatan *decision matrix*, normalisasi, hingga pembobotan, langkah kritis berikutnya adalah menghitung nilai *preference* atau *closeness coefficient* (C^*). Nilai ini diperoleh dari rasio antara jarak alternatif terhadap solusi ideal negatif (D^-) dan total jarak terhadap solusi ideal positif serta negatif ($D^+ + D^-$). Semakin tinggi C^* , semakin mendekat alternatif tersebut kepada kondisi ideal yang diharapkan oleh pengambil keputusan. Dengan demikian, nilai C^* menjadi dasar utama dalam menentukan peringkat akhir alternatif lokasi yang dianalisis. Hasil perhitungan *preference value* untuk tiga lokasi kandidat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 8. *Relative Closeness*

<i>Alternatives</i>	<i>Preference</i>	<i>Ranking</i>
Palembang	0.6722	1
Bekasi	0.2438	3
Sidoarjo	0.3870	2

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditampilkan pada tabel tersebut, dapat dilihat bahwa Palembang memperoleh nilai *closeness coefficient* tertinggi yaitu sebesar 0,6722, diikuti oleh Sidoarjo sebesar 0,3870 dan Bekasi sebesar 0,2438. Hasil ini mengindikasikan bahwa Palembang merupakan lokasi yang paling dekat dengan solusi ideal, sekaligus paling jauh dari kondisi negatif, sehingga menjadi pilihan utama sebagai lokasi pengembangan lini produksi baru. Keunggulan Palembang terutama terletak pada tingginya nilai *Net Present Value*, prospek pengembangan jangka panjang, serta daya tarik finansial yang lebih kompetitif dibandingkan dua alternatif lainnya. Sementara itu, Sidoarjo menempati peringkat kedua dengan nilai preferensi yang cukup moderat. Hal ini menunjukkan bahwa Sidoarjo dapat dipertimbangkan sebagai alternatif cadangan, terutama karena menawarkan keseimbangan antara faktor finansial dan teknis-operasional meskipun tidak sekuat Palembang. Adapun Bekasi, meskipun memiliki kedekatan dengan pusat pasar dan infrastruktur yang relatif baik, berada pada peringkat terakhir karena keterbatasan ruang pengembangan serta tingginya kebutuhan tenaga kerja, sehingga nilai preferensinya menjadi paling rendah. Hasil ini sejalan dengan konsep dasar TOPSIS, di mana alternatif terbaik adalah yang memiliki jarak minimum ke solusi ideal positif dan jarak maksimum ke solusi ideal negatif [23][24]. Dengan demikian, hasil perhitungan memperkuat temuan bahwa keputusan strategis dalam pemilihan lokasi pabrik tidak semata ditentukan oleh satu faktor saja, melainkan kombinasi dari aspek regulasi, finansial, dan prospek pengembangan jangka panjang [25].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dengan pendekatan AHP–TOPSIS, dapat disimpulkan bahwa pemilihan lokasi lini produksi baru merupakan keputusan strategis yang kompleks karena

melibatkan berbagai kriteria yang saling berinteraksi, mulai dari aspek regulasi, finansial, hingga teknis-operasional. Proses AHP menunjukkan bahwa tiga kriteria paling berpengaruh adalah *Legal Requirement*, *Opportunity for Further Development*, dan *Internal Rate of Return*, yang menegaskan bahwa kepatuhan terhadap regulasi, prospek ekspansi jangka panjang, dan profitabilitas investasi menjadi faktor penentu utama dalam pengambilan keputusan. Hasil ini kemudian diolah lebih lanjut dengan TOPSIS untuk mengevaluasi alternatif lokasi secara objektif, di mana nilai *preference* memperlihatkan bahwa Palembang memperoleh skor tertinggi (0,6722), diikuti oleh Sidoarjo (0,3870) dan Bekasi (0,2438). Temuan ini memperlihatkan bahwa Palembang adalah lokasi yang paling mendekati solusi ideal dan paling jauh dari kondisi negatif, sehingga menjadi pilihan terbaik bagi perusahaan. Sementara itu, Sidoarjo dapat dipertimbangkan sebagai opsi cadangan karena menawarkan keseimbangan kriteria, sedangkan Bekasi menempati posisi terakhir. Dengan demikian, penerapan metode hibrida AHP–TOPSIS terbukti efektif untuk menghasilkan keputusan yang lebih transparan, rasional, dan dapat dipertanggungjawabkan, serta memberikan dasar ilmiah bagi perusahaan untuk menetapkan Palembang sebagai lokasi investasi paling layak di antara alternatif yang tersedia.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] E. Larasati, “Aktivitas Manufaktur Indonesia Menguat, Inflasi Terkendali di Awal 2025,” KEMENKEU.
- [2] D. A. Sutejo and R. A. Rahadi, “Financial Feasibility Study in the Construction of the ‘Katering Nusantara’ Project in the New National Capital of Indonesia (IKN) PT. XYZ,” *International Journal of Current Science Research and Review*, vol. 6, no. 8, pp. 5364–5368, Aug. 2023, doi: 10.47191/ijcsrr/V6-i8-03.
- [3] S. Sunardiyo and T. Winarsih, “Evaluation of 35 kWp on grid solar power plant based on economic and environmental factors in ESDM office Jawa Tengah, Indonesia,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing Ltd, Feb. 2022, pp. 1–7. doi: 10.1088/1755-1315/969/1/012053.
- [4] T. C. Kurniatun, T. Rosita, and E. Rusyani, “PAYBACK PERIOD ANALYSIS OF DISTANCE MASTER EDUCATION IN INDONESIA,” *TRIKONOMIKA*, vol. 22, no. 2, pp. 73–81, Jan. 2023, doi: <https://doi.org/10.23969/trikonomika.v22i2.8400>.
- [5] Z. Zakik, A. Kamil, A. S. Prasetyo, M. N. H. Ryandono, and I. Wijayanti, “Economic development on Madura Island through halal tourism: A business feasibility study,” *al-Uqud: Journal of Islamic Economics*, vol. 6, no. 2, pp. 289–303, Jul. 2022, doi: 10.26740/aluqud.v6n2.p289-303.
- [6] D. S. Raharjo, “How Feasibility Study Guides An Execution Of Project Development,” *International Journal of Business and Applied Social Science*, no. 1, pp. 43–55, Jan. 2022, doi: 10.33642/ijbass.v8n1p5.
- [7] S. Pradana and W. Oetomo, “INVESTMENT ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE KARANGAGUNG FISHING PORT IN TUBAN DISTRICT,” *CURRENT ADVANCED RESEARCH ON SHARIA FINANCE AND ECONOMIC WORLDWIDE (CASHFLOW)*, vol. 3, no. 2, pp. 319–331, Jan. 2024, doi: 10.55047/cashflow.v3i2.1010.
- [8] H. Djulius, C. Wongyu, Juanim, and R. D. Santy, “Nexus of Foreign Direct Investment, Domestic Investment, and Manufacturing Industry Value Added in Indonesia,” *Signifikan: Jurnal Ilmu Ekonomi*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, Mar. 2019, doi: 10.15408/sjie.v8i1.9520.
- [9] H. Y. Ari, Zainuri, and Winayati, “Analisis Investasi Pada Pembangunan Perumahan Nuansa Beringin,” *JURNAL TEKNIK*, vol. 13, no. 2, pp. 120–127, Oct. 2019, doi: 10.31849/teknik.v13i2.3298.

- [10] R. A. Pulungan, K. Erwansyah, and A. Azlan, "Implementasi Metode MOORA Dalam Pemilihan Lokasi Strategis Ekspansi Cabang," *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, vol. 2, no. 4, p. 627, Jul. 2023, doi: 10.53513/jursi.v2i4.5435.
- [11] N. N. Salbia, W. R. D. Astuti, and R. Hikmawan, "Diplomasi Korporat SM Entertainment Melalui New Culture Technology di Asia: Studi Kasus di Indonesia dan Tiongkok," *AEgis: Journal of International Relations*, vol. 7, no. 2, Nov. 2023, doi: 10.33021/aegis.v7i2.4660.
- [12] T. N. Astuti, F. E. Prasmatiwati, and K. Murniati, "EFISIENSI TEKNIK USAHATANI TEBU RAKYAT DENGAN PENDEKATAN STOCHASTIC FRONTIER DI KABUPATEN LAMPUNG UTARA," *Journal of Food System and Agribusiness*, pp. 156–165, Oct. 2021, doi: 10.25181/jofsa.v5i2.1952.
- [13] J. Macháč, M. Trantinová, and L. Zaňková, "Externalities in agriculture: How to include their monetary value in decision-making?," *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 18, no. 1, pp. 3–20, Jan. 2021, doi: 10.1007/s13762-020-02752-7.
- [14] F. TUĞRUL, M. ÇİTİL, B. KARASOLAK, and M. DAĞLI, "INTERPRETATION OF PHYSICAL CONDITIONS OF SCHOOLS WITH FUZZY MULTI CRITERIA DECISION MAKING," *Journal of Universal Mathematics*, vol. 3, no. 1, pp. 46–52, Jan. 2020, doi: 10.33773/jum.655048.
- [15] F. TUĞRUL and M. ÇİTİL, "A NEW PERSPECTIVE ON EVALUATION SYSTEM IN EDUCATION WITH INTUITIONISTIC FUZZY LOGIC AND PROMETHEE ALGORITHM," *Journal of Universal Mathematics*, Feb. 2021, doi: 10.33773/jum.796173.
- [16] S. Piya, A. Shamsuzzoha, M. Azizuddin, N. Al-Hinai, and B. Erdebilli, "Integrated Fuzzy AHP-TOPSIS Method to Analyze Green Management Practice in Hospitality Industry in the Sultanate of Oman," *Sustainability*, vol. 14, no. 3, p. 1118, Jan. 2022, doi: 10.3390/su14031118.
- [17] A. E. Permasari, M. Wisaksono, and S. S. Kusumawardani, "A Multi Criteria Decision Making to Support Major Selection of Senior High School," *IJITEE (International Journal of Information Technology and Electrical Engineering)*, vol. 3, no. 4, p. 128, May 2020, doi: 10.22146/ijitee.54427.
- [18] J.-C. Kao, C.-N. Wang, and V. Tinh Nguyen and Syed Tam Husain, "A Fuzzy MCDM Model of Supplier Selection in Supply Chain Management," *Intelligent Automation & Soft Computing*, vol. 31, no. 3, pp. 1451–1466, 2022, doi: 10.32604/iasc.2022.021778.
- [19] I. Talmor, "Implementing a multi-criteria decision-making approach to a new party's election campaign – A case study," *MethodsX*, vol. 8, p. 101328, 2021, doi: 10.1016/j.mex.2021.101328.
- [20] D. M. Castro and F. Silv Parreiras, "A review on multi-criteria decision-making for energy efficiency in automotive engineering," *Applied Computing and Informatics*, vol. 17, no. 1, pp. 53–78, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.aci.2018.04.004.
- [21] A. Radionovs and O. Užga-Rebrovs, "Fuzzy Analytical Hierarchy Process for Ecological Risk Assessment," *Information Technology and Management Science*, vol. 19, no. 1, Jan. 2016, doi: 10.1515/itms-2016-0005.
- [22] A. Jozaghi *et al.*, "A Comparative Study of the AHP and TOPSIS Techniques for Dam Site Selection Using GIS: A Case Study of Sistan and Baluchestan Province, Iran," Nov. 01, 2018. doi: 10.20944/preprints201810.0773.v1.
- [23] L. Muzdalifah and S. Nursiyami, "AHP-TOPSIS: Multi-Criteria Decision Making Method With Hierarchical Weighting to Determine Priorities for Leak Work Drinking

- Water Pipe,” *Mathline : Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 9, no. 1, pp. 121–140, Feb. 2024, doi: 10.31943/mathline.v9i1.377.
- [24] S. Chaube *et al.*, “An Overview of Multi-Criteria Decision Analysis and the Applications of AHP and TOPSIS Methods,” *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, vol. 9, no. 3, pp. 581–615, Jun. 2024, doi: 10.33889/IJMEMS.2024.9.3.030.
- [25] V. Pranata and S. Santoso, “Facility Layout Design of New Warehouse and Implementation of Multi-Criteria Decision Making for Product Allocation at PT XYZ,” *OPSI*, vol. 15, no. 1, p. 64, Jun. 2022, doi: 10.31315/opsi.v15i1.6684.