Sistem Pendukung Keputusan dengan Aplikasi
Vol. 5, No. 2, (2026), pp. 81-94
ISSN: 2829-2189, DOI: https://doi.org/10.55537/spk.v5i2.1979

Prioritizing Naval Pier Construction Sites Using an Integrated ANP–TOPSIS Approach to Support Warship Operations

(Penentuan Prioritas Lokasi Pembangunan Dermaga Angkatan Laut Menggunakan Integrasi ANP–TOPSIS untuk Mendukung Operasional Kapal Perang)

Eman Soleman[a,*], Taufik Ramdhan[a], Rudi Hartono Siregar[a]

[a] Jurusan Teknik Manajemen Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, Surabaya, Indonesia

* Corresponding author.
E-mail: emansoleman2@gmail.com

Received 4 October 2026; Revised 16 October 2026; Accepted 7 November 2026;
Available online 15 November 2026.

ABSTRACT

The selection of a naval pier construction site requires a transparent appraisal of technical, logistical, and environmental criteria. This study integrates the Analytic Network Process (ANP) and TOPSIS to prioritize Pusri, Wongsorejo, Jangkar, and Tampora based on judgments from seven experts. Pairwise comparisons inform ANP criterion weights, while TOPSIS directly aggregates expert ratings of the three main criteria instead of transforming the 15 ANP subcriteria into alternative scores. The ANP priorities are 0.55901 (technical), 0.24823 (logistics), and 0.19275 (environment); TOPSIS follows the workbook weights. Recalculated closeness coefficients are 0.903 for Pusri, 0.655 for Wongsorejo, 0.587 for Jangkar, and 0.087 for Tampora. Pusri remains first in five of six weight-sensitivity scenarios; Wongsorejo becomes first when the environmental weight reaches 0.600. Examination of the available Super Decisions model identifies five pairwise matrices with consistency ratios at or above 0.10. Preliminary technical information originates from restricted interviews with naval post commanders. Accordingly, the ranking supports initial selection priorities but cannot replace independent hydrographic, legal, and engineering verification required before final construction decisions. Original expert judgments remain unchanged.

Keywords: *Analytic Network Process, Maritime Infrastructure, Naval Pier, Site Selection, TOPSIS*

ABSTRAK

Pemilihan lokasi pembangunan dermaga angkatan laut membutuhkan penilaian transparan atas aspek teknis, logistik, dan lingkungan. Penelitian ini mengintegrasikan *Analytic Network Process* (ANP) dan TOPSIS untuk menentukan prioritas Pusri, Wongsorejo, Jangkar, serta Tampora berdasarkan penilaian tujuh pakar. Perbandingan berpasangan menjadi dasar pembobotan ANP, sedangkan TOPSIS menggunakan rerata penilaian langsung terhadap tiga kriteria utama, bukan agregasi skor alternatif dari 15 subkriteria ANP. Bobot ANP lima desimal adalah 0,55901 (teknis), 0,24823 (logistik), dan 0,19275 (lingkungan); TOPSIS memakai bobot dalam *workbook*. Koefisien kedekatan hasil penghitungan ulang berturut-turut adalah Pusri 0,903, Wongsorejo 0,655, Jangkar 0,587, dan Tampora 0,087. Pusri mempertahankan urutan pertama dalam lima dari enam skenario sensitivitas, sedangkan Wongsorejo menjadi prioritas pertama ketika bobot lingkungan meningkat menjadi 0,600. Pemeriksaan model *Super Decisions* menunjukkan lima matriks perbandingan dengan rasio konsistensi sedikitnya 0,10. Informasi teknis awal diperoleh melalui wawancara terbatas dengan beberapa komandan pos angkatan laut, sehingga dokumentasi pengukurannya tidak tersedia untuk verifikasi terbuka. Temuan mendukung penyaringan awal alternatif lokasi, tetapi belum menggantikan pengujian hidrografi, legalitas lahan, keselamatan navigasi, dan kelayakan konstruksi sebelum penetapan lokasi pembangunan. Penilaian asli pakar tetap dipertahankan.

Kata kunci: *Analytic Network Process, Dermaga TNI AL, Infrastruktur Maritim, Pemilihan Lokasi, TOPSIS*

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur pangkalan angkatan laut merupakan komponen pendukung kegiatan operasi kapal perang, termasuk pelayanan sandar, logistik, pemeliharaan terbatas, dan mobilitas personel. Penentuan lokasi dermaga merupakan

© 2026 The Authors. Published by Ali Institute of Research and Publication. This is an open access article under the CC BY-SA license (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

keputusan infrastruktur jangka panjang yang memerlukan pertimbangan kondisi perairan, aksesibilitas, keamanan, ketersediaan layanan, biaya, serta lingkungan. Kajian pengembangan pelabuhan memperlihatkan relevansi pendekatan pengambilan keputusan multikriteria untuk membandingkan prioritas yang tidak selalu sejalan [1], [2]. Penelitian ini memanfaatkan penilaian pakar untuk penjaringan awal lokasi dan tidak dimaksudkan menggantikan uji kelayakan rekayasa.

Kawasan Banyuwangi dan perairan sekitarnya berperan dalam dukungan aktivitas maritim. Informasi awal penelitian mencatat dermaga eksisting sepanjang 40 m, lebar 4,6 m, dan kedalaman perairan sekitar 6 m sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Peneliti menjelaskan bahwa informasi teknis diperoleh melalui wawancara dengan beberapa Danposal pada jajaran Posal/Lanal Banyuwangi. Data tersebut bersifat terbatas sehingga dokumen pengukuran rinci tidak dapat diserahkan untuk publikasi terbuka. Dengan demikian, angka yang ditampilkan merupakan keterangan awal narasumber, bukan hasil survei hidrografi terlampir. Penilaian kemampuan sandar tetap memerlukan spesifikasi kapal, kebutuhan jarak aman bawah lunas, variasi pasang surut, serta pengukuran institusional yang dapat diaudit melalui mekanisme berizin.

Tabel 1. Data Fasilitas Labuh Eksisting Lanal Banyuwangi

Panjang	Lebar	Kedalaman	Listrik	Air Tawar	BBM
40 m	4,6 m	±6 m	PLN	PDAM	Pertamina

Tabel 1 menunjukkan ketersediaan layanan dasar listrik, air tawar, dan bahan bakar. Kecukupan fasilitas untuk jenis kapal tertentu masih memerlukan pembandingan dengan spesifikasi kapal dan standar keselamatan yang berlaku. Kondisi hidrografi, arus, gelombang, sedimentasi, serta ruang olah gerak juga harus diperiksa. Oleh karena itu, dimensi dermaga eksisting dipergunakan sebagai informasi awal perencanaan, bukan bukti bahwa fasilitas saat ini telah atau belum memenuhi seluruh syarat konstruksi dan operasional.

Rekapitulasi kunjungan kapal perang selama 2023–2025 menunjukkan 141 kunjungan: 61 pada 2023, 49 pada 2024, dan 31 pada 2025 (Tabel 2). Jumlah kunjungan menurun 19,67% pada 2024 dan 36,73% pada 2025; penurunan kumulatif terhadap 2023 mencapai 49,18%. Data ini mengindikasikan aktivitas kunjungan yang berulang, tetapi tidak membuktikan peningkatan kebutuhan kapasitas dermaga. Analisis kebutuhan layanan tetap memerlukan jenis kapal, durasi sandar, penggunaan fasilitas, serta definisi satu kunjungan dan sumber buku log institusional. Dengan demikian, data kunjungan hanya digunakan sebagai konteks awal perencanaan.

Tabel 2. Daftar Kunjungan KRI di Wilayah Banyuwangi

No	Tahun	Jumlah KRI
1	2023	61
2	2024	49
3	2025	31
Total	Total	141

Sumber: Diolah dari data penelitian, 2026

Penentuan lokasi pembangunan dermaga merupakan permasalahan pengambilan keputusan multikriteria yang memiliki keterkaitan dengan pemilihan lokasi pelabuhan, *dry port*, terminal logistik, dan fasilitas maritim strategis. Meskipun memiliki kesamaan dalam mempertimbangkan aspek teknis, aksesibilitas, ekonomi, dan lingkungan, setiap fasilitas memiliki karakteristik operasional yang memerlukan penyesuaian kriteria evaluasi. [3] melakukan tinjauan sistematis terhadap 76 penelitian mengenai pengembangan *dry port* dan mengidentifikasi 45 kriteria yang melibatkan 11 kelompok pengambil keputusan. Penelitian tersebut memberikan landasan dalam menyusun kriteria evaluasi berdasarkan kepentingan pemangku kepentingan, tetapi tidak melakukan pengujian langsung terhadap kelayakan teknis suatu lokasi. Sementara itu, [1] menerapkan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam menentukan lokasi *dry port* untuk mendukung Pelabuhan Rijeka di Kroasia. Penelitian tersebut mempertimbangkan faktor teknis, teknologi, organisasi, ekonomi, lingkungan, dan regulasi dengan mengelompokkan alternatif berdasarkan jaraknya terhadap pelabuhan utama. Meskipun menghasilkan prioritas lokasi berdasarkan penilaian multikriteria, penggunaan struktur hierarkis belum secara khusus memperlihatkan pemodelan ketergantungan timbal balik antarkriteria sebagaimana dimungkinkan dalam *Analytic Network Process* (ANP). Kajian lain tentang *dry port* juga menunjukkan bahwa bobot dan strategi evaluasi sangat bergantung pada karakteristik lokasi [4].

Perkembangan penelitian berikutnya menunjukkan penggunaan integrasi metode untuk memperluas evaluasi dan menguji keandalan hasil pemeringkatan. [5] mengembangkan kombinasi *fuzzy* SWARA, *Geographic Information System* (GIS), dan *fuzzy* MULTIMOORA dalam pemilihan lokasi *dry port* di Iran. Pengujian dilakukan melalui perbandingan kinerja model dengan pendekatan *fuzzy* AHP. Penelitian tersebut menekankan pentingnya analisis spasial dan pembobotan kriteria dalam menentukan alternatif lokasi, tetapi masih berorientasi pada konektivitas transportasi dan fasilitas logistik darat. [6] mengintegrasikan *fuzzy* AHP, *Best-Worst Method* (BWM), dan PROMETHEE untuk mengevaluasi lima alternatif lokasi *dry port* di Bangladesh. Faktor utama yang dipertimbangkan meliputi kedekatan dengan pelabuhan, akses jalan, hubungan dengan pengguna jasa, serta ketersediaan jaringan kereta api. Penggunaan dua metode pembobotan dan prosedur pemeringkatan PROMETHEE I dan II memungkinkan evaluasi berdasarkan pendekatan yang berbeda. Namun, penerapannya belum mencakup karakteristik hidrografi, keselamatan sandar, dan kebutuhan dukungan operasional kapal perang.

Dalam konteks fasilitas maritim, [7] menerapkan AHP dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) untuk mengevaluasi alternatif lokasi fasilitas labuh di Kroasia. Kriteria yang digunakan mencakup keselamatan navigasi, kondisi hidrometeorologi, karakteristik spasial, aspek ekonomi, dan lingkungan. Penelitian tersebut melakukan perbandingan hasil kedua metode serta pengujian sensitivitas dan validasi melalui perubahan data penilaian. Pendekatan ini memiliki relevansi lebih dekat dengan perencanaan dermaga karena mempertimbangkan karakteristik perairan. Namun, objek penelitiannya merupakan fasilitas labuh wisata bahari sehingga belum mencakup kebutuhan logistik dan operasional kapal perang. Pada bidang pertahanan, kajian pemilihan kapal perang [8] menggunakan AHP untuk mengevaluasi tiga alternatif kapal perang berdasarkan sembilan kriteria operasional dan ekonomi dengan melibatkan penilaian perwira angkatan laut. Pengujian sensitivitas dilakukan untuk memeriksa kestabilan pemeringkatan. Meskipun membuktikan penerapan pengambilan keputusan multikriteria pada konteks pertahanan, penelitian tersebut berfokus pada pemilihan kapal, bukan penentuan lokasi infrastruktur pangkalan.

Sintesis penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemilihan lokasi *dry port*, fasilitas labuh, dan pangkalan pertahanan bergantung pada karakter fasilitas, parameter teknis, serta pola preferensi penilai. Studi-studi tersebut mendukung penggunaan pengambilan keputusan multikriteria sebagai alat perbandingan awal, tetapi tidak memberikan dasar untuk menyimpulkan kelayakan pembangunan dermaga angkatan laut secara langsung. Kesenjangan yang dijawab dalam penelitian ini ialah kebutuhan penjaringan awal lokasi dermaga yang secara bersamaan mempertimbangkan karakteristik perairan, dukungan logistik kapal, dan kondisi keamanan lingkungan. ANP–TOPSIS diterapkan untuk membobot kriteria dan menyusun prioritas relatif, sementara enam skenario bobot digunakan untuk memeriksa perubahan urutan alternatif. Kontribusinya berada pada adaptasi struktur evaluasi terhadap kasus dermaga angkatan laut, bukan pengembangan algoritma baru atau pembuktian bahwa satu metode selalu lebih unggul.

Dalam konteks pertahanan dan pengembangan fasilitas strategis, pengambilan keputusan multikriteria memiliki peran penting karena pemilihan lokasi tidak hanya mempertimbangkan kondisi geografis dan ekonomi, tetapi juga keamanan, kesiapan infrastruktur, dukungan logistik, serta kebutuhan operasional [9] menerapkan integrasi *Analytic Network Process* (ANP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) untuk menentukan prioritas lokasi pangkalan darat *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dalam mendukung tugas TNI Angkatan Laut. Penelitian tersebut mempertimbangkan faktor geografis, cuaca, kerawanan keamanan, serta fasilitas pendukung logistik. Meskipun menggunakan kombinasi metode yang sama, penelitian tersebut berfokus pada penempatan dan pengoperasian UAV, sedangkan penentuan lokasi dermaga memerlukan pertimbangan tambahan mengenai kedalaman perairan, keselamatan navigasi, fasilitas tambat, serta kebutuhan pelayanan kapal perang. [10] menerapkan Neutrosophic *Analytic Hierarchy Process* (N-AHP) dan metode Delphi untuk menentukan prioritas kriteria pemilihan pangkalan militer di wilayah perbatasan. Penelitian tersebut melibatkan tiga pakar untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kriteria dengan mempertimbangkan ketidakpastian penilaian. Sementara itu, [11]mengintegrasikan *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Geographic Information System* (GIS), dan pembelajaran mesin untuk mengevaluasi kesesuaian lahan fasilitas militer berdasarkan karakteristik spasial dan lingkungan. Kedua penelitian tersebut menunjukkan pentingnya keterlibatan pakar dan ketersediaan informasi spasial dalam pemilihan lokasi strategis. Namun, objek evaluasinya berbeda dengan pembangunan dermaga angkatan laut yang memerlukan integrasi antara karakteristik perairan, dukungan logistik, dan kebutuhan operasional kapal.

Penelitian mengenai penentuan lokasi fasilitas angkatan laut juga telah dilakukan oleh [12] melalui integrasi metode BORDA dan PROMETHEE dalam pemilihan lokasi pangkalan angkatan laut di wilayah Kepulauan Mentawai. Penelitian tersebut menggunakan 16 kriteria untuk mengevaluasi alternatif lokasi dermaga dan fasilitas pangkalan, dengan alur pelayaran sebagai salah satu pertimbangan utama. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemilihan lokasi fasilitas angkatan laut dapat dilakukan melalui pembobotan kriteria dan pemeringkatan alternatif secara sistematis. Meskipun memiliki kedekatan dengan objek penelitian ini, pendekatan BORDA–PROMETHEE memiliki mekanisme pembobotan dan pemeringkatan yang berbeda dari ANP–TOPSIS. Sementara itu, [13] menerapkan integrasi ANP–TOPSIS untuk menentukan lokasi pusat distribusi di Vietnam dengan menggunakan ANP untuk memperoleh bobot kriteria dan TOPSIS untuk menyusun peringkat alternatif. Perbandingan kedua penelitian menunjukkan bahwa pemilihan lokasi dapat menggunakan pendekatan multikriteria yang berbeda sesuai dengan karakteristik fasilitas dan kebutuhan pengambilan keputusan. Namun, penggunaan metode terintegrasi belum secara otomatis membuktikan peningkatan kualitas keputusan tanpa pengujian konsistensi, analisis sensitivitas, atau pembandingan hasil dengan pendekatan lainnya.

Integrasi pembobotan ANP dan pemeringkatan TOPSIS digunakan sebagai kerangka perbandingan awal berdasarkan penilaian pakar [9], [14], [15]. Rekapitulasi geometrik dari tujuh penilaian individual menjadi masukan perbandingan ANP pada *Super Decisions*. Peneliti menetapkan berkas proyek ANP PC sebagai model akhir serta mengonfirmasi bahwa tiga tampilan supermatrix berasal dari berkas pengolahan penelitian. Pemeriksaan konsistensi dilakukan terhadap matriks yang tersimpan dalam proyek final, sementara perhitungan TOPSIS dan analisis sensitivitas direproduksi secara terpisah dari rekap lembar kerja.

Perbedaan penelitian ini dibandingkan studi pemilihan fasilitas logistik dan pangkalan UAV terletak pada penggunaan tiga kelompok penilaian, yakni teknis, logistik, dan lingkungan, untuk empat kandidat dermaga angkatan laut dengan melibatkan tujuh pakar [9], [13]. Penilaian juga dilengkapi enam skenario sensitivitas yang memungkinkan pemeriksaan perubahan peringkat seluruh alternatif. Integrasi tersebut belum dibandingkan dengan AHP–TOPSIS atau model pemeringkatan lain pada data yang sama, sehingga keunggulan komparatif tidak diklaim. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menentukan bobot prioritas kriteria dan subkriteria, menyusun peringkat empat alternatif pembangunan dermaga angkatan laut, dan mengevaluasi kestabilan pemeringkatan melalui enam skenario bobot. Hasil

dinyatakan sebagai prioritas relatif berdasarkan penilaian tujuh pakar, bukan sertifikasi kelayakan konstruksi. Penetapan lokasi memerlukan kajian hidrografi, navigasi, struktur, biaya, legalitas, dan lingkungan yang terpisah.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan menerapkan model sistem pendukung keputusan berbasis *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengolah penilaian pakar, menentukan bobot prioritas kriteria dan subkriteria, serta menyusun peringkat alternatif lokasi secara numerik. Sementara itu, pendekatan deskriptif digunakan untuk menjelaskan karakteristik lokasi, struktur kriteria, dan interpretasi hasil pemeringkatan. Integrasi *Analytic Network Process* (ANP) dan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) digunakan untuk memisahkan proses pembobotan dan pemeringkatan alternatif berdasarkan kriteria yang ditetapkan. Pendekatan tersebut telah diterapkan dalam penelitian pemilihan lokasi fasilitas strategis dan distribusi, meskipun karakteristik kriteria dan prosedur evaluasinya perlu disesuaikan dengan kebutuhan objek penelitian [9].

Objek penelitian mencakup empat alternatif lokasi awal, yaitu Pusri, Wongsorejo, Jangkar, dan Tampora. Pemilihan kandidat didasarkan pada wawancara dengan sejumlah ahli dan penelaahan kriteria lokasi yang dirujuk peneliti terhadap PUM-7.03, berdasarkan informasi awal penelitian dan penelaahan terhadap PUM-7.03 yang dilaporkan peneliti. Daftar kandidat beserta 13 parameter awal disusun dari rekap data penelitian. Penetapan kandidat untuk pemeringkatan tidak menyatakan bahwa seluruh persyaratan teknis dan hukum pembangunan telah terpenuhi.

Penilaian melibatkan tujuh pakar dari fungsi intelijen, logistik, fasilitas pangkalan, perencanaan anggaran, operasi, Lanal Banyuwangi, dan pengguna kapal patroli. Susunan peran responden ditunjukkan pada Tabel 3. Informasi masa pengalaman, dasar rekrutmen, independensi penilaian, dan potensi konflik kepentingan belum disertai bukti tertulis pada data yang diperiksa sehingga representativitas kelompok pakar tidak dapat diuji lebih jauh.

Karakteristik lokasi mengacu pada rekap data awal penelitian tahun 2026 yang oleh peneliti dinyatakan merujuk pada Analisa Daerah Operasi Lanal [16]. Menurut konfirmasi peneliti, data teknis dihimpun melalui wawancara dengan beberapa Danposal di lingkungan Posal/Lanal Banyuwangi. Karena dokumen rinci bersifat khusus, informasi yang disajikan diperlakukan sebagai keterangan institusional untuk penjaringan awal, bukan hasil survei hidrografi yang dapat diverifikasi secara terbuka.

Penelitian menggunakan tiga sumber pengolahan, yaitu rekap kuesioner perbandingan berpasangan untuk memperoleh rata-rata geometrik, proyek akhir *Super Decisions* (ANP PC) untuk memperoleh bobot ANP, serta lembar kerja penilaian TOPSIS dan analisis sensitivitas. Peneliti telah mengonfirmasi bahwa proyek *Super Decisions* yang diserahkan adalah model final dan cuplikan supermatrix-nya tersedia dalam arsip pengolahan penelitian. Penilaian TOPSIS diberikan secara langsung oleh tujuh pakar terhadap kriteria teknis (C1), logistik (C2), dan lingkungan (C3). Matriks keputusan berukuran 4 × 3 berasal dari rerata 84 skor individual, bukan dari agregasi 15 subkriteria. Karakteristik lokasi berasal dari informasi beberapa Danposal di lingkungan Posal/Lanal Banyuwangi; sebagian dokumen sumber bersifat khusus dan tidak terbuka untuk publikasi.

Tabel 3. Profil Narasumber Penelitian

Kode	Jabatan/Peran	Jumlah
R1	Staf Intelijen	1 orang
R2	Staf Logistik	1 orang
R3	Staf Fasilitas Pangkalan	1 orang
R4	Staf Perencanaan Anggaran	1 orang
R5	Staf Operasi	1 orang
R6	Staf Lanal Banyuwangi	1 orang
R7	Staf Kapal Patroli	1 orang

Sumber: Diolah dari data penelitian, 2026

Instrumen ANP menggunakan skala Saaty 1–9 dan perbandingan resiprokal [15]. Model akhir pada *Super Decisions* mencakup lima klaster, yakni alternatif, kriteria utama, serta tiga kelompok subkriteria: teknis, logistik, dan lingkungan. Dalam arsip .sdmod terdapat 79 rekaman perbandingan, yang terdiri atas 47 matriks lengkap berordo sedikitnya tiga, sembilan perbandingan berordo dua, dan 23 rekaman yang tidak menyediakan matriks berordo tiga yang dapat dihitung CR-nya. Rekaman nol juga dapat merepresentasikan relasi tanpa pengaruh, sehingga tidak otomatis dinyatakan sebagai jawaban responden yang hilang. Instrumen TOPSIS memakai skor Likert 1–5 dari tujuh pakar secara langsung pada tiga kriteria untuk setiap lokasi. Kelima belas subkriteria berfungsi dalam pembobotan ANP, bukan sebagai kolom skor TOPSIS.

Kelompok teknis mencakup letak, lahan, kedalaman, pasang surut, tinggi gelombang, dan alur pelayaran; kelompok logistik mencakup sumber bekal, fasilitas jasa, listrik, air bersih, dan bahan bakar; kelompok lingkungan mencakup penduduk, kondisi jalan, keamanan, serta kerawanan. Susunan 15 subkriteria disajikan pada Tabel 4. Tidak tersedia bukti uji validitas isi atau hasil telaah instrumen yang memungkinkan klaim bahwa seluruh indikator telah tervalidasi secara empiris. Oleh karena itu, struktur ini diperlakukan sebagai kerangka penilaian awal berbasis indikator penelitian.

Tabel 4. Kriteria dan Subkriteria Penilaian Lokasi Dermaga

Kriteria	Subkriteria	Orientasi Penilaian
Teknis	Letak; lahan; kedalaman; pasang surut; tinggi gelombang; alur pelayaran	Menilai kesesuaian fisik lokasi terhadap kebutuhan sandar, olah gerak, dan keselamatan navigasi.
Logistik	Sumber bekal; fasilitas jasa; listrik; air bersih; bahan bakar	Menilai ketersediaan layanan pendukung, bekal ulang, dan kebutuhan operasional kapal.
Lingkungan	Penduduk; kondisi jalan; keamanan; kerawanan	Menilai dukungan kawasan, aksesibilitas darat, serta potensi gangguan sosial dan wilayah.

Sumber: Diolah dari data penelitian, 2026

Agregasi penilaian berpasangan dari tujuh pakar menggunakan rata-rata geometrik berbobot sama: $\bar{a}_{ij} = (\prod_{k=1}^{7} a_{ij}^{(k)})^{(1/7)}$, dengan $a_{ij}^{(k)}$ adalah penilaian pakar ke-k dan $\bar{a}_{ji} = 1/\bar{a}_{ij}$ [17]. Sebagai contoh, tujuh penilaian teknis terhadap logistik pada Pusri (7; 5; 5; 6; 4; 5; 5) menghasilkan rata-rata geometrik sekitar 5,216. Konsistensi matriks diperiksa dengan CI = (λmaks − n)/(n − 1) dan CR = CI/RI [15]. Pada model yang dinyatakan final oleh peneliti, 42 dari 47 matriks lengkap berordo minimal tiga memiliki CR < 0,10 dan lima lainnya memiliki CR ≥ 0,10; lima matriks yang melampaui ambang konsistensi dirangkum pada Tabel 7; seluruh perbandingan asli tersimpan pada model penelitian. Nilai CR dihitung dari data perbandingan yang tersimpan, tanpa mengubah masukan pakar agar memenuhi ambang. Sembilan perbandingan berordo dua tidak memerlukan penilaian CR; rekaman tanpa matriks lengkap tidak diberikan nilai CR buatan.

Dalam ANP, vektor prioritas lokal membentuk *unweighted supermatrix*, bobot klaster digunakan pada *weighted supermatrix*, dan proses perpangkatan hingga konvergensi menghasilkan *limit supermatrix* [15], [18], [19]. Berkas ANP PC telah dikonfirmasi sebagai model akhir oleh peneliti; arsip pengolahan penelitian menampilkan cuplikan hasil ketiga tahap tersebut, yang disajikan pada Gambar 1–4 di bagian hasil. Dokumentasi visual merupakan keluaran penelitian yang relevan, tetapi setiap gambar hanya memperlihatkan bagian baris dan kolom pada jendela perangkat lunak. Karena salinan yang tersedia belum mencakup seluruh ekspor numerik matriks, penelusuran independen setiap entri, pengaruh bobot klaster, dan konvergensi *limit supermatrix* tetap dibatasi oleh cakupan dokumentasi tersebut. Keterbatasan ini dibedakan dari status final model menurut peneliti.

Matriks keputusan TOPSIS dibentuk dari rerata aritmetika penilaian langsung tujuh pakar: $x_{ij} = (1/7)\Sigma_{k=1}^{7} s_{ijk}$, dengan s_{ijk} merupakan skor Likert untuk lokasi i dan kriteria j. Sebagai contoh, skor teknis Pusri = (5 + 4 + 3 + 3 + 4 + 3 + 3)/7 = 3,571429. Ketiga kolom ditafsirkan sebagai *benefit* karena instrumen mengukur tingkat dukungan/kelayakan relatif, bukan kedalaman atau risiko fisik mentah. Untuk setiap kriteria, $r_{ij} = x_{ij}/\sqrt{(\Sigma_i x_{ij}^2)}$, $v_{ij} = w_j r_{ij}$, $D_i^+ = \sqrt{(\Sigma_j (v_{ij} - A_j^+)^2)}$, $D_i^- = \sqrt{(\Sigma_j (v_{ij} - A_j^-)^2)}$, dan $C_i = D_i^-/(D_i^+ + D_i^-)$ [14], [19]. Seluruh perhitungan menggunakan presisi penuh dari lembar kerja; pembulatan tiga desimal dilakukan hanya untuk penyajian.

Integrasi ANP–TOPSIS memisahkan pembobotan dan pemeringkatan relatif sebagaimana pendekatan pengambilan keputusan multikriteria terintegrasi [13], [19], [20]. Analisis sensitivitas memakai enam konfigurasi bobot dari *sheet* ANSEV dan SKENARIO 1–6 pada *workbook* yang tertanam dalam presentasi rekap. Skor alternatif dasar tidak diubah, sementara bobot kriteria diganti dan koefisien TOPSIS dihitung kembali. Pemeringkatan pada Tabel 15–17 telah diperiksa terhadap rekap hasil presentasi; hasil dilaporkan dengan presisi penyajian tiga desimal dan urutan ditentukan berdasarkan angka tanpa pembulatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keempat kandidat dibandingkan menggunakan data awal yang tercatat dalam rekap penelitian, dengan rujukan internal yang dilaporkan sebagai “Analisa Daerah Operasi Lanal Banyuwangi, 2026”. Menurut peneliti, keterangan teknis bersumber dari wawancara beberapa Danposal pada jajaran Posal/Lanal Banyuwangi dan dokumentasi rinci tidak dapat dipublikasikan karena pembatasan institusional. Informasi mengenai lokasi dan lembaga yang disebut dalam kolom lahan tidak disamakan dengan bukti legalitas hak atas bidang calon dermaga.

Tabel 5. Ringkasan Karakteristik Awal Alternatif Lokasi

Parameter	Pusri	Wongsorejo	Jangkar	Tampora
Jarak ke Lanal	1 km	20 km	64 km	130 km
Lahan: institusi yang disebut pada data awal*	Pelindo III Banyuwangi	Pemkab Situbondo	Pemkab Situbondo	Perhutani Situbondo
Kedalaman	12 m	10 m	15 m	20 m
Pasang surut	0,5–2,0 m	0,5–2,0 m	0,5–2,0 m	0,5–2,0 m
Tinggi gelombang	0,5–2,0 m	0,5–2,0 m	0,6–2,5 m	0,6–2,5 m
Alur pelayaran	1,3 Nm	5,4 Nm	50 Nm	2,5 Nm
Jarak sumber bekal	9 km	3 km	4 km	3 km
Jarak fasilitas jasa	2 km	5 km	4,3 km	4 km
Air bersih	Tersedia	Tersedia	Tersedia	Tersedia
Listrik	Tersedia	Tersedia	Tersedia	Tersedia
Bahan bakar	Tersedia	Tersedia	Tersedia	Tersedia
Penduduk	84.320 jiwa	82.775 jiwa	37.121 jiwa	24.181 jiwa
Kondisi jalan	Lebar 8 m	Lebar 4 m	Lebar 8 m	Lebar 4 m

Sumber: Rekap data awal penelitian (2026) berdasarkan keterangan beberapa Danposal. Dokumen teknis asal belum tersedia untuk verifikasi terbuka; instansi pada baris lahan bukan bukti hak atau penguasaan bidang tanah.

Tabel 5 menyajikan 13 parameter pada keempat alternatif, meliputi jarak, atribusi informasi lahan, kedalaman, pasang surut, gelombang, alur pelayaran, jarak sumber bekal dan fasilitas jasa, ketersediaan utilitas, jumlah penduduk, serta lebar jalan. Berdasarkan data awal, sumber bekal berjarak 9 km dari Pusri, 3 km dari Wongsorejo, 4 km dari Jangkar, dan 3 km dari Tampora; keempat lokasi dinyatakan memiliki dukungan air bersih, listrik, dan bahan bakar. Keterangan "tersedia" merujuk pada data sumber, belum menjadi bukti kapasitas layanan. Data kedalaman, gelombang, dan pasang surut bersumber pada informasi institusional yang terbatas aksesnya dan tidak disertai metadata pengukuran terbuka (tanggal, metode, koordinat titik ukur, dan datum), sehingga tidak digunakan sebagai penetapan kelayakan teknik konstruksi.

Informasi instansi yang berkaitan dengan lahan pada Tabel 5 mengacu pada rekap data awal penelitian (2026), yaitu Pelindo III Banyuwangi untuk Pusri, Pemkab Situbondo untuk Wongsorejo dan Jangkar, serta Perhutani Situbondo untuk Tampora. Penyebutan tersebut merupakan informasi awal penelitian dan belum menunjukkan status kepemilikan atau kewenangan pengelolaan lahan secara hukum. Nama Pelindo III merujuk pada nomenklatur sebelum penggabungan menjadi PT Pelabuhan Indonesia (Persero) pada 2021 [21]. Berdasarkan wilayah administratif, Wongsorejo berada di Kabupaten Banyuwangi [22], sedangkan Jangkar berada di Kabupaten Situbondo [23]. Lokasi Tampora di Situbondo mengikuti keterangan dalam rekap penelitian. Dengan demikian, terdapat ketidaksesuaian antara penyebutan Pemkab Situbondo pada data awal Wongsorejo dan wilayah administratif lokasi tersebut. Karena dokumen kepemilikan atau pengelolaan bidang tanah belum tersedia untuk diverifikasi, informasi tersebut dipertahankan sebagai data awal penelitian tanpa menyimpulkan status legalitas lahan. Verifikasi administratif dan hukum diperlukan pada tahap kajian kelayakan lanjutan sebelum penetapan lokasi pembangunan dermaga.

Tabel 6. Bobot Kriteria dan Subkriteria Berdasarkan ANP

Kriteria	Bobot Kriteria	Subkriteria	Bobot Subkriteria
Teknis	0,55901	Letak	0,21584
		Lahan	0,07534
		Kedalaman	0,24839
		Pasang Surut	0,12667
		Tinggi Gelombang	0,24532
		Alur Pelayaran	0,08844
Logistik	0,24823	Sumber Bekal	0,25760
		Fasilitas Jasa	0,13093
		Listrik	0,11321
		Air Bersih	0,09968
		Bahan Bakar	0,39858
Lingkungan	0,19275	Penduduk	0,13999
		Kondisi Jalan	0,17325
		Keamanan	0,37395
		Kerawanan	0,31281

Sumber: Keluaran prioritas Normalized by Cluster dari model akhir Super Decisions (2026). Bobot ditulis lima angka desimal: jumlah bobot subkriteria tiap klaster = 1,00000, sedangkan jumlah ketiga bobot kriteria = 0,99999 karena pembulatan tampilan.

Hasil ANP pada Tabel 6 memperlihatkan bahwa kriteria teknis memperoleh bobot terbesar, yaitu 0,55901, diikuti logistik 0,24823 dan lingkungan 0,19275. Bobot tersebut diambil dari keluaran Normalized by Cluster pada model akhir ANP penelitian, bukan dihitung ulang dengan mengganti masukan pakar. Ketiga bobot berjumlah 0,99999 pada lima desimal, sedangkan total bobot dalam masing-masing kelompok subkriteria tepat 1,00000 pada presisi yang sama. Kondisi tersebut mengatasi selisih penjumlahan pada penyajian tiga desimal. Perbandingan ini menunjukkan dominasi penilaian teknis dalam penjaringan awal, tanpa membuktikan kelayakan akhir lokasi untuk konstruksi dermaga.

Pada kelompok teknis, kedalaman memperoleh bobot lokal sebesar 0,24839 dan tinggi gelombang sebesar 0,24532; selisih 0,00307 menunjukkan prioritas yang relatif berdekatan. Letak mendapat bobot 0,21584, pasang surut 0,12667, alur pelayaran 0,08844, dan lahan 0,07534. Nilai tersebut merupakan bobot relatif berdasarkan penilaian pakar, bukan hasil survei langsung yang menjamin kedalaman, tinggi gelombang, atau kelayakan suatu tapak telah memenuhi standar konstruksi. Faktor keselamatan navigasi, sarat kapal, ruang manuver, dan akses tetap memerlukan penilaian teknis tersendiri.

Pada kelompok logistik, bahan bakar memperoleh bobot lokal terbesar (0,39858), diikuti sumber bekal (0,25760), fasilitas jasa (0,13093), listrik (0,11321), dan air bersih (0,09968). Pada kelompok lingkungan, keamanan memiliki bobot 0,37395, kerawanan 0,31281, kondisi jalan 0,17325, dan penduduk 0,13999. Angka menunjukkan prioritas pertimbangan dalam masing-masing klaster ANP. Arah penilaian risiko, terutama pada kerawanan, harus tetap ditafsirkan sebagai tingkat dukungan atau kesesuaian, bukan nilai bahaya fisik yang semakin tinggi selalu lebih baik.

Informasi mengenai instansi yang berkaitan dengan lahan pada Tabel 5 bersumber dari rekap data awal penelitian tahun 2026, yang mencantumkan Pelindo III Banyuwangi pada lokasi Pusri, Pemkab Situbondo pada Wongsorejo dan Jangkar, serta Perhutani Situbondo pada Tampora. Informasi tersebut digunakan sebagai gambaran awal kondisi lokasi dan tidak dimaksudkan sebagai bukti kepemilikan maupun kewenangan pengelolaan lahan. Penyebutan Pelindo III

mengikuti nomenklatur dalam data awal, sedangkan nama kelembagaan saat ini adalah PT Pelabuhan Indonesia (Persero) setelah penggabungan pada 2021. Berdasarkan data administratif, Wongsorejo termasuk wilayah Kabupaten Banyuwangi [22], sedangkan Jangkar berada di Kabupaten Situbondo [23]. Lokasi Tampora di Kabupaten Situbondo mengacu pada keterangan dalam rekap penelitian. Perbedaan antara informasi instansi yang tercantum untuk Wongsorejo dan wilayah administratifnya menunjukkan perlunya verifikasi lebih lanjut terhadap status pengelolaan lahan. Mengingat dokumen legalitas bidang tanah belum tersedia untuk pemeriksaan, penelitian ini tidak menetapkan status kepemilikan maupun hak pengelolaan pada keempat alternatif lokasi. Oleh karena itu, verifikasi dokumen pertanahan, kewenangan pengelolaan, dan kesesuaian tata ruang diperlukan sebelum penetapan lokasi pembangunan dermaga.

Tabel 7. Lima Matriks ANP dengan Rasio Konsistensi Tidak Memenuhi Ambang

***Node* asal**	**Kelompok sasaran**	**CR**
Kondisi Jalan	Kriteria	0,5333
Penduduk	Kriteria	0,7515
Penduduk	Subkriteria Logistik	0,1014
Air Bersih	Kriteria	0,5573
Bahan Bakar	Kriteria	0,4706

Sumber: Penghitungan ulang matriks proyek akhir *Super Decisions*; penilaian pakar tidak diubah. CR ≥ 0,10 memerlukan perhatian dalam interpretasi.

Tabel 8. Contoh Hubungan Konseptual Antarkriteria dalam ANP

Kelompok Hubungan	**Contoh Hubungan**	**Makna dalam Penilaian Dermaga**
Innerdependence teknis	Letak-kedalaman; letak-pasang surut; letak-tinggi gelombang	Posisi lokasi selalu berkaitan dengan kondisi perairan dan keselamatan olah gerak.
Innerdependence logistik	Air bersih-listrik; fasilitas jasa-sumber bekal; bahan bakar-sumber bekal	Dukungan layanan kapal dipengaruhi ketersediaan fasilitas pendukung di sekitar lokasi.
Innerdependence lingkungan	Penduduk-keamanan; kondisi jalan-keamanan; keamanan-kerawanan	Stabilitas kawasan dan akses darat saling mempengaruhi keberlanjutan layanan dermaga.
Outerdependence	Letak terhadap fasilitas jasa; kedalaman terhadap keamanan; jalan terhadap logistik	Kriteria teknis, logistik, dan lingkungan tidak berdiri sendiri dalam keputusan lokasi.

Sumber: Identifikasi hubungan konseptual berdasarkan data penelitian, 2026.

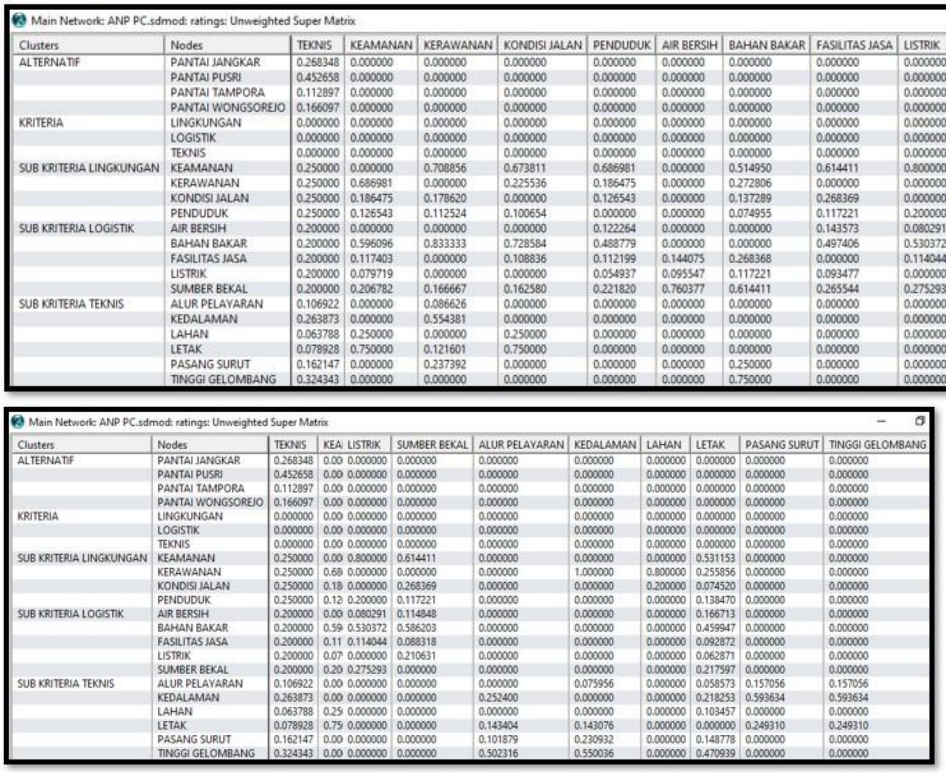
Tabel 8 menjelaskan contoh hubungan antarnode yang diakomodasi dalam jaringan ANP. Struktur model didasarkan pada interaksi dalam dan antarkelompok berdasarkan rancangan penelitian dan berkas final Super Decisions. Relasi yang tersimpan dengan angka nol tidak ditafsirkan otomatis sebagai penilaian hilang; ketiadaan pengaruh antarnode dapat menghasilkan blok nol dalam rancangan jaringan. Dengan demikian, contoh pada tabel digunakan untuk menerangkan rancangan hubungan, bukan untuk mengklaim bahwa setiap relasi memiliki nilai perbandingan nonnol atau telah lulus uji konsistensi.

Nilai CR yang tidak memenuhi ambang dirangkum pada Tabel 7. Cuplikan *unweighted supermatrix*, *weighted supermatrix*, dan *limit supermatrix* dari arsip pengolahan penelitian ditampilkan dalam Gambar 2–4, sedangkan tampilan bobot prioritas disajikan dalam Gambar 1. Model ANP PC merupakan proyek akhir pengolahan penelitian sebagaimana dikonfirmasi peneliti. Namun, cuplikan layar hanya mendokumentasikan entri yang tampak, sehingga lampiran ini tidak diklaim sebagai ekspor seluruh matriks numerik.



Gambar 1. Tampilan Prioritas ANP *Normalized by Cluster* pada *Super Decisions*

Sumber: Keluaran model ANP pada Super Decisions (2026). Gambar merupakan cuplikan antarmuka, bukan ekspor numerik lengkap; publikasi tunduk pada ketentuan izin dan keterbukaan data institusi.



Main Network: ANP PC.sdmod: ratings: Unweighted Super Matrix

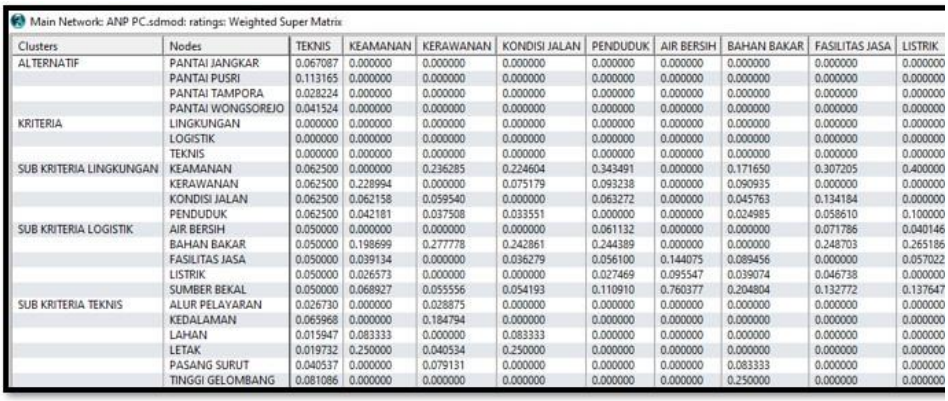
Clusters	Nodes	TEKNIS	KEAMANAN	KERAWANAN	KONDISI JALAN	PENDUDUK	AIR BERSIH	BAHAN BAKAR	FASILITAS JASA	LISTRIK
ALTERNATIF	PANTAI JANGKAR	0.268348	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI PUSRI	0.452658	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI TAMPORA	0.112897	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI WONGSOREJO	0.166097	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
KRITERIA	LINGKUNGAN	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LOGISTIK	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	TEKNIS	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA LINGKUNGAN	KEAMANAN	0.250000	0.000000	0.708856	0.673811	0.686981	0.000000	0.514950	0.614411	0.800000
	KERAWANAN	0.250000	0.686981	0.000000	0.225536	0.186475	0.000000	0.272806	0.000000	0.000000
	KONDISI JALAN	0.250000	0.186475	0.178620	0.000000	0.126543	0.000000	0.137289	0.268369	0.000000
	PENDUDUK	0.250000	0.126543	0.112524	0.100654	0.000000	0.000000	0.074955	0.117221	0.200000
SUB KRITERIA LOGISTIK	AIR BERSIH	0.200000	0.000000	0.000000	0.000000	0.122264	0.000000	0.000000	0.143573	0.080291
	BAHAN BAKAR	0.200000	0.596096	0.833333	0.728584	0.488779	0.000000	0.000000	0.497406	0.530372
	FASILITAS JASA	0.200000	0.117403	0.000000	0.108836	0.112199	0.144075	0.268368	0.000000	0.114044
	LISTRIK	0.200000	0.079719	0.000000	0.000000	0.054937	0.095547	0.117221	0.093477	0.000000
	SUMBER BEKAL	0.200000	0.206782	0.166667	0.162580	0.221820	0.760377	0.614411	0.265544	0.275293
SUB KRITERIA TEKNIS	ALUR PELAYARAN	0.106922	0.000000	0.086626	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	KEDALAMAN	0.263873	0.000000	0.554381	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LAHAN	0.063788	0.250000	0.000000	0.250000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LETAK	0.078928	0.750000	0.121601	0.750000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PASANG SURUT	0.162147	0.000000	0.237392	0.000000	0.000000	0.000000	0.250000	0.000000	0.000000
	TINGGI GELOMBANG	0.324343	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.750000	0.000000	0.000000

Main Network: ANP PC.sdmod: ratings: Unweighted Super Matrix

Clusters	Nodes	TEKNIS	KEA	LISTRIK	SUMBER BEKAL	ALUR PELAYARAN	KEDALAMAN	LAHAN	LETAK	PASANG SURUT	TINGGI GELOMBANG
ALTERNATIF	PANTAI JANGKAR	0.268348	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI PUSRI	0.452658	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI TAMPORA	0.112897	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI WONGSOREJO	0.166097	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
KRITERIA	LINGKUNGAN	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LOGISTIK	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	TEKNIS	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA LINGKUNGAN	KEAMANAN	0.250000	0.00	0.800000	0.614411	0.000000	0.000000	0.000000	0.531153	0.000000	0.000000
	KERAWANAN	0.250000	0.68	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.800000	0.255856	0.000000	0.000000
	KONDISI JALAN	0.250000	0.18	0.000000	0.268369	0.000000	0.000000	0.200000	0.074520	0.000000	0.000000
	PENDUDUK	0.250000	0.12	0.200000	0.117221	0.000000	0.000000	0.000000	0.138470	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA LOGISTIK	AIR BERSIH	0.200000	0.00	0.080291	0.114848	0.000000	0.000000	0.000000	0.166713	0.000000	0.000000
	BAHAN BAKAR	0.200000	0.59	0.530372	0.586203	0.000000	0.000000	0.000000	0.459947	0.000000	0.000000
	FASILITAS JASA	0.200000	0.11	0.114044	0.088318	0.000000	0.000000	0.000000	0.092872	0.000000	0.000000
	LISTRIK	0.200000	0.07	0.000000	0.210631	0.000000	0.000000	0.000000	0.062871	0.000000	0.000000
	SUMBER BEKAL	0.200000	0.20	0.275293	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.217597	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA TEKNIS	ALUR PELAYARAN	0.106922	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.075956	0.000000	0.058573	0.157056	0.157056
	KEDALAMAN	0.263873	0.00	0.000000	0.000000	0.252400	0.000000	0.000000	0.218253	0.593634	0.593634
	LAHAN	0.063788	0.25	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.103457	0.000000	0.000000
	LETAK	0.078928	0.75	0.000000	0.000000	0.143404	0.143076	0.000000	0.000000	0.249310	0.249310
	PASANG SURUT	0.162147	0.00	0.000000	0.000000	0.101879	0.230932	0.000000	0.148778	0.000000	0.000000
	TINGGI GELOMBANG	0.324343	0.00	0.000000	0.000000	0.502316	0.550036	0.000000	0.470939	0.000000	0.000000

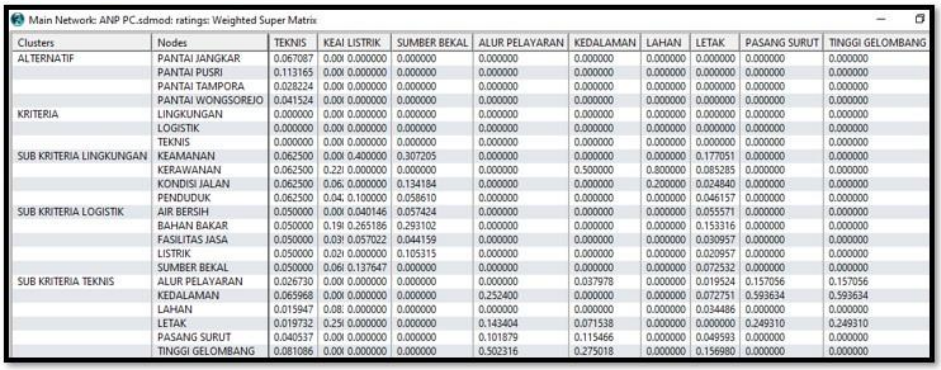
Gambar 2. Cuplikan *Unweighted Supermatrix* pada *Super Decisions*

Sumber: Keluaran unweighted supermatrix dari model Super Decisions (2026). Dua panel memperlihatkan kelompok kolom berbeda; publikasi tunduk pada ketentuan izin dan keterbukaan data institusi.



Main Network: ANP PC.sdmod: ratings: Weighted Super Matrix

Clusters	Nodes	TEKNIS	KEAMANAN	KERAWANAN	KONDISI JALAN	PENDUDUK	AIR BERSIH	BAHAN BAKAR	FASILITAS JASA	LISTRIK
ALTERNATIF	PANTAI JANGKAR	0.067087	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI PUSRI	0.113165	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI TAMPORA	0.028224	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI WONGSOREJO	0.041524	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
KRITERIA	LINGKUNGAN	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LOGISTIK	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	TEKNIS	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA LINGKUNGAN	KEAMANAN	0.062500	0.000000	0.236285	0.224604	0.343491	0.000000	0.171650	0.307205	0.400000
	KERAWANAN	0.062500	0.228994	0.000000	0.075179	0.093238	0.000000	0.090935	0.000000	0.000000
	KONDISI JALAN	0.062500	0.062158	0.059540	0.000000	0.063272	0.000000	0.045763	0.134184	0.000000
	PENDUDUK	0.062500	0.042181	0.037508	0.033551	0.000000	0.000000	0.024985	0.058610	0.100000
SUB KRITERIA LOGISTIK	AIR BERSIH	0.050000	0.000000	0.000000	0.000000	0.061132	0.000000	0.000000	0.071786	0.040146
	BAHAN BAKAR	0.050000	0.198699	0.277778	0.242861	0.244389	0.000000	0.000000	0.248703	0.265186
	FASILITAS JASA	0.050000	0.039134	0.000000	0.036279	0.056100	0.144075	0.089456	0.000000	0.057022
	LISTRIK	0.050000	0.026573	0.000000	0.000000	0.027469	0.095547	0.039074	0.046738	0.000000
	SUMBER BEKAL	0.050000	0.068927	0.055556	0.054193	0.110910	0.760377	0.204804	0.132772	0.137647
SUB KRITERIA TEKNIS	ALUR PELAYARAN	0.026730	0.000000	0.028875	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	KEDALAMAN	0.065968	0.000000	0.184794	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LAHAN	0.015947	0.083333	0.000000	0.083333	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LETAK	0.019732	0.250000	0.040534	0.250000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PASANG SURUT	0.040537	0.000000	0.079131	0.000000	0.000000	0.000000	0.083333	0.000000	0.000000
	TINGGI GELOMBANG	0.081086	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.250000	0.000000	0.000000

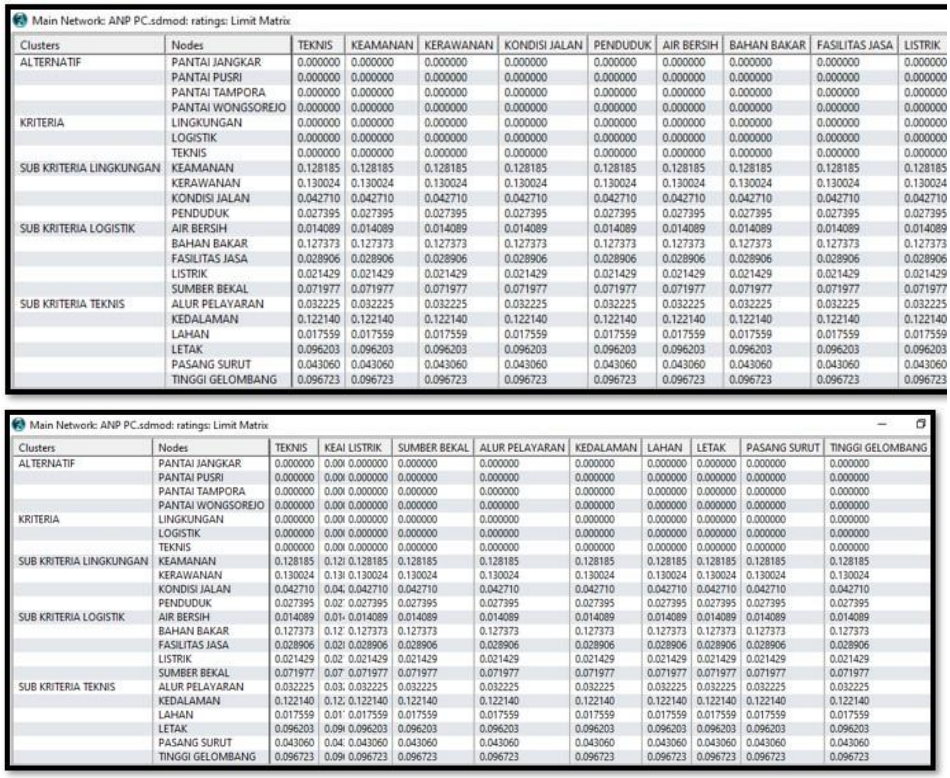


Main Network: ANP PC.sdmod: ratings: Weighted Super Matrix

Clusters	Nodes	TEKNIS	KEA	LISTRIK	SUMBER BEKAL	ALUR PELAYARAN	KEDALAMAN	LAHAN	LETAK	PASANG SURUT	TINGGI GELOMBANG
ALTERNATIF	PANTAI JANGKAR	0.067087	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI PUSRI	0.113165	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI TAMPORA	0.028224	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI WONGSOREJO	0.041524	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
KRITERIA	LINGKUNGAN	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LOGISTIK	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	TEKNIS	0.000000	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA LINGKUNGAN	KEAMANAN	0.062500	0.00	0.400000	0.307205	0.000000	0.000000	0.000000	0.177051	0.000000	0.000000
	KERAWANAN	0.062500	0.22	0.000000	0.000000	0.000000	0.500000	0.800000	0.085285	0.000000	0.000000
	KONDISI JALAN	0.062500	0.06	0.000000	0.134184	0.000000	0.000000	0.200000	0.024840	0.000000	0.000000
	PENDUDUK	0.062500	0.04	0.100000	0.058610	0.000000	0.000000	0.000000	0.046157	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA LOGISTIK	AIR BERSIH	0.050000	0.00	0.040146	0.057424	0.000000	0.000000	0.000000	0.055571	0.000000	0.000000
	BAHAN BAKAR	0.050000	0.19	0.265186	0.293102	0.000000	0.000000	0.000000	0.153316	0.000000	0.000000
	FASILITAS JASA	0.050000	0.03	0.057022	0.044159	0.000000	0.000000	0.000000	0.030957	0.000000	0.000000
	LISTRIK	0.050000	0.02	0.000000	0.105315	0.000000	0.000000	0.000000	0.020957	0.000000	0.000000
	SUMBER BEKAL	0.050000	0.06	0.137647	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.072532	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA TEKNIS	ALUR PELAYARAN	0.026730	0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.037978	0.000000	0.019524	0.157056	0.157056
	KEDALAMAN	0.065968	0.00	0.000000	0.000000	0.252400	0.000000	0.000000	0.072751	0.593634	0.593634
	LAHAN	0.015947	0.08	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.034486	0.000000	0.000000
	LETAK	0.019732	0.25	0.000000	0.000000	0.143404	0.071538	0.000000	0.000000	0.249310	0.249310
	PASANG SURUT	0.040537	0.00	0.000000	0.000000	0.101879	0.115466	0.000000	0.049593	0.000000	0.000000
	TINGGI GELOMBANG	0.081086	0.00	0.000000	0.000000	0.502316	0.275018	0.000000	0.156980	0.000000	0.000000

Gambar 3. Cuplikan *Weighted Supermatrix* pada *Super Decisions*

Sumber: Keluaran weighted supermatrix dari model Super Decisions (2026). Cuplikan bukan ekspor numerik lengkap; publikasi tunduk pada ketentuan izin dan keterbukaan data institusi.



Main Network: ANP PC.sdmod: ratings: Limit Matrix

Clusters	Nodes	TEKNIS	KEAMANAN	KERAWANAN	KONDISI JALAN	PENDUDUK	AIR BERSIH	BAHAN BAKAR	FASILITAS JASA	LISTRIK
ALTERNATIF	PANTAI JANGKAR	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI PUSRI	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI TAMPORA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI WONGSOREJO	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
KRITERIA	LINGKUNGAN	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LOGISTIK	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	TEKNIS	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA LINGKUNGAN	KEAMANAN	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185
	KERAWANAN	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024
	KONDISI JALAN	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710
	PENDUDUK	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395
SUB KRITERIA LOGISTIK	AIR BERSIH	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089
	BAHAN BAKAR	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373
	FASILITAS JASA	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906
	LISTRIK	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429
	SUMBER BEKAL	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977
SUB KRITERIA TEKNIS	ALUR PELAYARAN	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225
	KEDALAMAN	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140
	LAHAN	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559
	LETAK	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203
	PASANG SURUT	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060
	TINGGI GELOMBANG	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723

Main Network: ANP PC.sdmod: ratings: Limit Matrix

Clusters	Nodes	TEKNIS	KEAI LISTRIK	SUMBER BEKAL	ALUR PELAYARAN	KEDALAMAN	LAHAN	LETAK	PASANG SURUT	TINGGI GELOMBANG
ALTERNATIF	PANTAI JANGKAR	0.000000	0.00(0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI PUSRI	0.000000	0.00(0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI TAMPORA	0.000000	0.00(0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	PANTAI WONGSOREJO	0.000000	0.00(0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
KRITERIA	LINGKUNGAN	0.000000	0.00(0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	LOGISTIK	0.000000	0.00(0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	TEKNIS	0.000000	0.00(0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SUB KRITERIA LINGKUNGAN	KEAMANAN	0.128185	0.12(0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185	0.128185
	KERAWANAN	0.130024	0.13(0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024	0.130024
	KONDISI JALAN	0.042710	0.04(0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710	0.042710
	PENDUDUK	0.027395	0.02' 0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395	0.027395
SUB KRITERIA LOGISTIK	AIR BERSIH	0.014089	0.01- 0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089	0.014089
	BAHAN BAKAR	0.127373	0.12' 0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373	0.127373
	FASILITAS JASA	0.028906	0.02(0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906	0.028906
	LISTRIK	0.021429	0.02' 0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429	0.021429
	SUMBER BEKAL	0.071977	0.07' 0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977	0.071977
SUB KRITERIA TEKNIS	ALUR PELAYARAN	0.032225	0.03(0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225	0.032225
	KEDALAMAN	0.122140	0.12(0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140	0.122140
	LAHAN	0.017559	0.01' 0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559	0.017559
	LETAK	0.096203	0.09(0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203	0.096203
	PASANG SURUT	0.043060	0.04(0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060	0.043060
	TINGGI GELOMBANG	0.096723	0.09(0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723	0.096723

Gambar 4. Cuplikan *Limit Supermatrix* pada *Super Decisions*

Sumber: Keluaran limit supermatrix dari model Super Decisions (2026). Hanya elemen yang tampak pada antarmuka yang disajikan; publikasi tunduk pada ketentuan izin dan keterbukaan data institusi.

Tabel 9 didasarkan pada rata-rata langsung tujuh skor Likert untuk C1, C2, dan C3 di empat alternatif. Sebanyak 84 skor individual dari tabel penilaian TOPSIS disajikan pada Tabel 10 dan dapat dicocokkan dengan *workbook* pengolahan. Skor ini tidak dihitung dari 15 subkriteria ANP, karena peneliti memang meminta penilaian langsung atas tiga kriteria utama. Pemisahan instrumen tersebut merupakan karakteristik desain penelitian dan perlu disebutkan secara eksplisit agar integrasi ANP–TOPSIS tidak salah diartikan sebagai agregasi dua tingkat dari subkriteria ke alternatif.

Ketiga masukan TOPSIS diperlakukan sebagai ukuran tingkat dukungan 1–5 (semakin tinggi semakin baik) sesuai isian dalam lembar kerja. Indikator fisik seperti kedalaman atau gelombang serta indikator risiko seperti kerawanan tidak langsung masuk sebagai angka mentah dalam TOPSIS. Interpretasi ini menghindari asumsi bahwa kedalaman selalu semakin baik atau risiko semakin tinggi selalu menguntungkan. Akan tetapi, tidak adanya rubrik penilaian khusus untuk 15 subkriteria membatasi validasi substantif skor kelompok; penetapan kelayakan fisik tetap memerlukan survei teknis.

Skor Tabel 9 dapat direproduksi langsung dari 84 isian lembar TOPSIS. Misalnya, jumlah skor tujuh pakar untuk Pusri adalah 25 (teknis), 25 (logistik), dan 20 (lingkungan), sehingga diperoleh masing-masing 3,571; 3,571; dan 2,857. Rumus penggabungan penilaian TOPSIS berupa rerata aritmetika tidak boleh dipertukarkan dengan rumus rata-rata geometrik yang diterapkan pada perbandingan berpasangan ANP.

Tabel 9. Skor Agregat Alternatif pada Tiga Kriteria TOPSIS

No	Alternatif	C1 Teknis	C2 Logistik	C3 Lingkungan
1	Pusri	3,571	3,571	2,857
2	Wongsorejo	3,143	3,000	3,000
3	Jangkar	3,286	2,143	3,286
4	Tampora	2,286	2,429	2,286

Tabel 10. Rekapitulasi 84 Skor Penilaian TOPSIS oleh Tujuh Pakar

Kriteria	Pakar	Pusri	Wongsorejo	Jangkar	Tampora
Teknis	R1	5	4	4	3
Teknis	R2	4	3	2	2
Teknis	R3	3	4	3	3
Teknis	R4	3	3	4	1
Teknis	R5	4	3	3	2
Teknis	R6	3	2	3	3
Teknis	R7	3	3	4	2
Logistik	R1	5	3	2	3
Logistik	R2	4	2	3	4
Logistik	R3	3	3	2	3
Logistik	R4	3	3	1	2
Logistik	R5	4	4	3	2

Kriteria	Pakar	Pusri	Wongsorejo	Jangkar	Tampora
Logistik	R6	3	3	2	1
Logistik	R7	3	3	2	2
Lingkungan	R1	3	3	3	4
Lingkungan	R2	2	3	3	3
Lingkungan	R3	3	4	4	3
Lingkungan	R4	3	3	3	1
Lingkungan	R5	3	3	3	2
Lingkungan	R6	3	2	3	1
Lingkungan	R7	3	3	4	2

Sumber: Rekap penilaian tujuh pakar terhadap tiga kriteria untuk empat alternatif. Angka dirata-ratakan secara aritmetika untuk menyusun skor agregat pada Tabel 9.
Sumber: Hasil pengolahan TOPSIS, 2026

Tabel 9 memperlihatkan bahwa Pusri memiliki skor tertinggi pada C1 (teknis) dan C2 (logistik), sedangkan Jangkar tertinggi pada C3 (lingkungan). Keunggulan sebuah lokasi pada satu kriteria belum memastikan peringkat akhir karena perbedaan bobot dan variasi skor antarlokasi. TOPSIS membandingkan jarak tiap alternatif terhadap solusi ideal positif dan negatif setelah skor dinormalisasi serta dibobot [14].

Nilai normalisasi dan kedekatan TOPSIS dapat direproduksi dari 84 skor langsung pada lembar penilaian alternatif serta bobot dasar pada rekap ANP. Penghitungan enam skenario sensitivitas menggunakan matriks penilaian yang sama dengan perubahan bobot sesuai Tabel 15. Bukti penghitungan tersebut dapat ditelusuri secara terpisah dari penilaian berpasangan ANP, sehingga masing-masing tahap memiliki sumber data dan fungsi yang jelas.

Hasil normalisasi matriks keputusan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Matriks Normalisasi Keputusan

Alternatif	C1	C2	C3
Pusri	0,574	0,629	0,496
Wongsorejo	0,506	0,528	0,521
Jangkar	0,528	0,377	0,570
Tampora	0,368	0,428	0,397

Sumber: Hasil pengolahan TOPSIS, 2026

Untuk setiap kriteria j, normalisasi vektor dihitung sebagai $r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{(\Sigma_i x_{ij}^2)}$. Sebagai contoh, normalisasi skor teknis Pusri adalah $3{,}571 / \sqrt{(3{,}571^2 + 3{,}143^2 + 3{,}286^2 + 2{,}286^2)} \approx 0{,}574$. Bobot ANP kemudian diterapkan dengan $v_{ij} = w_j \times r_{ij}$. Contohnya, nilai terbobot teknis Pusri $\approx 0{,}559 \times 0{,}574 = 0{,}321$.

Tabel 12. Matriks Ternormalisasi Terbobot

Alternatif	C1	C2	C3
Pusri	0,321	0,156	0,095
Wongsorejo	0,283	0,131	0,100
Jangkar	0,295	0,094	0,110
Tampora	0,206	0,106	0,076

Sumber: Hasil pengolahan TOPSIS, 2026

Tabel 11 memuat normalisasi vektor skor alternatif pada kriteria teknis (C1), logistik (C2), dan lingkungan (C3). Hasil perkalian nilai ternormalisasi dengan bobot ANP disajikan pada Tabel 12. Pusri memiliki nilai terbobot tertinggi pada C1 dan C2, sedangkan Jangkar tertinggi pada C3. Walaupun bobot teknis paling besar, kontribusinya terhadap urutan alternatif tetap ditentukan juga oleh selisih skor pada setiap kriteria. Nilai pada Tabel 11–12 merupakan hasil transformasi model, bukan pengukuran kelayakan rekayasa yang berdiri sendiri.

Karena ketiga skor agregat diperlakukan sebagai indikator kesesuaian yang semakin tinggi semakin baik, titik ideal positif ditentukan dari nilai maksimum setiap kolom pada Tabel 12 dan titik ideal negatif dari nilai minimumnya. Ketentuan tersebut hanya sah apabila subkriteria biaya, risiko, dan kedalaman telah dikodekan secara konsisten sebelum agregasi. Jarak Euclidean setiap lokasi terhadap kedua titik ideal digunakan untuk menghitung koefisien kedekatan relatif Ci. Hasil jarak dan nilai preferensi disajikan pada Tabel 13. Berdasarkan matriks dengan presisi tiga desimal, vektor ideal positif $\approx (0{,}321; 0{,}156; 0{,}110)$, sedangkan ideal negatif $\approx (0{,}206; 0{,}094; 0{,}076)$.

Tabel 13. Jarak Solusi Ideal, Nilai Preferensi, dan Peringkat TOPSIS

Alternatif	D+	D−	Ci	Peringkat
Pusri	0,0143	0,1327	0,903	1
Wongsorejo	0,0469	0,0889	0,655	2
Jangkar	0,0675	0,0959	0,587	3
Tampora	0,1303	0,0125	0,087	4

Sumber: Hasil pengolahan TOPSIS, 2026

Tabel 13 menunjukkan prioritas dasar Pusri (C_i = 0,903), Wongsorejo (0,655), Jangkar (0,587), dan Tampora (0,087). Perhitungan menggunakan angka presisi yang digunakan pada lembar kerja TOPSIS; jarak D^+ dan D^- ditampilkan

empat desimal untuk meminimalkan kekeliruan pembulatan. Nilai koefisien TOPSIS merupakan ukuran relatif tanpa satuan, bukan persentase kelayakan konstruksi sebesar 90,3%.

Skor logistik Pusri dan Wongsorejo masing-masing 3,571 dan 3,000, sedangkan Jangkar 2,143. Walaupun Jangkar memperoleh skor lingkungan tertinggi (3,286), bobot dasar teknis dan logistik menghasilkan Pusri pada urutan pertama. Tampora berada pada posisi keempat pada kondisi dasar. Koefisien C_i adalah ukuran kedekatan relatif terhadap solusi ideal, bukan peluang keberhasilan pembangunan atau hasil sertifikasi kelayakan konstruksi.

Temuan tersebut sejalan dengan penelitian pemilihan lokasi *dry port* yang mempertimbangkan konektivitas dan dukungan infrastruktur [6] serta kajian lokasi pangkalan UAV yang menggunakan integrasi ANP–TOPSIS [9]. Namun, perbedaan objek dan data membatasi pemindahan kesimpulan antarkasus. Pada Tabel 14, nilai Ci disajikan sebagai urutan prioritas relatif tanpa kategori layak atau tidak layak. Penetapan kelayakan final mensyaratkan pemeriksaan hidrografi, spesifikasi kapal sasaran, navigasi, struktur, anggaran, legalitas, dan dampak lingkungan oleh pihak berwenang.

Tabel 14. Prioritas Relatif Alternatif Berdasarkan Koefisien TOPSIS

Alternatif	Koefisien Ci	Peringkat	Keterangan
Pusri	0,903	1	Prioritas dasar tertinggi
Wongsorejo	0,655	2	Prioritas dasar kedua
Jangkar	0,587	3	Prioritas dasar ketiga
Tampora	0,087	4	Prioritas dasar keempat

Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026

Tabel 14 menunjukkan prioritas relatif empat alternatif berdasarkan koefisien kedekatan TOPSIS. Nilai Ci tidak dikonversi menjadi persentase kelayakan teknis atau kategori kelayakan karena tidak tersedia ambang keselamatan yang divalidasi. Nilai tersebut merupakan hasil perbandingan terhadap solusi ideal positif dan negatif menurut kriteria dan bobot yang digunakan [14].

Pusri menempati urutan pertama untuk ditelaah lebih lanjut, diikuti Wongsorejo, Jangkar, dan Tampora. Urutan tersebut tidak menyatakan bahwa lokasi dengan Ci lebih kecil membutuhkan biaya intervensi lebih besar, sebab kajian biaya dan rancangan teknis belum dilakukan. Area evaluasi lanjutan perlu diturunkan dari indikator yang skornya rendah pada tiap lokasi, kemudian diverifikasi menggunakan data teknis yang diperbolehkan untuk dipublikasikan. Distribusi bobot untuk enam skenario sensitivitas tercantum pada Tabel 15.

Tabel 15. Distribusi Bobot Skenario Analisis Sensitivitas

Kriteria	Nilai Dasar	Sk 1	Sk 2	Sk 3	Sk 4	Sk 5	Sk 6
Teknis	0,559	0,559	0,376	0,404	0,700	0,150	0,200
Logistik	0,248	0,2205	0,248	0,404	0,150	0,700	0,200
Lingkungan	0,192	0,2205	0,376	0,192	0,150	0,150	0,600

Sumber: Perhitungan lembar kerja pengolahan TOPSIS, enam *sheet* SKENARIO 1–6, 2026.

Tabel 15 mengikuti konfigurasi bobot pada *sheet* ANSEV dalam *workbook* penelitian. Pada Skenario 1, nilai dua bobot adalah 0,2205, tetapi ditampilkan sebagai 0,221 dalam presentasi setelah pembulatan tiga desimal. Perhitungan ulang menggunakan 0,2205 agar jumlah bobot skenario tepat satu. Berbeda dari bobot lima desimal Tabel 6 yang didokumentasikan dalam arsip keluaran ANP, lembar TOPSIS dasar menggunakan bobot 0,559; 0,248; dan 0,192 (jumlah tampilan 0,999). Penyesuaian skala bersama tidak mengubah nilai koefisien kedekatan karena seluruh jarak ke solusi ideal dikalikan faktor yang sama. Skor alternatif dipertahankan dalam keenam skenario; hasil pemeringkatan sesuai dengan *workbook* sumber pada tiga desimal.

Tabel 16. Nilai Preferensi pada Enam Skenario Sensitivitas

Alternatif	Dasar	Sk 1	Sk 2	Sk 3	Sk 4	Sk 5	Sk 6
Pusri	0,903	0,888	0,792	0,903	0,931	0,941	0,664
Wongsorejo	0,655	0,658	0,661	0,631	0,664	0,604	0,688
Jangkar	0,587	0,615	0,579	0,414	0,700	0,168	0,681
Tampora	0,087	0,079	0,099	0,144	0,048	0,194	0,078

Sumber: Perhitungan lembar kerja pengolahan TOPSIS, enam *sheet* SKENARIO 1–6, 2026.

Tabel 17. Perubahan Urutan Keempat Alternatif pada Enam Skenario

Kondisi	Urutan peringkat 1–4	Perubahan terhadap dasar	Kendall τ
Dasar	Pusri – Wongsorejo – Jangkar – Tampora	Acuan	1,000
Skenario 1	Pusri – Wongsorejo – Jangkar – Tampora	Tidak berubah	1,000
Skenario 2	Pusri – Wongsorejo – Jangkar – Tampora	Tidak berubah	1,000
Skenario 3	Pusri – Wongsorejo – Jangkar – Tampora	Tidak berubah	1,000
Skenario 4	Pusri – Jangkar – Wongsorejo – Tampora	Jangkar dan Wongsorejo bertukar	0,667
Skenario 5	Pusri – Wongsorejo – Tampora – Jangkar	Tampora naik ke posisi ketiga	0,667
Skenario 6	Wongsorejo – Jangkar – Pusri – Tampora	Wongsorejo naik pertama; Pusri turun ketiga	0,333

Sumber: Diolah dari Tabel 16. Kendall τ dibandingkan dengan peringkat dasar.

Berdasarkan Tabel 15–17, peringkat Pusri–Wongsorejo–Jangkar–Tampora tetap pada Skenario 1, 2, dan 3. Pada Skenario 4, bobot teknis meningkat menjadi 0,700 sehingga Pusri tetap pertama dan Jangkar naik ke peringkat kedua. Pada Skenario 5, bobot logistik 0,700 menempatkan Tampora di urutan ketiga di atas Jangkar, sedangkan Pusri tetap pertama. Pada Skenario 6 dengan bobot lingkungan 0,600, Wongsorejo menjadi peringkat pertama (0,688), diikuti Jangkar (0,681), Pusri (0,664), dan Tampora (0,078). Nilai-nilai ini merupakan hasil perhitungan ulang berdasarkan konfigurasi bobot pada lembar pengaturan skenario.

Pusri mempertahankan peringkat pertama pada lima dari enam skenario. Tampora menempati posisi keempat pada lima skenario, tetapi naik ke posisi ketiga pada Skenario 5. Kendall τ terhadap urutan dasar bernilai 1,000 untuk Skenario 1–3, 0,667 untuk Skenario 4–5, dan 0,333 untuk Skenario 6. Analisis tersebut terbatas pada enam konfigurasi yang diuji dan tidak menjadi estimasi probabilitas objektif kelayakan lokasi [24].

Penelitian ini memperlihatkan pemanfaatan ANP–TOPSIS untuk penjaringan awal lokasi pendukung operasi maritim, bukan pengembangan algoritma baru. Pendekatan serupa pada pemilihan lokasi pangkalan dan fasilitas transportasi telah dilaporkan dalam penelitian sebelumnya [7], [9], [12], [13]. Namun, pemeringkatan berbasis skor kelompok bersifat kompensatoris sehingga tidak dapat menggantikan persyaratan wajib keselamatan, legalitas, anggaran, dan evaluasi dampak lingkungan.

Karena TOPSIS bersifat kompensatoris, nilai tinggi pada satu aspek dapat mengimbangi kelemahan di aspek lain. Hasil pemeringkatan harus dibedakan dari penyaringan persyaratan wajib, seperti legalitas lahan, keselamatan navigasi, kecukupan kedalaman dan ruang manuver berdasarkan kapal sasaran, kelayakan struktur, ketersediaan anggaran, serta kepatuhan lingkungan. Keempat alternatif belum dibuktikan lulus seluruh persyaratan tersebut. Oleh karena itu, koefisien Ci digunakan untuk menentukan prioritas pemeriksaan lanjutan, bukan untuk mengesahkan lokasi konstruksi.

Keterbatasan penelitian mencakup lima matriks dengan nilai CR ≥ 0,10 yang ditemukan ketika perbandingan dalam proyek akhir *Super Decisions* dihitung ulang. Berkas proyek dan rekap pengolahan digunakan sebagai sumber hasil penelitian. Nilai CR dihitung ulang untuk pemeriksaan keterlacakan dan disajikan tanpa mengubah jawaban asli pakar. Tangkapan layar ketiga supermatrix dari arsip penelitian disajikan pada Gambar 2–4, tetapi belum memuat seluruh nilai matriks yang memungkinkan audit numerik independen secara menyeluruh. Informasi kondisi lokasi berasal dari ringkasan institusional dan wawancara beberapa Danposal dengan batasan keterbukaan data teknis, sedangkan penyebutan instansi pada kolom lahan belum membuktikan hak atas persil calon dermaga. Oleh sebab itu, peringkat diinterpretasikan sebagai prioritas awal berdasarkan penilaian pakar, bukan keputusan akhir kelayakan konstruksi. Penilaian ulang pada lima matriks tersebut dan pemeriksaan dokumen sumber oleh pemilik data diperlukan sebelum model dimanfaatkan sebagai dasar penetapan lokasi. Izin penyajian tangkapan layar dan keterbukaan informasi institusional tetap memerlukan konfirmasi dari pihak yang berwenang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan bobot kriteria ANP yang didokumentasikan dalam keluaran akhir *Super Decisions* dan 84 penilaian langsung TOPSIS dari tujuh pakar, alternatif Pusri (0,903) menempati prioritas pertama, diikuti Wongsorejo (0,655), Jangkar (0,587), dan Tampora (0,087). Pusri tetap peringkat pertama dalam lima dari enam skenario sensitivitas, sedangkan Wongsorejo unggul pada skenario dengan bobot lingkungan 0,600. Penyajian bobot hingga lima desimal memperjelas selisih pembulatan pada pembobotan utama dan lokal. Model ANP telah dinyatakan final oleh peneliti, tetapi pemeriksaan mandiri menunjukkan lima matriks dengan CR ≥ 0,10; hasil tersebut menjadi keterbatasan konsistensi yang harus dipertimbangkan dalam interpretasi. Rekomendasi prioritas tetap memerlukan evaluasi teknis, legalitas lahan, keselamatan navigasi, serta aspek lingkungan sebelum penetapan pembangunan. Penetapan final ditangguhkan sampai inkonsistensi penilaian yang material ditinjau kembali, status bidang lahan diperjelas, dan dokumen teknis pendukung diverifikasi sesuai kewenangan institusi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh narasumber dan pihak yang mendukung pelaksanaan penelitian serta penyusunan data yang digunakan dalam kajian ini.

DEKLARASI

Penggunaan Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence)

ChatGPT (OpenAI) digunakan sebagai alat bantu penyuntingan bahasa, konsistensi istilah, penataan format, dan peninjauan kejelasan penyajian. Penggunaan tersebut bukan sumber data primer maupun pengganti penilaian tujuh pakar. Keakuratan data, penghitungan, sitasi, interpretasi, dan keputusan akhir naskah sepenuhnya menjadi tanggung jawab para penulis.

Kontribusi Penulis

Eman Soleman: konseptualisasi penelitian, pengumpulan data, pengolahan dan analisis ANP–TOPSIS, interpretasi hasil, serta penyusunan draf awal. Taufik Ramdhan: supervisi akademik, penelaahan metodologi, dan revisi substansi ilmiah. Rudi Hartono Siregar: supervisi akademik, penelaahan hasil analisis, serta penyempurnaan naskah.

Pendanaan

Dokumen penelitian yang tersedia tidak melaporkan sumber pendanaan khusus, sponsor eksternal, atau nomor hibah. Dengan demikian, tidak ada sumber hibah yang dapat dicantumkan berdasarkan dokumen tersebut. Pernyataan mengenai ketiadaan pendanaan eksternal tetap memerlukan pengesahan penulis.

Persetujuan Etik / Kelaikan Etik

Penelitian menggunakan penilaian tujuh pakar dan informasi dari wawancara dengan narasumber institusional. Identitas pakar disajikan melalui kode R1–R7, sedangkan hasil penilaian dilaporkan dalam bentuk agregat. Dokumen yang tersedia tidak mencantumkan nomor persetujuan etik atau surat pengecualian etik. Oleh sebab itu, artikel tidak mengklaim persetujuan maupun pengecualian etik yang belum dibuktikan; ketentuan persetujuan partisipan dan izin institusi tetap mengikuti kebijakan yang berlaku.

Konflik Kepentingan

Tidak terdapat konflik kepentingan finansial, profesional, maupun kelembagaan yang dilaporkan dalam dokumen penelitian yang tersedia. Pernyataan ini menunjukkan status pelaporan pada dokumen, bukan pengesahan independen atas ketiadaan konflik; konfirmasi akhir merupakan tanggung jawab seluruh penulis.

Pernyataan Ketersediaan Data

Data penilaian alternatif dan skenario sensitivitas yang digunakan dalam penelitian dihimpun dalam *workbook* pengolahan, sedangkan struktur dan perbandingan ANP tersimpan dalam model *Super Decisions*. Informasi teknis lokasi diperoleh melalui wawancara dengan beberapa Danposal di lingkungan Posal/Lanal Banyuwangi. Akses terhadap dokumen teknis rinci tunduk pada ketentuan instansi yang berwenang sehingga tidak disertakan dalam artikel. Hasil perhitungan yang dapat dipublikasikan, termasuk rekonstruksi rasio konsistensi dan skor alternatif, disajikan secara agregat untuk mendukung keterlacakan metode tanpa membuka bahan terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Božičević, I. Lovrić, D. Bartulović, S. Steiner, V. Roso, and J. Pašagić Škrinjar, "Determining Optimal Dry Port Location for Seaport Rijeka Using AHP Decision-Making Methodology," *Sustainability*, vol. 13, no. 11, p. 6471, 2021, doi: 10.3390/su13116471.

[2] D. Županović, A. Gundić, A. Zekić, and T. Mavra, "Sustainable Multi-Criteria Decision Port Development Framework," *TransNav, Int. J. Mar. Navig. Saf. Sea Transp.*, vol. 18, no. 4, pp. 831–845, 2024, doi: 10.12716/1001.18.04.10.

[3] T. A. Rodrigues, C. M. M. Mota, and I. M. Santos, "Determining Dry Port Criteria That Support Decision Making," *Res. Transp. Econ.*, vol. 88, p. 100994, 2021, doi: 10.1016/j.retrec.2020.100994.

[4] S. Tadić, M. Krstić, V. Roso, and N. Brnjac, "Dry Port Terminal Location Selection by Applying the Hybrid Grey MCDM Model," *Sustainability*, vol. 12, no. 17, p. 6983, 2020, doi: 10.3390/su12176983.

[5] N. G. Raad, S. Rajendran, and S. Salimi, "A Novel Three-Stage Fuzzy GIS-MCDA Approach to the Dry Port Site Selection Problem: A Case Study of Shahid Rajaei Port in Iran," *Comput. & Ind. Eng.*, vol. 168, p. 108112, 2022, doi: 10.1016/j.cie.2022.108112.

[6] M. M. H. Chowdhury and Z. H. Munim, "Dry Port Location Selection Using a Fuzzy AHP-BWM-PROMETHEE Approach," *Marit. Econ. Logist.*, vol. 25, no. 2, pp. 301–329, 2023, doi: 10.1057/s41278-022-00230-0.

[7] D. Pušić and Z. Lušić, "Multi-Criteria Decision Analysis for Nautical Anchorage Selection," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 11, no. 4, p. 728, 2023, doi: 10.3390/jmse11040728.

[8] M. dos Santos, I. P. de A. Costa, and C. F. S. Gomes, "Multicriteria Decision-Making in the Selection of Warships: A New Approach to the AHP Method," *Int. J. Anal. Hierarchy Process*, vol. 13, no. 1, pp. 147–169, 2021, doi: 10.13033/ijahp.v13i1.833.

[9] H. Amrullah, C. Imron, J. Purnomo, and C. Kusuma, "Selection of the Location of Unmanned Aerial Vehicles Land Base for Supporting the Task of the Indonesian Navy," *J. ASRO*, vol. 13, no. 4, pp. 26–35, 2022, [Online]. Available: https://asrojournal-sttal.ac.id/index.php/ASRO/article/view/464

[10] N. G. Bilgin, G. Bozma, and M. Riaz, "Location Selection Criteria for a Military Base in Border Region Using N-AHP Method," *AIMS Math.*, vol. 9, no. 3, pp. 7529–7551, 2024, doi: 10.3934/math.2024365.

[11] A. K. Bojer, F. F. Woldesilassie, T. G. Debelee, S. R. Kebede, and S. Z. Esubalew, "AHP and Machine Learning-Based Military Strategic Site Selection: A Case Study of Adea District East Shewa Zone, Ethiopia," *J. Sensors*, vol. 2023, p. 6651486, 2023, doi: 10.1155/2023/6651486.

[12] A. Ahmadi and D. Herdiawan, "The Implementation of BORDA and PROMETHEE for Decision Making of Naval Base Selection," *Decis. Sci. Lett.*, vol. 10, no. 2, pp. 129–138, 2021, doi: 10.5267/j.dsl.2020.11.006.

[13] T. N.-M. Nong, "A Hybrid Model for Distribution Center Location Selection," *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 38, no. 1, pp. 40–49, 2022, doi: 10.1016/j.ajsl.2021.10.003.

[14] C.-L. Hwang and K. Yoon, *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey*. Springer, 1981. doi: 10.1007/978-3-642-48318-9.

[15] T. L. Saaty, "Fundamentals of the Analytic Network Process: Dependence and Feedback in Decision-Making with a Single Network," *J. Syst. Sci. Syst. Eng.*, vol. 13, no. 2, pp. 129–157, 2004, doi: 10.1007/s11518-006-0158-y.

[16] E. Soleman, "Analisis Kelayakan Pembangunan Dermaga Lanal Banyuwangi dalam Rangka Mendukung Operasional KRI," Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, 2026.
[17] E. Forman and K. Peniwati, "Aggregating Individual Judgments and Priorities with the Analytic Hierarchy Process," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 108, no. 1, pp. 165–169, 1998, doi: 10.1016/S0377-2217(97)00244-0.
[18] A. López-Pérez, G. Colín-García, H. Moya, M. A. Bolaños-González, D. S. Fernández-Reynoso, and A. S. Cruz-Ramírez, "Application of the Analytic Network Process for Sub-Watershed Prioritization in the Huehuetan River Basin, Chiapas, Mexico," *Land*, vol. 13, no. 11, p. 1868, 2024, doi: 10.3390/land13111868.
[19] H. Taherdoost and M. Madanchian, "Analytic Network Process (ANP) Method: A Comprehensive Review of Applications, Advantages, and Limitations," *J. Data Sci. Intell. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–18, 2023, doi: 10.47852/bonviewJDSIS3202885.
[20] C.-H. Chen, "A Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Approach Based on ANP-Entropy TOPSIS for Building Materials Supplier Selection," *Entropy*, vol. 23, no. 12, p. 1597, 2021, doi: 10.3390/e23121597.
[21] PT Pelabuhan Indonesia (Persero), "Sejarah Pelindo," 2021. [Online]. Available: https://pelindo.co.id/page/sejarah-pelindo
[22] Badan Pusat Statistik Kabupaten Banyuwangi, "Kecamatan Wongsorejo Dalam Angka 2025," 2025. [Online]. Available: https://banyuwangikab.bps.go.id/id/publication/2025/09/26/f513e50d64e71b6cd8aca8f1/kecamatan-wongsorejo-dalam-angka-2025.html
[23] Badan Pusat Statistik Kabupaten Situbondo, "Kecamatan Jangkar Dalam Angka 2025," 2025. [Online]. Available: https://situbondokab.bps.go.id/id/publication/2025/09/26/3eef4cd80858fed17ed1efd5/kecamatan-jangkar-dalam-angka-2025.html
[24] E. Triantaphyllou and A. Sánchez, "A Sensitivity Analysis Approach for Some Deterministic Multi-Criteria Decision-Making Methods," *Decis. Sci.*, vol. 28, no. 1, pp. 151–194, 1997, doi: 10.1111/j.1540-5915.1997.tb01306.x.

Cara sitasi:
E. Soleman, T. Ramdhan, and R. H. Siregar, "Prioritizing Naval Pier Construction Sites Using an Integrated ANP–TOPSIS Approach to Support Warship Operations", *Sistem Pendukung Keputusan dengan Aplikasi*, vol. 5, no. 2, pp. 81–94, 2026.