



## Analisis Optimalisasi Lokasi *Stabling* Kereta di Pulau Jawa dengan Metode Multikriteria AHP-TOPSIS

Sham Sidhiq<sup>1\*</sup>, Imam Muthohar<sup>2</sup>, Suryo Hapsoro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Sistem dan Teknik Transportasi, Fakultas Teknik UGM

<sup>2,3</sup>Dosen Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik UGM

[\\*sham.sidhiq@mail.ugm.ac.id](mailto:sham.sidhiq@mail.ugm.ac.id)

### Abstract

*The facility and infrastructure which maintained in optimum condition has played significant role towards railroad system. The operational performance depends on the facility and infrastructure condition which measures through periodic maintenance and inspection. Maintenance and inspection process was supported by the existence of depo and stabling in providing train facilities. This study was carried out to modelized stabling and depo location of train to optimized railway network services in Java. The multicriteria AHP-TOPSIS was used as methodology to define the suitable criteria that have significant impact while determining the location. Moreover, the location was determined based on the preference value rank as the result from the analysis. The result shows that there are 6 significant criteria which are topograph, land source availability, disaster region, interconnectivity, accessibility, and planology. However, the alternative stabling location were proposed in 6 sites; Gedebage, Pekalongan, Boharan, Rambipuji, Kebumen, Cikarang.*

*Keywords : location optimalization, stabling, multicriteria AHP-TOPSIS*

### Abstrak

Perkeretaapian di Indonesia tidak terlepas dari peran penting sarana dan prasarana yang selalu dirawat dalam kondisi optimum. Kinerja operasional bergantung pada kesiapan sarana dan prasarana melalui perawatan dan pemeriksaan secara berkala. Proses pengecekan dan perawatan didukung dengan adanya depo dan *stabling* dalam penyediaan sarana kereta. Penelitian ini dilakukan untuk memodelkan lokasi *stabling* penyimpanan kereta untuk mengoptimalkan pelayanan jaringan kereta di Jawa. Metode yang digunakan adalah analisis multikriteria AHP-TOPSIS untuk menentukan kriteria yang berpengaruh dalam penentuan lokasi. Penentuan lokasi didapatkan berdasarkan peringkat nilai preferensi dari hasil analisis. Hasil penelitian ini ditentukan oleh enam kriteria yang berpengaruh yakni topografi, ketersediaan lahan, kawasan bencana, interkoneksi, aksesibilitas, dan rencana tata ruang. Alternatif lokasi *stabling* terdiri dari enam rekomendasi yakni Gedebage, Pekalongan, Boharan, Rambipuji, Kebumen, Cikarang.

*Kata kunci : optimalisasi lokasi, stabling kereta, AHP-TOPSIS*

### 1. Pendahuluan

Permintaan dan kebutuhan masyarakat terkait transportasi kereta api khususnya angkutan penumpang akan terus meningkat sejalan dengan perkembangan jumlah penduduk Indonesia baik di perkotaan maupun penghubung antar wilayah. Untuk memenuhi penyediaan layanan yang berkualitas dan selamat, maka keandalan kinerja sarana kereta api juga perlu diperhatikan. Kualitas pelayanan yang baik dapat mendukung terpenuhinya indikator transportasi berkelanjutan serta mendorong masyarakat untuk menggunakan transportasi umum khususnya kereta api [1]. Peningkatan keandalan atau kelaikan sarana perkeretaapian diwujudkan dalam perawatan sarana perkeretaapian umum yang memenuhi standar perawatan sarana perkeretaapian dan dilakukan oleh tenaga yang memenuhi persyaratan dan kualifikasi keahlian di bidang sarana perkeretaapian. Peningkatan kecepatan operasi dan daya angkut semakin besar menuntut teknologi prasarana dan sarana yang sesuai [2].

Dalam melaksanakan perawatan sarana diperlukan tempat perawatan yang bersifat tetap dan memenuhi persyaratan sebagaimana Peraturan Menteri Nomor 18 Tahun 2019 tentang Standar Tempat dan Peralatan Perawatan Sarana Perkeretaapian. Perawatan

sarana perkeretaapian dilaksanakan di Depo atau Balai Yasa sesuai dengan jenis sarana perkeretaapian yang keberadaannya disesuaikan dengan rencana umum tata ruang, sesuai dengan rencana induk perkeretaapian dan tidak mengganggu kelestarian lingkungan fungsi lingkungan hidup.

Kondisi pada saat ini gudang perawatan sarana dianggap belum optimal karena lokasi yang belum merata di wilayah Jawa. Kegiatan perawatan dan perbaikan membutuhkan waktu yang lama untuk mendatangkan sarana diakibatkan jarak yang jauh dan jangkauan area yang terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan pembangunan gudang sarana (*stabling*) yang mampu mencukupi pelayanan kereta api secara merata dan optimal dalam kegiatan pengawasan dan perbaikan sarana secara berkala. Kemudian disusunlah penelitian dengan studi penentuan lokasi optimal pembangunan gudang sarana terutama bangunan *stabling* kereta di Pulau Jawa untuk memberikan solusi dalam kegiatan pengawasan dan perawatan sarana kereta api.

Penelitian terkait metode AHP dan TOPSIS sudah banyak diterapkan dalam sistem pengambilan keputusan dengan berbagai faktor dan kriteria yang cukup banyak. Choudary dan Shankar [3] melakukan penelitian STEEP, Fuzzy AHP dan TOPSIS untuk mengevaluasi dan memilih lokasi rencana *thermal power plant*. Selanjutnya Pembuaian [4] melaksanakan penelitian menggunakan metode AHP-TOPSIS untuk menentukan Indeks Potensi Kecelakaan. Kemudian Chamid dan Murti [5] melakukan penelitian kombinasi metode AHP dan TOPSIS pada sistem pendukung keputusan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Urgensi Perawatan Sarana Kereta untuk Mendukung Layanan Operasi KA

Menurut Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian bahwa sarana perkeretaapian adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel. Penyelenggaraan sarana meliputi kegiatan pengadaan, pengoperasian, perawatan, dan pengusahaan sarana. Penyelenggaraan perkeretaapian ditugaskan kepada PT KAI sehingga kepemilikan sarana KA dimiliki oleh pemerintah dan sebagian sarana KA dimiliki PT KAI selaku operator. Pelayanan secara berkala dan perawatan sarana kereta api (*rolling stock*) sangat penting dalam efisiensi pekerjaan dan keselamatan dalam penyediaan layanan kereta api. Dalam dua dekade terakhir terdapat perubahan yang signifikan oleh peran produksi lokomotif dan *rolling stock* yang berdampak pada desain dan operasional depo kereta [2].

Operasional perawatan sarana KA yang berjalan pada saat ini dilaksanakan di Depo kereta dan Balai Yasa oleh PT KAI. Sementara itu fasilitas untuk penyimpanan dan perawatan sarana KA milik negara belum terdapat bangunan yang tersedia. Maka dari itu kebutuhan penyediaan bangunan untuk penyimpanan dan perawatan sarana KA (*stabling*) menjadi faktor penting untuk mendukung penyediaan layanan operasi kereta api di Pulau Jawa. Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 18 Tahun 2019 tentang tempat perawatan sarana dilengkapi dengan jalur untuk perawatan, bangunan untuk perawatan, bangunan untuk peralatan bantu, bangunan kantor, dan fasilitas umum.

### 2.2 Metode Multikriteria AHP-TOPSIS

Metode analisis multikriteria memiliki peran penting untuk memproses informasi yang cukup banyak secara konsisten dalam upaya mendapatkan hasil yang diinginkan [3]. Fokus utama dalam analisis multikriteria adalah mencari faktor dan kriteria yang sesuai dengan tujuan sasaran [4]. Metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) merupakan salah satu metode penentuan keputusan dalam analisis multikriteria yang dikembangkan oleh Saaty [6]. Metode ini mencari skala rasio dari perbandingan faktor dan kriteria baik data

aktual maupun data subjektif. Metode TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) adalah salah satu metode analisis multikriteria dalam menentukan pemilihan alternatif [7]. Metode TOPSIS didasarkan pada konsep dengan kondisi alternatif terpilih paling mendekati dengan solusi ideal positif serta paling menjauhi dari solusi ideal negatif.

Kombinasi metode AHP dan TOPSIS cukup banyak diterapkan dalam pengambilan keputusan untuk melengkapi kekurangan dari masing-masing metode. Metode AHP digunakan untuk penilaian dan pembobotan masing-masing kriteria kemudian metode TOPSIS digunakan untuk menganalisis data dalam menentukan prioritas terpilih. Kombinasi metode AHP dan TOPSIS dapat diterapkan pada sistem pendukung keputusan dengan memperhatikan penilaian dan pembobotan pada kriteria-kriteria harus berdasarkan pada ahli yang paham dengan objek yang diteliti [5]. Penelitian kombinasi metode AHP TOPSIS [4] dengan kombinasi empat tahapan yakni (1) menentukan kriteria dan sub-kriteria evaluasi, (2) membobot kriteria dan sub-kriteria menggunakan metode AHP, (3) survei penilaian kondisi infrastruktur jalan, menghitung nilai IPK menggunakan metode TOPSIS dan analisis sensitivitas, (4) rating dan pemetaan segmen jalan.

Sementara itu, metode Fuzzy-AHP dianggap sebagai metode yang paling sesuai untuk evaluasi alternatif dengan mempertimbangkan penelitian kualitatif dan kuantitatif. Akan tetapi kekurangan dari pendekatan Fuzzy-AHP terdapat pada masukan data yang terlalu subjektif pada ahli dan pengambil keputusan. TOPSIS dalam MCDM ini merupakan metode sistematis dalam penentuan peringkat dari hasil alternatif. Studi kasus evaluasi dan penentuan lokasi *thermal power plant* mempertimbangkan *social, technical, economical, environmental, and political* (STEEP) sebagai faktor utama. Metode AHP TOPSIS dalam mengevaluasi dan memilih lokasi optimal menjadi solusi efektif dan efisien dalam proses pengambilan keputusan [3].

Langkah-langkah dalam melakukan analisis metode AHP diuraikan sebagai berikut.

- a. Membuat sebuah kerangka pikir yang terdiri dari tujuan, kriteria, dan alternatif skenario,
- b. Menentukan skala prioritas dari faktor yang akan digunakan dengan metode berpasangan (*pairwise*),
- c. Membuat matriks berpasangan antara variabel *i* dengan variabel *j*,

$$A = [a_{ij}] = \begin{matrix} & \begin{matrix} C1 & C2 & \dots & Cn \end{matrix} \\ \begin{matrix} C1 \\ C2 \\ \vdots \\ Cn \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- d. Menjumlahkan nilai dari setiap kolom matriks variabel menghasilkan matriks A,
- e. Menormalisasikan matriks A dengan membagi setiap kolom nilai kolom dengan total kolom dan menghasilkan matriks B,

$$B = [b_{ij}] = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2.1)$$

- f. Menentukan bobot dari masing-masing kriteria pada matriks B dengan menjumlahkan tiap baris,

$$W_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}}{n} \quad (2.2)$$

- g. Membandingkan penilaian dengan pembobotan antar kriteria dengan metode *Eigen Value* dan melakukan uji konsistensi.

1) Lambda Max (Eigen Value)

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$E_i = \frac{d_i}{w_i}, i = 1, 2 \dots n \quad (2.4)$$

$$\lambda = \frac{\sum_1^n E_i}{n} \quad (2.5)$$

2) Indeks Konsistensi atau *Consistency Index* (CI)

$$CI = (\lambda_{max} - n) \div (n - 1) \quad (2.6)$$

3) Rasio Konsistensi atau *Consistency Ratio* (CR)

$$CR = CI \div RI \quad (2.7)$$

dimana n adalah jumlah kriteria

RI adalah *random consistency*.

Apabila nilai  $CR \leq 0,1$  maka penilaian dengan metode AHP dianggap benar dan dapat digunakan untuk analisis tahap selanjutnya.

Tabel 2.1 Nilai *random consistency*

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber: Saaty [6]

Langkah-langkah dalam melakukan analisis dengan metode TOPSIS diuraikan sebagai berikut:

a. Menghitung matriks ternormalisasi dengan rumus

$$rij = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \quad (2.8)$$

keterangan:

$x_{ij}$  adalah rating variabel alternatif ke-i terhadap alternatif ke-j

$r_{ij}$  adalah elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi

b. Menentukan matriks keputusan yang terbobot

$$y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1j} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{ij} \end{bmatrix} \text{ untuk } y_{ij} = w_j r_{ij} \quad (2.9)$$

keterangan:

$w_j$  adalah bobot dari kriteria ke-j

$y_{ij}$  adalah variabel dari matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot

c. Menentukan matriks solusi ideal positif ( $A^+$ ) dan matriks solusi ideal negatif ( $A^-$ )

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, \dots, y_j^+) \quad (2.10)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_j^-) \quad (2.11)$$

dengan

$$y_j^+ = \begin{cases} \max_i y_{ij}, & \text{jika } j = \text{benefit} \\ \min_i y_{ij}, & \text{jika } j = \text{cost} \end{cases} \quad (2.12)$$

$$y_j^- = \begin{cases} \max_i y_{ij}, & \text{jika } j = \text{benefit} \\ \min_i y_{ij}, & \text{jika } j = \text{cost} \end{cases} \quad (2.13)$$

- d. Menentukan jarak nilai alternatif dari matriks solusi ideal positif ( $di^+$ ) dan matriks solusi idel negatif ( $di^-$ )

$$di^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad (2.14)$$

keterangan:

$y_j^+$  adalah elemen dari matriks solusi ideal positif

$$di^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad (2.15)$$

keterangan:

$y_j^-$  adalah elemen dari matriks solusi ideal negatif

- e. Menentukan nilai preferensi ( $ci$ ) untuk setiap alternatif. Nilai preferensi merupakan kedekatan suatu alternatif terhadap solusi ideal

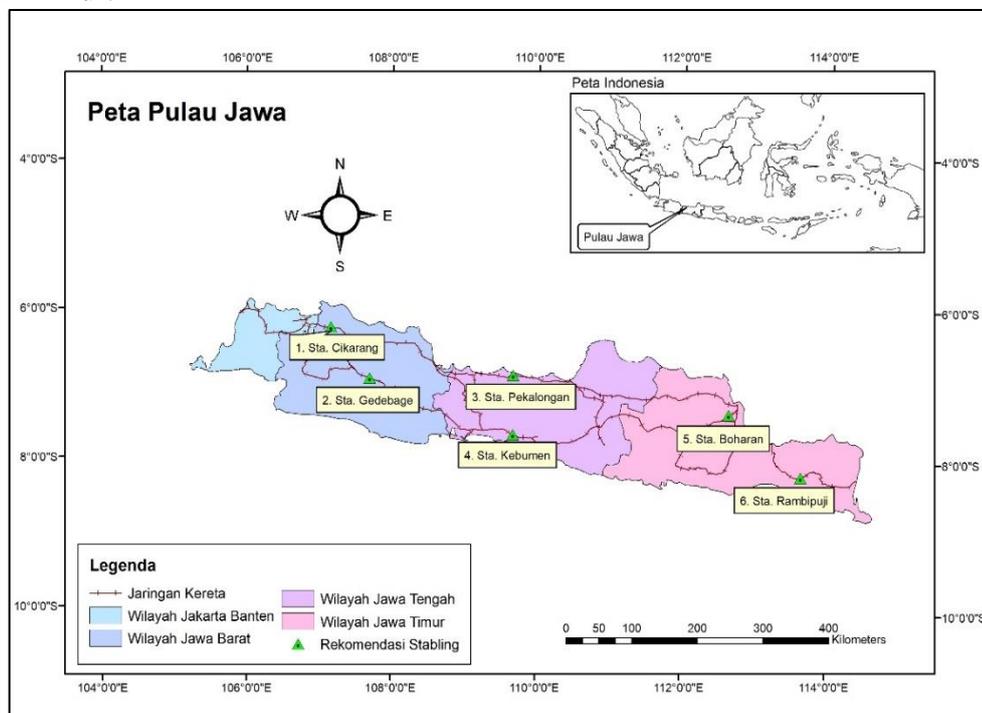
$$ci = \frac{di^-}{di^- + di^+} \quad (2.16)$$

keterangan:

nilai  $ci$  yang lebih besar menunjukkan prioritas alternatif

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini berpusat pada jaringan kereta api di Pulau Jawa yang kewenangan pengelolaannya berada di Direktorat Jenderal Perkeretaapian (Ditjen KA) Kementerian Perhubungan. Rencana lokasi *stabling* sarana KA milik negara yang diteliti mewakili 4 lokasi cakupan pengelolaan jaringan kereta api Pulau Jawa di bawah koordinasi Balai Teknik Perkeretaapian (BTP) yang terdiri dari BTP wilayah Jakarta dan Banten, BTP wilayah Jawa Bagian Barat, BTP wilayah Jawa Bagian Tengah, dan BTP wilayah Jawa Bagian Timur.



Gambar 3.1 Peta lokasi penelitian

Sumber: Peneliti

Metode yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam kategori kuantitatif dan kualitatif dalam proses analisis. Data studi menjadi dasar dalam proses penelitian yang

terdiri dari data primer dan sekunder. Data-data primer dan sekunder dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer yang diperlukan dan digunakan dalam penelitian ini yaitu survei persepsi ke pihak pengambil keputusan mengenai lokasi *stabling* dengan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah teknik mengambil sampel secara non-random dengan cara menentukan kriteria yang menjadi dasar penentu sesuai dengan tujuan sasaran penelitian. *Purposive sampling* dimaksudkan untuk mendapatkan poin-poin penting terkait penentuan lokasi yang akan berpengaruh pada kriteria dan sasaran tujuan sesuai dengan sudut pandang pengambil keputusan.

b. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari instansi terkait secara umum. Data-data tersebut diambil setelah dilakukan daftar kebutuhan data yang akan digunakan dalam proses analisis penelitian.

Tabel 3.1 menampilkan kriteria-kriteria yang digunakan dalam penelitian. Pemilihan keenam kriteria ini berbasis pada Peraturan Menteri Nomor 18 Tahun 2019 tentang standar tempat perawatan sarana perkeretaapian.

Tabel 3.1 Kriteria data penelitian

No.	Kriteria	Keterangan	Jenis Data
1	Topografi	Kemiringan	Sekunder
2	Ketersediaan Lahan	Kesiapan Lahan Eksisting	Sekunder
3	Kawasan Bencana	Bencana Gempa Bumi dan Banjir	Sekunder
4	Interkonektivitas	Lokasi Stasiun dan Jaringan Rel	Sekunder
5	Aksesibilitas	Jaringan Jalan	Sekunder
6	Rencana Tata Ruang	Pola Ruang	Sekunder

Sumber: Peneliti

Penelitian optimalisasi lokasi *stabling* memiliki tujuan utama yakni pemilihan lokasi menggunakan analisis AHP-TOPSIS dengan menghitung kriteria pengaruh dan mencari nilai preferensi. Tahapan penelitian ini secara ringkas dapat dituliskan sebagai berikut:

- Pengumpulan data dan hasil diskusi untuk menentukan kriteria pengaruh.
- Pelaksanaan survei yang terdiri dari dua kegiatan yakni formulir penilaian kriteria secara daring dan identifikasi lokasi.
- Formulir penilaian kriteria digunakan dalam analisis metode AHP untuk menentukan bobot kriteria.
- Identifikasi lokasi digunakan dalam analisis metode TOPSIS untuk menilai alternatif lokasi berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan berdasarkan klasifikasi penilaian.
- Bobot hasil analisis AHP digunakan dalam analisis metode TOPSIS dikombinasikan dengan penilaian identifikasi lokasi.
- Hasil analisis merupakan peringkat pemilihan lokasi berdasarkan nilai preferensi.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Kriteria penentuan lokasi

Kriteria penilaian penentuan lokasi yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan hasil pengamatan kondisi di lapangan dan pengumpulan data sekunder yang dinilai dapat memberikan pengaruh pada kinerja *stabling* sarana kereta api milik negara (SMN) di masa yang akan datang. Kriteria penilaian yang telah dipilih kemudian dijelaskan kembali indikator penilaiannya agar perhitungan analisis multikriteria dalam penentuan lokasi *stabling* mampu mendapatkan hasil yang akurat. Kriteria penilaian penentuan lokasi yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.



- a. **Kriteria Topografi**  
Kriteria topografi memiliki pengaruh yang besar terhadap segi teknis pelaksanaan pembangunan *stabling* SMN. Kondisi topografi yang datar akan memberikan kemudahan pada saat pelaksanaan pembangunan *stabling* dibandingkan dengan kondisi topografi bergelombang atau tidak datar. Pada lokasi dengan kondisi topografi yang tidak datar, diperlukan penanganan lebih untuk mempersiapkan lahan *stabling* yang berimplikasi pada munculnya tambahan biaya. Oleh karena hal tersebut, perencanaan lokasi *stabling* SMN diarahkan untuk menggunakan lokasi dengan kondisi topografi yang datar untuk menekan biaya yang timbul saat proses konstruksi.
- b. **Kriteria Ketersediaan Lahan**  
Ketersediaan lahan eksisting akan mempengaruhi kemudahan pelaksanaan dan inisiasi pembangunan *Stabling* SMN. Kondisi lahan eksisting yang digunakan sebagai gudang penyimpanan barang kereta api akan lebih memudahkan kegiatan pembangunan dibandingkan dengan lahan eksisting yang berupa persawahan atau permukiman. Kriteria desain penempatan lokasi *stabling* idealnya menggunakan lokasi dengan kondisi eksisting yang siap digunakan untuk menekan kebutuhan biaya konstruksi. Selain itu, lahan dengan kondisi eksisting yang siap pakai akan mempercepat pembangunan *stabling* SMN dibandingkan dengan menggunakan lahan yang masih membutuhkan usaha pembebasan lahan.
- c. **Kriteria Kawasan Bencana**  
Bencana alam yang rawan terjadi di Indonesia khususnya di Pulau Jawa menjadi salah satu pertimbangan dalam kriteria perancangan *stabling* SMN. Bencana alam seperti banjir, gempa bumi, longsor dan tsunami dapat memberikan dampak besar terhadap operasional *stabling* SMN. Oleh karena hal tersebut, lokasi *stabling* yang memiliki risiko terjadinya bencana rendah akan menjadi prioritas jika dibandingkan dengan lokasi yang memiliki tingkat risiko terjadi bencana alam lebih tinggi. Lokasi rawan kebencanaan dapat dilihat dalam rencana tata ruang berdasarkan daerah masing-masing.
- d. **Kriteria Interkoneksi**  
Kriteria interkoneksi pada kriteria perencanaan *stabling* SMN didasarkan pada jarak lokasi *stabling* terhadap stasiun terdekat. Lokasi *stabling* ideal harus terletak tidak jauh dari stasiun kereta api. Hal ini disebabkan oleh adanya kebutuhan persinyalan yang diperlukan saat SMN harus keluar dari lokasi *stabling* dan masuk ke jalur sepur raya. Jika lokasi *stabling* SMN tidak berada dekat dengan sistem persinyalan stasiun, akan menyulitkan ketika ada kebutuhan pemakaian SMN untuk keluar dari lokasi *stabling*. Lokasi *stabling* SMN yang dekat dengan stasiun akan memudahkan sistem *interlocking* terhadap sinyal yang diatur dari stasiun.
- e. **Kriteria Aksesibilitas**  
Kemudahan aksesibilitas lokasi *stabling* menuju jaringan jalan menjadi salah satu kriteria penentuan lokasi *stabling*. Lokasi *stabling* yang mudah dijangkau akan memberikan manfaat kemudahan akses bagi kendaraan berat yang perlu keluar masuk lokasi *stabling*. Kegiatan perawatan tidak hanya melalui jalur kereta api akan tetapi juga melewati jalan darat.
- f. **Kriteria Rencana Tata Ruang**  
Kriteria desain perancangan lokasi *stabling* SMN harus mempertimbangkan perencanaan wilayah yang telah diatur di masing-masing daerah. Perencanaan wilayah yang mendukung pengembangan daerah untuk menjadi area pengembangan transportasi akan mempermudah perizinan konstruksi pembangunan *stabling* SMN.

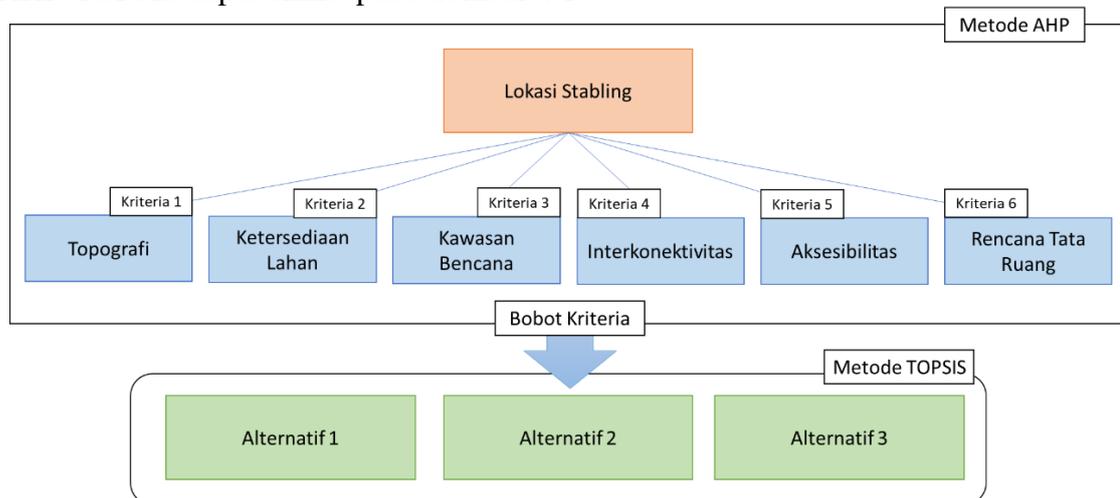
Rencana pengembangan jaringan kereta api sudah direncanakan dalam Rencana Induk Perkeretaapian Nasional (RIPNAS) 2030 dan di dukung dalam rencana tata ruang dan wilayah pada masing-masing lokasi usulan.

Rencana lokasi *stabling* sarana KA milik negara yang diteliti mewakili 4 lokasi cakupan pengelolaan jaringan kereta api Pulau Jawa di bawah koordinasi Balai Teknik Perkeretaapian (BTP) yang terdiri dari BTP wilayah Jakarta dan Banten, BTP wilayah Jawa Bagian Barat, BTP wilayah Jawa Bagian Tengah, dan BTP wilayah Jawa Bagian Timur. BTP yang memiliki peran dalam peningkatan dan pengawasan prasarana dan sarana perkeretaapian dianggap lebih memahami kondisi lapangan yang ada sehingga masukan dari pihak BTP menjadi hal penting dalam penelitian ini.

Sebelum pelaksanaan survei dimulai dilakukan diskusi dengan pihak Ditjen KA bagian sarana dan pihak BTP untuk mendapatkan rekomendasi alternatif lokasi, faktor yang berkaitan dengan kriteria pengaruh, dan elemen penting dalam perencanaan pembangunan *stabling* sarana milik negara. Rekomendasi alternatif lokasi menjadi dasar penentuan pelaksanaan survei lapangan yang kemudian dilakukan proses penyaringan untuk memperkecil jumlah lokasi area yang di survei. Lokasi alternatif terdiri dari area di sekitar Stasiun Cikarang, Stasiun Gedebage, Stasiun Pekalongan, Stasiun Boهران, Stasiun Kebumen, dan Stasiun Rambipuji.

#### 4.2 Analisis AHP-TOPSIS

Analisis optimalisasi lokasi *stabling* dilakukan melalui dua tahapan yakni metode AHP dan Metode TOPSIS. Metode AHP digunakan dalam penentuan bobot penilaian kriteria yang selanjutnya akan digunakan dalam penilaian kepentingan pada metode TOPSIS. Dalam metode TOPSIS didapatkan beberapa alternatif lokasi yang kemudian dinilai tingkat kepentingannya dan menghasilkan urutan lokasi terpilih. Dari hasil analisis yang sudah dilakukan dengan hasil bobot dan alternatif lokasi kemudian dilakukan uji sensitivitas dengan memodelkan alternatif variasi pembobotan. Konsep tahapan analisis AHP-TOPSIS dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skema analisis AHP-TOPSIS

Sumber: Peneliti.

##### a. Metode AHP

Data yang digunakan dalam metode AHP merupakan data pendapat panel ahli dengan penentuan kriteria sampel sehingga dianggap benar. Kriteria sampel yang digunakan sebagai berikut:

- 1) Responden memiliki pekerjaan di bidang perkeretaapian diutamakan di Ditjen Perkeretaapian
- 2) Responden mengerti dan paham dalam bidang perkeretaapian diutamakan sudah berpengalaman di bidang kereta api.

Data yang digunakan terdiri data responden individu yang kemudian diproses untuk mendapatkan data responden kelompok gabungan. Data hasil sampel dapat dilihat pada Tabel 4.1 yang merupakan contoh dari salah satu data responden yang sudah dinilai dalam format tabulasi data [8].

Proses berikutnya dari data sampel survei pada Tabel 4.1 diubah menjadi data matriks perbandingan berpasangan sesuai dengan preferensi dan penilaian yang sudah dilakukan pada Tabel 4.2. Responden yang diambil pada penelitian ini sebanyak sepuluh set data panel ahli sehingga perlu dicari rata-rata geometri dari sepuluh data tersebut untuk menyederhanakan matriks data gabungan. Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menunjukkan data matriks gabungan rata-rata geometri yang dinormalisasikan yang selanjutnya digunakan dalam hitungan nilai bobot kriteria. Hasil analisis ini kemudian diuji konsistensinya dan didapatkan nilai  $CR=0,022$  yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Nilai  $CR=0,022$  kurang dari batas minimal nilai  $CR \leq 0,1$  sehingga data dianggap benar. Dengan demikian nilai bobot kriteria dapat digunakan sebagai masukan pada analisis tahap selanjutnya. Penilaian akhir pembobotan AHP disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Sampel penilaian perbandingan kriteria

No.(1)		Perbandingan Kriteria			Skala
i	j	A	B	A atau B	(1-9)
1	2	Topografi	Ketersediaan Lahan	B	5
1	3		Kawasan Bencana	B	1
1	4		Interkonektivitas	B	7
1	5		Aksesibilitas	A	1
1	6		Rencana Tata Ruang	B	3
2	3	Ketersediaan Lahan	Kawasan Bencana	A	3
2	4		Interkonektivitas	B	5
2	5		Aksesibilitas	A	5
2	6		Rencana Tata Ruang	B	1
3	4	Kawasan Bencana	Interkonektivitas	B	3
3	5		Aksesibilitas	A	3
3	6		Rencana Tata Ruang	B	1
4	5	Interkonektivitas	Aksesibilitas	A	7
4	6		Rencana Tata Ruang	A	3
5	6	Aksesibilitas	Rencana Tata Ruang	B	3

Keterangan:

- Nilai skala 1 : Sama-sama penting
- Nilai skala 3 : Sedikit lebih penting
- Nilai skala 5 : Lebih penting
- Nilai skala 7 : Sangat lebih penting
- Nilai skala 9 : Mutlak lebih penting

Sumber: Peneliti



Tabel 4.2 Sampel matriks berpasangan

Kriteria	Topografi	Ketersediaan Lahan	Kawasan Bencana	Interkonektivitas	Aksesibilitas	Rencana Tata Ruang
Topografi	1	1/5	1	1/7	1	1/3
Ketersediaan Lahan	5	1	3	1/5	5	1
Kawasan Bencana	1	1/3	1	1/3	3	1
Interkonektivitas	7	5	3	1	7	3
Aksesibilitas	1	1/5	1/3	1/7	1	1/3
Rencana Tata Ruang	3	1	1	1/3	3	1

Sumber: Peneliti

Tabel 4.3 Matriks berpasangan rata-rata

Kriteria	Topografi	Ketersediaan Lahan	Kawasan Bencana	Interkonektivitas	Aksesibilitas	Rencana Tata Ruang
Topografi	1	0,725	0,582	0,436	1,166	0,362
Ketersediaan Lahan	1,380	1	0,731	0,301	1,540	0,311
Kawasan Bencana	1,719	1,368	1	1,244	3,160	1,017
Interkonektivitas	2,290	3,325	0,803	1	4,393	0,851
Aksesibilitas	0,858	0,649	0,316	0,227	1	0,342
Rencana Tata Ruang	2,759	3,215	0,984	1,173	2,926	1
<b>Sum</b>	<b>10,005</b>	<b>10,283</b>	<b>4,415</b>	<b>4,382</b>	<b>14,184</b>	<b>3,883</b>

Sumber: Peneliti

Tabel 4.4 Matriks normalisasi dan bobot

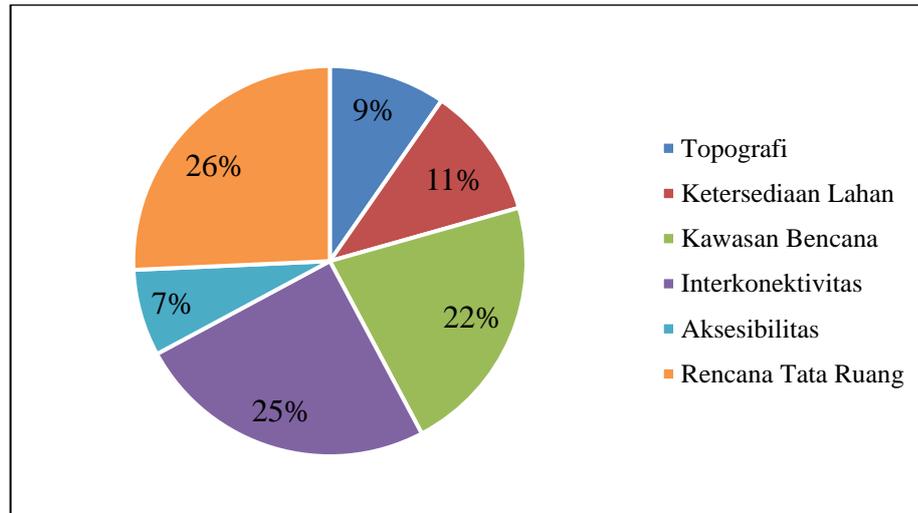
Kriteria	Topografi	Ketersediaan Lahan	Kawasan Bencana	Interkonektivitas	Aksesibilitas	Rencana Tata Ruang	Sum	Bobot
Topografi	0,100	0,070	0,132	0,099	0,082	0,093	0,577	0,096
Ketersediaan Lahan	0,138	0,097	0,166	0,069	0,109	0,080	0,658	0,110
Kawasan Bencana	0,172	0,133	0,226	0,284	0,223	0,262	1,300	0,217
Interkonektivitas	0,229	0,323	0,182	0,228	0,310	0,219	1,491	0,249
Aksesibilitas	0,086	0,063	0,072	0,052	0,071	0,088	0,431	0,072
Rencana Tata Ruang	0,276	0,313	0,223	0,268	0,206	0,258	1,543	0,257

Sumber: Peneliti

Tabel 4.5 Uji konsistensi data gabungan

D	Ei	$\lambda$ Max	CI	RI	CR
0,587	6,102				
0,666	6,074				
1,330	6,137				
1,542	6,204	6,134	0,027	1,24	0,022
0,438	6,105				
1,590	6,184				
sum	36,805				

Sumber: Peneliti



Gambar 4.2 Grafik bobot kriteria

Sumber: Peneliti

#### b. Metode TOPSIS

Metode TOPSIS menggunakan penilaian yang sesuai dengan kriteria yang ditentukan, baik penilaian tersebut menguntungkan maupun merugikan. Hasil dari analisis metode TOPSIS berupa peringkat dari alternatif lokasi yang diusulkan sesuai dengan hasil penilaian kriteria yang sudah dilakukan. Kriteria ini dinilai dengan batasan yang sudah ditentukan terlebih dahulu sehingga memudahkan dalam penilaian. Lokasi rencana stabling SMN berada di sekitar area Stasiun Cikarang, Stasiun Gedebage, Stasiun Pekalongan, Stasiun Boharan, Stasiun Kebumen, dan Stasiun Rambipuji.

Tahap pertama analisis metode TOPSIS diawali dengan penilaian masing-masing lokasi berdasarkan hasil identifikasi dengan memperhatikan klasifikasi kriteria yang sudah ditetapkan untuk mempermudah dalam proses analisis. Hasil penilaian berdasarkan identifikasi lokasi disusun menjadi matriks penilaian yang dapat dilihat pada Tabel 4.6. Tahap berikutnya menyusun atribut dan bobot yang sudah ditentukan sebelumnya. Atribut dalam hal ini adalah nilai dari kriteria termasuk faktor yang menguntungkan atau merugikan dalam penentuan lokasi. Atribut kriteria dalam analisis ini dianggap *benefit* karena penilaian dibuat dalam klasifikasi dengan kondisi nilai yang semakin tinggi lebih menguntungkan dengan keterangan nilai satu paling rendah dan nilai lima paling tinggi.

Bobot penilaian kriteria menggunakan hasil analisis yang sudah dilakukan pada metode AHP sebelumnya yakni kriteria topografi 0,096; kriteria ketersediaan lahan 0,110; kriteria kawasan bencana 0,217; kriteria interkonektivitas 0,249; kriteria aksesibilitas 0,072; kriteria rencana tata ruang 0,257.

Tabel 4.7 menunjukkan pembagian atribut dan bobot yang akan digunakan pada analisis metode TOPSIS.

Tabel 4.6 Penilaian kriteria lokasi rencana

Lokasi	Topografi	Ketersediaan Lahan	Kawasan Bencana	Interkonektivitas	Aksesibilitas	Rencana Tata Ruang
Cikarang	5	3	4	2	4	4
Gedebage	5	5	4	5	4	5
Pekalongan	5	5	3	5	5	5
Boharan	5	3	4	5	5	3
Kebumen	5	3	2	5	4	4
Rambipuji	4	3	4	5	5	3

Keterangan:

- Nilai skala 1 : Sangat Rendah
- Nilai skala 2 : Rendah
- Nilai skala 3 : Sedang
- Nilai skala 4 : Tinggi
- Nilai skala 5 : Sangat Tinggi

Sumber: Peneliti

Tabel 4.7 Atribut dan pembobotan kriteria

No.	Kriteria	Atribut	Bobot	Persentase (%)
1	Topografi	Benefit	0,096	9,6
2	Ketersediaan Lahan	Benefit	0,110	11,0
3	Kawasan Bencana	Benefit	0,217	21,7
4	Interkonektivitas	Benefit	0,249	24,9
5	Aksesibilitas	Benefit	0,072	7,2
6	Rencana Tata Ruang	Benefit	0,257	25,7

Sumber: Peneliti

Langkah-langkah dalam melakukan analisis TOPSIS diuraikan sebagai berikut:

a. Menghitung matriks ternormalisasi

Matriks penilaian yang sudah disusun berdasarkan alternatif lokasi dan penilaian kriteria dinormalisasikan dan terbentuk matriks ternormalisasi sebagai berikut.

$$r_{ij} = \begin{bmatrix} 0,421 & 0,323 & 0,456 & 0,176 & 0,361 & 0,400 \\ 0,421 & 0,539 & 0,456 & 0,440 & 0,361 & 0,500 \\ 0,421 & 0,539 & 0,342 & 0,440 & 0,451 & 0,500 \\ 0,421 & 0,323 & 0,456 & 0,440 & 0,451 & 0,300 \\ 0,421 & 0,323 & 0,228 & 0,440 & 0,361 & 0,400 \\ 0,337 & 0,323 & 0,456 & 0,440 & 0,451 & 0,300 \end{bmatrix}$$

b. Menentukan matriks keputusan terbobot

Hasil matriks penilaian ternormalisasi dilakukan pembobotan berdasarkan atribut yang sudah ditentukan pada Tabel 4.7 sebelumnya. Bobot yang digunakan pada Tabel 4.7 merupakan hasil analisis metode AHP yang sudah dilaksanakan pada proses sebelumnya. Matriks hasil penilaian terbobot dapat dilihat pada matriks terbobot berikut.

$$y_{ij} = \begin{bmatrix} 0,041 & 0,035 & 0,099 & 0,044 & 0,026 & 0,103 \\ 0,041 & 0,059 & 0,099 & 0,109 & 0,026 & 0,129 \\ 0,041 & 0,059 & 0,074 & 0,109 & 0,032 & 0,129 \\ 0,041 & 0,035 & 0,099 & 0,109 & 0,032 & 0,077 \\ 0,041 & 0,035 & 0,049 & 0,109 & 0,026 & 0,103 \\ 0,032 & 0,035 & 0,099 & 0,109 & 0,032 & 0,077 \end{bmatrix}$$

c. Menghitung matriks solusi ideal positif dan negatif

Solusi ideal positif dan negatif didapatkan dari matriks penilaian terbobot. Solusi ideal positif dan negatif dari matriks penilaian terbobot adalah sebagai berikut:

$$A^+ = (0,041;0,059;0,099;0,109;0,032;0,129)$$

$$A^- = (0,032;0,035;0,049;0,044;0,026;0,077)$$

d. Menghitung jarak nilai alternatif solusi ideal positif dan negatif

Hasil solusi ideal positif dan negatif digunakan untuk menghitung jarak nilai alternatif. Jarak nilai alternatif solusi ideal positif dan negatif dapat dilihat pada Tabel 4.8.

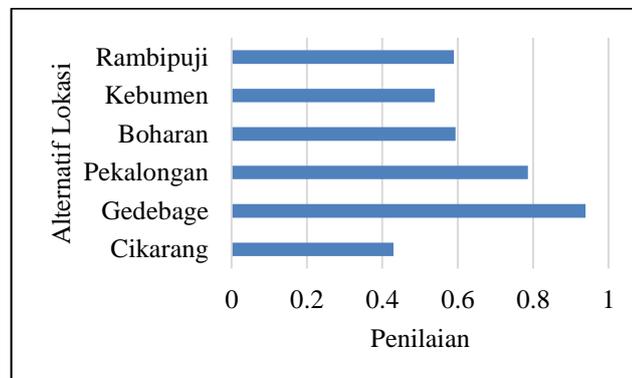
Tabel 4.8 Jarak nilai alternatif solusi ideal positif dan negatif

Lokasi	D+	D-	ci
Cikarang	0,075	0,056	0,430
Gedebage	0,006	0,100	0,939
Pekalongan	0,025	0,091	0,786
Boharan	0,057	0,083	0,594
Kebumen	0,061	0,071	0,538
Rambipuji	0,057	0,082	0,590

Sumber: Peneliti

e. Menentukan nilai preferensi

Nilai preferensi merupakan kedekatan suatu alternatif terhadap solusi ideal yang dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan digambarkan dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik penilaian analisis TOPSIS

Sumber: Peneliti

Dari hasil analisis dengan metode TOPSIS didapatkan peringkat alternatif usulan lokasi sesuai dengan penilaian yang telah dilakukan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.9. Alternatif lokasi hasil analisis merupakan urutan preferensi yang menjadi prioritas pengembangan agar lebih efektif dan efisien dalam layanan operasional jaringan perkeretaapian di Pulau Jawa. Alternatif lokasi *stabling* sarana kereta api milik negara yang menjadi usulan 3 (tiga) prioritas teratas adalah *Stabling* Gedebage, *Stabling* Pekalongan, dan *Stabling* Boharan. Ketiga lokasi ini sekaligus merepresentasikan upaya pemenuhan kebutuhan cakupan layanan penyimpanan dan perawatan sarana kereta api milik negara di wilayah Jawa Bagian Barat dan sekitarnya (diwakili *Stabling* Gedebage), di wilayah Jawa Bagian Tengah dan sekitarnya (diwakili *Stabling* Pekalongan), di wilayah Jawa Bagian Timur dan sekitarnya (diwakili *Stabling* Boharan). Untuk pengembangan di masa yang akan datang, tiga lokasi lainnya yaitu: *Stabling* Rambipuji, *Stabling* Kebumen, dan *Stabling* Cikarang dapat dijadikan sebagai alternatif lokasi melengkapi cakupan layanan sesuai perencanaan hasil analisis diatas.

Tabel 4.9 Nilai preferensi dan urutan alternatif lokasi

Nomor Urut	Nilai Preferensi	Alternatif Lokasi
1	0,939	Gedebage
2	0,786	Pekalongan
3	0,594	Boharan
4	0,590	Rambipuji
5	0,538	Kebumen
6	0,430	Cikarang

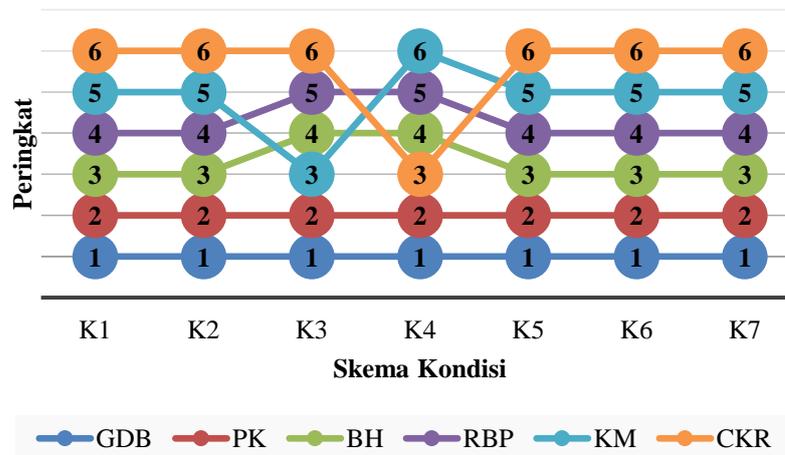
Sumber: Peneliti

Analisis sensitivitas umumnya merupakan pendekatan yang digunakan untuk memeriksa konsistensi dan ketahanan (*robustness*) suatu pilihan. Variasi bobot untuk menguji tingkat sensitivitas dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Variasi kondisi bobot kriteria

Kondisi	1	2	3	4	5	6
K1	0.096	0.110	0.217	0.249	0.072	0.257
K2	0.110	0.096	0.217	0.249	0.072	0.257
K3	0.217	0.110	0.096	0.249	0.072	0.257
K4	0.249	0.110	0.217	0.096	0.072	0.257
K5	0.072	0.110	0.217	0.249	0.096	0.257
K6	0.257	0.110	0.217	0.249	0.072	0.096
K7	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167

Sumber: Peneliti



Gambar 4.4 Hasil analisis pemeringkatan analisis sensitivitas  
Sumber: Peneliti

Gambar 4.4 menunjukkan jumlah sebaran peringkat alternatif lokasi rekomendasi yang masih mengarah pada kondisi awal sehingga hasil analisis sensitivitas dianggap *robust* (baik).

## 5. Kesimpulan dan Saran

Kriteria yang berpengaruh dalam penentuan lokasi *stabling* sarana kereta api milik negara terdiri dari kriteria topografi, kriteria ketersediaan lahan, kriteria kawasan bencana, kriteria interkoneksi, kriteria aksesibilitas, dan kriteria rencana tata ruang. Alternatif lokasi *stabling* terdiri dari 6 lokasi yakni area sekitar Stasiun Cikarang, Stasiun Gedebage, Stasiun Pekalongan, Stasiun Boharan, Stasiun Kebumen, dan Stasiun Rambipuji. Hasil analisis dengan metode AHP TOPSIS menunjukkan 3 (tiga) prioritas teratas adalah *Stabling* Gedebage (mewakili pemenuhan kebutuhan cakupan layanan di wilayah Jawa Bagian Barat), *Stabling* Pekalongan (mewakili pemenuhan kebutuhan cakupan layanan di wilayah Jawa Bagian Tengah), dan *Stabling* Boharan (mewakili pemenuhan kebutuhan cakupan layanan di wilayah Jawa Bagian Timur). Untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif, penelitian tahap selanjutnya dapat menambahkan responden yang lebih luas cakupannya seperti: pihak operator perkeretaapian, konsultan perencana, ataupun kontraktor pelaksana. Selain itu, dapat dipertimbangkan perlunya pengembangan metode penentuan dan penilaian subkriteria untuk mendapatkan variasi penilaian yang lebih detail. Kedepan, usulan penelitian dapat dilanjutkan pada desain *stabling*, kebutuhan fasilitas pendukung, dan alternatif kelembagaan pengelolannya kedepan.



## Daftar Pustaka

- [1] D. Pramyastiwi, “Perkembangan Kualitas Pelayanan Perkeretaapian Sebagai Angkutan Publik Dalam Rangka Mewujudkan Transportasi Berkelanjutan (Studi Pada PT Kereta Api Indonesia Daerah Operasi 8 Surabaya),” *J. Adm. Publik Mhs. Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 3, pp. 61–69, 2013.
- [2] H. Dwiatmoko, “Peran Infrastruktur Perkeretaapian bagi Pertumbuhan Ekonomi Wilayah,” *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas*, vol. 3, no. 2, 2019.
- [3] D. Choudhary and R. Shankar, “An STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: A case study from India,” *Energy*, vol. 42, no. 1, pp. 510–521, 2012.
- [4] A. Pembuaian, “Penentuan Indeks Potensi Kecelakaan Infrastruktur Jalan dengan Pendekatan Hybrid AHP TOPSIS,” Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2019.
- [5] A. A. Chamid and A. C. Murti, “Kombinasi Metode AHP dan TOPSIS Pada Sistem Pendukung Keputusan,” *Snatif*, pp. 115–119, 2017.
- [6] T. L. Saaty, “Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 145, no. 1, pp. 85–91, 2003.
- [7] K. P. Yoon and W. K. Kim, “The behavioral TOPSIS,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 89, no. December, pp. 266–272, 2017.
- [8] K. D. Goepel, “Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making in Corporate Enterprises – a New AHP Excel Template with Multiple Inputs,” pp. 1–10, 2013.