



Penerapan metode *fuzzy analytical hierarchy process* pada penentuan prioritas perawatan komponen jalan rel

Septiana Widi Astuti^{1✉}, Renaldy Yoga Septiyoko², Muhammad Adib Kurniawan³, Puspita Dewi⁴, Windi Nopryanto⁵

Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Kota Madiun, Jawa Timur, Indonesia^(1,2,3,4,5)

DOI: 10.31004/jutin.v7i4.35323

✉ Corresponding author:
[septiana@ppi.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:
balas;
bantalan;
rel;
penentuan prioritas;
fuzzy AHP;

Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy analytical hierarchy process* (FAHP) untuk menentukan prioritas perawatan komponen jalan rel pada petak antara Stasiun Caruban – Stasiun Babadan KM 155+000 sampai KM 157+200. FAHP diaplikasikan untuk mengevaluasi dan menentukan prioritas berdasarkan kriteria yang meliputi sumber daya manusia, material, biaya, risiko, dan tingkat kerusakan, dengan partisipasi dari ahli dan kalangan akademisi. Analisis FAHP menunjukkan bahwa risiko merupakan kriteria dengan urutan pertama dalam penilaian prioritas dengan nilai 0,31, diikuti oleh tingkat kerusakan dengan nilai 0,29, biaya dengan nilai 0,17, material dengan nilai 0,14, dan SDM dengan nilai 0,10. Prioritas perawatan yang dihasilkan menunjukkan bahwa penambahan balas adalah langkah yang paling mendesak dengan nilai prioritas tertinggi 0,54, diikuti oleh perawatan rel dan bantalan dengan nilai masing-masing 0,27 dan 0,18. Hasil analisis ini menunjukkan kebutuhan untuk penambahan balas sebanyak 1.456,60 m³ sebagai langkah prioritas dalam perbaikan komponen jalan rel di segmen yang diteliti.

Abstract

Keywords:
ballast;
sleeper;
rail;
prioritization;
fuzzy AHP;

This study uses the fuzzy analytical hierarchy process (FAHP) method to determine the maintenance priorities of railroad components on the section between Caruban Station - Babadan Station KM 155+000 to KM 157+200. FAHP was applied to evaluate and prioritize based on criteria including human resources, material, cost, risk, and level of damage, with participation from experts and academics. FAHP analysis showed that risk was the first-order criterion in priority assessment with a value of 0.31, followed by damage level with a value of 0.29, cost with a value of 0.17, material with a value of 0.14, and human resources with a value of 0.10. The resulting maintenance prioritization shows that ballast addition is the most urgent measure with the highest priority value of 0.54,

followed by rail and sleeper maintenance with values of 0.27 and 0.18 respectively. The results of this analysis indicate a need for 1,456.60 m³ of additional ballast as a priority measure in the repair of railroad components in the studied segments.

1. PENDAHULUAN

Indonesia, dengan jaringan kereta api yang membentang lebih dari 8.000 kilometer pada tahun 2023 (*Global Fire Power*), menghadapi tantangan signifikan dalam menjaga infrastruktur rel agar tetap dalam kondisi optimal. Dengan kondisi geografis yang beragam dan intensitas penggunaan yang tinggi, setiap komponen jalan rel, mulai dari bantalan, rel, hingga balas, memerlukan strategi pemeliharaan yang tepat. Keterbatasan dalam anggaran pemeliharaan infrastruktur kereta api menuntut adanya sistem penentuan prioritas yang efektif dan efisien untuk mengalokasikan sumber daya dengan lebih baik. Penanganan masalah kerusakan komponen dapat dianalisis melalui metode perankingan perawatan komponen jalan rel. Metode yang digunakan mencakup tentang beberapa aspek, seperti sumber daya manusia bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari pekerja dalam melakukan perawatan menurut pandangan beberapa ahli. Aspek lainnya juga datang dari manajemen, seperti kendala waktu saat dilakukannya perawatan dan tingkat resiko terkait pekerjaan perawatan komponen jalan rel dimana setiap pekerjaan memiliki potensi bahaya dan resiko (Jannah, 2015). Penggunaan metode perlu dilakukan mengingat pada metode akan memunculkan data yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif, sehingga nilai tersebut dapat dipertanggung jawabkan. Metode untuk penentuan prioritas terdapat banyak salah satunya metode *analytical hierarchy process* (AHP). Pemilihan metode *analytical hierarchy process* (AHP) dapat dijadikan metode penentuan prioritas perawatan komponen jalan rel dikarenakan metode *analytical hierarchy process* (AHP) merupakan sebuah metode yang berbentuk hirarki berfungsi untuk memecahkan masalah yang tidak terstruktur menjadi model hirarki hingga diketahui urutan perawatan komponen jalan rel (Chamid & Murti, 2017).

Dalam penelitian mengenai penentuan prioritas perawatan komponen jalan rel, metode Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Fuzzy AHP) telah terbukti menjadi alat yang efektif untuk menangani kompleksitas dan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan. Fuzzy AHP menggabungkan keunggulan dari Analytic Hierarchy Process (AHP) dengan teori himpunan fuzzy, yang memungkinkan penilaian yang lebih akurat terhadap kriteria dan sub-kriteria yang terlibat dalam proses pengambilan keputusan (Castelló-Sirvent et al., 2022). Metode ini sangat berguna dalam perawatan infrastruktur, di mana banyak faktor yang harus dipertimbangkan, termasuk biaya, risiko, dan dampak lingkungan. Fuzzy AHP memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dengan menciptakan struktur hierarkis yang mencakup kriteria, dan alternatif yang relevan (Ouma et al., 2015) (Tang & Solangi, 2023). Dalam perawatan jalan rel, kriteria yang mungkin dipertimbangkan termasuk kondisi fisik rel, frekuensi penggunaan, dan dampak terhadap keselamatan. Dengan menggunakan Fuzzy AHP, para peneliti dapat memberikan bobot yang lebih realistis terhadap kriteria ini, yang sering kali bersifat subjektif dan dipengaruhi oleh ketidakpastian. Hal ini sangat penting dalam perawatan infrastruktur, di mana keputusan yang diambil dapat memiliki konsekuensi jangka panjang. Kombinasi ini memungkinkan penilaian yang lebih komprehensif terhadap alternatif yang ada, serta memberikan gambaran yang lebih jelas tentang prioritas perawatan yang harus diambil. Fuzzy AHP digunakan untuk menentukan prioritas pemeliharaan jalan, menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat menghasilkan peringkat yang lebih akurat dibandingkan dengan metode tradisional (Ouma et al., 2015). Dengan menggunakan pendekatan fuzzy, para pengambil keputusan dapat memasukkan ketidakpastian dan keraguan dalam penilaian mereka, yang tidak mungkin dilakukan dalam metode AHP tradisional. Secara keseluruhan, Fuzzy AHP merupakan alat yang sangat berguna dalam penentuan prioritas perawatan komponen jalan rel. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan prioritas perawatan yang dapat mengidentifikasi komponen jalan rel yang paling kritis untuk mendapatkan perawatan terlebih dahulu.

2. METODE

Metode Pengumpulan Data

Data pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa penyebaran kuisioner AHP kepada responden mengenai prioritas perawatan komponen jalan rel sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen DAOP VII Madiun berupa data hasil DMJR tahun 2024.

Pada penelitian ini sampel diambil secara sengaja (*purposive random sampling*) yaitu pemilihan responden berdasarkan pertimbangan dengan persyaratan responden yang dipilih memiliki pengalaman,

pengetahuan dan kompetensi di bidang penanganan perawatan komponen jalan rel. Sampel atau responden yang dipilih dari penelitian ini sejumlah 5 (lima) responden yaitu 3 (tiga) orang ahli jalan rel dari Resort Jalan Rel DAOP 7 Madiun dan 2 (dua) akademisi dari Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun.

Metode Analisis Data

- a. Penyusunan dalam pembuatan hirarki menggunakan metode AHP merupakan susunan terstruktur dengan urutan dari tujuan hingga alternatif dari pemecahan suatu masalah. Kriteria yang digunakan diperoleh berdasarkan hasil studi literatur dan pendapat dari responden antara lain kriteria material, sumber daya manusia, biaya, risiko dan tingkat kerusakan. Sumber daya manusia adalah pekerja yang tersedia pada perawatan komponen jalan rel. Material adalah ketersediaan bahan yang digunakan pada perawatan pada komponen jalan rel. Biaya adalah kebutuhan biaya yang dibutuhkan dalam perawatana pada komponen jalan rel. Risiko yaitu risiko terhadap keselamatan jika tidak segera dilakukan perawatan dan tingkat kerusakan yaitu tingkat kerusakan dari komponen jalan rel. Alternatif ini diambil berdasarkan kerusakanyang terjadi ada lapangan dan didukung oleh data detail material jalan rel (DMJR). Alternatif pada penelitian ini yaitu perawatan rel, perawatan bantalan dan perawatan balas.
- b. Melakukan pembobotan komponen perawatan komponen jalan rel. Pembobotan berdasarkan tingkat kepentingan fungsi komponen masing-masing elemen terhadap sistem di atasnya dengan metode AHP
- c. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan (*pairwise comparison*). Matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dibuat untuk setiap kriteria berdasarkan skala AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Matriks ini menggambarkan distribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya.
- d. Menguji Konsistensi Hierarki. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan konsistensi pada penilaian (*judgement*) saat membuat matriks perbandingan berpasangan pada setiap kriteria. Suatu matriks perbandingan berpasangan dikatakan konsisten apabila mempunyai nilai $CR \leq 10\%$. Jika tidak memenuhi nilai $CR \leq 10\%$ maka penilaian (*judgement*) harus diulang kembali.
- e. Fuzzifikasi skala AHP menjadi skala TFN (*Triangular Fuzzy Number*)
 Fuzzifikasi adalah tahap pemetaan nilai masukan kedalam bentukhimpunan *fuzzy*. Data masukan berupa bilangan tegas (*crisp*) dari skalaAHP yang diubah dalam himpunan *fuzzy* sesuai dengan skala TFN untuk setiap variabel masukannya. Pada proses ini ada dua hal yang harus diperhatikan yaitu nilai masukan dan nilai keluaran serta fungsi keanggotaan (*membership function*) yang akan digunakan untuk menentukan nilai *fuzzy* dari data nilai *crisp* masukan dan keluaran (Image Enhancement Using Fuzzy Technique, n.d.).

Tabel 1. Triangular Fuzzy Number (TFN)

Skala AHP	Himpunan Linguistik	TFN			Reciprocal (Kebalikan)		
		l	m	u	l	m	U
1	Perbandingan elemen yang Sama	1	1	1	1	1	1
2	Pertengahan	1	2	3	1/3	1/2	1
3	Elemen satu cukup penting dari yang lainnya	2	3	4	1/4	1/3	1/2
4	Pertengahan elemen satu cukup penting dari yang lainnya	3	4	5	1/5	1/4	1/3
5	Elemen satu kuat pentingnya dari yang lain	4	5	6	1/6	1/5	1/4
6	Pertengahan	5	6	7	1/7	1/6	1/5
7	Elemen satu lebih kuat penting dari yang lain	6	7	8	1/8	1/7	1/6
8	Pertengahan	7	8	9	1/9	1/8	1/7
9	Elemen satu mutlak lebih penting dari yang lain	8	9	9	1/9	1/9	1/8

- f. Penentuan Nilai Sintesis *Fuzzy*
 Nilai sintesis *fuzzy* dihitung pada masing-masing kriteria. Nilai sintesis *fuzzy* bisa didapat dengan membagi

- nilai total l, m, u pada setiap baris di tabel fuzzifikasi dengan nilai total u, l, m per kolom.
- g. Penentuan Bobot Vektor
 Nilai bobot vektor bisa diketahui setelah mengetahui nilai faktor defuzzifikasi pada masing-masing kriteria dan alternatif. Penentuan bobot vektor dilakukan dengan memilih nilai minimum dari faktor-faktor defuzzifikasi pada masing-masing kriteria.
 - h. Normalisasi Nilai Bobot Vektor Relatif
 Nilai bobot dinormalisasi dengan membagi faktor defuzzifikasi yang terpilih dengan nilai total faktor-faktor defuzzifikasi yang terpilih. Normalisasi nilai bobot vektor dilakukan pada setiap faktor defuzzifikasi yang terpilih.
 - i. Perangkingan Alternatif dan Hasil Keputusan
 Perangkingan dilakukan dengan mengalikan nilai bobot vektor lokal dengan nilai bobot vektor alternatif. Hasil keputusan diambil dari nilai tertinggi dari nilai bobot global (perkalian antara bobot vektor lokal dengan nilai bobot vektor alternatif). Dari perangkingan didapatkan skala prioritas penanganan perawatan komponen jalan rel
 - j. Menentukan skenario penanganan perawatan komponen jalan rel berdasarkan hasil skala prioritas yang paling tinggi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Konsistensi Kriteria

Sebelum dilakukan uji konsistensi untuk kriteria perlu disusun matriks perbandingan berpasangan kriteria. Dalam struktur hierarki prioritas perawatan komponen jalan rel, terdapat lima kriteria yang meliputi Sumber Daya Manusia, Material, Biaya, Risiko, dan Tingkat Kerusakan. Sebuah matriks perbandingan berpasangan yang terbentuk memiliki ukuran 5x5. Dari data yang dikumpulkan melalui pengisian kuesioner, responden diminta untuk menilai pentingnya setiap kriteria secara berpasangan menggunakan skala nilai dari 1 sampai 9. Nilai dalam matriks perbandingan berpasangan ini dihasilkan dari rata-rata penilaian semua responden.

Tabel 2. Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria

Kriteria	SDM	Material	Biaya	Risiko	Tingkat Kerusakan
Sdm	1,00	1,00	1,48	0,16	0,22
Material	1,00	1,00	0,90	0,20	0,45
Biaya	0,64	1,11	1,00	0,37	0,29
Risiko	6,65	5,07	2,69	1,00	2,31
Tingkat Kerusakan	4,60	2,22	3,44	0,43	1,00
Total	13,89	10,40	9,51	2,17	4,27

Langkah selanjutnya adalah menghitung vektor prioritas. Vektor prioritas diperoleh dari penjumlahan kolom, kemudian setiap entri matriks dibagi dengan total kolomnya. Rata-rata dari entri-entri matriks yang terdapat dalam satu baris dihitung dan dinyatakan hasilnya sebagai vektor prioritas. Selanjutnya dicari eigen value dengan cara mengalikan Matriks perbandingan berpasangan dengan vektor prioritas dan hasil kalinya dinyatakan sebagai vektor jumlah bobot.

Tabel 3. Vektor Prioritas dan Eigen Value

Kriteria	Sdm	Material	Biaya	Risiko	Tingkat	Jumlah	Prioritas	Eigen Value
					Kerusakan			
Sdm	0,07	0,10	0,16	0,08	0,05	0,45	0,090	1,25
Material	0,07	0,10	0,09	0,09	0,11	0,46	0,092	0,96
Biaya	0,05	0,11	0,11	0,17	0,07	0,50	0,100	0,95
Risiko	0,48	0,49	0,28	0,46	0,54	2,25	0,450	0,98
Tingkat Kerusakan	0,33	0,21	0,36	0,20	0,23	1,34	0,268	1,14
Total	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00	5,28

Cara menghitung nilai *consistency index* (CI) dimulai dengan nilai λ maks (total dari eigen value) dikurangi dengan nilai n atau banyaknya kriteria. Kemudian nilai tersebut dibagi dengan banyaknya kriteria atau n dikurangi 1. Berikut adalah nilai *consistency index* (CI).

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1}$$

$$CI = (5,28 - 5) / (5 - 1)$$

$$CI = 0,070$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai *consistency ratio* (CR), yaitu dengan membagi nilai CI dengan nilai *index random consistency* (IR). Nilai *index random consistency* (IR) merupakan nilai ketetapan sesuai dengan jumlah kriteria yang digunakan. Berikut adalah cara mencari nilai *consistency ratio* (CR).

$$CR = \frac{CI}{IR}$$

Keterangan :

CI = *Consistency Index* (CI)

IR = Index Random Consistency, karena n = 5 maka IR = 1,12

Sehingga,

$$CR = 0,07 / 1,12$$

$$CR = 0,062 (\leq 0,1)$$

Karena nilai $CI \leq 0,1$. Pada nilai *consistency ratio* (CR) kriteria pada penentuan prioritas perawatan komponen jalan rel ini dinyatakan konsisten sehingga semua perhitungan ini diterapkan kepada masing-masing kriteria.

Analisis Hasil Perhitungan Fuzzy AHP pada Tingkat Kriteria

Dalam Fuzzy AHP, penilaian preferensi pengambilan keputusan dalam kondisi ketidakpastian dimodelkan dengan menggunakan operasi fuzzy yang logis. Mirip dengan AHP konvensional, informasi dalam informasi dalam Fuzzy AHP diperoleh dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan. Tahapan pembobotan kriteria ditentukan dengan cara membuat matriks perbandingan. Nilai bobot dari setiap kriteria ditentukan dengan menggunakan kuesioner perbandingan kuesioner perbandingan berpasangan kemudian dilanjutkan dengan mencari nilai rata-rata geometrik mean dan bobot vektor.

Tabel 4. Nilai Bobot Vektor Kriteria

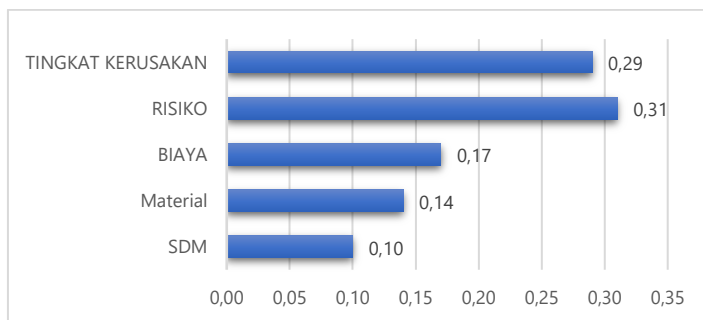
Kriteria	Geometric Mean		
	L	M	U
Sdm	0,20	0,79	1,84
Material	0,18	1,07	2,63
Biaya	0,21	1,14	3,20
Risiko	0,70	3,76	5,66
Tingkat Kerusakan	0,45	2,70	5,39
Total	1,73	9,46	18,72
Inverse	0,58	0,11	0,05
Increasing Order	0,05	0,11	0,58

Selanjutnya adalah menentukan bobot fuzzy relatif dari kriteria. Tabel 5. menunjukkan nilai Mi dan Ni yang merupakan bobot kriteria setelah dilakukan normalisasi.

Tabel 5. Bobot Fuzzy Relatif dari Kriteria

Kriteria	Fuzzy Weight				Normalized
	L	M	U	Mi	
Sdm	0,01	0,08	1,06	0,39	0,10
Material	0,01	0,11	1,52	0,55	0,14
Biaya	0,01	0,12	1,85	0,66	0,17
Risiko	0,04	0,40	3,27	1,24	0,31
Tingkat Kerusakan	0,02	0,29	3,11	1,14	0,29
Jumlah				3,97	

Dari hasil normalisasi diperoleh urutan prioritas kriteria, berturut-turut dari kriteria paling tinggi yaitu risiko dengan nilai 0,31, tingkat kerusakan dengan nilai 0,29, biaya dengan nilai 0,17, material dengan nilai 0,14 dan yang paling rendah yaitu kriteria SDM dengan nilai 0,10.



Gambar 2. Bobot Prioritas Kriteria

Analisis Hasil Perhitungan Fuzzy AHP pada Tingkat Alternatif

Perhitungan bobot alternatif sama seperti tahapan perhitungan kriteria, tetapi dengan satu tambahan bahwa pembobotan alternatif perlu dibandingkan dengan setiap kriteria. Sehingga proses analisis ini diulang lima kali untuk setiap kriteria yang ada. Pembobotan alternatif diperoleh dari hasil penilaian responden yang terdapat dalam kuesioner. Untuk mendapatkan alternatif terbaik, maka dilakukan penjumlahan pembobotan berdasarkan data yang telah dinormalisasi.

Tabel 6. Bobot Alternatif

Kriteria	Alternatif Perawatan		
	Balas	Bantalan	Rel
Sdm	0,03	0,03	0,03
Material	0,07	0,04	0,03
Biaya	0,09	0,04	0,04
Risiko	0,18	0,04	0,09
Tingkat Kerusakan	0,18	0,03	0,08
Jumlah	0,54	0,18	0,27

Dari table 6. nilai perawatan balas lebih tinggi di setiap kriteria, dengan urutan paling tinggi dari mulai risiko dan tingkat kerusakan kemudian biaya, material dan yang paling rendah yaitu kriteria SDM. Selanjutnya total dari setiap kriteria akan menunjukkan rangking dari prioritas perawatan.

Tabel 7. Nilai Prioritas Perawatan Komponen Jalan Rel

Prioritas	Nilai	Ranking
Perawatan Balas	0,54	1
Perawatan Rel	0,27	2
Perawatan Bantalan	0,18	3

Hasil dari perbandingan diperoleh bahwa perawatan balas menduduki peringkat pertama dalam penentuan prioritas perawatan komponen jalan rel dengan nilai 0,54. Kedua terdapat perawatan rel dengan nilai rata-rata 0,27. Perawatan bantalan terdapat pada peringkat ketiga dengan nilai rata-rata 0,18.

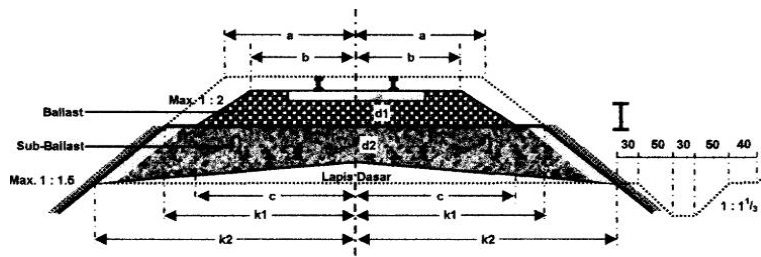
Perhitungan Kebutuhan Perawatan Balas.

Berdasarkan analisis penentuan prioritas menggunakan metode *fuzzy analytical hierarchy process* didapatkan hasil perawatan balas pada peringkat pertama. Perawatan balas pada penelitian ini meliputi penambahan balas. Perhitungan penambahan balas dilakukan dengan menghitung volume balas dan dilanjutkan dengan menghitung volume balas kurang. Petak jalan antara Stasiun Caruban – Stasiun Babadan yang digunakan pada penelitian ini berjarak 4.400 m yang keseluruhan berbentuk lurus. Perhitungan volume balas diperoleh dari Peraturan Menteri

Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api. Perhitungan volume balas sebagai berikut :

Gambar 3. Penampang Melintang Jalan Rel

(Sumber : PM 60 Tahun 2012)



$$\begin{aligned}
 V \text{ balas} &= \frac{(2b+2c)}{2} \times (d1 + t) \times 1 - (p \times l \times t) \\
 &= \frac{(2(1,5)+2(2,25))}{2} \times (0,2 + 0,22) \times 1 - (2 \times 0,26 \times 0,22) \\
 &= \frac{(3+4,5)}{2} \times (0,44) - (0,1144) \\
 &= 1,54074 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan volume balas didapatkan kebutuhan balas per 1 m *spoor* sebesar 1,54074 m³.

Volume balas nantinya akan dikalikan dengan jarak.

$$\begin{aligned}
 V \text{ balas} &= \text{jarak lurus} \times 1,54074 \\
 &= 4.400 \times 1,54074 \\
 &= 6.779,24 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui jumlah balas kurang pada KM 155+000 sampai KM 157+200, maka nilai volume balas dikurangi volume ketersediaan balas. Ketersediaan balas berdasarkan hasil pemeriksaan di lapangan sebesar 5.322,64 m³. Sehingga volume kurang balas sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V \text{ kurang balas} &= \text{Volume balas} - \text{Volume ketersediaan balas} \\
 &= 6.779,24 - 5.322,64 \\
 &= 1.456,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh perawatan balas yang diperlukan yaitu penambahan balas sebanyak 1.456,6 m³.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis penilaian dari para ahli kriteria resiko memiliki urutan pertama dalam ranking penilaian kriteria dengan nilai 0,31. Urutan kedua hingga keempat berturut-turut dari kriteria tingkat kerusakan dengan nilai 0,29, kemudian biaya dengan nilai 0,17, material dengan nilai 0,14 dan SDM dengan nilai 0,10. Terkait penentuan prioritas perawatan komponen jalan rel menggunakan metode *fuzzy analytical hierarchy process* (FAHP) didapatkan hasil bahwa perawatan balas lebih dipilih sebagai alternatif atau pilihan pertama dengan nilai 0,54. Prioritas kedua terdapat perawatan rel dengan nilai 0,27 dan prioritas ketiga terdapat perawatan bantalan dengan nilai 0,18. Prioritas perawatan komponen jalan rel untuk petak jalan antara Stasiun Caruban – Stasiun Babadan KM 155+000 sampai KM 157+200 yang utama adalah perawatan balas dengan dengan perawatan yang dibutuhkan yaitu penambahan balas sebanyak 1.456,60 m³. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi penting dalam penggunaan metode FAHP untuk pengambilan keputusan strategis dalam perawatan infrastruktur kereta api, demi meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan yang mendalam diberikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini, terutama kepada DAOP 7 Madiun yang telah membantu dalam pengumpulan data, serta Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun yang telah memberikan dukungan secara material dan non-material.

6. DAFTAR PUSTAKA

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012

Castelló-Sirvent, F., Meneses-Eraso, C., Alonso-Gómez, J., & Peris-Ortiz, M. (2022). Three Decades of Fuzzy AHP: A Bibliometric Analysis. *Axioms*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/axioms11100525>

Image Enhancement Using Fuzzy Technique. (n.d.). www.ijert.org

Jannah, M. (2015). *IDENTIFIKASI BAHAYA, PENILAIAN RESIKO, DAN PENGENDALIAN RESIKO PADA AKTIVITAS TAMBANG BATUBARA DI PT. KIM KABUPATEN MUARO BUNGO, PROVINSI JAMBI.*

Lu, P., Tolliver, D., Zheng, Z., Consortium, M.-P., Institute, U. G. P. T., & Technology, O. of the A. S. for R. and. (2018). *Highway-Rail Grade Crossing Traffic Hazard Forecasting Model.* 37p.

Ouma, Y. O., Opudo, J., & Nyambenya, S. (2015). Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS for Road Pavement Maintenance Prioritization: Methodological Exposition and Case Study. *Advances in Civil Engineering, 2015.* <https://doi.org/10.1155/2015/140189>

Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Informatika, 2017: Kudus, 25 Juli 2017. (2017). Badan Penerbit Universitas Muria Kudus.

Tang, D., & Solangi, Y. A. (2023). Fostering a Sustainable Energy Future to Combat Climate Change: EESG Impacts of Green Economy Transitions. *Processes, 11(5).* <https://doi.org/10.3390/pr11051548>