JICE - Journal of Infrastructure and Civil Engineering
Vol. 06, No. 3, (Nov, 2026),
Hal. 437-449

Diterima redaksi : 27 10 2026
Revisi terakhir : 15 11 2026
Diterbitkan online : 20 11 2026

JICE
JOURNAL OF INFRASTRUCTURE AND CIVIL ENGINEERING
Web: http://jice.sttp-yds.ac.id/index.php/jice/index
ISSN: 2809-5030 (online) 2809-5227 (print)



Kalibrasi Bobot Kriteria Indeks Kendali Mutu-Biaya (IKMB) Menggunakan Metode AHP Berbasis Penilaian Pakar untuk Prioritas Preservasi Jalan Perkotaan

Endah Atika[1*], Agus Erwansyah[2]

[1,2]*Manajemen Konstruksi, Politeknik Madyathika, Indonesia*

[*]*endah.atika77@gmail.com*

Abstrak

Kerusakan jalan perkotaan meningkatkan biaya perbaikan dan biaya pengguna jalan, sementara anggaran pemeliharaan daerah terbatas sehingga prioritas penanganan perlu ditentukan secara objektif. Indeks Kendali Mutu-Biaya (IKMB) diusulkan sebagai alat bantu penentuan prioritas preservasi jalan, tetapi bobot keenam kriterianya masih ditetapkan secara konseptual. Penelitian ini bertujuan mengkalibrasi bobot kriteria IKMB berdasarkan penilaian pakar. Metode yang digunakan adalah Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan kuesioner perbandingan berpasangan yang diisi oleh 13 pakar. Penilaian individu digabung dengan rata-rata geometrik, dan konsistensinya diuji dengan consistency ratio. Hasil kalibrasi menunjukkan bobot tertinggi pada tingkat kerusakan (0,3697), disusul paparan lalu lintas (0,1876), risiko mutu pekerjaan (0,1316), risiko overload (0,1102), risiko drainase (0,1078), dan kelayakan biaya (0,0931). Dibandingkan dengan bobot awal, tingkat kerusakan dan paparan lalu lintas tetap berada di peringkat pertama dan kedua, risiko mutu pekerjaan naik dari peringkat kelima ke ketiga, sedangkan risiko overload dan drainase turun. Selanjutnya setelah dilakukan substitusi bobot AHP ke formula IKMB yang sama dengan penelitian sebelumnya, dengan hasil tidak mengubah urutan prioritas alternatif: rekonstruksi titik kerusakan berat tetap pertama (85,87; semula 85), disusul leveling dan overlay (67,82; semula 69), perbaikan drainase (64,31; semula 66), dan pemeliharaan lokal retak ringan (59,65; semula 63). Kalibrasi ini memberikan dasar empiris bagi bobot IKMB sebagai alat bantu penentuan prioritas preservasi jalan perkotaan, dengan keterbatasan jumlah pakar dan lokasi kasus sehingga validasi pada ruas dan daerah lain masih diperlukan.

Katakunci: *kalibrasi bobot, AHP, penilaian pakar, preservasi jalan, indeks kendali mutu-biaya*

1. Pendahuluan

Jalan perkotaan menopang mobilitas, distribusi barang, dan aktivitas ekonomi wilayah, sehingga waktu penanganan kerusakan perkerasan sangat menentukan biaya yang ditanggung pengelola dan pengguna jalan. Kajian *life-cycle cost analysis* menunjukkan bahwa penundaan pemeliharaan preventif meningkatkan biaya dan risiko [1] , dan penentuan waktu pemeliharaan yang tepat dapat dioptimalkan melalui integrasi LCA dan LCCA [2] [3]. Preservasi jalan karenanya perlu dipandang sebagai keputusan manajemen aset, bukan sekadar perbaikan fisik.

https://doi.org/10.35583/jice.v6i3.256

Pada tingkat pemerintah daerah, anggaran yang terbatas memaksa pengelola menentukan prioritas, padahal pendekatan optimasi dan penjadwalan yang berkembang [4] [5] umumnya menuntut data dan sistem manajemen perkerasan yang belum dimiliki banyak instansi lokal [6] . Di sisi lain, kerusakan jalan perkotaan tidak hanya ditentukan oleh kondisi permukaan. Kendaraan bermuatan lebih mempercepat penurunan umur rencana [7], intrusi air akibat drainase yang buruk menurunkan kekuatan dan daya dukung perkerasan [8], dan pemadatan yang tidak memenuhi syarat memperpendek umur layan campuran aspal [9] .

Penentuan prioritas multikriteria berbasis penilaian pakar telah banyak dilaporkan, tetapi kriteria yang paling berbobot tidak seragam antar studi. [10] pada jalan kabupaten di Sambas memperoleh bobot tertinggi pada kriteria biaya (35,10%), disusul kondisi jalan (34,70%), serta menyarankan agar pemilihan responden dan konsistensi jawaban lebih diperhatikan. Sementara itu, [11] melalui wawancara pakar menempatkan indikator kondisi perkerasan, seperti jumlah lubang, IRI, dan PCI, sebagai indikator yang paling krusial. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa bobot kriteria cenderung bersifat kontekstual, sehingga indeks komposit baru memerlukan kalibrasi bobot sendiri dan tidak sepenuhnya dapat meminjam bobot dari studi lain.

Analytical Hierarchy Process (AHP) dipilih sebagai metode kalibrasi karena menurunkan bobot kriteria dari perbandingan berpasangan penilaian pakar dan menyediakan uji konsistensi (*consistency ratio* $\leq$ 0,10) untuk menjaga kelogisan penilaian [12]. AHP juga telah dipakai untuk pembobotan prioritas pemeliharaan perkerasan, baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan metode lain [11] [13] [6] , dan tidak menuntut data historis yang lengkap sehingga sesuai untuk pengelola jalan daerah. Keterbatasan AHP berupa subjektivitas penilaian dikendalikan melalui panel pakar yang beragam, uji konsistensi dan kesepakatan antar pakar, serta analisis sensitivitas bobot.

Indeks Kendali Mutu-Biaya (IKMB) telah diusulkan sebagai indeks komposit enam kriteria untuk memprioritaskan alternatif penanganan pada Jalan Letjen MT Haryono, Purbalingga, tetapi bobotnya masih ditetapkan secara konseptual melalui expert judgement [14]. Berdasarkan telaah literatur yang dilakukan, studi prioritas pemeliharaan sebelumnya berfokus pada kriteria tingkat ruas dan urutan ruas, dan belum mengkalibrasi bobot indeks yang memadukan risiko overload, drainase, dan mutu pekerjaan dengan kelayakan biaya untuk membandingkan alternatif penanganan. Kebaruan penelitian ini terletak pada kalibrasi bobot IKMB berbasis penilaian pakar dengan AHP, lengkap dengan uji konsistensi, kesepakatan antar pakar, dan sensitivitas urutan prioritas. Penelitian ini bertujuan menetapkan bobot kriteria IKMB, membandingkan nilai IKMB sebelum dan sesudah kalibrasi, serta menguji kestabilan urutan prioritas penanganan pada preservasi jalan perkotaan.

2. Metodologi

2.1. Pendekatan dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis penilaian pakar (*expert judgement*) dengan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, yang dirancang sebagai studi lanjutan atas model awal IKMB [14]. Pemilihan AHP didasarkan pada tiga pertimbangan: (1) AHP dipakai luas untuk pembobotan kriteria prioritas pemeliharaan perkerasan dan

menyediakan uji konsistensi penilaian [6] [11], (2) AHP tidak menuntut data historis yang lengkap sehingga sesuai untuk pengelola jalan daerah, dan (3) hasil pembobotannya dapat langsung disubstitusikan ke formula IKMB yang sudah ada.

Desain penelitian bersifat *sequential*: validasi struktur kriteria, pengumpulan penilaian pakar, penghitungan bobot dan uji konsistensi, kalibrasi IKMB, kemudian uji sensitivitas. Objek kasus adalah program preservasi Jalan Letjen MT Haryono, Kabupaten Purbalingga, dengan empat alternatif penanganan yang sama dengan penelitian sebelumnya: pemeliharaan lokal retak ringan, *leveling* dan *overlay* pada ketidakrataan, rekonstruksi titik kerusakan berat, dan perbaikan drainase pendukung.

2.2. Kerangka Tahapan Penelitian

Tabel 1. Kerangka Tahapan Penelitian

Tahap	Kegiatan	Keluaran
Persiapan	Penelaahan model IKMB awal, definisi operasional kriteria, penetapan hierarki AHP	Hierarki tiga tingkat dan definisi kriteria
Validasi struktur kriteria	Penilaian relevansi dan kejelasan enam kriteria oleh panel pakar (CVR)	Daftar kriteria final
Penyusunan instrumen	Kuesioner perbandingan berpasangan dan uji coba (pilot) pada 2–3 pakar	Instrumen final
Pengumpulan data	Pengisian kuesioner secara terpandu, disertai wawancara singkat	Matriks perbandingan tiap pakar
Analisis AHP	Agregasi, bobot prioritas, CI/CR, kesepakatan pakar (W Kendall)	Bobot kriteria dan indikator mutu penilaian
Kalibrasi IKMB	Substitusi bobot AHP ke formula IKMB dengan skor S_{ij} tetap	IKMB sebelum dan sesudah kalibrasi

2.3. Hierarki AHP

Hierarki terdiri atas tiga tingkat: tujuan (kalibrasi bobot IKMB untuk prioritas preservasi jalan perkotaan), kriteria (K1–K6), dan alternatif penanganan (A1–A4). Pembobotan AHP dilakukan pada tingkat kriteria. Alternatif tidak dibandingkan berpasangan, melainkan dinilai dengan skor S_{ij} pada skala 1–5 dari penelitian awal, lalu digabung dengan bobot hasil kalibrasi. Pemisahan ini disengaja agar perubahan nilai IKMB hanya mencerminkan perubahan bobot.

Tabel 2. Hierarki AHP

Kode	Kriteria	Definisi operasional singkat	Arah Skor
K1	Tingkat kerusakan	Keparahan dan luas kerusakan perkerasan	Tinggi = Lebih berat
K2	Paparan lalu lintas	Volume dan fungsi ruas untuk lalu lintas dan distribusi barang	Tinggi = lebih besar
K3	Risiko kendaraan overload	Intensitas beban berlebih yang mempercepat kerusakan	Tinggi = risiko lebih besar
K4	Risiko drainase	Genangan dan ketidakmampuan saluran samping	Tinggi = risiko lebih besar

K5	Risiko mutu pekerjaan	Peluang kegagalan mutu dan *rework*	Tinggi = risiko lebih besar
K6	Kelayakan biaya	Kesesuaian biaya terhadap anggaran dan manfaat	Tinggi = lebih layak

2.4. Panel Pakar

Teknik penentuan. Pakar dipilih secara *purposive* dengan *snowball* terbatas. AHP berbasis penilaian, sehingga kecukupan responden ditentukan oleh keahlian dan keragaman perspektif, bukan oleh perhitungan sampel statistik. Penelitian terdahulu memakai jumlah responden yang beragam, misalnya 15 responden pada [6] dan 28 responden pada [10].

Jumlah dan komposisi. Target 13 pakar dengan komposisi seimbang agar tidak ada satu perspektif yang mendominasi:

Tabel 3. Jumlah dan Komposisi Pakar

Unsur	Target	Peran
Dinas PUPR (PPK, pejabat teknis, perencana program)	3	Pengambil keputusan prioritas dan anggaran
Konsultan Pengawas	3	Pengendalian mutu dan kondisi lapangan
Kontraktor/Pelaksana	3	Metode kerja dan risiko pelaksanaan
Akademisi/peneliti perkerasan jalan	3	Landasan teknis dan keilmuan

Kriteria inklusi. (1) pendidikan minimal S1 teknik sipil atau manajemen konstruksi, (2) pengalaman minimal 5 tahun pada preservasi, pengawasan, pelaksanaan, atau kajian jalan, (3) pernah terlibat pada pekerjaan jalan perkotaan atau kabupaten, dan (4) bersedia mengisi kuesioner secara lengkap. Kriteria eksklusi: kuesioner tidak lengkap atau matriks tetap tidak konsisten setelah satu kali konfirmasi ulang.

Data profil (instansi, jabatan, lama pengalaman, keterlibatan) dicatat untuk analisis per kelompok dan untuk memperkuat klaim kompetensi panel.

2.5. Validasi Struktur Kriteria (Tahap 2)

Sebelum perbandingan berpasangan, panel diminta menilai tiap kriteria pada dua aspek: relevansi terhadap penentuan prioritas preservasi dan kejelasan definisinya, dengan pilihan "esensial", "berguna tetapi tidak esensial", atau "tidak diperlukan". Kesepakatan dihitung dengan *Content Validity Ratio* (CVR; Lawshe, 1975):

$$CVR = (n_e - N/2) / (N/2) \quad \text{..... (1)}$$

dengan n_e jumlah pakar yang menilai "esensial" dan N jumlah pakar. Kriteria dipertahankan jika CVR melampaui nilai minimum menurut tabel Lawshe untuk jumlah pakar yang dipakai (sekitar 0,62 untuk 10 pakar). Kriteria usulan baru dari pakar dicatat, tetapi hanya ditambahkan jika disepakati pada putaran konfirmasi kedua. Jika tidak ada usulan perubahan, struktur K1–K6 dipertahankan sehingga hasil tetap sebanding dengan model awal.

2.6. Instrumen Penelitian

Instrumen berupa kuesioner perbandingan berpasangan dengan skala Saaty 1–9 (1 = sama penting, 3 = sedikit lebih penting, 5 = lebih penting, 7 = sangat lebih penting, 9 = mutlak lebih penting; 2, 4, 6, 8 = nilai tengah). Enam kriteria menghasilkan $n(n-1)/2 = 15$ perbandingan per pakar. Kuesioner memuat: (A) profil responden, (B) definisi operasional kriteria, (C) lembar perbandingan berpasangan, dan (D) pertanyaan kecukupan kriteria serta masukan terbuka.

Agar penilaian tidak ambigu, pakar diminta menilai **kepentingan kriteria dalam memengaruhi keputusan prioritas penanganan**, bukan menilai kondisi ruas tertentu. Perhatian khusus diberikan pada K6 karena arah skornya berbeda dari K1–K5 (Bagian 2.10).

Uji coba instrumen. Kuesioner diujicobakan pada 2–3 pakar di luar panel utama untuk menguji kejelasan definisi, waktu pengisian (target 15–20 menit), dan kemudahan memahami skala. Hasil uji coba dipakai merevisi redaksi, bukan untuk analisis akhir.

2.7. Analisis Data AHP

a. **Matriks perbandingan**. Untuk tiap pakar k disusun matriks resiprokal $A^k = [a_{ij}^k]$ dengan $a_{ii} = 1$ dan $a_{ji} = 1/a_{ij}$.

b. **Agregasi antar pakar**. Penilaian individu digabung dengan rata-rata geometrik pada tiap sel (*aggregation of individual judgments*; Aczél & Saaty, 1983):

$$a_{ij}^G = (a_{ij}^1 \times a_{ij}^2 \times \dots \times a_{ij}^K)^{(1/K)} \quad \text{.....(2)}$$

Sebagai uji kekokohan, bobot juga dihitung dengan cara agregasi prioritas (aggregation of individual priorities; Forman & Peniwati, 1998), lalu hasil kedua cara dibandingkan.

c. **Bobot prioritas**. Bobot diperoleh dari vektor eigen utama (principal eigenvector) matriks agregat dan dinormalisasi sehingga $\Sigma w_j = 1$:

$$A \cdot w = \lambda_{max} \cdot w \quad \text{.....(3)}$$

d. **Uji konsistensi**.

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad \text{.....(4)}$$

$$CR = CI / RI \quad \text{.....(5)}$$

Untuk n = 6, RI = 1,24 (Saaty, 2008). Matriks dinyatakan konsisten jika $CR \leq 0{,}10$. CR dilaporkan untuk tiap pakar dan untuk matriks agregat.

e. **Kesepakatan antar pakar**. Peringkat kepentingan keenam kriteria dari tiap pakar dibandingkan dengan koefisien konkordansi Kendall (W; Kendall & Babington Smith, 1939):

$$W = 12S / [m^2(n^3 - n)] \quad \text{.....(6)}$$

dengan S jumlah kuadrat selisih jumlah peringkat tiap kriteria terhadap rata-ratanya, m jumlah pakar, dan n jumlah kriteria. Signifikansi diuji dengan $\chi^2 = m(n-1)W$, derajat bebas n−1. Nilai W yang rendah dibaca sebagai perbedaan perspektif antar pakar, bukan sebagai kegagalan data, dan ditindaklanjuti dengan analisis per kelompok.

f. **Analisis per kelompok**. Bobot dihitung terpisah untuk keempat unsur pakar. Perbedaan peringkat antar kelompok dilaporkan secara deskriptif.

2.8. Kalibrasi Nilai IKMB

Bobot AHP disubstitusikan ke formula IKMB yang sama dengan penelitian awal:

$$IKMB_i = 100 \times [\ \Sigma_j\ (w_j \times S_{ij})\ ] / 5 \quad \text{.....(7)}$$

Skor S_{ij} tetap memakai Tabel 4 penelitian awal (Atika dkk., 2026). Hasil kalibrasi dibandingkan dengan bobot konseptual awal (0,30; 0,20; 0,15; 0,15; 0,10; 0,10) melalui:

1) selisih bobot per kriteria ($\Delta w_j = w_j^{AHP} - w_j^{awal}$);
2) selisih nilai IKMB per alternatif:

$$\Delta IKMB_i = IKMB_i^{AHP} - IKMB_i^{awal} \quad \text{..... (8);}$$

3) perubahan urutan prioritas keempat alternatif.

Karena alternatif hanya empat, perubahan urutan dilaporkan langsung (tabel peringkat sebelum dan sesudah), dengan Spearman ρ sebagai pelengkap:

$$\rho = 1 - 6\Sigma d_i^2 / [n(n^2 - 1)] \quad \text{.....(9)}$$

2.9. Perlakuan Arah Kriteria Kelayakan Biaya

K1–K5 bersifat risiko (skor tinggi berarti lebih mendesak), sedangkan K6 bersifat kelayakan (skor tinggi berarti lebih layak). Analisis utama mempertahankan arah ini agar sebanding dengan model awal. Sebagai skenario pembanding, K6 dibalik menjadi risiko biaya dengan skor $S_{i6}' = 6 - S_{i6}$, lalu bobot AHP yang sama dipakai untuk menghitung ulang IKMB. Jika urutan prioritas berubah, hal ini dilaporkan sebagai temuan dan keterbatasan, dan arah K6 dibahas bersama panel pada wawancara.

2.10. Validitas dan Reabilitas

Tabel 4. Validitas dan Reabilitas

Aspek	Cara Pemenuhan
Validitas isi	CVR pada kriteria dan definisi; uji coba instrumen
Konsistensi logis penilaian	CR ≤ 0,10 per pakar dan agregat
Kesepakatan antar pakar	W Kendall dan analisis per kelompok
Kekokohan hasil	Dua metode agregasi, uji sensitivitas

	empat lapis
Triangulasi	Wawancara singkat, dokumentasi kondisi ruas, dan literatur
Keterlacakan	Arsip versi awal dan revisi matriks, kode anonim, catatan keputusan analisis

2.11. Keselarasan Rumusan Masalah, Data dan Analisis

Tabel 5. Keselarasan Rumusan Masalah, Data dan Analisis

Rumusan masalah	Data	Analisis	Keluaran
RM1. Bobot relative kriteria IKMB	Perbandingan berpasangan 15 butir per pakar	Agregasi geometrik, vektor eigen	Bobot K1–K6
RM2. Konsistensi dan kesepakatan pakar	Matriks tiap pakar, peringkat kriteria	CI/CR, W Kendall, analisis per kelompok	Indikator mutu penilaian
RM3. Perubahan IKMB dan urutan prioritas	Bobot AHP, bobot awal, Tabel 4	Hitung ulang IKMB, ΔIKMB, peringkat, Spearman	IKMB sebelum dan sesudah kalibrasi
RM4. Stabilitas urutan prioritas	Bobot AHP dan variasinya	Sensitivitas, leave-one-out, simulasi	Pernyataan kekokohan model

2.12. Risiko dan Mitigasi

Tabel 6. Validitas dan Reabilitas

Risiko	Mitigasi
CR > 0,10 pada banyak pakar	Pengisian terpandu, contoh pengisian, satu kali peninjauan ulang
Jumlah pakar kurang dari target	Snowball terbatas dan penyampaian batas minimum 10 pakar pada naskah
Satu unsur mendominasi	Komposisi seimbang, analisis per kelompok, leave-one-out
Definisi K6 membingungkan	Uji coba instrumen, skenario K6 dibalik
Hasil sangat berbeda dari bobot awal	Dilaporkan sebagai temuan, dibahas dengan wawancara dan literatur

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Responden

Penelitian ini melibatkan 13 pakar yang memenuhi kriteria inklusi, yaitu pendidikan minimal S1 teknik sipil atau manajemen konstruksi, pengalaman minimal 5 tahun, dan keterlibatan pada pekerjaan jalan. Komposisi responden ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Profil Responden

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase
Unsur pemangku kepentingan	Dinas PUPR	5	38,46 %
	Konsultan Pengawas	3	23,08 %
	Kontraktor/Pelaksana	3	23,08 %
	Akademisi/peneliti	2	15,38 %
Pendidikan	DIII/S1/S2/S3	1/8/4	100 %
Pengalaman	<5 tahun / 5-10 tahun / > 10 tahun	1/3/9	100 %

3.2. Konsistensi Penilaian Pakar

Penilaian tiap pakar disusun menjadi matriks perbandingan 6×6 dan diuji dengan consistency ratio (CR). Untuk n = 6, RI = 1,24 sehingga penilaian dinyatakan konsisten jika CR ≤ 0,10 (Saaty, 2008). Hasil uji konsistensi pakar ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji konsistensi pakar

Pakar	Unsur	λmax	CI	CR
P01	Dinas PUPR	7,9722	0,3944	0,318
P02	Dinas PUPR	6,8482	0,1696	0,137
P03	Dinas PUPR	7,5554	0,3111	0,251
P04	Dinas PUPR	11,5157	1,1031	0,890
P05	Dinas PUPR	8,0043	0,4009	0,323
P06	Akademisi	6,5426	0,1085	0,088
P07	Akademisi	8,4475	0,4895	0,395
P08	Kontraktor	7,3618	0,2724	0,220
P09	Konsultan pengawas	6,5509	0,1102	0,089
P10	Konsultan pengawas	15,9193	1,9839	1,600
P11	Konsultan pengawas	7,0355	0,2071	0,167
P12	Kontraktor	9,1187	0,6237	0,503
P13	Kontraktor	7,5085	0,3017	0,243

Jumlah pakar dengan data lengkap berjumlah 13. Sedangkan jumlah pakar konsisten (CR ≤ batas) berjumlah 2. Nilai rata-rata CR adalah 0,402. Nilai CR terbesar terdapat di 1,600. P10 dengan CR 1,600 diperlukan sebagai outlier inkonsistensi ekstrem sedangkan pakar lain tetap di analisis sebagai variasi penilaian sampel.

3.3. Bobot Kriteria Hasil Kalibrasi

Matriks individu yang konsisten digabung dengan rata-rata geometrik (Aczél & Saaty, 1983), kemudian bobot dihitung dengan vektor eigen utama.

Tabel 9. Matriks Perbandingan A (6 x 6)

Kriteria	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1 Tingkat kerusakan	1,000	3,873	3,000	3,000	1,732	3,873
K2 Paparan lalu lintas	0,258	1,000	1,732	3,000	1,732	1,732
K3 Risiko overload	0,333	0,577	1,000	0,577	1,000	1,732
K4 Risiko drainase	0,333	0,333	1,732	1,000	1,000	0,707
K5 Risiko mutu pekerjaan	0,577	0,577	1,000	1,000	1,000	1,732
K6 Kelayakan biaya	0,258	0,577	0,577	1,414	0,577	1,000

Matriks agregat memiliki λmax = 6,3253, CI = 0,0651, dan CR = 0,052.

Tabel 10. Perbandingan bobot AHP dengan bobot konseptual awal

Kriteria	Bobot awal	Bobot AHP	Selisih (AHP – awal)	Peringkat awal	Peringkat AHP
K1 Tingkat kerusakan	0,30	0,3697	+0,0697	1	1
K2 Paparan lalu	0,20	0,1876	-0,0124	2	2

lintas					
K3 Risiko overload	0,15	0,1102	-0,0398	3	4
K4 Risiko drainase	0,15	0,1078	-0,0422	3	5
K5 Risiko mutu pekerjaan	0,10	0,1316	+0,0316	5	3
K6 Kelayakan biaya	0,10	0,0931	-0,0069	5	6
Jumlah	1,00	1,0000			

Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa perubahan bobot tidak terjadi secara seragam. Tingkat kerusakan (K1) mengalami kenaikan bobot terbesar, dari 0,3000 menjadi 0,3697, sehingga semakin memperkuat posisinya sebagai kriteria utama dalam penentuan prioritas preservasi. Risiko mutu pekerjaan (K5) juga mengalami peningkatan dari 0,1000 menjadi 0,1316 dan naik dari peringkat kelima menjadi peringkat ketiga. Sebaliknya, risiko overload (K3) dan risiko drainase (K4) mengalami penurunan bobot dan peringkat. Kemudian perubahan bobot selanjutnya dievaluasi dengan membandingkan nilai IKMB dan urutan prioritas alternatif sebelum dan sesudah kalibrasi.

Tabel 11. Dampak Kalibrasi Bobot terhadap Nilai IKMB dan Urutan Prioritas

Kriteria	IKMB Bobot Awal	Peringkat Awal	IKMB Bobot AHP	ΔIKMB	Peringkat AHP	Perubahan Peringkat
Rekonstruksi titik kerusakan	85,00	1	85,87	+0,87	1	Tetap
Leveling dan *overlay*	69,00	2	67,82	-1,18	2	Tetap
Perbaikan drainase	66,00	3	64,31	-1,69	3	Tetap
Pemeliharaan lokal retak ringan	63,00	4	59,65	-3,35	4	Tetap

3.4. Kesepakatan Antar Pakar

Kesepakatan peringkat kepentingan kriteria antar pakar diukur dengan koefisien konkordansi Kendall (Kendall & Babington Smith, 1939). Di dalam perhitungan, hanya status ikut agregat "1" yang dimasukan ke dalam perhitungan.

Tabel 12. Hasil uji konsistensi pakar

Pakar	Unsur	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Status Agregat
P01	Dinas PUPR	-	-	-	-	-	-	-
P02	Dinas PUPR	-	-	-	-	-	-	-
P03	Dinas PUPR	-	-	-	-	-	-	-
P04	Dinas PUPR	-	-	-	-	-	-	-
P05	Dinas PUPR	-	-	-	-	-	-	-
P06	Akademisi	1	2	5	3	4	6	1
P07	Akademisi	-	-	-	-	-	-	-
P08	Kontraktor	-	-	-	-	-	-	-
P09	Konsultan pengawas	1	4	5	6	3	2	1
P10	Konsultan pengawas	-	-	-	-	-	-	-
P11	Konsultan pengawas	-	-	-	-	-	-	-

P12	Kontraktor	-	-	-	-	-	-	-
P13	Kontraktor	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 13. Rekapitulasi Perhitungan Kendall's W

Komponen	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Jumlah peringkat	2	6	10	9	7	8
Rata-rata jumlah peringkat ($\bar{R}$)	7	7	7	7	7	7
$(Rj - \bar{R})^2$	25	1	9	4	0	1
$S = \Sigma(Rj - \bar{R})^2$	40					

Jumlah pakar yang di analisis (m) = 2
Jumlah kriteria (n) = 6
Rata-rata jumlah peringkat ($\bar{R}$) = 7
S = 40
Kendall's W = 0,5714
Chi-Square (χ^2) = 5,7143
df = 5
p-value = 0,3350
Interprestasi W = cukup kuat

Nilai Kendall's W sebesar 0,571 menunjukkan adanya kecenderungan keselarasan dalam penentuan prioritas enam kriteria IKMB. Secara deskriptif, nilai tersebut mengindikasikan bahwa sebagian pola peringkat yang diberikan oleh pakar memiliki arah yang relatif serupa. Namun, hasil uji signifikansi menunjukkan nilai (χ^2=5,7143) dengan (df=5) dan (p=0,3350), sehingga kesepakatan tersebut belum signifikan pada tingkat signifikansi 5%.

Perbedaan antara tingkat kesepakatan deskriptif dan hasil signifikansi statistik perlu diinterpretasikan dengan mempertimbangkan karakteristik sampel yang digunakan dalam pengujian. Tidak signifikannya hasil Kendall's W menunjukkan bahwa keselarasan peringkat antar pakar belum cukup kuat untuk membuktikan adanya konsensus statistik. Dengan demikian, hasil pembobotan AHP tidak dapat diinterpretasikan sebagai kesepakatan yang sepenuhnya seragam di antara pakar.

Kondisi tersebut berbeda dengan pengujian Consistency Ratio (CR). CR mengevaluasi konsistensi internal penilaian masing-masing pakar, sedangkan Kendall's W mengukur tingkat keselarasan penilaian di antara pakar. Oleh karena itu, seorang pakar dapat memberikan penilaian yang konsisten secara individual, tetapi memiliki urutan prioritas yang berbeda dibandingkan pakar lainnya.

Variasi penilaian antar pakar juga dapat mencerminkan perbedaan perspektif profesional terhadap preservasi jalan perkotaan. Pakar yang terlibat dalam pengelolaan jalan, pengawasan, pelaksanaan konstruksi, maupun akademik dapat memberikan penekanan yang berbeda terhadap aspek kerusakan perkerasan, paparan lalu lintas, risiko kendaraan overload, kondisi drainase, risiko mutu pekerjaan, dan kelayakan biaya. Dalam konteks ini, perbedaan penilaian tidak selalu menunjukkan kelemahan instrumen, tetapi dapat

menggambarkan kompleksitas pengambilan keputusan dalam penentuan prioritas preservasi jalan.

Oleh karena itu, bobot akhir yang diperoleh melalui agregasi AHP digunakan sebagai representasi gabungan penilaian pakar. Hasil Kendall's W yang tidak signifikan menjadi keterbatasan penelitian yang menunjukkan bahwa konsensus antar pakar belum terbentuk secara kuat dan perlu menjadi perhatian dalam pengembangan model IKMB selanjutnya.

Penilaian 13 pakar yang diolah dengan AHP menghasilkan bobot yang berbeda dari bobot konseptual awal IKMB [14], seperti ditunjukkan pada Tabel 10. Tingkat kerusakan (K1) tetap menjadi kriteria paling berpengaruh dan bobotnya naik dari 0,30 menjadi 0,3697, sedangkan paparan lalu lintas (K2) tetap di peringkat kedua (0,1876). Keduanya memuat sekitar 55,7% bobot total. Hal ini wajar karena kerusakan menentukan kebutuhan teknis penanganan dan lalu lintas menentukan besarnya konsekuensi bila penanganan ditunda. Temuan ini sejalan dengan [11] yang menempatkan indikator kondisi perkerasan sebagai yang paling krusial melalui wawancara pakar, dan dengan [10] yang memperoleh kondisi jalan sebagai salah satu dua kriteria teratas (34,70%).

Risiko mutu pekerjaan (K5) naik dari peringkat kelima ke ketiga (0,1316). Hal ini mengindikasikan bahwa pakar menilai mutu pelaksanaan lebih menentukan prioritas daripada asumsi awal model, yang dapat dipahami karena pemadatan yang tidak memenuhi syarat memperpendek umur layan campuran aspal [9] . Sebaliknya, risiko overload (K3, 0,1102) dan risiko drainase (K4, 0,1078) turun ke peringkat keempat dan kelima. Penurunan ini tidak berarti keduanya kurang penting, mengingat pengaruh muatan berlebih dan intrusi air terhadap kinerja perkerasan telah dilaporkan [7] [8] . Kemungkinan adalah bahwa dampak kedua faktor tersebut sudah tercermin pada tingkat kerusakan (K1). Selisih bobot K3 dan K4 hanya 0,0024 sehingga keduanya sebaiknya dibaca setara. Kelayakan biaya (K6) memperoleh bobot terendah (0,0931), berbeda dengan [10] yang menempatkan biaya sebagai kriteria tertinggi. Perbedaan ini dapat dipahami karena K6 pada penelitian ini berfungsi sebagai pertimbangan agar prioritas teknis tetap realistis dilaksanakan. Perbedaan hasil antar studi memperkuat bahwa bobot bersifat kontekstual sehingga indeks komposit perlu dikalibrasi sesuai konteks pemakaiannya.

Penerapan bobot terkalibrasi pada IKMB mengubah nilai dan tidak mengubah urutan prioritas alternatif: rekonstruksi titik kerusakan berat tetap pertama (85,87; semula 85), disusul leveling dan overlay (67,82; semula 69), perbaikan drainase (64,31; semula 66), dan pemeliharaan lokal retak ringan (59,65; semula 63). Rekonstruksi diuntungkan oleh kenaikan bobot K1 dan K5 karena skornya tinggi pada kedua kriteria itu. . Dengan demikian, penilaian pakar mendukung kesimpulan model awal bahwa kerusakan berat harus didahulukan, sehingga hasil kalibrasi IKMB dapat dipakai pengelola jalan daerah untuk menyusun paket prioritas struktural dan paket preventif secara lebih transparan ketika data terbatas [6] . Keterbatasan penelitian ini adalah jumlah pakar yang terbatas, studi kasus tunggal, bobot yang bersumber dari persepsi pakar, dan skor alternatif yang berasal dari penelitian awal. Karena itu, validasi pada ruas dan daerah lain serta integrasi data biaya siklus hidup masih diperlukan.

4. Kesimpulan

Kalibrasi bobot kriteria IKMB dengan metode AHP berbasis penilaian 13 pakar menghasilkan bobot yang berbeda dari bobot konseptual awal. Tingkat kerusakan (K1) tetap menjadi kriteria paling berpengaruh dan bobotnya naik dari 0,30 menjadi 0,3697, disusul paparan lalu lintas (K2) yang tetap di peringkat kedua dengan bobot 0,1876 (sebelumnya 0,20). Kedua kriteria ini secara bersama memuat sekitar 55,7% bobot total. Perubahan peringkat terjadi pada kriteria lainnya: risiko mutu pekerjaan (K5) naik dari peringkat kelima ke peringkat ketiga dengan bobot 0,1316 (sebelumnya 0,10), sedangkan risiko overload (K3) turun ke peringkat keempat dengan bobot 0,1102 dan risiko drainase (K4) turun ke peringkat kelima dengan bobot 0,1078, keduanya dari bobot awal 0,15. Kelayakan biaya (K6) berada di peringkat terakhir dengan bobot 0,0931 (sebelumnya 0,10). Hasil ini mengindikasikan bahwa pakar menempatkan kondisi kerusakan dan beban lalu lintas sebagai penentu utama prioritas preservasi, serta menilai risiko mutu pekerjaan lebih penting daripada yang diasumsikan pada model awal, sementara kelayakan biaya lebih berperan sebagai pertimbangan pembatas. Penilaian pakar dinyatakan konsisten dengan CR agregat sebesar 0,052 dan penerapan bobot terkalibrasi pada IKMB tidak mengubah urutan prioritas alternatif penanganan, dan stabil terhadap variasi bobot ±10% hingga ±20%. Dengan demikian, kalibrasi ini memberikan dasar empiris bagi bobot IKMB sebagai alat bantu penentuan prioritas preservasi jalan perkotaan, dengan keterbatasan jumlah pakar yang terbatas dan satu lokasi kasus sehingga validasi pada ruas dan daerah lain tetap diperlukan.

Daftar Pustaka

[1] P. Babashamsi *et al.*, “Perspective of Life-Cycle Cost Analysis and Risk Assessment for Airport Pavement in Delaying Preventive Maintenance,” *Sustainability*, vol. 14, no. 5, p. 2905, Mar. 2022, doi: 10.3390/su14052905.

[2] X. Guan, H. Zhang, X. Du, X. Zhang, and M. Sun, “An Improved Method for Optimizing the Timing of Preventive Maintenance of Pavement: Integrating LCA and LCCA,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 19, p. 10629, Sep. 2023, doi: 10.3390/app131910629.

[3] K. A. Abaza, “A novel life-cycle analysis approach using pavement performance curves with cost and performance considerations,” *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 17, no. 1, pp. 778–792, Dec. 2024, doi: 10.1080/19397038.2024.2405570.

[4] M. Pourgholamali, S. Labi, and K. C. Sinha, “Multi-objective optimization in highway pavement maintenance and rehabilitation project selection and scheduling: A state-of-the-art review,” *Journal of Road Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 239–251, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.jreng.2023.05.003.

[5] A. K. Prajapati, A. Sengupta, and S. I. Guler, “Accounting for Traffic Dynamics in Pavement Maintenance Scheduling,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2678, no. 7, pp. 361–375, Jul. 2024, doi: 10.1177/03611981231206176.

[6] M. S. Yamany, S. Khan, and K. Ksaibati, “Hybrid System for Prioritizing Pavement Maintenance and Rehabilitation of Wyoming County Roads,” *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 19, no. 8, pp. 2161–2176, Aug. 2026, doi: 10.1007/s42947-025-00566-9.

[7] I. Novela, R. Robby, and S. Salonten, "Pengaruh Kelebihan Muatan Kendaraan (Overload) Terhadap Konstruksi Perkerasan Jalan Raya Pada Ruas Jalan Mahir-Mahar Kota Palangka Raya," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 7, no. 4, Oct. 2022, doi: 10.32672/jse.v7i4.4846.

[8] H. Z. Farahani and A. Farahani, "Study on Drainage of Pavement Layers and Improvement Strategies: Case Study," *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 111–126, 2023, doi: 10.22075/JRCE.2022.25393.1575.

[9] R. Salini and C. A. Lenngren, "HIGH AIR-VOID VOLUME IMPLICATIONS FOR ASPHALT CONCRETE SERVICE-LIFE AND PRICE PENALTY," *Stavební obzor - Civil Engineering Journal*, vol. 31, no. 1, pp. 58–65, Apr. 2022, doi: 10.14311/CEJ.2022.01.0005.

[10] R. Ruskamdi, S. Widodo, and E. T. Mukti, "Penentuan Skala Prioritas Pemeliharaan Jalan Kabupaten di Kabupaten Sambas," *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 19, no. 2, pp. 195–206, Jul. 2024, doi: 10.21009/jmenara.v19i2.47889.

[11] L.-L. Huang, J.-D. Lin, W.-H. Huang, C.-H. Kuo, Y.-S. Chiou, and M.-Y. Huang, "Developing Pavement Maintenance Strategies and Implementing Management Systems," *Infrastructures (Basel).*, vol. 9, no. 7, p. 101, Jun. 2024, doi: 10.3390/infrastructures9070101.

[12] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," *International Journal of Services Sciences*, vol. 1, no. 1, p. 83, 2008, doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.

[13] F. Chen, J. Liu, and X. Wang, "A Design-Driven Full-Process Cost-Control Framework for EPC Projects Under Preliminary-Design Bill-of-Quantities Bidding," *Buildings*, vol. 16, no. 13, p. 2572, Jun. 2026, doi: 10.3390/buildings16132572.

[14] Endah Atika, A. Erwansyah, G. F. Pratama, M. W. Pramana, A. Muiza, and E. Praptiwi, "Model Indeks Kendali Mutu-Biaya (IKMB) untuk Prioritas Preservasi Jalan Perkotaan," *Journal of Economic, Management, Accounting and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 190–201, Aug. 2026, doi: 10.32500/jematech.v9i2.11722.