

Penerapan Metode Analythic Hierarchy Process untuk Pengambilan Keputusan Pemilihan Desain Jembatan Kereta Api

Using Analytic Hierarchy Process Method to Determine the Railway Bridge Design

Heriyanto Wibowo^{a,1*}, Sinung Tri Nugroho^{b,2}

^{a,b} Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia
^{1*} heriy_wibowo@yahoo.com, ² sinungtn@gmail.com

^{*}corresponding e-mail

This is an open access article under the terms of the CC-BY-NC license

ABSTRACT

Padalarang - Purwakarta line track is a very crowded but potential track since it connects Jakarta - Bandung. Argo Parahyangan train and freight train are passing through this track. Therefore, it is crucial to build double track lane. However, it is difficult to execute due to a wide and deep river which requires a new bridge with a complex high cost construction. That is the reason why, an in-depth evaluation of the bridge design is needed. In selecting the bridge design, the Analytical Hierarchy Process was used as the selection method. The method would applied a four-level developed structure: the first level was the goal of choosing the Optimum Bridge Design, the second level was the people involved, the third level was the evaluation criteria, the last level was the alternative bridge to be built. The data was taken from the questionnaires filled by six respondents of the railway bridge's construction experts. The results show that the order of the bridge's design selection is as follows: 0.395 for concrete bridges; 0.213 for steel arch bridges; 0.199 for steel frame bridges; and 0.194 for cable bridges.

Keywords : *analytical hierarchy process, decision-making, optimum bridge design, railway bridge*

ABSTRAK

Lintas Padalarang-Purwakarta merupakan lintas yang sangat padat dan potensial, karena menghubungkan Jakarta dengan Bandung, dimana lintas ini dilewati Kereta Api Argo Parahiyangan, petikemas. Sehingga perlu dibangun jalur ganda, akan tetapi sulit untuk dilaksanakan karena terdapat sungai yang sangat lebar dan dalam, sehingga perlu dibangun jembatan baru dengan biaya besar dan konstruksi yang kompleks, sehingga perlu evaluasi yang mendalam terhadap tipe desain jembatan yang akan dibangun. Model yang akan digunakan untuk pemilihan jembatan tersebut, adalah dengan metoda *Analytic Hierarchy Process*, dengan struktur yang dikembangkan empat tingkat, tingkat pertama adalah tujuan yaitu pemilihan desain jembatan terbaik, tingkat kedua adalah aktor yang terlibat, tingkat ketiga adalah kriteria evaluasi, tingkat keempat adalah alternative jembatan yang dapat dibangun. Data diperoleh berdasarkan pengisian kuisioner terhadap six responden yang dianggap ahli dibidang pembangunan jembatan kereta api, dari hasil pengolahan data

diperoleh hasil urutan pilihan sebagai berikut: jembatan beton dengan nilai 0,395; jembatan lengkung baja dengan nilai 0,213; jembatan rangka baja dengan nilai 0,199; dan jembatan kabel dengan nilai 0,194

Kata kunci : *analytic hierarchy process*, desain jembatan terbaik, pengambilan keputusan, jembatan kereta api

A. Pendahuluan

Peranan moda kereta api dalam sektor transportasi di Indonesia sangat penting, dimana kereta api sebagai alat transportasi masal, ekonomis, dan aman diharapkan perannya dioptimalkan, dimodernisasi, dengan pemanfaatan teknologi, penambahan jalur pada lintas padat, serta penyempurnaan manajemen dan mutu pelayanan. Keunggulan moda angkutan kereta api, sebagai angkutan darat mampu mengangkut secara masal, hemat penggunaan lahan, hemat dalam pemakaian energi BBM, tingkat polusi yang rendah, resiko kecelakaan yang kecil, dan aditif terhadap perkembangan teknologi, dengan keunggulan tersebut maka perkeretaapian perlu dikembangkan dan ditingkatkan.

Untuk meningkatkan peran kereta api, maka PT Kereta Api Indonesia (Persero) harus berusaha sungguh – sungguh untuk peningkatan pelayanan kepada pemakai jasa kereta api, meliputi waktu tempuh, keamanan, kenyamanan, langsung menuju pusat kota. Peningkatan pelayanan tersebut tidak lepas dari kehandalan sarana dan prasarana yang ada, seperti jembatan kereta api harus terpelihara dengan baik, sehingga kereta api dapat melewati jembatan dengan aman. PT Kereta Api Indonesia (Persero), mempunyai aset jembatan kereta api yang banyak dengan bentang bervariasi terutama pada lintas Jakarta-Bandung, dimana lintas tersebut sangat potensial yang dilewati Argo Parahiyangan, Angkutan petikemas, dan angkutan lainnya; sehingga lintas Jakarta-Bandung merupakan lintas yang padat dan strategis untuk angkutan kereta api.

Untuk meningkatkan kapasitas operasi kereta api di lintas Jakarta-Bandung, perlu dilakukan pembangunan jalur ganda (*double track*), untuk koridor Padalarang-Purwakarta masih jalur tunggal (*single track*), dimana terdapat beberapa jembatan kereta api, dengan sungai yang cukup lebar dan curam, dan pilar yang tinggi. Disamping itu jembatan yang ada di bangun sejak jaman Kolonial Belanda, dengan perawatan yang rutin dan intensif sehingga masih beroperasi sampai sekarang. Beberapa jembatan merupakan jembatan bentang panjang, dengan konstruksi rangka baja dan kedalaman sungai sangat curam, sehingga perlu pemantauan dan perhatian yang lebih serius untuk menjaga keandalan lintas tersebut.

Kerusakan yang berakibat tidak berfungsinya jembatan tersebut akan sangat sulit untuk mengatasinya, karena membutuhkan waktu penanganan yang lama, dan dapat mengganggu operasi kereta api, yang berdampak luas pada pendapatan, citra perusahaan, sehingga perlu kajian yang mendalam dengan memperhatikan seluruh aspek baik teknis maupun non teknis, pada jembatan di lintas tersebut. Disamping itu pembangunan jalur ganda, juga termasuk pembangunan jembatan baru, khususnya untuk jembatan kereta api yang bentangnya panjang akan sangat signifikan terhadap biaya konstruksi dan pelaksanaan konstruksi, sehingga perlu kajian secara mendalam dengan memperhitungkan segala aspek yang ada.

Pembangunan jembatan sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek meliputi aspek teknis yang perlu dikaji seperti metoda konstruksi, biaya konstruksi, pelaksanaan perawatan, keandalan konstruksi, disamping itu juga perlu dikaji pengaruh terhadap lingkungan dan juga keindahan knstruksi. Dalam perencanaan jembatan khususnya jembatan kereta api dikenal beberapa tipe seperti jembatan yaitu jembatan beton yang terdiri dari struktur beton baik beton biasa maupun prestres (*prestressed concrete bridges*), jembatan baja yang terdiri dari material baja meliputi jembatan rangka baja, baja lengkung dan jembatan kabel (*Cable stayed bridges*), dan kombinasi beton dengan baja.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk membuat model pengambilan keputusan dalam pemilihan alternatif tipe jembatan kereta api, yang memerlukan biaya besar, sehingga didapat tipe jembatan yang terbaik dengan memakai metode proses hirarki analitik (PHA), dengan meninjau seluruh aspek yang terkait dan penilaian yang sesuai dengan kriteria yang ada. Dengan adanya model tersebut, maka dapat membantu pihak pengambil keputusan untuk memilih yang seobyektif mungkin, sehingga diharapkan akan diperoleh alternatif desain yang terbaik dan dapat dipertanggungjawabkan.

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah seperti sungai, lembah, curah, selat dan lainnya. Jembatan semula dibangun dengan konstruksi sederhana dengan bahan kayu, perkembangan teknologi bahan kemudian berkembang dengan bahan baja juga konstruksi jembatan lebih kompleks, khususnya jembatan kereta api dengan bentang yang panjang terdapat beberapa alternatif terbuat dari jembatan beton (*prestressed*), baja mutu tinggi, dan teknologi kabel. Dengan adanya perkembangan teknologi bahan tersebut untuk jembatan bentang besar relative lebih ringan, mudah pemasangan, lebih ekonomis dan perawatan lebih murah. Konstruksi jembatan sangat dipengaruhi oleh kondisi sekitar lokasi dimana jembatan tersebut berada, seperti keadaan tanah, aliran air, beban yang akan lewat.

Sehingga untuk bentang jembatan yang sama, akan tetapi variable lokasi berbeda, maka akan terjadi jenis konstruksi yang berbeda.

Secara garis besar konstruksi jembatan dapat dibagi kedalam dua komponen utama, yaitu bangunan atas dan bangunan bawah, yang sangat mempengaruhi jenis, tipe jembatan. Bangunan atas jembatan adalah konstruksi yang menerima beban langsung dari kereta api. Konstruksi ini dari andas (perletakan) jembatan sampai jalan kereta api. Beberapa jenis yang ada adalah jembatan beton, baja, kabel. Jembatan bangunan bawah adalah yang meneruskan beban dari jembatan bangunan atas ke tanah di bawah melalui pondasi. Bangunan bawah ini lebih dikenal pangkal atau pilar, dan konstruksi pondasi, jenis bahan yang biasanya dipakai adalah pasangan batu, pasangan bata, dan beton. Untuk konstruksi tertentu dimana pilarnya sangat tinggi, sering dipakai konstruksi rangka baja atau beton.

Jembatan beton adalah konstruksi jembatan yang menggunakan bahan beton, baik beton bertulang biasa, maupun *prestressed*. Dengan makin berkembangnya teknologi beton dan kekuatan beton yang cukup baik. Maka makin berkembang jumlah pemakaian beton untuk konstruksi jembatan. Sedangkan jembatan baja adalah jembatan rangka baja yang memakai bahan baja, karena sifat baja yang mudah dibentuk dan relative ringan, sehingga sangat disukai para desainer struktur. Baja yang dipakai ada yang terbuat dari las (*welded beam*), atau dari baja utuh (*rolled beam*). Jembatan kabel (*cable stayed*), adalah jembatan baja dengan komponen utama kabel, karena bentuk yang ringan dan artistic, jembatan ini sering dipakai pada konstruksi tertentu.

Metoda Proses Hirarki Analitik

Proses hirarki analitik atau yang lebih dikenal PHA, dikembangkan pertama kali oleh Thomas L. Saaty seorang ahli matematika yang bekerja pada *University of Pittsbburgh* di Amerika Serikat, pada tahun 1970. Pada dasarnya PHA merupakan suatu metoda untuk mengambil keputusan pada persoalan yang sangat kompleks, dan tidak terstruktur dengan baik. Dengan PHA persoalan disederhanakan dan proses penyelesaian menjadi lebih mudah dikerjakan. Metoda PHA ini memecah-mecah permasalahan suatu situasi yang kompleks, tak terstruktur, kedalam bagian-bagian komponen. Menata bagian atau variable ini dalam suatu susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subyektif tentang relative pentingnya setiap variable, dan mensitensikan berbagai pertimbangan untuk menetapkan variable mana memiliki prioritas paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil pada situasi tersebut.

Awal mulanya metoda ini dikembangkan pada perencanaan militer, yang sering menghadapi beberapa kemungkinan (*contingency planning*) di Amerika Serikat, kemudian diaplikasikan pada perencanaan transportasi di Sudan. Setelah ada keberhasilan pada metoda PHA ini, kemudian dikembangkan ke segala bidang, seperti pertanian, pemerintahan, rekayasa, dll. Metoda PHA adalah penyusunan hirarki fungsional dengan input utamanya persepsi manusia. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dan tidak terstruktur dipecahkan kedalam kelompok-kelompoknya, kemudian kelompok tersebut disusun menjadi suatu bentuk hirarki. Langkah untuk pengambilan keputusan dalam metoda PHA didasarkan pada tiga prinsip utama yaitu:

Sistem yang kompleks dapat dengan mudah dipahami kalau kita memecah menjadi berbagai elemen, kemudian menyusun elemen-elemen tersebut dalam suatu hirarki. Hirarki disusun untuk membantu proses pengambilan keputusan yang memperhatikan seluruh elemen keputusan yang terlibat dalam sistem. Setiap perangkat elemen dalam hirarki menduduki satu tingkat hirarki, tingkat paling tinggi (puncak) adalah sasaran (tujuan yang hendak dicapai), tingkat tertinggi hanya ada satu elemen. Tingkat-tingkat berikutnya masing-masing dapat memiliki beberapa elemen, elemen-elemen dalam setiap tingkat harus dari derajat (orde) besaran yang sama. Penyusunan hirarki bergantung kepada jenis keputusan yang perlu diambil, jika persoalannya adalah memilih alternatif, kita dapat memulai dari dasar adalah seluruh alternatif yang ada, tingkat berikutnya adalah kriteria-kriteria yang hendak dipakai untuk mempertimbangkan alternatif, tingkat diatasnya adalah aktor, dan tingkat paling atas adalah tujuan menyeluruh.

Beberapa konsep pokok yang dapat dijadikan pegangan dalam menyusun hirarki yaitu; (1) Walaupun suatu hirarki tidak di batasi dalam jumlah tingkat, tetapi sebaiknya dalam subsistem hirarki tidak terlalu banyak elemen, sekitar lima sampai Sembilan elemen; (2) Karena setiap elemen akan dibandingkan dengan elemen lainnya dalam suatu subsistem hirarki yang sama, maka elemen-elemen tersebut harus setara dalam kualitas. Bila elemen-elemen suatu tingkat tak dapat dibandingkan dengan mudah, suatu tingkat baru dengan perbedaan yang lebih halus harus diciptakan; dan (3) Hirarki bersifat luwes, jika ada kriteria baru maka hirarki tersebut dapat diubah sesuai dengan komposisi elemen baru.

Selain mengidentifikasi faktor-faktor penting dalam struktur hirarki, kita juga memerlukan cara untuk memutuskan apakah faktor-faktor tersebut mempunyai pengaruh yang sama terhadap hasil atau apakah sebagian darinya begitu dominan sementara yang lainnya kurang bermakna sehingga boleh diabaikan, untuk itu diperlukan proses penetapan prioritas. Setiap elemen yang terdapat dalam hirarki harus diketahui bobot relatifnya satu

sama lain. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat kepentingan atau preferensi pihak-pihak yang berkepentingan dalam permasalahan terhadap kriteria/elemen dan struktur hirarki/sistem secara keseluruhan.

Langkah pertama dalam menentukan susunan prioritas eleme-elemen adalah dengan menyusun perbandingan berpasangan seluruh sistem untuk setiap sub sistem hirarki. Perbandingan tersebut kemudian ditransformasikan dalam bentuk matrik untuk maksud analisis numerik. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan, pada puncak hirarki untuk memilih kriteria C, atau sifat yang digunakan untuk melakukan pembanding yang pertama. Kemudian dari tingkat dibawahnya ambil elemen-elemen yang akan dibandingkan yaitu A1, A2, A3, .. dst, sehingga didapat matrik (tabel 1):

Tabel 1 Matrik Perbandingan Berpasangan

C	A1	A2	A3	...	...	An
A1	1					
A2		1				
A3			1			
...				1		
...					1	
An						1

Dalam matrik tersebut, dibandingkan elemen A1 dalam kolom sebelah kiri dengan elemen A1, A2, A3, ..., An, yang terdapat di baris atas berkenaan dengan sifat C di sudut kiri atas, lalu ulangi dengan elemen kolom A2 dan seterusnya. Selanjutnya melakukan analisis untuk menentukan faktor mana yang paling tinggi atau paling rendah perannya terhadap level atas dimana faktor tersebut berada. Penilaian ini diperoleh melalui partisipasi yang akan mengevaluasi setiap himpunan faktor secara berpasangan satu sama lain yang menyatakan kepentingan faktor tersebut pada tingkat yang lebih tinggi pada hirarki tertentu.

Responden diminta untuk mengisi matrik tersebut, setelah mengevaluasi kepentingan relative antar dua elemen (pasangan elemen), dimana dicari tingkat dominasi satu elemen dengan elemen yang lain, sehingga dapat ditentukan nilai bobot elemen tersebut terhadap tingkat hirarki diatasnya. Untuk mengisi matrik perbandingan berpasangan, kita gunakan bilangan untuk menggambarkan relative pentingnya suatu elemen diatas yang lainnya, berkenaan dengan sifatnya. Oleh Saaty dibuatkan tabel memakai skala penilaian dari 1 sampai 9, yang ditetapkan bagi pertimbangan dalam

membandingkan pasangan elemen yang sejenis disetiap tingkatan hirarki terhadap suatu elemen yang berada setingkat diatasnya (tabel 2).

Tabel 2 Skala Perbandingan Berpasangan

Intensitas	Definisi	Penjelasan
1	Kedua elemen sama penting	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap pencapaian tujuan.
3	Elemen Yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit memihak satu elemen dibandingkan elemen lainnya
5	Elemen Yang satu lebih penting dari pada elemen yang lainnya	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting dari pada elemen yang lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek
9	Satu elemen mutlak penting dari pada elemen lainnya	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua pilihan
Kebalikan	Jika untuk aktivitas I mendapat satu angka dibanding dengan aktivitas j, maka j mempunyai nilai kebalikannya dibanding dengan i	

Dalam upaya untuk pengambilan keputusan, maka diupayakan agar konsistensi yang kita ambil cukup baik, konsistensi yang jelek akan memberi kesan keputusan yang diambil dengan pertimbangan acak. Dilain pihak konsistensi yang sempurna sulit dilakukan. Seberapa ruginya ketidak konsistensian, biasanya kita tidak bisa pasti mengenai pertimbangan, sehingga kita memaksakan konsistensi dalam matriks berpasangan, dengan memasukan nilai kebalikan dalam kedudukan transpose.

Dari nilai skala banding berpasangan dan transposenya maka didapat matrik mensistensi pertimbangan, sebagai contoh untuk matrik konsisten (tabel 3):

Tabel 3 Matrik Konsisten

C	A1	A2	A3
A1	1	$\frac{1}{2}$	2
A2	2	1	4
A3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1

Konsistensi sampai kadar tertentu dalam menetapkan prioritas untuk elemen-elemen atau aktivitas-aktivitas berkenaan dengan beberapa kriteria adalah perlu untuk memperoleh hasil-hasil yang masih dapat dipertanggungjawabkan. Konsistensi suatu

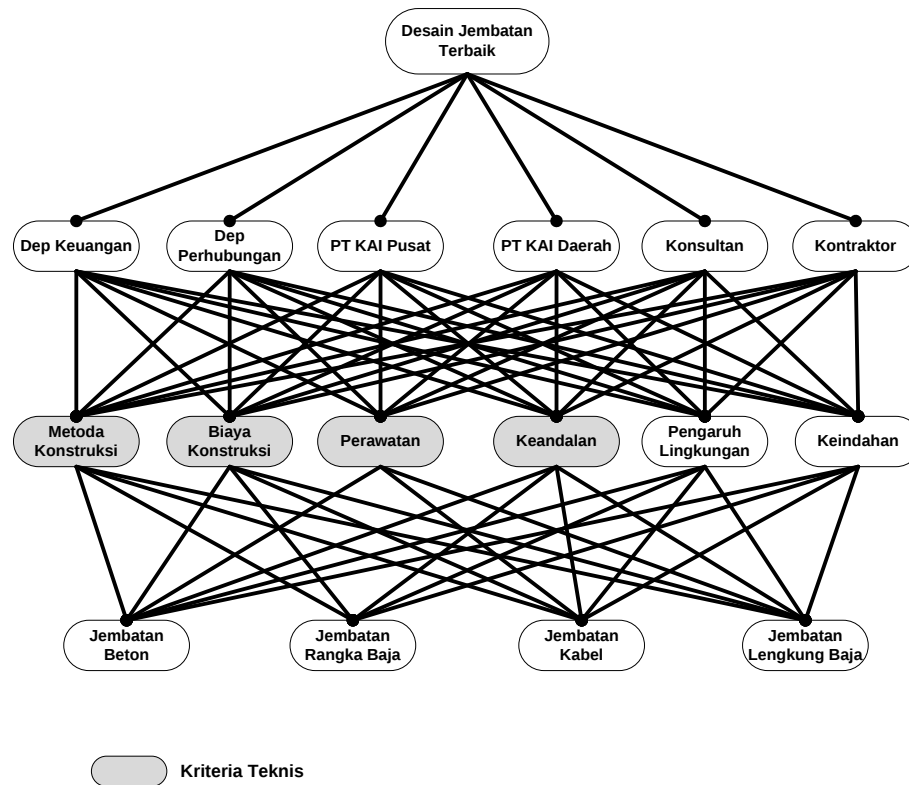
hirarki dapat diukur dengan mengalikan konsistensi dari setiap matriks dengan prioritas kriterianya dan menjumlahkannya. Hasil tersebut lalu dibandingkan dengan suatu bilangan serupa yang diperoleh untuk matrik-matrik acak dari ukuran yang sama. Rasio ini nilainya harus kurang atau sama dengan 10%. Jika nilai rasio lebih besar dari 10% menunjukkan kekurangan informasian atau kurang pahaman, sehingga pertimbangan agak acak dan hirarki perlu diperbaiki.

B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang di gunakan dengan Proses Hirarki Analitik (PHA), untuk pemilihan tipe jembatan yang terbaik, dikembangkan metoda pengambilan keputusan yang melibatkan semua pihak yang terlibat dalam pengambilan keputusan, dengan melakukan pengisian kuisioner oleh responden yang dipilih yang berpengalaman di bidang pelaksanaan konstruksi jembatan kereta api. Transportasi kereta api merupakan sistem perkeretaapian yang banyak melibatkan elemen-elemen seperti sarana, prasarana, sistem operasi, biaya pembangunan, perawatan, dan lainnya. Kriteria yang penting dalam pengambilan keputusan untuk pengambilan keputusan pembangunan prasarana meliputi metoda konstruksi, biaya konstruksi, sistem perawatan, dampak terhadap lingkungan, kehandalan konstruksi, dan keindahan konstruksi.

Pengambilan keputusan yang diambil harus dapat menampung aspirasi semua pihak yang terlibat dalam proses pembangunan prasarana jembatan tersebut, baik dari pihak pemerintah, perusahaan operator (PT Kereta Api), maupun pihak luar lainnya yang berkepentingan dalam pembangunan jembatan tersebut. Untuk memudahkan dalam pengambilan keputusan, maka dirumuskan model PHA, dengan empat tingkat, masing-masing hirarki meliputi sebagai berikut: (1) Tingkat pertama, adalah tujuan yang hendak di capai, yaitu tipe jembatan yang terbaik; (2) Tingkat kedua, adalah pihak-pihak yang terlibat (aktor) baik terlibat langsung maupun tidak langsung, sebagai berikut; a. Departemen Keuangan, b. Departemen Perhubungan, c. PT KAI Kantor Pusat, d. PT KAI Daerah, e. Konsultan dan Kontraktor; (3) Tingkat ketiga, adalah kriteria yang dominan dalam pemilihan jembatan, sebagai berikut; Metoda konstruksi, Biaya konstruksi, Perawatan, Keandalan, Pengaruh lingkungan, dan Keindahan; (4) Tingkat keempat, adalah alternatif tipe jembatan yang memungkinkan untuk dibangun, meliputi: Jembatan beton, Jembatan rangka baja, Jembatan kabel dan Jembatan baja lengkung.

Struktur hirarki digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1 Struktur Hirarki Yang Disusun

Desain kuesioner untuk pelaksanaan survey dengan menggunakan kuisisioner khususnya matriks berpasangan, dengan beberapa aspek yang melatari diadakan penelitian, sehingga rancangan maupun bentuk dan format kuisisioner yang cocok , sehingga memudahkan responden dalam pengisian, sehingga beberapa pertanyaan yang diajukan harus padat, singkat dan jelas. Untuk mendapatkan data yang akurat, maka diperlukan responden yang kredibel yang cukup paham dan berpengalaman dibidang pembangunan konstruksi jembatan, dan bebas nilai dari interes terhadap suatu pilihan alternatif yang ada. Responden diambil enam orang dari pakar, pensiunan PT KAI, konsultan dan kontraktor, mereka dianggap dapat memberikan penilaian yang mewakili para aktor.

C. Hasil dan Pembahasan

Jembatan kereta api yang dipakai sebagai studi adalah jembatan bentang 250 meter dan ketinggian pilar 95 meter. jembatan dan pilar lama merupakan konstruksi rangka baja. Jembatan akan dibangun yang baru untuk *double track*, untuk meningkatkan operasi kereta api, peningkatan kapasitas angkut dan meningkatkan keamanan operasi.

Dari hasil pengolahan data terhadap nilai perbandingan berpasangan dari elemen aktor yang terlibat didapat:

1. Elemen Aktor yang terlibat

Tabel 4 Prioritas Elemen Aktor yang Terlibat

Aktor	Prioritas
Departemen Keuangan	0,062
Departemen Perhubungan	0,179
PT KAI Pusat	0,256
PT KAI Daerah	0,223
Konsultan	0,204
Kontraktor	0,075

Dari seluruh aktor yang terlibat, terlihat urutan prioritas dari yang terbesar adalah PT KAI Pusat dengan nilai 0,256, selanjutnya PT KAI Daerah dengan nilai 0,223, Konsultan dengan nilai 0,204, Dephub dengan nilai 0,179, Kontraktor dengan nilai 0,075, dan Departemen Keuangan dengan nilai 0,062. Penilaian tertinggi yang di capai PT KAI Pusat hal ini menunjukkan bahwa PT KAI Pusat sangat berkepentingan terhadap pembangunan konstruksi jembatan tersebut, sehingga dapat meningkatkan angkutan, keamaan operasi, kenyamanan dan citra perusahaan. Disamping itu juga dalam pelaksanaan konstruksi nantinya terkait erat dengan PT KAI Pusat dari proses perencanaan, konstruksi dan pengawasan pekerjaan yang memerlukan keterlibatan personil PT KAI.

2. Kriteria Evaluasi dan Unggulan terhadap Departemen Keuangan

Tabel 5 Prioritas Kriteria Evaluasi Terhadap Departemen Keuangan

Kriteria Evaluasi	Prioritas
Kriteria Teknis	0,042
Pengaruh Lingkungan	0,013
Keindahan	0,008

Tabel 6 Prioritas Kriteria Teknis Terhadap Departemen Keuangan

Kriteria Teknis	Prioritas
Metoda Konstruksi	0,002
Biaya Konstruksi	0,016
Perawatan	0,010
Keandalan	0,014

Dari persepsi Departemen Keuangan, Kriteria teknis dan biaya konstruksi merupakan elemen yang paling baik dengan nilai 0,042 dan 0,016. Hal ini karena dari sudut pandang Departemen Keuangan, sesuai dengan fungsi sebagai pengelola keuangan negara yang memantau dan menganggarkan keuangan negara, untuk pengajuan DIPA dilengkapi dengan evaluasi dan kelayakan financial, sehingga dari Departemen Keuangan lebih memperhatikan kriteria teknis dan biaya konstruksi untuk menjaga efektifitas keuangan negara.

3. Kriteria Evaluasi dan Unggulan terhadap Departemen Perhubungan

Tabel 7 Prioritas Kriteria Evaluasi Terhadap Departemen Perhubungan

Kriteria Evaluasi	Prioritas
Kriteria Teknis	0,126
Pengaruh Lingkungan	0,033
Keindahan	0,020

Tabel 8 Prioritas Kriteria Teknis Terhadap Departemen Perhubungan

Kriteria Teknis	Prioritas
Metoda Konstruksi	0,008
Biaya Konstruksi	0,034
Perawatan	0,037
Keandalan	0,047

Dari persepsi Departemen Perhubungan, Kriteria teknis dan keandalan merupakan elemen yang paling baik dengan nilai 0,126 dan 0,047. Hal ini karena dari sudut pandang Departemen Perhubungan, sesuai dengan fungsi sebagai regulator dan pembina teknis perkeretaapain, akan lebih memperhatikan kriteria teknis dan keandalan terhadap pembangunan jembatan tersebut.

4. Kriteria Evaluasi dan Unggulan terhadap PT Kereta Api Pusat

Tabel 9 Prioritas Kriteria Evaluasi Terhadap PT Kereta Api Pusat

Kriteria Evaluasi	Prioritas
Kriteria Teknis	0,179
Pengaruh Lingkungan	0,040
Keindahan	0,037

Tabel 10 Prioritas Kriteria Teknis Terhadap PT Kereta Api Pusat

Kriteria Teknis	Prioritas
Metoda Konstruksi	0,013
Biaya Konstruksi	0,050
Perawatan	0,055
Keandalan	0,061

Dari persepsi PT Kereta Api Pusat, Kriteria teknis dan keandalan merupakan elemen yang paling baik dengan nilai 0,179 dan 0,061. Hal ini karena dari sudut pandang PT Kereta Api Pusat sesuai dengan tugas dan tanggung jawab melaksanakan perumusan kebijakan teknis penganggaran biaya konstruksi dan perawatan jembatan kereta api, sehingga lebih terkait dengan kriteria teknis dan biaya konstruksi yang paling efisien untuk perusahaan.

5. Kriteria Evaluasi dan Unggulan terhadap PT Kereta Api Daerah

Tabel 11 Prioritas Kriteria Evaluasi Terhadap PT Kereta Api Daerah

Kriteria Evaluasi	Prioritas
Kriteria Teknis	0,138
Pengaruh Lingkungan	0,046
Keindahan	0,038

Tabel 12 Prioritas Kriteria Teknis Terhadap PT Kereta Api Daerah

Kriteria Teknis	Prioritas
Metoda Konstruksi	0,013
Biaya Konstruksi	0,015
Perawatan	0,056
Keandalan	0,053

Dari persepsi PT Kereta Api Daerah, Kriteria teknis dan Perawatan merupakan elemen yang paling baik dengan nilai 0,138 dan 0,056. Hal ini karena dari sudut pandang PT Kereta Api Daerah sesuai dengan tugas dan tanggung jawab dibidang penyusunan program dan pelaksanaan perawatan jembatan kereta api, sehingga unsur kriteria teknis dan perawatan meliputi metoda, kemudahan dan biaya perawatan sangat menentukan dalam pengambilan keputusan.

6. Kriteria Evaluasi dan Unggulan terhadap Konsultan

Tabel 13 Prioritas Kriteria Evaluasi Terhadap Konsultan

Kriteria Evaluasi	Prioritas
Kriteria Teknis	0,140
Pengaruh Lingkungan	0,030
Keindahan	0,035

Tabel 14 Prioritas Kriteria Evaluasi Terhadap Konsultan

KRITERIA TEKNIS	PRIORITAS
Metoda Konstruksi	0,047
Biaya Konstruksi	0,038
Perawatan	0,024
Keandalan	0,030

Dari persepsi Konsultan, Kriteria teknis dan metoda konstruksi merupakan elemen yang paling baik dengan nilai 0,140 dan 0,047. Hal ini karena dari sudut pandang Konsultan yang terlibat dalam perencanaan dan pengawasan konstruksi jembatan tersebut sehingga untuk pengambilan keputusan lebih memperhatikan kriteria teknis dan metoda konstruksi dimana konsultan sangat berkepentingan terhadap kemudahan dan kelancaran pelaksanaan proyek sesuai dengan kaidah-kaidah perencanaan dan pengawasan yang baik.

7. Kriteria Evaluasi dan Unggulan terhadap Kontraktor

Tabel 15 Prioritas Kriteria Evaluasi Terhadap Kontraktor

Kriteria Evaluasi	Prioritas
Kriteria Teknis	0,053
Pengaruh Lingkungan	0,014
Keindahan	0,008

Tabel 16 Prioritas Kriteria Teknis Terhadap Kontraktor

Kriteria Teknis	Prioritas
Metoda Konstruksi	0,019
Biaya Konstruksi	0,022
Perawatan	0,005
Keandalan	0,007

Dari persepsi Kontraktor, Kriteria teknis dan biaya konstruksi merupakan elemen yang paling baik dengan nilai 0,053 dan 0,022. Hal ini karena dari sudut pandang Kontraktor sebagai pihak yang akan melaksanakan pembangunan konstruksi jembatan, sehingga untuk pengambilan keputusan yang paling menentukan adalah kriteria teknis dan biaya konstruksi yang dapat ditekan tanpa mengurangi kualitas konstruksi sesuai spesifikasi teknis yang sudah di rencanakan.

8. Alternatif Desain Terhadap Metoda Konstruksi

Tabel 17 Prioritas Alternatif Desain Terhadap Metoda Konstruksi

Alternatif Desain	Prioritas
Jembatan Beton	0,036
Jembatan Rangka Baja	0,025
Jembatan Kabel	0,019
Jembatan Lengkung	0,022

Jembatan beton merupakan alternatif yang paling baik, dilihat dari sudut pandang metoda konstruksi dengan nilai 0,036. Hal ini karena jembatan beton merupakan konstruksi yang tidak rumit, dengan pelaksanaan konstruksi yang sudah banyak di kenal, dan mudah pelaksanaannya.

9. Alternatif Desain Terhadap Biaya Konstruksi

Tabel 18 Prioritas Alternatif Desain Terhadap Biaya Konstruksi

Alternatif Desain	Prioritas
Jembatan Beton	0,100
Jembatan Rangka Baja	0,039
Jembatan Kabel	0,014

Jembatan beton merupakan alternatif yang paling baik, dilihat dari sudut pandang biaya konstruksi, dengan nilai 0,100. Hal ini karena jembatan beton bahan bakunya dan materialnya mudah didapat dantidak perlu impor, disamping itu

pelaksanaan konstruksi tidak memerlukan keahlian khusus sehingga biaya konstruksi lebih murah.

10. Alternatif Desain Terhadap Perawatan

Tabel 19 Prioritas Alternatif Desain Terhadap Perawatan

Alternatif Desain	Prioritas
Jembatan Beton	0,110
Jembatan Rangka Baja	0,027
Jembatan Kabel	0,015
Jembatan Lengkung	0,035

Jembatan beton merupakan alternatif yang paling baik, dilihat dari sudut pandang perawatan, dengan nilai 0,110. Hal ini karena jembatan beton mudah perawatan, dan murah biaya perawatan, bahkan dianggap konstruksi beton termasuk kategori bebas perawatan (*free maintenance*).

11. Alternatif Desain Terhadap Keandalan

Tabel 20 Prioritas Alternatif Desain Terhadap Keandalan

Alternatif Desain	Prioritas
Jembatan Beton	0,072
Jembatan Rangka Baja	0,051
Jembatan Kabel	0,034
Jembatan Lengkung	0,055

Jembatan beton merupakan alternatif yang paling baik, dilihat dari sudut pandang keandalan, dengan nilai 0,072. Hal ini karena umur konstruksi jembatan beton cukup lama yang tidak perlu penggantian jembatan baru, selama tidak ada kerusakan konstruksi akibat gangguan eksternal, keamanan konstruksi maupun kenyamanan menggunakan konstruksi beton lebih baik.

12. Alternatif Desain Terhadap Pengaruh Lingkungan

Tabel 21 Prioritas Alternatif Desain Terhadap Pengaruh Lingkungan

Alternatif Desain	Prioritas
Jembatan Beton	0,051
Jembatan Rangka Baja	0,038
Jembatan Kabel	0,044
Jembatan Lengkung	0,043

Jembatan beton merupakan alternatif yang paling baik, dilihat dari sudut pengaruh lingkungan, dengan nilai 0,051. Hal ini karena jembatan beton dalam produksinya menggunakan bahan2 yang ramah lingkungan, dan pembangunan konstruksinya juga ramah lingkungan, sehingga menunjukan jembatan beton sangat baik untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan sekitar jembatan.

13. Alternatif Desain Terhadap Keindahan

Tabel 22 Prioritas Alternatif Desain Terhadap Keindahan

Alternatif Desain	Prioritas
Jembatan Beton	0,025
Jembatan Rangka Baja	0,019
Jembatan Kabel	0,067
Jembatan Lengkung	0,035

Jembatan kabel merupakan alternatif yang paling baik, dilihat dari sudut keindahan konstruksi, dengan nilai 0,067. Hal ini dikarenakan desain jembatan kabel yang lebih mengutamakan faktor keindahan konstruksi, mudah di bentuk sesuai dengan keindahan arsitektur.

14. Alternatif Desain

Tabel 23 Prioritas Alternatif Desain

Alternatif Desain	Prioritas
Jembatan Beton	0,395
Jembatan Rangka Baja	0,199
Jembatan Kabel	0,194
Jembatan Lengkung	0,213

Jembatan beton merupakan alternatif yang paling baik, dengan nilai 0,395, sedangkan jembatan lengkung merupakan alternatif kedua dengan nilai 0,213, selanjutnya jembatan rangka baja dengan nilai 0,199, dan terakhir jembatan kabel dengan nilai 0,194. Jembatan beton merupakan alternatif paling disukai karena mempunyai keunggulan hampir semua kriteria evaluasi dan teknis, meliputi metoda konstruksi, biaya konstruksi, perawatan, keandalan, dan pengaruh lingkungan.

D. Simpulan

Dalam rangka untuk mendukung kelancaran, keamanan, dan keandalan operasi kereta api, maka perlu dibangun jembatan baru, untuk antisipasi *double track* dan kepadatan operasi kereta api mendatang lintas Jakarta-Bandung yang sangat potensial.

Agar mendapatkan penilaian yang seobyektif mungkin, dalam pengambilan data kuisioner, maka dipilih 6 responden yang dianggap ahli (pakar), di bidang pekerjaan jembatan kereta api, dan pekerjaan proyek yang di biayai dari APBN. Responden tersebut diambil dari beberapa pakar teknik, beberapa pensiunan pegawai kereta api, kontraktor, konsultan pada proyek di bidang prasarana kereta api.

Pada perhitungan antar aktor yang terlibat, PT KAI Kantor Pusat merupakan aktor yang paling penting dengan nilai 0,256; kemudian PT KAI Daerah dengan nilai 0,223; Konsultan dengan nilai 0,204; Departemen Perhubungan dengan nilai 0,179; Kontraktor dengan nilai 0,075; dan Departemen Keuangan dengan nilai 0,062.

Perhitungan antar kriteria evaluasi, terlihat bahwa untuk seluruh aktor menganggap bahwa kriteria teknis merupakan elemen paling penting dalam pengambilan keputusan.

Untuk perhitungan antar kriteria teknis, jika dilihat dari sudut pandang Departemen Keuangan maka elemen yang paling menentukan adalah biaya konstruksi, jika dilihat dari sudut pandang Departemen Perhubungan maka elemen yang paling menentukan keandalan, jika dilihat dari sudut pandang PT KAI Kantor Pusat maka elemen paling menentukan adalah keandalan, jika dilihat dari sudut pandang PT KAI Daerah maka elemen yang paling menentukan adalah perawatan, jika dilihat dari sudut pandang konsultan maka elemen yang paling menentukan adalah metoda konstruksi, jika dilihat dari sudut pandang kontraktor maka elemen yang paling menentukan adalah biaya konstruksi.

Pada perhitungan antar alternatif, maka jika dilihat dari sudut pandang metoda konstruksi, biaya konstruksi, perawatan, keandalan, pengaruh lingkungan, maka jembatan beton yang paling baik, jika dilihat dari sudut pandang keindahan maka jembatan kabel yang paling baik.

Dari hasil perhitungan antar alternatif maka dapat disimpulkan desain jembatan beton yang dipilih dengan nilai 0,395; kemudian jembatan lengkung dengan nilai 0,213; jembatan rangka baja dengan nilai 0,199; terakhir jembatan kabel dengan nilai 0,194

Penelitian ini merupakan langkah awal dalam pengembangan model pengambilan keputusan yang dapat diaplikasikan untuk model pemilihan jembatan kereta api lainnya, dan dapat dikembangkan pada infrastruktur perkeretaapain lainnya.

E. Daftar Pustaka

- Chen, W & Duan, L. 2014, *Bridge Engineering Handbook Fundamentals*, New York: CRC Press
- Falatehan, F. 2016. *Analytical Hierarchy Process (AHP) Teknik Pengambilan Keputusan untuk Pembangunan Daerah*, Yogyakarta: Indomedia Pustaka.
- Gimsing, N & Georgakis, C. T. 2016, *Cable Supported Bridges concept and Design*, UK: John Wiley and Sons ltd.
- Hewson, N. 2011, *Prestressed Concrete Bridges (Structures and Buildings)*, UK : ICE Publishing.
- Tamin, O.Z., 1997, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Bandung: Penerbit ITB.
- Thomas, S.L. 1980. *The Analitic Hierarcy Process Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, USA: McGraw-Hill, Inc.
- _____. 1991. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*, Terjemahan Liana Setiono, Jakarta: PT. Pustaka Binaman Pressindo.
- _____. 2008, "Decision making with the analytic hierarchy process", *Int. J. Services Sciences* 1 (1) : 83-98
- Unsworth, J. F. 2010, *Design of Modern Steel Railway Bridges*, New York: CRC Press
- Widiasanti, I. & Lenggogeni, 2013, *Manajemen Konstruksi*, Bandung: PT Remaja Rosdakarya
- Westney, R.E., 1997, *The Engineer's Cost Handbook* , New York: Marcel Dekker Inc.
- Zhao, J.J. & Tonias, D.E. 2017, *Bridge Engineering Design, Rehabilitation and Maintenance of Modern Highway Bridge*, USA: Mc Graw Hill.