



Perbandingan Perkerasan Kaku Pracetak dan Beton Konvensional dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)

*Nuroji¹, Bagus Hario Setiadji¹, Wahyu Aktorina²

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univeristas Diponegoro, Semarang

²Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univeristas Diponegoro, Semarang

*nuroji.undip@gmail.com

Received: 23 Juli 2020 Revised: 30 September 2020 Accepted: 6 November 2020

Abstract

The rigid pavement on many roads is considered as a solution due to the increasing traffic load that requires high performance and durability of the road construction. However, the implementation of rigid pavement takes a longer time to reach its concrete strength until the road operation. Some industries have developed pavement from precast concrete panels to reduce construction time. This paper discusses the comparison of rigid pavement between precast concrete and conventional concrete. Two road sections are Jalan Margomulyo Surabaya using precast-concrete-pavement and Jalan Semarang-Jambu using conventional-concrete-pavement chosen as research objects. Cost, construction time, serviceability, and traffic performance are the four variables reviewed in this study analyzed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method with considers 15 competent experts as respondents. Based on the analysis shows that a road improvement project by using precast-pavement is more effective and efficient with a score of 58.42 %, while the score of conventional concrete is 41.58 %.

Keywords: Rigid pavement, precast pavement, conventional concrete, analytical hierarchy process

Abstrak

Perkerasan kaku pada banyak ruas jalan dianggap sebagai solusi dari beban lalu lintas yang terus meningkat yang menuntut kinerja dan durabilitas konstruksi jalan yang tinggi. Akan tetapi penggunaan perkerasan kaku membutuhkan waktu pelaksanaan yang lebih lama untuk mencapai kuat tekan betonnya sampai jalan dapat dioperasikan. Beberapa industri telah mengembangkan perkerasan dari panel beton pracetak untuk mereduksi waktu pelaksanaan. Makalah ini membahas tentang perbandingan penggunaan perkerasan kaku antara beton pracetak dan beton konvensional. Dua ruas jalan yaitu Jalan Margomulyo Surabaya yang menggunakan perkerasan beton pracetak dan Jalan Semarang – Jambu yang menggunakan perkerasan beton konvensional dipilih sebagai obyek penelitian. Biaya, waktu, kemampuan layanan dan kinerja lalu lintas adalah empat variabel yang ditinjau dalam penelitian ini yang dianalisis dengan menggunakan metoda Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan mempertimbangkan 15 orang ahli yang kompeten sebagai responden. Berdasarkan analisis menunjukkan bahwa pada pekerjaan peningkatan jalan penggunaan perkerasan pracetak lebih efektif dan efisien dengan skor 58,42% sedangkan skor beton konvensional 41,58%.

Kata kunci: Perkerasan kaku, perkerasan pracetak, beton konvensional, analytical hierarchy process

Pendahuluan

Infrastruktur jalan merupakan prasarana yang sangat penting di sektor perhubungan yang memberikan akses transportasi orang maupun barang dari suatu tempat ke tempat lain. Berdasarkan perkerasannya konstruksi jalan dapat

dibedakan dalam dua jenis yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) (Labi & Sinha, 2005). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan campuran agregat dan aspal sebagai lapis permukaan yang ditopang oleh lapis pondasi (*base course*) dan pondasi bawah (*sub base*) di atas tanah dasar

(Mohod, 2016). Sedangkan perkerasan kaku merupakan perkerasan dari pelat beton yang didukung oleh lapis pondasi atau langsung di atas tanah dasar (Shinta *et al.*, 2017). Meskipun perkerasan lentur pada umumnya mempunyai kenyamanan yang lebih baik bagi pengendara. Akan tetapi perkerasan kaku mempunyai kelebihan lain yaitu kemampuan dalam menahan beban yang lebih tinggi dan durabilitas yang lebih baik serta periode perbaikannya lebih lama (Korochkin, 2018). Penelitian tentang perbandingan antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur juga telah dilakukan oleh (Maharani & Wasono, 2018; Kurniawan & Junaedi, 2020) yang menyimpulkan bahwa meskipun biaya konstruksi perkerasan lentur lebih murah dibanding perkerasan kaku, akan tetapi perkerasan lentur memerlukan pemeliharaan berkala. Kartadipura (2011) menyatakan berdasarkan umur rencana biaya perkerasan kaku lebih ekonomis dibanding perkerasan lentur. Dari penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perkerasan kaku mempunyai durabilitas yang lebih baik dan biaya keseluruhan yang lebih rendah dibanding perkerasan lentur.

Sayangnya pada tahap pelaksanaan perkerasan kaku memerlukan durasi yang lama untuk mencapai kekuatan rencana, sehingga dapat menimbulkan dampak gangguan lalu lintas yang lebih besar terutama saat pengecoran di atas jalan eksisting dengan lalu lintas padat. Durasi pelaksanaan *rigid pavement* dapat direduksi dengan menggunakan pelat beton pracetak sebagai lapis perkerasan. Dahlan (2009) menyebutkan keuntungan perkerasan beton pracetak adalah waktu pelaksanaannya lebih cepat, hal ini dikarenakan perkerasan beton pracetak dapat diproduksi secara massal dengan *quality control* yang baik sebelum dimobilisasi ke lokasi pekerjaan untuk dipasang. Penelitian lain melakukan studi komparasi antara *precast prestressed concrete pavement* (PPCP) dan perkerasan kaku konvensional pada kasus ruas jalan tol Surabaya-Mojokerto menyimpulkan bahwa penggunaan PPCP sebagai konstruksi perkerasan kaku waktu pelaksanaannya lebih pendek dibandingkan dengan perkerasan kaku konvensional. Sedangkan biaya yang harus dikeluarkan menunjukkan bahwa meskipun biaya langsung untuk PPCP lebih besar dari perkerasan kaku konvensional, tetapi biaya tak langsungnya lebih kecil dari perkerasan kaku konvensional (Rahmat, 2011).

Paper ini membahas perbandingan pelaksanaan perkerasan kaku antara beton konvensional yang dicor di tempat dan beton pracetak. Dua ruas jalan yaitu Jalan Margomulyo Surabaya yang menggunakan perkerasan beton pracetak dan Jalan Semarang-Jambu Kabupaten Semarang yang

menggunakan beton konvensional menjadi obyek penelitian ini. Pemilihan kedua ruas jalan ini juga didasarkan pada karakteristik lalu-lintas yang relatif sama. Dimana kondisi lalu lintas eksisting sebelum dilakukan peningkatan jalan dari perkerasan lentur menjadi perkerasan kaku, dari hasil analisis ruas Jalan Semarang-Jambu pada tahun 2018 mempunyai derajat kejenuhan sebesar 0,87 sedangkan menurut data Jalan Margomulyo pada tahun 2015 derajat kejenuhannya mencapai 0.90 (Afila *et al.*, 2015).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perbandingan perkerasan kaku antara konvensional dan pracetak sebagai dasar pemilihan pekerjaan peningkatan jalan berdasarkan biaya, waktu, *serviceability*, dan kinerja lalu lintas.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode komparatif, dimana penelitian ini dilakukan untuk membandingkan persamaan dari perbedaan dua atau lebih fakta-fakta dan sifat-sifat objek yang diteliti berdasarkan kerangka pemikiran tertentu (Hiriansah, 2019). Dalam penelitian ini terdapat dua objek pelaksanaan pekerjaan perkerasan kaku yang dibandingkan, yaitu Proyek Peningkatan Jalan Margomulyo Surabaya sebagai studi kasus perkerasan kaku dengan beton pracetak dan Proyek Paket: Preservasi Pelebaran Jalan Bts. Temanggung - Bawen Salatiga-Sruwen untuk ruas Jalan Semarang-Jambu sebagai studi kasus perkerasan beton konvensional.

Penelitian ini selain menggunakan data primer juga membutuhkan data sekunder sebagai pendukung. Pengumpulan data primer dilakukan dengan dua cara, yaitu survei lalu lintas dan kuesioner. Survei lalu lintas dilakukan untuk memperoleh data kecepatan kendaraan secara riil dengan menggunakan *speed gun*, data volume lalu lintas, dan nilai *International Roughness Index* (IRI) dengan bantuan aplikasi *Roadbump*. IRI digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan jalan pada setiap lokasi yang diasumsikan mewakili fisik di lokasi tersebut (Simamora *et al.* 2018).

Kuesioner disebar kepada 15 responden yang dianggap kompeten dan terlibat secara aktif dalam proyek jalan raya yang terdiri dari: lima Pemilik proyek, lima konsultan jalan, dan lima kontraktor jalan yang selanjutnya diolah dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan bantuan aplikasi *Expert Choice*. Data sekunder berupa *bill of quantity*, laporan progres, metoda pelaksanaan, spesifikasi teknis dan data lain yang terkait dengan pekerjaan perkerasan kaku yang diperoleh dari kontraktor dan pemilik proyek baik

untuk pekerjaan Peningkatan Jalan Margomulyo Jawa Timur maupun pekerjaan Peningkatan Jalan Semarang-Jambu Kabupaten Semarang. Dari data primer dan sekunder dilakukan analisis dengan menggunakan AHP untuk menentukan hasil perbandingan.

Hasil Dan Pembahasan

Biaya yang ditinjau meliputi biaya pelaksanaan dan biaya pemeliharaan dengan waktu pemeliharaan 40 tahun sesuai dengan rencana yang dihitung dalam bentuk *Present Value* (PV). Biaya pelaksanaan diperhitungkan pada tahun 2018 sedangkan biaya pemeliharaan yang dimulai dari tahun 2019 perlu dikonversikan ke tahun 2018 dengan nilai inflasi sebesar 3,22% yang didasarkan pada data Badan Pusat Statistik (BPS).

Panjang dan lebar jalan untuk Pekerjaan Peningkatan Jalan Margomulyo Surabaya adalah 52 m × 23 m, sedangkan Pekerjaan Peningkatan Jalan Semarang-Jambu Kabupaten Semarang adalah 1000 m × 21 m. Untuk membuat *variable independent* biaya terhadap dimensi jalan dan waktu, semua biaya diperhitungkan dalam satuan per m² dalam PV yang dihitung menggunakan Persamaan 1 (Beaves, 2007):

$$PV = FV \times \frac{1}{(1+r)^i} \quad (1)$$

dimana FV merupakan *future value*, PV merupakan *present value*, *r* merupakan inflasi dan *i* merupakan periode (th).

Perkerasan kaku *precast*

Analisis biaya untuk perkerasan beton pracetak ruas jalan Margomulyo Surabaya dapat diuraikan sebagai berikut:

Biaya pelaksanaan (I)

Biaya pelaksanaan total untuk pekerjaan peningkatan Jalan Margomulyo adalah senilai Rp 1.848.694.922,49 dengan total luas panel sebesar 1193 m², sehingga biaya pelaksanaan per m².

$$I = \frac{\text{Total biaya}}{\text{Luas jalan}} = \frac{\text{Rp } 1.848.694.922,49}{1.193 \text{ m}^2} \\ = \text{Rp } 1.549.099/\text{m}^2$$

Biaya pemeliharaan

Pemeliharaan jalan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pemeliharaan rutin dan pemeliharaan berkala (Saleh *et al.*, 2013).

Pemeliharaan rutin (C1)

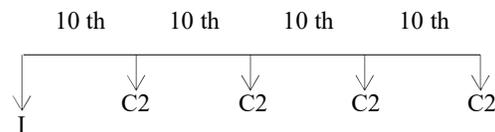
Perkerasan kaku dengan menggunakan beton *precast* tidak memerlukan pemeliharaan rutin.

Pemeliharaan berkala (C2)

Pemeliharaan berkala dilakukan setiap 10 tahun. Bentuk pemeliharaan berkala ini merupakan perbaikan atau penggantian panel. Perbaikan yang perlu dilakukan diasumsikan sebesar 20% dari biaya pelaksanaan yang didasarkan pada estimasi produsen panel.

$$C2 = 20\% \times I \\ = 20\% \times \text{Rp } 1.549.099/\text{m}^2 \\ = \text{Rp } 309.819,80/\text{m}^2$$

Cashflow untuk perkerasan kaku *precast* tidak terdapat biaya pemeliharaan rutin dan hanya merupakan biaya pelaksanaan awal dan biaya pemeliharaan berkala seperti terlihat pada Gambar 1 dan rincian perhitungan PV disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Diagram *cashflow* perkerasan *precast*

Tabel 1. Rincian perhitungan PV perkerasan *precast* per m²

Tahun ke	Jenis biaya	FV(Rp)	PV(Rp)
0	I	1.549.099,00	1.549.099,00
10	C2	309.819,80	226.106,06
20	C2	309.819,80	165.011,88
30	C2	309.819,80	120.425,44
40	C2	309.819,80	87.886,32
Total			2.148.528,70

Perkerasan kaku konvensional

Analisis biaya untuk perkerasan beton konvensional ruas Jalan Semarang-Jambu Kabupaten Semarang dapat diuraikan sebagai berikut:

Biaya pelaksanaan (I)

Biaya pelaksanaan total untuk pekerjaan peningkatan Jalan Semarang-Jambu adalah senilai Rp 13.618.797.000,00.

$$I = \frac{\text{Total biaya}}{\text{Luas jalan}} = \frac{\text{Rp } 13.618.797.000,00}{21.000 \text{ m}^2} \\ = \text{Rp } 648.514,14/\text{m}^2$$

Biaya pemeliharaan

Pemeliharaan rutin (C1)

Pemeliharaan rutin dilakukan setiap tahun selama umur rencana. Pemeliharaan rutin diasumsikan sebesar 20% dari biaya pelaksanaan.

$$\begin{aligned} C1 &= 20\% \times I \\ &= 20\% \times Rp. 648.514,14/m^2 \\ &= Rp 129.702,83 /m^2 \end{aligned}$$

Pemeliharaan berkala (C2)

Pemeliharaan berkala dilakukan setelah 10 tahun. Bentuk pemeliharaan yang dilakukan berupa perbaikan lempengan beton dan *overlay* dengan *hotmix* AC-WC. Besarnya biaya perbaikan adalah sebesar 30% (C2a) sesuai dengan ketentuan dari Bina Marga.

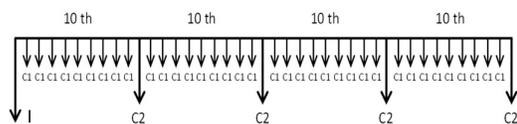
$$\begin{aligned} C2a &= 30\% \times I \\ &= 30\% \times Rp 648.514,14/m^2 \\ &= Rp 194.554,24/m^2 \end{aligned}$$

Biaya *overlay* dengan ketebalan 7 cm (C2b), sebesar C2b = Rp 120.000,00/m²

Dengan demikian, maka biaya pemeliharaan berkala perkerasan kaku konvensional merupakan jumlah dari biaya perbaikan pelat beton dan biaya *overlay hotmix*.

$$\begin{aligned} C2 &= C2a + C2b \\ &= 194.554,24 + 120.000,00 \\ &= Rp 314.554,24/m^2 \end{aligned}$$

Cashflow untuk perkerasan kaku konvensional digambarkan dalam Gambar 2, sedangkan rincian perhitungan PV disajikan pada Tabel 2.



Gambar 2. Diagram *cashflow* perkerasan konvensional

Dari Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa meskipun biaya pelaksanaan konstruksi perkerasan *precast* 138,87% lebih tinggi dibanding perkerasan beton konvensional, tetapi biaya keseluruhan pelaksanaan dan pemeliharaan selama 40 th perkerasan *precast* hanya memerlukan 54,96% dari biaya perkerasan beton konvensional atau 45,04% lebih murah. Hal ini disebabkan pada perkerasan *precast* tidak memerlukan pemeliharaan rutin dan hanya memerlukan biaya pemeliharaan berkala pada setiap 10 th.

Tabel 2. Rincian perhitungan PV perkerasan konvensional per m²

Tahun ke-	Jenis biaya	FV(Rp)	PV(Rp)
0	I	648.514,14	648.514,14
1	C1	129.702,83	125.681,04
2	C1	129.702,83	121.783,95
3	C1	129.702,83	118.007,70
4	C1	129.702,83	114.348,55
5	C1	129.702,83	110.802,86
6	C1	129.702,83	107.367,11
7	C1	129.702,83	104.037,90
8	C1	129.702,83	100.811,92
9	C1	129.702,83	97.685,97
10	C2	314.554,24	229.561,24
11	C1	129.702,83	91.721,84
12	C1	129.702,83	88.877,76
13	C1	129.702,83	86.121,86
14	C1	129.702,83	83.451,41
15	C1	129.702,83	80.863,77
16	C1	129.702,83	78.356,37
17	C1	129.702,83	75.926,71
18	C1	129.702,83	73.572,40
19	C1	129.702,83	71.291,08
20	C2	314.554,24	167.533,48
21	C1	129.702,83	66.938,47
22	C1	129.702,83	64.862,86
23	C1	129.702,83	62.851,61
24	C1	129.702,83	60.902,72
25	C1	129.702,83	59.014,27
26	C1	129.702,83	57.184,37
27	C1	129.702,83	55.411,21
28	C1	129.702,83	53.693,03
29	C1	129.702,83	52.028,13
30	C2	314.554,24	122.265,70
31	C1	129.702,83	48.851,60
32	C1	129.702,83	47.336,83
33	C1	129.702,83	45.869,02
34	C1	129.702,83	44.446,72
35	C1	129.702,83	43.068,53
36	C1	129.702,83	41.733,07
37	C1	129.702,83	40.439,02
38	C1	129.702,83	39.185,10
39	C1	129.702,83	37.970,06
40	C2	314.554,24	89.229,33
Total			3.909.600,72

Waktu

Kedua proyek peningkatan jalan yang menjadi obyek penelitian ini yaitu Jalan Margomulyo Surabaya dan Jalan Semarang-Jambu keduanya mempunyai luas permukaan jalan yang berbeda, sehingga untuk membuat *independent* terhadap luas dilakukan normalisasi terhadap luas permukaan jalan. Dengan demikian variabel waktu pada penelitian ini merupakan waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan perkerasan jalan per m² dalam

satuan hari. Pada penjadwalan pekerjaan peningkatan ruas Jalan Margomulyo (*precast*) realisasi pekerjaan fisik membutuhkan waktu 13 hari untuk luasan panel keseluruhan sebesar 1193 m² yang terdiri dari pekerjaan persiapan berupa pengupasan jalan eksisting dan instalasi panel beton yang meliputi pemasangan panel beton, pemasangan dowel dan *grouting* hingga ruas jalan dapat difungsikan kembali secara normal.

Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 m² perkerasan *precast* adalah:

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{\text{Waktu pelaksanaan (hari)}}{\text{Luasan pekerjaan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{13 \text{ hr}}{1.193 \text{ m}^2} = 0,01090 \text{ hr/m}^2 \end{aligned}$$

Realisasi pelaksanaan pekerjaan peningkatan ruas Jalan Semarang-Jambu seluas 1.000 × 21 memerlukan waktu 44 minggu (308 hr). Waktu yang diperhitungkan dimulai dari mobilisasi, pekerjaan tanah pekerjaan struktur dan berakhirnya *curing time* hingga jalan dapat difungsikan secara normal.

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{\text{Waktu pelaksanaan (hari)}}{\text{Luasan pekerjaan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{308 \text{ hr}}{21.000 \text{ m}^2} = 0,01467 \text{ hr/m}^2 \end{aligned}$$

Dari analisis kebutuhan waktu pelaksanaan dari kedua proyek tersebut menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan perkerasan *precast* yang dihitung dari pekerjaan persiapan yaitu pengupasan jalan *existing* sampai pemasangan panel beton, pemasangan dowel, *grouting* hingga ruas jalan dapat difungsikan kembali secara normal hanya memerlukan 74,30 % dari waktu pelaksanaan perkerasan beton konvensional yang dihitung mulai dari pekerjaan persiapan mobilisasi tanah hingga konstruksi jalan dapat difungsikan kembali.

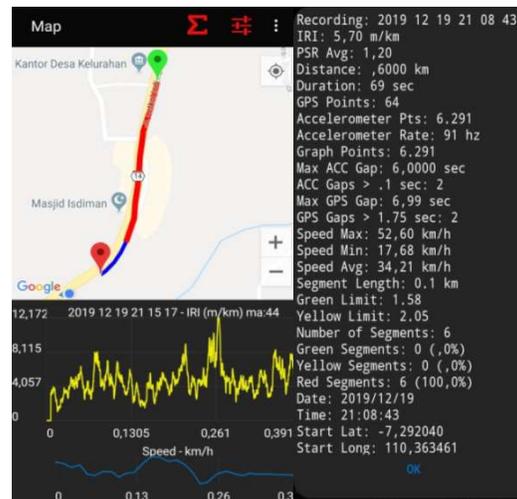
Kemampuan layanan (*serviceability*)

Penilaian *serviceability* dari infrastruktur jalan didasarkan pada IRI dengan menggunakan aplikasi *Roadbump*. Semakin rendah nilai IRI, maka semakin baik kondisi perkerasan jalan. Nilai IRI rata-rata untuk jalan yang menggunakan beton pracetak (Jalan Margomulyo) dapat dilihat pada Gambar 3. Survei dilakukan menggunakan mobil jenis SUV dengan kecepatan rata-rata 30,48 km/jam didapatkan nilai IRI sebesar 6,23 m/km. Sedangkan nilai IRI rata-rata untuk perkerasan beton konvensional (Jalan Semarang-Jambu) disajikan dalam Gambar 4.

Survei dilakukan menggunakan mobil jenis SUV dengan kecepatan rata-rata 34,21 km/jam didapatkan nilai IRI sebesar 5,70 m/km. Dari data survei menunjukkan bahwa nilai IRI rata-rata Jalan Margoyoso Surabaya yang menggunakan perkerasan *precast* yang mencapai 6,23 m/km lebih tinggi dibanding jalan Semarang-Jambu yang menggunakan perkerasan beton konvensional 5,70 m/km. Hal ini menunjukkan bahwa *serviceability* perkerasan *precast* lebih rendah dibanding dengan beton konvensional.



Gambar 3. Grafik dan nilai IRI rata-rata perkerasan pracetak



Gambar 4. Grafik dan nilai IRI rata-rata perkerasan konvensional

Kinerja lalu lintas

Kinerja lalu lintas pada penelitian ini akan ditentukan dengan selisih antara kecepatan arus bebas dan kecepatan rata-rata kendaraan. Pengukuran kecepatan kendaraan secara langsung dilakukan dengan menggunakan *speed gun* pada Jalan Margoyoso Surabaya dan Jalan Semarang –

Jambu yang dilakukan tiga kali dengan rentang waktu masing-masing satu jam yaitu pada pagi (07.00 – 08.00), siang (12.00 – 13.00), dan sore (16.00 – 17.00). Data hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 3. Pengukuran langsung kecepatan kendaraan pada saat arus bebas pada jalan dengan perkerasan *precast* adalah 64,09 km/jam lebih tinggi dibanding Jalan Semarang – Jambu 53,90 km/jam. Oleh karena itu untuk menyamakan kecepatan kendaraan pada perkerasan kaku *precast* dan beton konvensional, perlu dikalikan dengan *ratio* antara kecepatan arus bebas perkerasan *precast* dan beton konvensional yaitu sebesar 1,189.

Tabel 3. Perbandingan kecepatan berdasarkan kecepatan arus bebas

Kecepatan (km/jam)	<i>Precast</i>	Konvensional	
		Awal	× 1,189
Kecepatan arus bebas	64,09	53,90	64,09
Kecepatan Rata-rata	53,50	39,47	46,93
Selisih	10,59		17,16

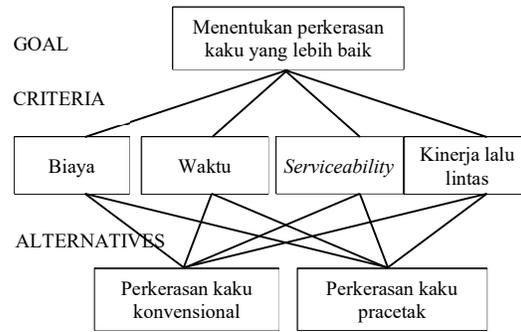
Penilaian dilihat dari selisih kecepatan rata-rata tertinggi dengan kecepatan arus bebas. Perkerasan beton pracetak memiliki selisih 10,59 km/jam, sedangkan perkerasan beton konvensional memiliki selisih 17,16 km/jam. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perkerasan *precast* mempunyai kinerja lalu lintas yang lebih baik.

AHP

AHP adalah suatu metode yang merumuskan suatu masalah dalam bentuk hierarki dan memasukan berbagai kriteria (*multicriteria*) (Barker & Zabinsky, 2010). Hierarki yang digunakan dalam analisis AHP terdiri dari dua level seperti terlihat pada Gambar 5. Level pertama merupakan kriteria atau variabel yang terdiri dari biaya, waktu, *serviceability*, dan kinerja lalu lintas. Level kedua merupakan alternatif yang terdiri dari perkerasan kaku pracetak dan perkerasan kaku konvensional.

Pembobotan kriteria

Pembobotan kriteria dilakukan dengan bantuan aplikasi *expert choice* dengan melakukan *input* data dari kuesioner. Hasil kuesioner tiap responden yang terdiri dari beberapa *stakeholder*, yaitu *owner*, konsultan jalan, dan kontraktor jalan yang dianggap ahli dalam bidangnya dengan pengalaman yang cukup lama kemudian diolah dalam aplikasi *expert choice* (Barfod, 2014), sehingga didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Hirarki penelitian



Gambar 6. Bobot masing-masing variabel

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa tingkat kepentingan variabel dari urutan yang terpenting adalah variabel biaya dengan bobot 0,352 (35,2%), diikuti oleh *serviceability* dengan bobot 0,250 (25%), kemudian kinerja lalu lintas pada urutan ketiga dengan bobot 0,208 (20,8%), dan yang terakhir variabel waktu dengan bobot 0,190 (19%). Nilai *inconsistency* keseluruhan adalah 0,06 sehingga memenuhi nilai *inconsistency* yang diizinkan, yaitu < 0,1.

Pembobotan alternatif

Pada tahap ini akan didapatkan pembobotan masing-masing alternatif dengan rumus pembobotan akan dikali dengan angka sembilan yang merupakan nilai bobot maksimal. Formula yang digunakan untuk menentukan bobot masing-masing variabel adalah sebagai berikut: Untuk variabel yang semakin kecil bobotnya, maka semakin baik (biaya, *serviceability*, dan kinerja lalu lintas).

$$\text{Pembobotan} = \frac{\text{Variabel alternatif minimal}}{\text{Variabel alternatif (i)}} \times 9 \quad (2)$$

Untuk variabel yang semakin besar nilainya, maka semakin baik (waktu).

$$\text{Pembobotan} = \frac{\text{Variabel alternatif (i)}}{\text{Variabel alternatif maksimal}} \times 9 \quad (3)$$

Bobot yang didapatkan untuk masing-masing variabel pada masing-masing alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.

Hasil akhir

Dalam pengambilan keputusan jenis perkerasan kaku mana yang lebih unggul, maka perlu dihitung skor masing-masing jenis alternatif dengan

mengalikan nilai dan bobot masing-masing variabel. Bobot masing-masing variabel yang dianalisis menggunakan bantuan *expert choice* dan bobot masing-masing alternatif dapat dilihat pada Tabel 5. Pada Tabel 5 terlihat bahwa skor akhir

perkerasan beton pracetak lebih unggul dibandingkan perkerasan konvensional dengan skor masing-masing 58,42% dan 41,58%. Dalam Tabel 6 terdapat beberapa hal yang perlu diketahui dan tidak dapat dikesampingkan.

Tabel 4. Bobot masing-masing alternatif terhadap masing-masing variabel

Kriteria	Hasil analisis		Nilai		Bobot (%)	
	Pracetak	Konvensional	Pracetak	Konvensional	Pracetak	Konvensional
Biaya (Rp/m ²)	2.148.528,70	3.909.600,72	9,00	4,95	64,53	35,47
Waktu (hr/m ²)	0,0109	0,01467	9,00	6,69	57,37	42,63
Service ability (m/km)	6,23	5,7	8,23	9,00	47,78	52,22
Kinerjalu Lintas (km/jam)	10,59	17,16	9,00	5,55	61,84	38,16

Tabel 5. Skor akhir masing-masing alternatif

Kriteria	Bobot kriteria	Bobot alternatif (%)		Skor akhir (%)	
		Pracetak	Konvensional	Pracetak	Konvensional
Biaya	0,352	64,53	35,47	22,71	12,49
Waktu	0,190	57,37	42,63	10,90	8,10
Service ability	0,250	47,78	52,22	11,95	13,06
Kinerjalu lintas	0,208	61,84	38,16	12,86	7,94
Total	100%			58,42	41,58

Tabel 6. Tabel analisis

Variabel	
Umum	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jenis perkerasan pracetak yang digunakan bukan <i>prestress</i>. 2. Kondisi alinyemen jalan vertikal dan horizontal kedua jalan relatif sama. 3. Jarak antara <i>workshop</i> beton pracetak dan ruas Jalan Margomulyo ± 40 km.
Biaya	Biaya pelaksanaan perkerasan konvensional lebih murah dibanding dengan <i>precast</i> , tetapi biaya pemeliharaan selama umur rencana perkerasan <i>precast</i> jauh lebih murah, sehingga <i>total cost</i> biaya perkerasan <i>precast</i> menjadi lebih murah.
Waktu	Waktu pelaksanaan perkerasan kaku <i>precast</i> untuk luasan 1 m ² lebih singkat, dimana rata-rata waktu yang diperlukan untuk pemasangan panel beton ± 15 menit. Sehingga gangguan terhadap lalu lintas relatif lebih kecil.
Serviceability	<p>Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai IRI, sehingga pada perkerasan <i>precast</i> nilai IRI lebih besar dibandingkan perkerasan beton konvensional, antara lain:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Panel precast</i> tidak menggunakan <i>prestress</i> sehingga untuk keperluan pengangkutan dan instalasi panel dibuat dengan dimensi yang relatif kecil untuk menghindari momen akibat beban sendiri yang besar pada saat pengangkutan. 2. Ruas perkerasan <i>precast</i> relatif pendek, sehingga getaran pada sambungan antara perkerasan <i>precast</i> dan jalan eksisting lebih terasa. 3. Penilaian <i>serviceability</i> perkerasan pada perkerasan kaku yang menggunakan beton <i>precast</i> dilakukan sembilan bulan setelah jalan difungsikan secara normal, sedangkan untuk jalan yang menggunakan perkerasan kaku konvensional dilakukan beberapa minggu setelah jalan difungsikan secara normal.
Kinerjalu lintas	<p>Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan rata-rata, sehingga kecepatan rata-rata kendaraan pada perkerasan <i>precast</i> lebih besar dibandingkan perkerasan beton konvensional, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Jalan yang menggunakan perkerasan pracetak sedikit lebih lebar dibandingkan jalan yang menggunakan beton konvensional, dengan nilai masing-masingnya 23 dan 21 m. 2. Nilai derajat kejenuhan jalan yang menggunakan perkerasan pracetak lebih kecil dibandingkan perkerasan beton konvensional, dengan nilai masing-masingnya 0,219 dan 0,417.

Kesimpulan

Dari hasil analisis kasus Jalan Margomulyo dan Jalan Semarang-Jambu dapat disimpulkan bahwa meskipun biaya pelaksanaan konstruksi perkerasan beton konvensional, tetapi biaya keseluruhan hingga umur rencana perkerasan *precast* 45,04% lebih murah jika dibanding dengan perkerasan beton konvensional.

Penggunaan perkerasan *precast* hanya membutuhkan waktu pelaksanaan sampai jalan dapat difungsikan 74,30% dari waktu yang dibutuhkan perkerasan beton konvensional. Penggunaan perkerasan kaku juga mempunyai kinerja lalu lintas yang lebih baik. Namun demikian penggunaan perkerasan *precast* masih mempunyai kekurangan dalam *serviceability* akibat dari sambungan antar panel yang relatif dekat. Secara keseluruhan perkerasan pracetak lebih efektif dan efisien dengan skor 58,42% sedangkan perkerasan beton konvensional 41,58%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada PT. Waskita Beton *Precast* Tbk, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII Jawa Tengah, Segenap Staf dan Asisten Laboratorium Transportasi Departemen Teknik Sipil, Universitas Diponegoro dan para responden yang telah membantu penelitian ini.

Daftar Pustaka

Afila, M. T., Rachman, M. S., Djakfar, L. & Anwar, M. R. (2015). Studi alternatif jalan akses ke Pelabuhan Teluk Lamong Surabaya. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(2), 219.

Barfod, M. B. (2014). *Graphical and Technical Options in Expert Choice for Group Decision Making*. Department of Transpor, Technical, University of Denmark, Denmark: DTU Library.

Barker, T. J., & Zabinsky, Z. B. (2011). A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process. *Omega*, 39(5), 558-573.

Beaves, R. G. (2007). The Case for a generalized net present value formula. *The Engineering Economist*, 38(2), 119-133.

Dachlan, A. T. (2009). Kajian lapangan perkerasan jalan beton pracetak di Indonesia. *Jurnal Jalan dan Jembatan*, 26(2), 1-22

Direktorat Jendral Bina Marga. (2017). Manual desain perkerasan jalan No. 04/SE/Db/2017. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Hiriansah (2019). *Ready for research: Principles and practices*. Pasuruan: Qiara Media Partner.

Kartadipura, R. H. (2011). Studi perbandingan biaya perkerasan kaku dan perkerasan lentur Metode Annual Worth. *Info-Teknik*, 12(2), 54-60.

Kurniawan, H. & Djunaidi (2020). Studi perbandingan konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement) dan perkerasan kaku (rigid pavement) ditinjau dari biaya. Studi kasus: peningkatan kualitas Jalan Sungai Pinang Pantai Mempanak Kabupaten Lingga. *Sigma Teknika*, 3(1), 72-81.

Labi, S., & Sinha, K. C. (2005). Life-cycle evaluation of flexible pavement preventive maintenance. *Journal of Transportation Engineering*, 131(10), 744-751.

Maharani, A., & Wasono, S. B. (2018). Perbandingan perkerasan kaku dan perkerasan lentur (Studi kasus ruas jalan raya Pantai Prigi-Popoh Kab. Tulungagung). *Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 1(02), 89-94.

Mohod, M. V., & Kadam, K. N. (2016). A comparative study on rigid and flexible pavement. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 13(3), 84-88.

Rahmat, J. (2011). Studi Perbandingan Rigid Pavement Metode Konvensional dengan Metode PPCP (Precast Prestressed Concrete Pavement) Ditinjau dari Segi Biaya dan Waktu, Undergraduate Thesis, Surabaya, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Saleh, S. M., Majid, I. A., & Firdasari. (2013). Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process dalam penentuan prioritas penanganan pemeliharaan jalan di Kota Banda Aceh. *Jurnal Transportasi*, 13(2), 75-84.

Shinta, N. L. P., Kushartomo, P., & Varian, M. (2017). Pengaruh nilai CBR tanah dasar dan mutu beton terhadap tebal pelat perkerasan kaku metoda Bina Marga. *Jurnal Muara*, 1(1), 244-250.

Simamora, M., Trisnoyuwono, D., & Muda, A. H. (2018). Model international roughness index VS waktu pada beberapa jalan nasional di Kota Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 254-258.