

1. Submission acknowledgement (23-07-2020)
2. Surat pernyataan (18-08-2020)
3. Author's responses + revised version 1 acknowledgement (19-08-2020)
4. Revised document + revised version 2 acknowledgement (24-08-2020)
5. Hasil review 3 (16-09-2020)
6. Revised version 3 acknowledgement (30-09-2020)
7. Layout approval (31-12-2020 s.d. 01-02-2021)
8. Artikel terbit (02-02-2021)



Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

[MKTS] Submission Acknowledgement

1 pesan

Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS <mkts@live.undip.ac.id>

23 Juli 2020 23.21

Balas Ke: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>

Kepada: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>

Dr. Ir. MT. N. Nuroji:

Thank you for submitting the manuscript, "Perbandingan Perkerasan kaku Pracetak dan Beton Konvensional dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)" to MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/author/submission/31792>

Username: nurodji

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS
MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL

MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL
<http://mkts.sipil.undip.ac.id/>
email : mkts@live.undip.ac.id



Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

[MKTS] Perbandingan Perkerasan kaku Pracetak dan Beton Konvensional dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)

Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

12 Agustus 2020 22.37

Kepada: "Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati Sachro, MS." <srisangkawati@gmail.com>

Terima kasih prof akan saya perbaiki sesuai catatan koreksi.

On Wed, Aug 12, 2020, 16:16 Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati Sachro, MS. <srisangkawati@gmail.com> wrote:

Terima kasih atas pengiriman makalah ID 31792 dengan judul "Perbandingan Perkerasan kaku Pracetak dan Beton Konvensional dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)". Sebelum dilanjutkan ke reviewer kami melakukan pengecekan awal terhadap kriteria formal. Dengan ini kami informasikan hal-hal yang tidak sesuai dengan standart yang disyaratkan jurnal. Mohon segera dibuat koreksi dari hasil pengecekan terlampir maksimal 7 hari setelah email diterima. Silahkan upload perbaikan pada kolom author version pada system e-journal kami.

Template:

<https://drive.google.com/file/d/17szNb1Ce56qpNI-Na-qqldYXeEGpKJvA/view>Apabila ada pertanyaan silahkan menghubungi kami di mkts@live.undip.ac.id atau di nomor 085641142115.

Salam,
Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati Sachro, MS.
Editor-in-Chief
Media Komunikasi Teknik Sipil

MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL<http://mkts.sipil.undip.ac.id/>email : mkts@live.undip.ac.id



Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

SuratPernyataan

1 pesan

Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

18 Agustus 2020 16.03

Kepada: mkts@live.undip.ac.id

Yth. Sekretariat Jurnal MKTS

Berikut saya sampaikan surat pernyataan sesuai format MKTS.

Terima kasih



Surat Pernyataan.pdf
452K



Jurnal MKTS

Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil

ISSN 0854-1809

SURAT PERNYATAAN

Dengan hormat,

Kami memerlukan konfirmasi Saudara dengan menandatangani dan mengembalikan pernyataan di bawah ini.

Penulis menjamin bahwa artikel adalah karya asli penulis dan belum pernah dipublikasikan sebelumnya. Penulis juga menjamin bahwa artikel tersebut tidak mengandung pernyataan yang memfitnah atau melanggar hukum dan tidak melanggar hak orang lain. Jika artikel dipersiapkan bersama, penulis setuju untuk memberi tahu rekan penulis ketentuan perjanjian dan untuk menandatangani atas nama mereka.

Editor,

Saya menyatakan bahwa naskah dengan

Judul	: Perbandingan Perkerasan Kaku Pracetak dan Beton Konvensional dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)
Nama Penulis Pertama	: Nuroji
Nama/Alamat Instansi	: Universitass Diponegoro / Jl. Prof. Sudharto, SH Tembalang Semarang
Nama Penulis Kedua	: Bagus Hario Setiadji
Nama/Alamat Instansi	: Universitass Diponegoro / Jl. Prof. Sudharto, SH Tembalang Semarang
Nama Penulis Ketiga	: Wahyu Aktorina
Nama/Alamat Instansi	: PT. Indra Karya

Semarang, 18 Agustus 2020

Nuroji



Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

[MKTS] [ID-32309] Revised Version Acknowledgement

1 pesan

Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS <mkts@live.undip.ac.id>

19 Agustus 2020 13.55

Balas Ke: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>

Kepada: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>

Dr. Ir. MT. N. Nuroji:

Thank you for submitting the revision of manuscript, "Perbandingan Perkerasan Kaku Pracetak dan Beton Konvensional dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)" to MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/author/submission/32309>

Username: nurodji

Editor: Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS
MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL

MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL<http://mkts.sipil.undip.ac.id/>email : mkts@live.undip.ac.id

Tanggapan Penulis untuk komentar Reviewer

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

No.	Reviewer comments	Author Response
1	General comments Very Good paper with the case of study based on the real transportation project	Thank you very much
2	Mandatory comments	---
3	Suggested comments 1. One sentence in Introduction must be checked again (see comment): Tetapi biaya langsung untuk PPCP lebih besar dan biaya tak langsung jika dibanding perkerasan kaku konvensional (Rahmat, 2011). 2. Check the typing of the two words in the paper (see comment): “Pelebran” and “disbanding”.	 1. I have revised the sentence: 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) 2. The two words in the paper have been corrected to “Pelebaran” and “dibanding”.
4	Other changes/manuscript comments	



Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

[MKTS] [ID-31792] Revised Version Acknowledgement

1 pesan

Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS <mkts@live.undip.ac.id>
Balas Ke: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>
Kepada: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>

24 Agustus 2020 22.27

Dr. Ir. MT. N. Nuroji:

Thank you for **submitting the revision of manuscript**, "Perbandingan Perkerasan kaku Pracetak dan Beton Konvensional dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)" to MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/author/submission/31792>

Username: nurodji

Editor: Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS
MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL

MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL

<http://mkts.sipil.undip.ac.id/>

email : mkts@live.undip.ac.id

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

*Nuroji¹, Bagus Hario Setiadji¹, Wahyu Aktorina²

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

²Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 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 masal 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)

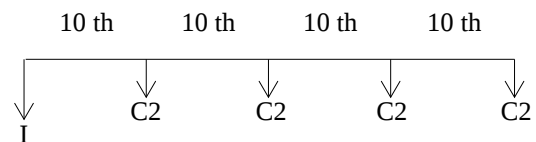
Perkerasan kaku dengan menggunakan beton *precast* tidak memerlukan pemeliharaan rutin.

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.

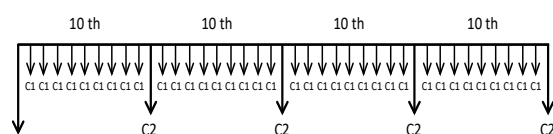
$$\begin{aligned} C2a &= 30\% \times I \\ &= 30\% \times Rp 648.514,14/m^2 \\ &= Rp 194.554,24/m^2 \end{aligned}$$

Biaya *overlay* dengan ketebalan 7 cm (C2b), sebesar $C2b = Rp 120.000,00/m^2$

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 m^2

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 m^2 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.

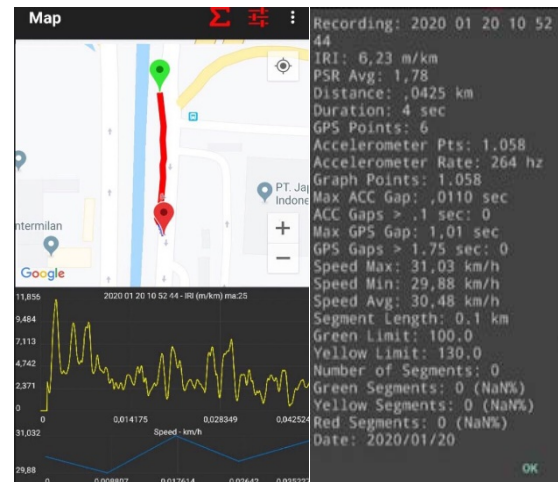
$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{\text{Waktu pelaksanaan (hari)}}{\text{Luasan pekerjaan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{308 \text{ hr}}{21.000 \text{ m}^2} = 0,01467 \text{ hr/m}^2 \end{aligned}$$

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.

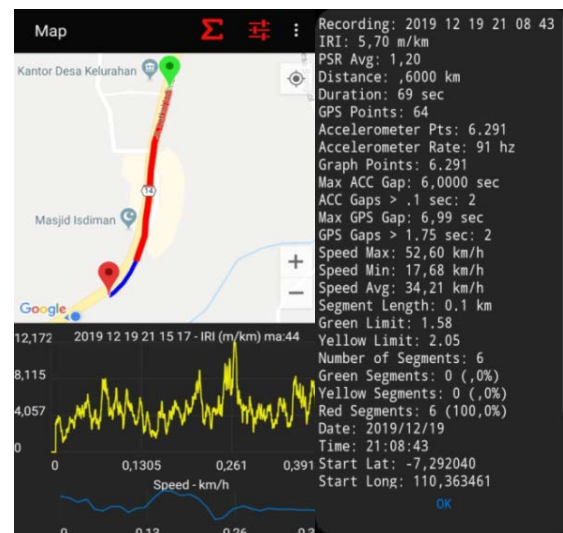
Kemampuan layanan (*serviceability*)

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)	Precast	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

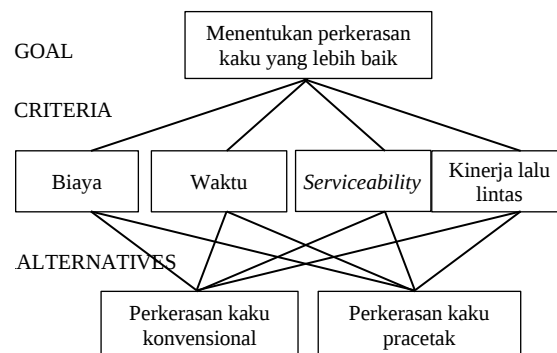
Penilaian dilihat dari selisih kecepatan rata-rata tertinggi dengan kecepatan arus bebas. Perkerasan beton pracetak memiliki selisih 10,59 km/jam, sedangkan perkerasan beton konvensional memiliki selisih 17,16 km/jam. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perkerasan *precast* mempunyai kinerja lalu lintas 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
Kinerj Lalu 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
Kinerja lalu lintas	0,208	61,84	38,16	12,86	7,94
Total	100%			58,42	41,58

Tabel 6. Tabel analisis

Variabel	
Umum	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 $\pm$ 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 $\pm$ 15 menit. Sehingga gangguan terhadap lalu lintas relatif lebih kecil.
Serviceability	Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai IRI, sehingga pada perkerasan <i>precast</i> nilai IRI lebih besar dibandingkan perkerasan beton konvensional, antara lain: 1. Panel <i>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 pengangkatan. 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.
Kinerja lalu lintas	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: 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 *precast* jauh lebih tinggi dibanding 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 pratics*. 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.



Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

[MKTS] Hasil Review

1 pesan

Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati Sachro, MS. <srisangkawati@gmail.com>

16 September 2020 10.41

Balas Ke: "Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati Sachro, MS." <srisangkawati@gmail.com>

Kepada: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>

Terima kasih atas kontribusi Saudara pada jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil. Terlampir Hasil Review dari reviewer. Silahkan upload makalah yang sudah direvisi maksimal 7 hari setelah menerima email ini pada kolom author version melalui link berikut:

<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/index>

Silakan kirim form author response ke mkts@live.undip.ac.id, Contoh "Author Response" terlampir.

Salam

Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati Sachro, MS.

Editor-in-Chief

Media Komunikasi Teknik Sipil

Reviewer A:

Originality

5 (excellent)

Quality

4

Relevance

4

Presentation

5 (excellent)

Consistency of title with content

5 (excellent)

Consistency of conclusion with content

5 (excellent)

Total (sum of I-VI)

28

General comment

Very Good paper with the case of study based on the real transportation project

Mandatory changes

Suggested changes

1. One sentence in Introduction must be checked again (see comment)
 2. Check the typing of the two words in the paper (see comment)
-

MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL

<http://mkts.sipil.undip.ac.id/>

email : mkts@live.undip.ac.id

2 lampiran



31792-96977-1-RV.pdf

900K



Response by Authors to Reviewer MKTS.pdf

12K



MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL

Website : mkts.sipil.undip.ac.id

E-ISSN : 2549 - 6778

doi: [mkts.v22i2.12871](https://doi.org/10.22121.12871)

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

Abstract

Rigid pavement on many roads is considered as solution due to the increasing traffic load that require 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 can be operated. Some industries have developed pavement from precast concrete panels to reduce implementation time. This paper discusses the comparison of rigid pavement between precast concrete and conventional concrete, two road sections namely Jalan Margomulyo Surabaya which uses precast concrete pavement and Jalan Semarang - Jambu using conventional concrete pavement were selected as research objects. Cost, implementation time, serviceability and traffic performance are the four variables reviewed in this study analyzed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method and the consideration of 15 competent experts as respondents. Based on the analysis shows that in road improvement project using precast pavement is more effective and efficient with a score of 58.42% while conventional concrete 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) dan pertimbangan 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 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 dan 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., 1985). Meskipun perkerasan lentur mempunyai kenyamanan yang lebih baik (Korochkin, 2018). Akan tetapi perkerasan kaku mempunyai kelebihan lain yaitu

kemampuan dalam menahan beban lebih tinggi dan durabilitasnya lebih baik sehingga biaya pemeliharannya lebih murah. 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. Penelitian terdahulu yang 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. Tetapi biaya langsung untuk PPCP lebih besar dan biaya tak langsung jika dibanding perkerasan kaku konvensional (Rahmat, 2011).

Paper ini membahas perbandingan pelaksanaan perkerasan kaku antara beton konvensional yang dicor di tempat dan beton praetak. 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 disebarakan kepada 15 responden yang dianggap kompeten dan terlibat secara aktif dalam proyek jalan raya yang terdiri dari: 5 Pemilik proyek, 5 konsultan jalan, dan 5 kontraktor jalan yang selanjutnya diolah dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan bantuan aplikasi *Expert Choice*. Data-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 *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan hasil perbandingan.

Hasil Dan Pembahasan

Biaya

Biaya yang ditinjau dalam penelitian ini meliputi

Commented [A2]: Pelebaran ?

Commented [A1]: Apakah yg dimaksud adalah biaya langsung dan tak langsung lebih besar jika dibanding perkerasan kaku konvensional ? Jika benar, mhn kalimatnya diperbaiki

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 biaya independent terhadap dimensi jalan dan waktu, maka semua biaya diperhitungkan dalam satuan per m² dalam *Present Value* (PV) yang dihitung dengan menggunakan persamaan 1 (Beaves, 2007):

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

(1)

(

Dimana:

FV = *Future Value*
 PV = *Present Value*
 r = inflasi
 i = 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.

$$I = \frac{\text{Total Biaya}}{\text{Luas jalan}}$$

$$= \frac{\text{Rp. 1.848.694.922,49}}{1193 \text{ m}^2}$$

$$= \text{Rp. 1.549.099/m}^2$$

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)

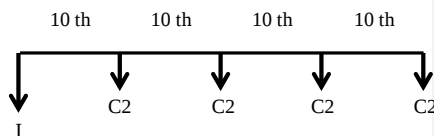
Pemeliharaan berkala dilakukan setiap 10 tahun. Bentuk pemeliharaan berkala ini merupakan perbaikan atau penggantian panel. Perbaikan yang perlu dilakukan diasumsikan sebesar 20% dari biaya pelaksanaan yang didasarkan pada estimasi produsen panel.

$$C2 = 20\% \times I$$

$$= 20\% \times \text{Rp. 1.549.099/m}^2$$

$$= \text{Rp. 309.819,80/m}^2$$

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 *Present Value* disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Diagram *Cashflow* Perkerasan Precast

Tabel 1. Rincian Perhitungan *Present Value* Perkerasan Precast per m²

Tahun ke-	Jenis Biaya	<i>Future Value</i> (Rp)	<i>Present Value</i> (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.

$$I = \frac{\text{Total Biaya}}{\text{Luas jalan}}$$

$$= \frac{Rp. 13.618.797.000,00}{21000 \text{ m}^2}$$

$$= Rp. 648.514,14/\text{m}^2$$

Biaya Pemeliharaan
Pemeliharaan Rutin (C1)
Pemeliharaan rutin dilakukan setiap tahun selama umur rencana. Pemeliharaan rutin diasumsikan sebesar 20% dari biaya pelaksanaan.

$$C1 = 20\% \times I$$

$$= 20\% \times Rp. 648.514,14/\text{m}^2$$

$$= Rp. 129.702,83 / \text{m}^2$$

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.

$$C2a = 30\% \times I$$

$$= 30\% \times Rp. 648.514,14/\text{m}^2$$

$$= Rp. 194554.24/\text{m}^2$$

Biaya *Overlay* dengan ketebalan 7 cm (C2b), sebesar.

$$C2b = Rp. 120.000,00/\text{m}^2$$

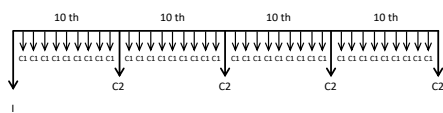
Dengan demikian, maka biaya pemeliharaan berkala perkerasan kaku konvensional merupakan jumlah dari biaya perbaikan pelat beton dan biaya *overlay hotmix*.

$$C2 = C2a + C2b$$

$$= 194554.24 + 120.000,00$$

$$= Rp. 314.554,24/\text{m}^2$$

Cashflow untuk perkerasan kaku konvensional digambarkan dalam gambar 2, sedangkan rincian perhitungan *Present Value* disajikan pada tabel 2.



Gambar 2. Diagram *Cashflow* Perkerasan Konvensional

Table 2. Rincian Perhitungan Present Value Perkerasan Konvensional per m²

Tahun ke-	Jenis Biaya	Future Value(Rp)	Present Value(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

Dari tabel 1 dan tabel 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 setiap 10 th.

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 *independ* 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.

$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{\text{Waktu Pelaksanaan (hari)}}{\text{Luasan Pekerjaan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{13 \text{ hr}}{1193 \text{ m}^2} = 0,01090 \text{ hr / m}^2 \end{aligned}$$

Realisasi pelaksanaan pekerjaan peningkatan ruas Jalan Semarang-Jambu seluas 1000 × 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.

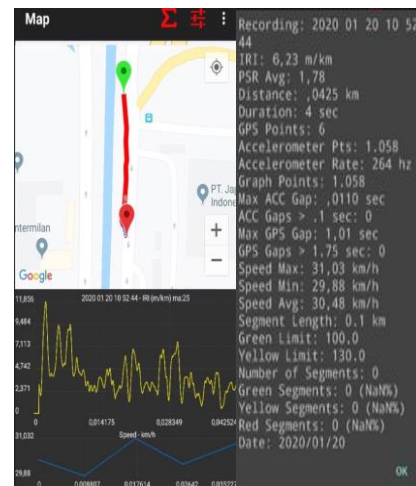
$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{\text{Waktu Pelaksanaan (hari)}}{\text{Luasan Pekerjaan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{308 \text{ hr}}{21000 \text{ m}^2} = 0.01467 \text{ hr / m}^2 \end{aligned}$$

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 *International Roughness Index* (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.

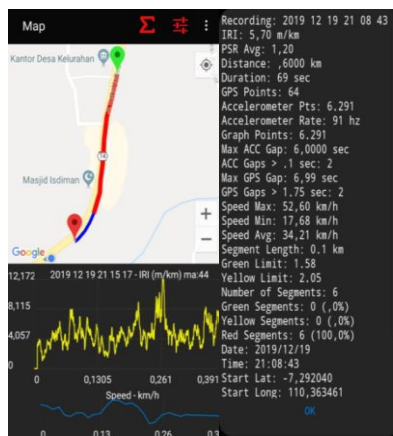


Gambar 3 Grafik dan nilai IRI Rata-rata Perkerasan Pracetak

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.

Commented [A3]: dibanding ?



Gambar 4 Grafik dan nilai IRI Rata-rata Perkerasan Konvensional

Survei dilakukan menggunakan mobil jenis SUV dengan kecepatan rata-rata 34,21 km/jam didapatkan nilai IRI sebesar 5,70 m/km.

Dari data survey 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.

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 1 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.

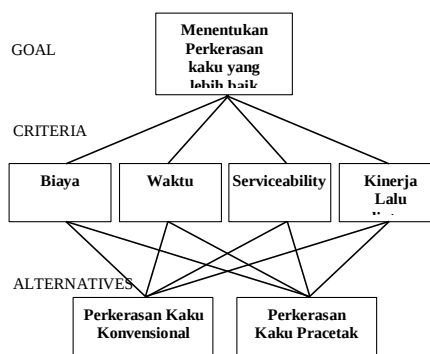
Table 3. Perbandingan Kecepatan Berdasarkan Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan	<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.

Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP adalah suatu metode yang merumuskan suatu masalah dalam bentuk hierarki dan memasukkan berbagai kriteria (*multicriteria*) (Barker, 2011). Hirarki yang digunakan dalam analisis AHP terdiri dari 2 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.



Gambar 5 Hirarki Penelitian

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 berikut:



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 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 9 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.

Table 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	4.95	64.53	35.47
Waktu (hr/m ²)	0,01090	0.01467	9	6.69	57.37	42.63
Service ability (m/km)	6.23	5.7	8.23	9	47.78	52.22
Kinerj Lalu Lintas (km/jam)	10.59	17.16	9	5.55	61.84	38.16

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 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
Kinerj Lalu Lintas	0,208	61,84	38,16	12,86	7,94
Total	100%			58,42	41,58

Tabel 6 Tabel Analisis

Variabel	
Umum	1. Jenis perkerasan pracetak yang digunakan bukan <i>prestress</i>. 2. Kondisi alinyemen jalan vertikal dan horizontal kedua jalan relatif sama. 3. Jarak antara workshop beton pracetak dan ruas Jalan Margomulyo $\pm$ 40 km.
Biaya	Biaya pelaksanaan perkerasan konvensional lebih murah disbanding dengan <i>precast</i>, tetapi biaya pemeliharaan selama umur rencana perkerasan <i>precast</i> jauh lebih murah, sehingga total co st biaya perkerasan <i>precast</i> menjadi lebih murah.
Waktu	Waktu pelaksanaan perkerasan kaku <i>precast</i> untuk luasan 1 m² lebih singkat, dimana rata-rata waktu yang diperlukan untuk pemasangan panel beton $\pm$ 15 menit. Sehingga gangguan terhadap lalu lintas relative lebih kecil.
Serviceability	Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai IRI, sehingga pada perkerasan <i>precast</i> nilai IRI lebih besar dibandingkan perkerasan beton konvensional, antara lain: 1. Panel <i>precast</i> tidak menggunakan <i>prestress</i> sehingga untuk keperluan pengangkutan dan instalasi panel dibuat dengan dimensi yang relative kecil untuk menghindari momen akibat beban sendiri yang besar pada saat pengangkatan. 2. Ruas perkerasan <i>precast</i> relative 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 9 bulan setelah jalan difungsikan secara normal, sedangkan untuk jalan yang menggunakan perkerasan kaku konvensional dilakukan beberapa minggu setelah jalan difungsikan secara normal.
Kinerja Lalu Lintas	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: 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 *precast* jauh lebih tinggi dibanding 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

- 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 ISSN 2615-7195 (E), Vol. 01, Nomor 02.
- 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, Universitas Brawijaya, Vol. 1 No. 2.
- Barfod, M. B. (2014). Graphical and Technical Options in Expert Choice for Group Decision Making. DTU Transpor Compendium Seriespart 3
- Beaves, R. G. (2007). The Case for a Generalized Net Present Value Formula. The Engineering Economist, A Journal Devoted to the Problems of

Capital Investment, 119-133.

- Dachlan, A. T. (2009). Kajian Lapangan Perkerasan Jalan Beton Pracetak di Indonesia. Jurnal Jalan Jembatan, Pusat Litbang dan Jalan Volume 26 No. 2.
- Direktorat Jendral Bina Marga (2017). Manual Desain Perkerasan Jalan No. 04/SE/Db/2017. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- 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 Teknik, Vol.3, No.1 : 72-81
- Hiriansah (2019). Ready For Research: Principles and Practices. Pasuruan: Qiara Media Partner. Pasuruan.
- Labi, S., & Sinha, K. C. (2005). *Life-Cycle Evaluation of Flexible Pavement Preventive Maintenance*. Journal of Transportation Engineering Volume 131, 744-751.
- Mohod, M. V. (2016). *A comparative study on rigid and flexible pavement*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR- JMCE) Volume 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 Theses, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kartadipura R. H. 2011, Studi Perbandingan Biaya Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur Metode Annual Worth, INFO TEKNIK, Volume 12, No.2.
- 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, Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi, Volume 13, 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, Universitas Taruma Negara. Vol. 1, No.1.
- Simamora, M., Trisnoyuwono, D., & Muda, A. H. (2018). Model International Roughness Index VS

Waktu Pada Beberapa Jalan Nasional di Kota
Kupang, Jurnal Teknik Sipil. Vo. III No. 1.



Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

[MKTS] [ID-31792] Revised Version Acknowledgement

1 pesan

Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS <mkts@live.undip.ac.id>
Balas Ke: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>
Kepada: "Dr. Ir. MT. N. Nuroji" <nuroji.undip@gmail.com>

30 September 2020 12.25

Dr. Ir. MT. N. Nuroji:

Thank you for submitting the revision of manuscript, "Perbandingan Perkerasan kaku Pracetak dan Beton Konvensional dengan Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP)" to MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/author/submission/31792>

Username: nurodji

Editor: Prof. Dr. Ir. Sri Sachro, MS.

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Prof. Dr. Ir.Sri Sangkawati, MS
MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL

MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL

<http://mkts.sipil.undip.ac.id/>

email : mkts@live.undip.ac.id



Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

Layout Approval

3 pesan

MKTS Undip <mkts@live.undip.ac.id>

31 Januari 2021 14.45

Kepada: Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

Terlampir file paper saudara yang telah kami proses editing layout, mohon periksa kembali identitas penulis, dan isi paper saudara, jika saudara setuju dengan layout ini silahkan reply email ini dengan dan melampirkan file paper (pdf) yang anda setuju dan mohon lengkapi metadata pada sistem dalam 2 bahasa (bahasa indonesia dan bahasa inggris) **setelah anda menyetujui file ini maka anda sudah tidak diperkenankan untuk melakukan perbaikan**. kami tunggu respon anda dalam 1x24 Jam

--

Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati, MS
Editor In Chief
Media Komunikasi Teknik Sipil

2 lampiran

**212-219 Layout akhir Nuroji.pdf**

497K

**212-219 Layout akhir Nuroji.docx**

1094K

Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

1 Februari 2021 10.57

Kepada: MKTS Undip <mkts@live.undip.ac.id>

Terima kasih atas informasinya.

Berikut disampaikan file layout yang telah diperbaiki
terima kasih

Pada tanggal Min, 31 Jan 2021 pukul 14.45 MKTS Undip <mkts@live.undip.ac.id> menulis:

Terlampir file paper saudara yang telah kami proses editing layout, mohon periksa kembali identitas penulis, dan isi paper saudara, jika saudara setuju dengan layout ini silahkan reply email ini dengan dan melampirkan file paper (pdf) yang anda setuju dan mohon lengkapi metadata pada sistem dalam 2 bahasa (bahasa indonesia dan bahasa inggris) **setelah anda menyetujui file ini maka anda sudah tidak diperkenankan untuk melakukan perbaikan**. kami tunggu respon anda dalam 1x24 Jam

--

Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati, MS
Editor In Chief
Media Komunikasi Teknik Sipil

**212-219 Layout akhir Nuroji-rev highlight.pdf**

497K

Nuroji Sam <nuroji.undip@gmail.com>

1 Februari 2021 11.18

Kepada: MKTS Undip <mkts@live.undip.ac.id>

Terima kasih atas informasinya.

Berikut disampaikan file layout yang telah diperbaiki
terima kasih

Pada tanggal Min, 31 Jan 2021 pukul 14.45 MKTS Undip <mkts@live.undip.ac.id> menulis:

Terlampir file paper saudara yang telah kami proses editing layout, mohon periksa kembali identitas penulis, dan isi paper saudara, jika saudara setuju dengan layout ini silahkan reply email ini dengan dan melampirkan file paper (pdf) yang anda setujui dan mohon lengkapi metadata pada sistem dalam 2 bahasa (bahasa indonesia dan bahasa inggris) **setelah anda menyetujui file ini maka anda sudah tidak diperkenankan untuk melakukan perbaikan**. kami tunggu respon anda dalam 1x24 Jam

--

Prof. Dr. Ir. Sri Sangkawati, MS
Editor In Chief
Media Komunikasi Teknik Sipil



Lay out Nuroji 1-02-2021.pdf

1139K

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

*Nuroji¹, Bagus Hario Setiadji¹, Wahyu Aktorina²

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

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

*nuroji.undip@gmail.com

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

Abstract

Rigid pavement on many roads is considered as solution due to the increasing traffic load that require 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 can be operated. Some industries have developed pavement from precast concrete panels to reduce implementation time. This paper discusses the comparison of rigid pavement between precast concrete and conventional concrete, two road sections namely Jalan Margomulyo Surabaya which uses precast concrete pavement and Jalan Semarang - Jambu using conventional concrete pavement were selected as research objects. Cost, implementation time, serviceability and traffic performance are the four variables reviewed in this study analyzed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method and the consideration of 15 competent experts as respondents. Based on the analysis shows that in road improvement project using precast pavement is more effective and efficient with a score of 58.42% while conventional concrete 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) dan pertimbangan 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 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 lebih tinggi dan durabilitasnya 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 masal 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 disebarakan 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* biaya *independent* 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)

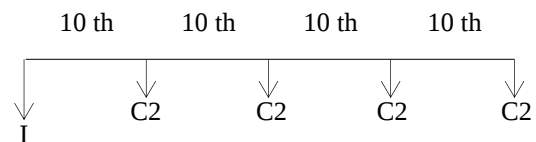
Perkerasan kaku dengan menggunakan beton *precast* tidak memerlukan pemeliharaan rutin.

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.

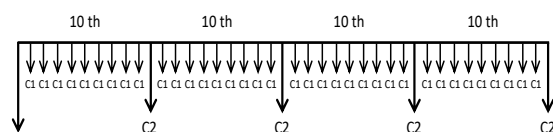
$$\begin{aligned} C2a &= 30\% \times I \\ &= 30\% \times Rp 648.514,14/m^2 \\ &= Rp 194.554,24/m^2 \end{aligned}$$

Biaya *overlay* dengan ketebalan 7 cm (C2b), sebesar $C2b = Rp 120.000,00/m^2$

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 m^2

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 m^2 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.

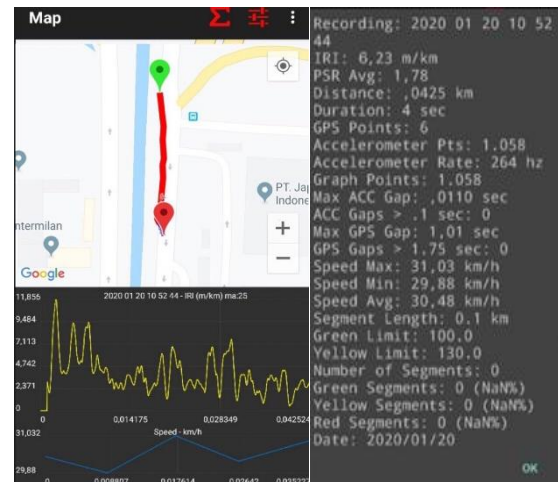
$$\begin{aligned} \text{Waktu} &= \frac{\text{Waktu pelaksanaan (hari)}}{\text{Luasan pekerjaan (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{308 \text{ hr}}{21.000 \text{ m}^2} = 0,01467 \text{ hr/m}^2 \end{aligned}$$

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.

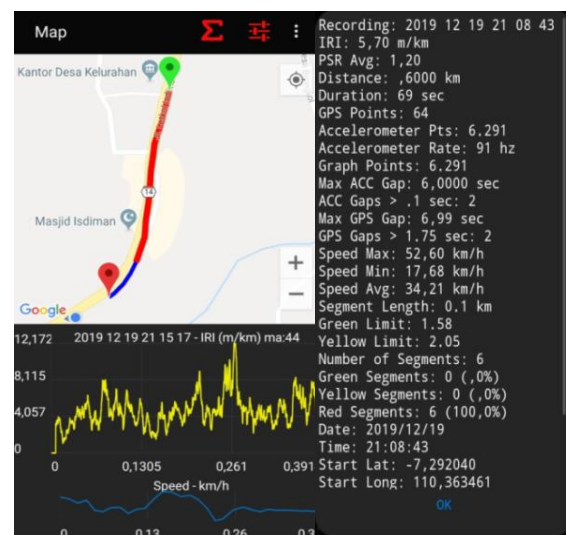
Kemampuan layanan (*serviceability*)

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	<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

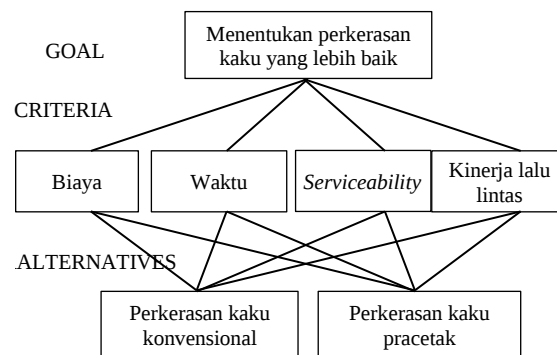
Penilaian dilihat dari selisih kecepatan rata-rata tertinggi dengan kecepatan arus bebas. Perkerasan beton pracetak memiliki selisih 10,59 km/jam, sedangkan perkerasan beton konvensional memiliki selisih 17,16 km/jam. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perkerasan *precast* mempunyai kinerja lalu lintas 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
Kinerj Lalu 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
Kinerja lalu lintas	0,208	61,84	38,16	12,86	7,94
Total	100%			58,42	41,58

Tabel 6. Tabel analisis

Variabel	
Umum	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 $\pm$ 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 $\pm$ 15 menit. Sehingga gangguan terhadap lalu lintas relatif lebih kecil.
Serviceability	1. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai IRI, sehingga pada perkerasan <i>precast</i> nilai IRI lebih besar dibandingkan perkerasan beton konvensional, antara lain:
	2. <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 pengangkatan.
	3. Ruas perkerasan <i>precast</i> relatif pendek, sehingga getaran pada sambungan antara perkerasan <i>precast</i> dan jalan eksisting lebih terasa.
	4. 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.
Kinerja lalu lintas	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:
	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 *precast* jauh lebih tinggi dibanding 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 pratics*. 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.