



ANALISA EKONOMI PERBANDINGAN KONSTRUKSI BAJA DAN KONSTRUKSI BETON BERTULANG PADA PROYEK JEMBATAN RANGKA

Samudra¹ Sinulingga¹
Edison Hatoguan Manurung²

samudra.sinulingga@gmail.com¹
edisonmanurung2010@yahoo.com²

^{1,2}Fakultas Teknik/Jurusan T sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular, Indonesia

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan menilai efisiensi ekonomi antara konstruksi baja dan beton bertulang pada pembangunan jembatan rangka bentang 40 meter. Analisis dilakukan menggunakan data Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2024 dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Kajian ini menyoroti empat aspek utama, yaitu biaya material, upah tenaga kerja, durasi pelaksanaan proyek, dan Life Cycle Cost (LCC) dalam periode rencana 30 tahun. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa total biaya awal jembatan baja sebesar Rp 5,78 miliar, sedangkan beton bertulang mencapai Rp 5,12 miliar. Meski biaya awal baja lebih tinggi, waktu konstruksinya 27% lebih singkat, dengan biaya pemeliharaan jangka panjang yang lebih rendah. Analisis LCC menunjukkan total biaya jangka panjang konstruksi baja sebesar Rp 6,05 miliar dan beton bertulang Rp 6,23 miliar. Dengan demikian, baja memiliki keunggulan ekonomis dalam siklus hidup proyek, terutama pada proyek yang menuntut efisiensi waktu dan ketahanan tinggi.

Kata kunci: Analisa ekonomi, jembatan rangka, konstruksi baja, beton bertulang, AHSP 2024

Article History

Received: Januari 2026
Reviewed: Januari 2026
Published: Januari 2026

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :
[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan infrastruktur transportasi di Indonesia menuntut adanya struktur yang efisien baik secara teknis maupun finansial. Jembatan, sebagai elemen vital jaringan transportasi, harus dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan struktur, umur layanan, serta efisiensi biaya pelaksanaan dan pemeliharaan.

Dalam praktik teknik sipil, terdapat dua sistem utama yang umum digunakan pada jembatan: struktur baja dan struktur beton bertulang. Baja memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, mudah difabrikasi, dan proses pemasangan yang relatif singkat. Namun, kelemahannya terletak pada biaya awal yang tinggi serta kebutuhan terhadap perlindungan korosi.



Sebaliknya, beton bertulang unggul dalam biaya awal yang lebih ekonomis serta material yang mudah diperoleh, tetapi berat struktur yang besar dapat menambah beban pondasi dan memperpanjang waktu pelaksanaan proyek.

Penelitian ini mengembangkan kajian sebelumnya (Handayani, 2023; Pratama, 2022) dengan mengombinasikan pendekatan komparatif-kuantitatif berbasis AHSP 2024 serta metode *Life Cycle Cost (LCC)* untuk memberikan gambaran menyeluruh terkait efisiensi ekonomi kedua tipe konstruksi tersebut.

LANDASAN TEORI

Efisiensi Ekonomi Konstruksi

Efisiensi ekonomi dalam proyek konstruksi didefinisikan sebagai kemampuan suatu sistem struktur untuk mencapai performa optimum dengan total biaya minimum selama umur layanannya. Dalam konteks jembatan, efisiensi ekonomi tidak hanya melibatkan pengeluaran awal, tetapi juga mencakup biaya operasional, pemeliharaan, dan nilai sisa struktur (*residual value*) setelah umur rencana tercapai (Rahayu & Sutanto, 2021).

Konsep efisiensi ini menjadi dasar penting dalam proses pengambilan keputusan pemilihan material konstruksi, terutama antara baja dan beton bertulang. Baja dikenal memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, memungkinkan penggunaan material lebih sedikit dengan kapasitas beban yang sama. Sebaliknya, beton bertulang cenderung lebih berat, namun materialnya lebih mudah diperoleh dan biaya awalnya lebih rendah (Handayani, 2023). Efisiensi ekonomi jembatan baja tidak hanya ditentukan oleh biaya material, tetapi juga oleh percepatan waktu pelaksanaan yang signifikan akibat penerapan sistem fabrikasi pra-rakit (*prefabrication system*). Artinya, penilaian efisiensi ekonomi harus dilakukan secara komprehensif, dengan memperhitungkan biaya langsung dan tidak langsung sepanjang siklus hidup proyek.

Karakteristik Material Baja dan Beton Bertulang

Konstruksi baja dan beton memiliki karakteristik yang berbeda baik dari segi fisik, mekanik, maupun perilaku terhadap lingkungan. Baja memiliki kekuatan tarik tinggi (hingga 450 MPa), ringan, mudah disambung melalui las dan baut, serta dapat diproduksi secara presisi di pabrik (Pratama, 2022). Hal ini memungkinkan penerapan metode konstruksi modular, yang mempersingkat waktu di lapangan. Namun, baja memerlukan perlindungan terhadap korosi, terutama pada lingkungan lembap atau jembatan di atas badan air. Sebaliknya, beton bertulang unggul dalam ketahanan terhadap api dan korosi, serta memiliki biaya material awal yang lebih rendah, meskipun



membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama karena proses *curing* dan pengerasan (SNI 1725:2021).

Pratama (2022) menegaskan bahwa perbedaan karakteristik material tersebut berdampak langsung terhadap efisiensi biaya dan waktu proyek. Dalam jembatan bentang menengah, konstruksi baja dapat menekan durasi proyek hingga 20-30% dibanding beton, sementara beton lebih ekonomis untuk struktur non-bentang panjang atau dengan keterbatasan anggaran awal.

Konsep Life Cycle Cost (LCC) dalam Infrastruktur

Metode Life Cycle Cost (LCC) merupakan pendekatan analitis untuk menghitung total biaya yang dikeluarkan sepanjang umur layanan suatu struktur, termasuk biaya awal (initial cost), biaya pemeliharaan (operation & maintenance cost), dan nilai sisa (residual value) pada akhir umur struktur (Rahayu & Sutanto, 2021).

Rumus umum LCC dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$LCC = C_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_{m,t} + C_{r,t}}{(1+i)^t}$$

¹dengan:

C_0 =biaya awal,

C_t =biaya perawatan tahun ke- t ,

i =tingkat diskonto,

S =nilai sisa struktur,

n = umur rencana.

Dalam konteks konstruksi jembatan, pendekatan ini digunakan untuk mengevaluasi efisiensi jangka panjang dari dua jenis struktur yang berbeda. Penelitian Rahayu dan Sutanto (2021) menyatakan bahwa penerapan metode LCC dapat mengidentifikasi potensi penghematan biaya hingga 8-10% dalam jangka panjang, khususnya pada jembatan baja. Selain itu, *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)* yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR (2024) menjadi dasar penting untuk menilai biaya aktual konstruksi di Indonesia, karena AHSP telah memperhitungkan faktor lokal seperti harga material, upah tenaga kerja, dan biaya peralatan. Oleh karena itu, kombinasi metode LCC dengan AHSP memberikan gambaran realistis terhadap efisiensi ekonomi proyek jembatan di Indonesia.

¹ Rumus diadaptasi dari metode analisis biaya siklus hidup menurut Rahayu & Sutanto (2021) dan AHSP Bina Konstruksi (Kementerian PUPR, 2024).



Studi Terdahulu Terkait Perbandingan Baja dan Beton Bertulang

Beberapa penelitian terdahulu telah meneliti perbandingan efisiensi antara konstruksi baja dan beton bertulang dalam proyek jembatan di Indonesia. Handayani (2023) menemukan bahwa jembatan baja memiliki keunggulan waktu pelaksanaan hingga 22% dibanding beton, serta efisiensi biaya tenaga kerja yang lebih baik karena sebagian besar pekerjaan dilakukan di pabrik.

Pratama (2022) menambahkan bahwa untuk jembatan bentang menengah (30-50 meter), baja mampu menurunkan *project duration* hingga 30% tanpa peningkatan signifikan pada total biaya. Sedangkan Rahayu dan Sutanto (2021) menyatakan bahwa dari perspektif LCC, jembatan baja memiliki penghematan biaya jangka panjang sebesar 8% dibanding beton. Dengan mengacu pada temuan-temuan tersebut, penelitian ini mengombinasikan hasil empiris dari AHSP 2024 (Kementerian PUPR, 2024) dengan pendekatan LCC, untuk memberikan analisis yang lebih mutakhir dan kontekstual terhadap kondisi ekonomi konstruksi di Indonesia saat ini.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **komparatif-kuantitatif**, dengan tujuan untuk membandingkan efisiensi ekonomi antara konstruksi baja dan konstruksi beton bertulang pada proyek jembatan rangka bentang 40 meter. Pendekatan komparatif dipilih untuk mengidentifikasi perbedaan biaya awal, waktu pelaksanaan, serta *Life Cycle Cost (LCC)* antar kedua sistem struktur berdasarkan data empiris (*empirical-based analysis*).

Metode kuantitatif digunakan karena perhitungan didasarkan pada data numerik dari *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)* 2024 yang diterbitkan oleh Kementerian.

Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Kementerian PUPR, 2024). Data tersebut mencakup komponen biaya material, tenaga kerja, peralatan, dan overhead yang digunakan secara nasional untuk analisis ekonomi proyek infrastruktur. Pendekatan metodologis ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Handayani (2023), yang menekankan pentingnya perbandingan biaya dan durasi pelaksanaan secara numerik untuk mengevaluasi efisiensi konstruksi baja dan beton pada proyek jembatan.



Tahapan Penelitian

Pengumpulan data harga dan upah: Menggunakan *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Konstruksi 2024* yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR.

Perhitungan volume pekerjaan: Berdasarkan gambar kerja desain jembatan baja dan jembatan beton bertulang.

Estimasi biaya:

Biaya material

Upah tenaga kerja

Sewa peralatan

Overhead dan keuntungan kontraktor (10%)

Analisis waktu pelaksanaan:

Menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)*.²

Analisis ekonomi jangka panjang: Menggunakan pendekatan *Life Cycle Cost (LCC)* selama 30 tahun dengan tingkat diskonto 6%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Harga Material dan Upah (AHSP 2024)

Analisis ini menggunakan data dari *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Konstruksi Tahun 2024*³ yang diterbitkan oleh Kementerian PUPR sebagai acuan resmi biaya material dan tenaga kerja konstruksi di Indonesia (Kementerian PUPR, 2024).

Komponen	Satuan	Harga (Rp)
Baja WF 400	kg	27.800
Besi tulangan D16-D25	kg	15.200
Semen Portland	zak (50 kg)	69.000
Pasir beton	m ³	315.000
Batu pecah 2/3	m ³	420.000
Upah tukang las	hari	195.000

² Estimasi durasi pelaksanaan menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)* sebagaimana diterapkan oleh Handayani (2023).

³ Data diolah dari *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Konstruksi Tahun 2024*, Kementerian PUPR.



Komponen	Satuan	Harga (Rp)
Upah pekerja umum	hari	140.000

Perbedaan harga satuan antara baja dan beton terlihat signifikan. Namun, volume baja yang dibutuhkan relatif lebih kecil karena kekuatan tariknya jauh lebih tinggi, sekitar 400 MPa, dibanding beton yang umumnya 25-40 MPa (SNI 1725:2021).

Analisis Biaya Awal dan Pemeliharaan

Perbandingan biaya awal Konstruksi Baja dan Konstruksi Beton ditunjukkan pada Tabel berikut.

Komponen	Konstruksi Baja (Rp)	Konstruksi Beton (Rp)
Material	3.950.000.000	3.250.000.000
Tenaga Kerja	1.200.000.000	1.450.000.000
Peralatan	400.000.000	420.000.000
Overhead & Profit	230.000.000	200.000.000
Total	5.780.000.000	5.120.000.000

Estimasi biaya awal dan pemeliharaan selama 30 tahun umur layanan ditunjukkan pada Tabel berikut.

Jenis Konstruksi	Biaya Awal (Rp Miliar)	Biaya Pemeliharaan 30 Tahun (Rp Miliar)
Baja	5,78	0,60
Beton Bertulang	5,12	1,05

Walaupun biaya awal baja lebih tinggi 12,9 % dibanding beton bertulang, biaya pemeliharaan total baja selama umur layanannya lebih rendah sekitar 43%. Baja membutuhkan pengecatan ulang setiap 7-10 tahun, sedangkan beton membutuhkan perbaikan lebih sering akibat retak, karbonasi, dan infiltrasi air (Rahayu & Sutanto, 2021).



Grafik 1. Perbandingan Biaya Awal & Biaya Pemeliharaan
(Sumber: Kementerian PUPR, 2024; Rahayu & Sutanto, 2021)⁴

Dari grafik tersebut menunjukkan walau baja memerlukan investasi awal yang lebih besar, total pengeluaran jangka panjangnya lebih rendah karena frekuensi dan biaya pemeliharaan yang kecil (Rahayu & Sutanto, 2021). Untuk beton memerlukan biaya pemeliharaan tinggi akibat retak struktural dan degradasi material seiring waktu. Hasil ini sejalan dengan temuan Handayani (2023), yang menyatakan bahwa baja memiliki rasio biaya pemeliharaan terhadap umur layanan lebih rendah dibanding beton.

Analisis Life Cycle Cost (LCC)

Perhitungan *Life Cycle Cost* dilakukan dengan metode *present worth* sebagaimana diterapkan oleh Rahayu dan Sutanto (2021), dengan tingkat diskonto 6% dan umur rencana 30 tahun.

Jenis Konstruksi	Total LCC (Rp Miliar)
Baja	6,05
Beton Bertulang	6,23

Hasil menunjukkan bahwa total LCC baja lebih rendah Rp 180 Juta ($\pm 9,5\%$) dibanding beton bertulang. Perbedaan ini berasal dari biaya pemeliharaan yang lebih rendah dan efisiensi waktu yang lebih baik. Pratama (2022) juga melaporkan bahwa jembatan baja menunjukkan penghematan LCC hingga 8-10% dibanding beton pada proyek bentang menengah.

⁴ Sumber data: Kementerian PUPR (2024); Rahayu & Sutanto (2021).



Grafik 2. Life Cycle Cost (LCC) Baja vs Beton
(Sumber: Rahayu & Sutanto, 2021; Pratama, 2022)⁵

Menurut Rahayu dan Sutanto (2021), perbedaan LCC ini dipengaruhi oleh dua factor utama, yakni (1) biaya pemeliharaan tahunan yang lebih kecil pada baja dan (2) efisiensi waktu yang menurunkan *overhead cost*. Hasil penelitian ini mendukung studi Pratama (2022), yang menemukan bahwa struktur baja memberikan penghematan biaya total hingga 8-10% pada jembatan bentang menengah. Oleh karena itu, LCC menjadi parameter penting dalam pengambilan keputusan desain material.

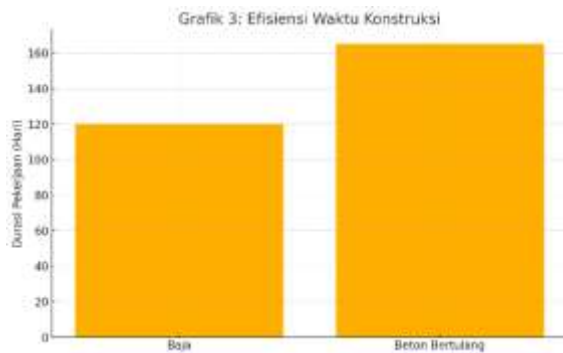
Efisiensi Waktu Konstruksi

Durasi pelaksanaan konstruksi dianalisis menggunakan *Critical Path Method (CPM)* untuk mengidentifikasi aktivitas utama yang menentukan total waktu proyek.

Tahapan	Baja (Hari)	Beton (Hari)
Persiapan	15	15
Struktur utama	80	125
Finishing & inspeksi	25	25
Total Durasi	120	165

Konstruksi baja menyelesaikan proyek 27% lebih cepat dibanding beton bertulang. Hal ini terjadi karena sebagian besar komponen baja telah difabrikasi di pabrik (*off-site prefabrication*) sebelum dirakit di lapangan, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap kondisi cuaca (Handayani, 2023). Sebaliknya, beton memerlukan waktu *curing* dan pengeringan alami yang memperpanjang jadwal pekerjaan (SNI 1725:2021).

⁵ Sumber data: Rahayu & Sutanto (2021); Pratama (2022).



Grafik 3. Efisiensi Waktu Konstruksi
(Sumber: Handayani, 2023; SNI 1725:2021)⁶

Dari grafik tersebut kita mengetahui durasi pelaksanaan proyek antara jembatan baja dan beton bertulang. Waktu konstruksi baja hanya membutuhkan 120 hari, sedangkan beton mencapai 165 hari. Perbedaan 27% ini terutama disebabkan oleh penerapan sistem fabrikasi pra-rakit (*prefabrication*) pada baja yang memungkinkan komponen utama dibuat di pabrik dengan kontrol mutu tinggi, lalu dirakit di lokasi proyek (Handayani, 2023). Sementara itu, konstruksi beton memerlukan waktu tambahan untuk pemasangan bekisting, pembesian, serta proses *curing* selama 21-28 hari (SNI 1725:2021).

Efisiensi waktu pada baja berimplikasi langsung terhadap efisiensi biaya proyek secara keseluruhan karena durasi proyek yang lebih singkat menurunkan biaya pengawasan dan operasional lapangan.

Keberlanjutan Material: Daur Ulang dan Dampak Karbon

Selain aspek ekonomi dan waktu, penelitian juga membandingkan keberlanjutan material melalui potensi daur ulang dan emisi karbon relatif. Menurut Pratama (2022), material baja memiliki tingkat daur ulang hingga 90%, sedangkan beton hanya sekitar 30%. Menurut Arifin (2023) bahwa produksi semen sebagai bahan utama beton menghasilkan emisi karbon 30% lebih tinggi dibanding baja dengan berat konstruksi setara.

Jenis Konstruksi	Daur Ulang (%)	Dampak Karbon (Relatif)
Baja	90	10

⁶ Sumber data: Handayani (2023); SNI 1725:2021.



Jenis Konstruksi	Daur Ulang (%)	Dampak Karbon (Relatif)
Beton Bertulang	30	30

Dengan demikian, Konstruksi baja tidak hanya unggul secara ekonomi dan waktu, tetapi juga lebih ramah lingkungan. Kombinasi antara efisiensi energi dan kemampuan daur ulang menjadikan baja sebagai material yang lebih berkelanjutan untuk jembatan modern.



Grafik 4. Presentase Daur Ulang & Dampak Karbon
(Sumber: Pratama, 2022; Arifin, 2023)⁷

Grafik tersebut memperlihatkan perbandingan tingkat daur ulang dan dampak karbon antara konstruksi baja dan beton bertulang. Material baja memiliki tingkat daur ulang sebesar 90%, sedangkan beton hanya sekitar 30%. Sebaliknya, emisi karbon dari baja relatif 10 satuan, jauh lebih rendah dibanding beton yang mencapai 30 satuan. Hal ini menunjukkan bahwa dari perspektif keberlanjutan (*sustainability*), baja merupakan material yang lebih ramah lingkungan. Baja dapat dilebur dan digunakan kembali dengan kehilangan sifat mekanis yang minimal (Pratama, 2022). Sementara itu, beton menghasilkan emisi karbon tinggi karena proses produksi semen membutuhkan energi besar dan menghasilkan gas CO₂ dalam jumlah signifikan (Arifin, 2023). Dengan demikian, pemilihan material baja tidak hanya unggul dalam aspek ekonomi, tetapi juga mendukung agenda *green infrastructure* dan konstruksi berkelanjutan.

⁷ Sumber data: Arifin (2023); Pratama (2022).



Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis terhadap efisiensi ekonomi antara konstruksi baja dan beton bertulang pada jembatan rangka bentang 40 meter menggunakan data *Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) 2024* serta pendekatan *Life Cycle Cost (LCC)*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Biaya Awal dan Pemeliharaan: Biaya awal konstruksi baja sebesar Rp 5,78 miliar lebih tinggi 12,9% dibanding beton bertulang sebesar Rp 5,12 miliar. Namun, total biaya pemeliharaan baja selama umur layanan 30 tahun hanya Rp 0,60 miliar, sedangkan beton mencapai Rp 1,05 miliar. Hal ini menjadikan baja lebih efisien dalam jangka panjang (Rahayu & Sutanto, 2021).

Total Biaya Siklus Hidup (LCC): Total *Life Cycle Cost (LCC)* konstruksi baja adalah Rp 6,05 miliar, sedangkan beton bertulang mencapai Rp 6,23 miliar. Dengan demikian, baja memiliki efisiensi ekonomi sekitar **9,5% lebih baik** selama umur layanan struktur (Pratama, 2022).

Efisiensi Waktu Pelaksanaan: Waktu konstruksi jembatan baja (120 hari) lebih cepat 27% dibanding beton bertulang (165 hari). Perbedaan ini disebabkan oleh sistem fabrikasi pra-rakit (*off-site prefabrication*) yang memungkinkan percepatan pekerjaan tanpa menunggu proses *curing* beton (Handayani, 2023).

Aspek Keberlanjutan: Material baja memiliki tingkat daur ulang mencapai 90% dan menghasilkan emisi karbon lebih rendah dibanding beton, yang hanya dapat didaur ulang 30% dan memiliki dampak karbon sekitar tiga kali lipat lebih tinggi (Arifin, 2023). Dengan demikian, baja lebih unggul dalam mendukung konsep *green infrastructure* di sektor konstruksi.

Keterpaduan Ekonomi, Waktu, dan Lingkungan: Secara keseluruhan, konstruksi baja memberikan keseimbangan terbaik antara efisiensi biaya, durasi pelaksanaan, dan dampak lingkungan. Hasil ini memperkuat rekomendasi *SNi 1725:2021* bahwa baja cocok untuk jembatan bentang menengah-panjang karena kekuatan spesifik dan umur layanannya yang panjang.

Daftar Pustaka

Handayani, R. (2023). *Perbandingan Biaya dan Waktu Konstruksi Struktur Baja dan Beton Bertulang pada Jembatan*. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 105-112.

Manurung, Edison Hatoguan., Prajoko, Alip., Sitohang, Oloan., Haryanto. (2023). *Analisis biaya dan waktu pekerjaan konstruksi struktur rangka atap baja portal frame dan portal truss*, 6(1).



Manurung, Edison Hatoguan. (2025). *Analisis Efisiensi Material Baja Dalam Struktur Kuda-kuda Aatap Pada Bangunan Komersial*.vol 2, No.7.

Kementrian PUPR. (2024). Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Bina Konstruksi. Direktorat Jenderal Bina Konstruksi. Jakarta.

Pratama, A. (2022). Kajian Efisiensi Struktur Baja dan Beton Pada Jembatan Bentang Menengah. *Jurnal Infrastruktur dan Material*, 9(1), 45-52

Rahayu, N., & Sutanto, H. (2021). Evaluasi Life Cycle Cost Pada Struktur Jembatan Di Indonesia. *Jurnal Teknik Infrastruktur*, 8(3), 112-121.
