

KOMPARASI EFISIENSI METODE PERAKITAN JEMBATAN PANEL RANGKA BAJA PADA PRESERVASI JEMBATAN

Adityo Budi
Politeknik Pekerjaan Umum
Semarang
Jln. Soekarno Hatta No. 100
Gayamsari, Semarang
adityobudiutomo@gmail.com

Gitaning Primaswari
Politeknik Pekerjaan Umum
Semarang
Jln. Soekarno Hatta No. 100
Gayamsari, Semarang
ita_reev3c@yahoo.com

Rikal Andani
Politeknik Pekerjaan Umum
Semarang
Jln. Soekarno Hatta No. 100
Gayamsari, Semarang

Abstract

Deterioration of bridge conditions can be caused by material durability, traffic volume and load, environmental conditions, or natural disasters. For this reason, bridge rehabilitation activities are needed. The bridge rehabilitation process often results in road access being cut off and the handling process takes quite a long time. To prevent isolated areas to happen, it is necessary to build emergency bridges, which are usually called steel frame panel bridges or also known as Bailey Bridges. The construction of steel frame panel bridges can use several installation methods, namely full-span, shoring, balanced cantilever, and semi-balanced cantilever. This research aims to compare the effectiveness and efficiency of steel frame panel bridge erection methods. For this reason, field observations and interviews were carried out related to the assembly of steel frame panel bridges. Data analysis was carried out quantitatively and qualitatively by comparing the cost, time and level of ease of installing steel frame panel bridges. This study shows that the installation of a steel frame panel bridge using the semi balanced cantilever method is the easiest installation, requiring installation time of only 13 days for a span of 30 m, and with the lowest cost.

Keywords: bridge; steel frame panel bridges; bridge assembly; semi balanced cantilever

Abstrak

Penurunan kondisi jembatan dapat disebabkan oleh durabilitas material, volume lalu lintas dan beban, kondisi lingkungan, atau adanya bencana alam. Untuk itu diperlukan kegiatan rehabilitasi jembatan. Proses rehabilitasi jembatan seringkali membuat akses jalan terputus dan proses penanganannya membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk mencegah adanya daerah yang terisolir, diperlukan pembangunan jembatan darurat, yang biasa disebut dengan jembatan panel rangka baja atau biasa disebut juga sebagai jembatan Bailey. Pembangunan jembatan panel rangka baja dapat menggunakan beberapa metode pemasangan, yaitu *full-span*, *shoring*, *balanced cantilever*, dan *semi balanced cantilever*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi metode *erection* jembatan panel rangka baja. Untuk itu, dilakukan observasi lapangan dan wawancara yang terkait dengan perakitan jembatan panel rangka baja. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan secara kualitatif dengan membandingkan biaya, waktu, dan tingkat kemudahan pemasangan jembatan panel rangka baja. Studi ini menunjukkan bahwa pemasangan jembatan panel rangka baja yang menggunakan metode *semi balanced cantilever* merupakan pemasangan yang paling mudah, membutuhkan waktu pemasangan hanya 13 hari untuk bentang 30 m, dan dengan biaya yang paling murah.

Kata-kata kunci: jembatan; jembatan panel rangka baja; perakitan jembatan; semi balanced cantilever

PENDAHULUAN

Seiring masa layanan, jembatan mengalami degradasi atau penurunan kondisi yang memerlukan preservasi. Penangan preservasi jembatan ini dilakukan melalui pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, rehabilitasi (perbaikan dan perkuatan), dan penggantian atau pembangunan jembatan baru (Priratno, 2023).

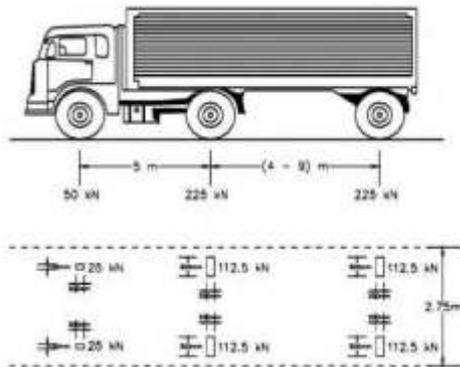
Menurut Nugro et al. (2020), kesuksesan capaian mutu pelaksanaan preservasi jembatan dipengaruhi oleh faktor Sumber Daya Manusia atau SDM (21%), faktor material (19%), faktor alat (16%), faktor metode kerja (19%), faktor keuangan (13%), dan faktor lingkungan (12%). Selain itu, karena keterbatasan dana pemerintah, proses preservasi jembatan seringkali membutuhkan waktu yang panjang, sehingga diperlukan prioritas penanganan (Wijaya et al., 2021). Prioritas penanganan jembatan tersebut ditentukan oleh beberapa faktor, seperti faktor kelancaran transportasi barang dan orang sebesar 54,7% dan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar 61% (Krismawati, 2014; Sihotang et al., 2022). Penentuan prioritas juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode *life-cycle-cost* yang mana jembatan dengan Nilai Kondisi (NK) lebih tinggi atau lebih parah akan mendapat prioritas yang lebih tinggi (Dananjoyo, 2020).

Adanya jalan atau jembatan yang putus tidak boleh menyebabkan suatu daerah menjadi terisolir. Agar tidak terisolir, dibutuhkan akses darurat untuk lalu lintas dengan pembangunan jembatan Jembatan Panel Rangka Baja (JPRB). JPRB atau yang dulu lebih dikenal dengan nama Jembatan Bailey diperkenalkan oleh pria berkebangsaan Inggris yang bernama Donald Colman Bailey sekitar tahun 1940 selama Perang Dunia II (Prastomo et al., 2019). Saat ini, banyak JPRB yang telah dikembangkan menjadi jembatan permanen, jembatan terapung, atau jembatan suspensi, yang berfungsi untuk pejalan kaki, lalu lintas kendaraan, dan jalur kereta api. Di Indonesia, hingga saat ini JPRB digunakan sebagai jembatan darurat dalam mendukung preservasi jembatan. Bila akan digunakan sebagai jembatan permanen, perlu dilakukan kajian terhadap JPRB terkait kapasitas maksimum dan kapasitas kondisi layan (SKS dan ULS) serta kapasitas daya dukung terhadap tekuk, baik dengan metode linier dan maupun metode nonlinier untuk meminimalkan risiko kelelahan bahan (Kusimba et al., 2022).

JPRB merupakan jembatan rangka baja darurat dengan sistem *knock down* atau bongkar pasang (Prastomo et al., 2019). JPRB didesain untuk mampu melayani muatan kendaraan maksimum 50 ton dengan beban gandar maksimum 10 ton, sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) Jembatan 1725-2016 (lihat Gambar 1). Yang menjadi perhatian pada JPRB adalah bahwa JPRB hanya dapat dilintasi untuk 1 lajur lalu lintas, sehingga lajur lainnya digunakan untuk proses konstruksi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 (Prokop et al., 2022).

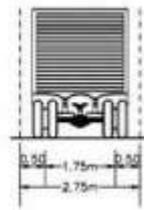
Struktur JPRB dapat dipantau selama masa layanan melalui perilaku beban terhadap lendutan, baik melalui analisis numerik maupun melalui kondisi lapangan, sehingga perilaku dalam kondisi statis dan kondisi dinamis dapat terlihat (Khounsida et al., 2020). Perilaku struktur JPRB akibat beban lalu lintas di lapangan dapat dipantau dengan menempatkan peralatan *accelerometer*, *dial gauge*, dan *total station* saat pengukuran di lapangan (Kurniawan 2021). Pemantauan lendutan harus memenuhi syarat batas, yaitu tidak lebih daripada $L/800$ sesuai dengan RSNI-T-03-2005. Pada kenyataannya, kondisi di lapangan seringkali menunjukkan adanya kendaraan yang melintas, yang melebihi berat yang dipersyaratkan SNI 1725-2016 atau kendaraan yang melintas sesuai beratnya namun volumenya sangat banyak, sehingga memengaruhi kapasitas JPRB (Gambar 2). Bila beban dan volume kendaraan yang melintas dibatasi, JPRB dapat dibangun dengan bentang maksimum 36 m. Bila beban dibatasi namun volume kendaraan tidak dibatasi, JPRB dapat dibangun dengan

bentang maksimum 33 meter. Sedangkan bila berat dan volume kendaraan tidak dibatasi, plat lantai atau dek jembatan tidak akan mampu menahan beban maksimum truk (Ayunani, 2019; Widyanto, 2016).



Sumber: SNI 1725 (2016)

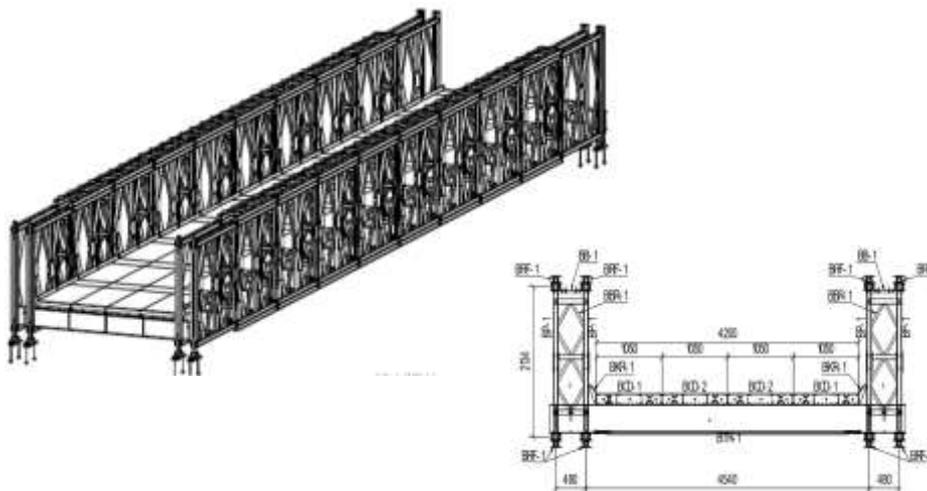
Gambar 1 Dimensi dan Beban Kendaraan Desain



Sumber: Bempah (2017)

Gambar 2 Hasil Lintasan Kendaraan di Atas

Metode *erection* jembatan JPRB ke badan sungai dapat dilakukan dengan beberapa alternatif yang disesuaikan dengan beberapa faktor, seperti kondisi topografi sungai, ketersediaan area perakitan di sisi darat, ketersediaan peralatan kerja perakitan, dan ketersediaan penyangga atau support yang ada di lapangan. Karena itu, tidak ada patokan bagi pelaksana untuk memilih salah satu metode yang paling efisien. Beberapa alternatif metode yang dapat digunakan adalah metode pengangkatan *full-span*, metode *shoring*, metode *balanced cantilever*, dan metode *semi balanced-cantilever*.



Sumber: Prastomo et al. (2019)

Gambar 3 Proyeksi JPRB Tipe DSR2 Panjang 30 meter

METODE PENELITIAN

Pengambilan data dilakukan dengan observasi dan wawancara selama pelaksanaan simulasi, yang dimulai dengan penyiapan komponen, penyiapan peralatan kerja, pelaksanaan

perakitan, hingga pelaksanaan *launching* ke arah sungai yang dilakukan secara duplo atau 2 kali berulang. Analisis data, baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif, dilakukan dengan mengamati penggunaan sumber daya yang diperlukan untuk merakit JPRB, yang meliputi kebutuhan tenaga kerja, kebutuhan peralatan, kebutuhan biaya, dan kebutuhan lokasi untuk mengelola asset jembatan JPRB.

Jembatan JPRB yang digunakan pada kajian ini memiliki bentang 30 m tipe DSR2, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Jembatan ini diproduksi oleh PT Rajawali Sakti Utama pada tahun 2019 dan berlokasi di kampus Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang.

HASIL DAN ANALISIS

Berat Sendiri Komponen

Hal utama yang harus dipertimbangkan dalam proses perakitan JPRB adalah ukuran dan berat komponen yang akan diangkat dan dipindahkan. Secara total, berat mati atau berat sendiri JPRB adalah 45 ton, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, dengan komponen terbesar sepanjang 3 m dan berat 340 kg. Berat dan panjang komponen ini akan memengaruhi pemilihan *mobile crane*, karena harus dipertimbangkan kapasitas alat dan jangkauan kerja lengan *crane*.

Tabel 1 Komponen Jembatan JPRB tipe DSR2 Panjang 30 m

No.	Nama Komponen	Jumlah (unit)	Berat satuan (kg)	Total Berat (kg)
1	Base plate bolt	16	2,59	41,44
2	Bearing	8	14,66	117,28
3	Base plate bold	8	16,43	131,44
4	Chord reinforced	64	89,39	5.720,96
5	Plate deck tipe 1	40	328,87	13.154,80
6	Plate deck tipe 2	8	24,24	193,92
7	Horizontal frame	20	64	1.280,00
8	Support kerb tipe 1	20	12,05	241,00
9	Support kerb tipe 1	20	13,61	272,20
10	Kunci pin 6 mm	42	0,05	2,10
11	Pin panel 50 mm	68	2,77	188,36
12	End post female	4	92,23	368,92
13	Post kerb	42	6,37	267,54
14	End post male	4	79,12	316,48
15	Panel standard	40	340,34	13.613,60
16	Sway bace tipe 1	20	22,71	454,20
17	Sway bace tipe 2	20	21,81	436,20
18	Transom tipe 1	11	322,4	3.546,40
19	Transom tipe 2	10	315,16	3.151,60
20	Vertical frame	20	46,86	937,20
21	Baut M12*45	255	0,11	28,05
22	Baut M20*65	70	0,4	28,00
23	Baut M24*85	85	0,77	65,45
24	Baut M24*160	210	1,04	218,40
25	Baut M24*170	140	1,07	149,80
Total				44.925,34

Sumber: Prastomo et al. (2019)

Tabel 1 dapat menggambarkan kemungkinan bobot komponen yang perlu diangkat dimana bila pelaksana menghendaki metode *erection* dengan menggunakan pengangkatan full-span maka total beban yang perlu diangkat sebesar 44,9 ton atau bila bisa berkurang menjadi 31,5 ton (tanpa *plate deck*) sepanjang 30 m. Bila menggunakan dengan Metode Shoring maka pengangkatan dilakukan setiap komponen dengan berat 340 kg dengan jangkauan radius terjauh 17-20 m. Bila menggunakan Metode Balanced Cantilever maka pengangkatan cukup dilakukan setiap komponen dengan berat 340 kg dengan radius jangkauan terjauh 10 m. Bila menggunakan metode semi balanced cantilever maka komponen terberat yang diangkat sebesar 340 kg dengan radius jangkauan 10 m.

Biaya dan Waktu Metode Pengangkatan *Full-Span*

Metode pengangkatan *full-span* merupakan jenis *erection* dengan mengangkat dan memindahkan komponen jembatan secara utuh dalam kondisi sudah terangkai. Dengan mempertimbangkan bentang dan jangkauan *crane*, biasanya pengangkatan dilakukan dengan menggunakan 2 unit *crane* dengan kapasitas lebih besar daripada 50 ton. Dalam proses perakitan dan *erection* ke sisi sungai, metode ini sangat praktis namun membutuhkan kapasitas *crane* yang sangat besar, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Erection Jembatan JPRB Metode Pengangkatan

Tabel 2 Durasi Perakitan JPRB dengan Metode Pengangkatan *Full-span*

No.	Pekerjaan	Jumlah Hari
1	Mobilisasi peralatan kerja, tenaga, komponen jembatan, dan alat berat (operator 2 org, mandor 1 org, tukang 4 org, pengawas 1 org)	1
2	Pekerjaan perakitan di darat	8
3	Pekerjaan setting pondasi / perletakan	1
4	Pekerjaan erection JPRB ke sungai	1
5	Pekerjaan pemasangan deck plate	1
6	Pekerjaan pengecekan akhir	1
Total		13

Dengan durasi lama pekerjaan perakitan selama 13 hari, diperlukan biaya tenaga kerja dan peralatan, seperti yang terlihat pada Tabel 3. Harga satuan yang tercantum pada Tabel 3 tersebut mengacu pada harga lokal di Provinsi Jawa Tengah tahun 2024, saat penelitian ini dilakukan.

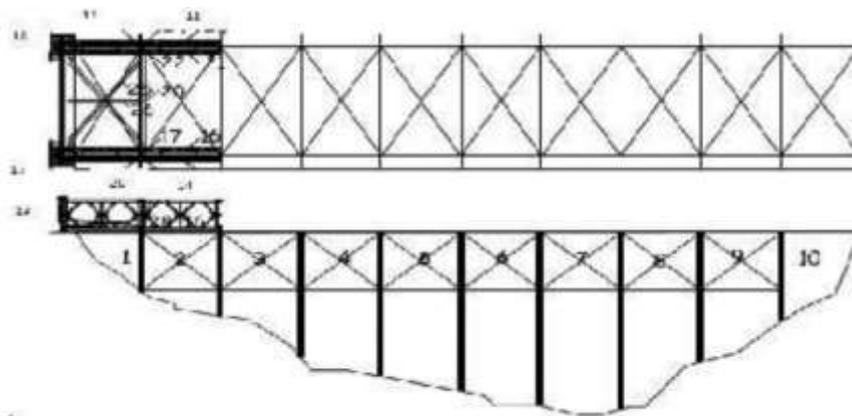
Tabel 3 Biaya Perakitan JPRB dengan Metode Pengangkatan *Full-span*

No.	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Tenaga Kerja					
1	Pengawas	13	OH	250.000,00	3.250.000,00
2	Mandor	13	OH	175.000,00	2.275.000,00
3	Tukang	52	OH	150.000,00	7.800.000,00
Peralatan					
1	Sewa <i>crane</i> 50 ton (<i>all-in</i>)	22	hari	15.000.000,00	330.000.000,00
Total					343.325.000,00

Biaya dan Waktu Metode Penyangga

Metode penyanggah (*perancah/support/shoring*) merupakan metode kerja perakitan jembatan menggunakan sistem perancah kayu atau perancah baja yang diletakkan di tiap segmen. Metode ini sangat efisien digunakan untuk lokasi sungai yang tidak dalam serta tidak berarus, sehingga tidak ada kekawatiran akan hanyut terbawa arus sungai (Dewi, 2017).

Persiapan yang perlu dilakukan bila menggunakan metode ini meliputi perencanaan jumlah perancah, lokasi pemasangan perancah, kekuatan perancah, dan perhitungan kebutuhan peralatan kerja dan tenaga kerja (SDM). Metode ini banyak menggunakan SDM dan sedikit menggunakan alat berat, karena posisi alat berat tidak mampu menjangkau pemasangan komponen yang ada di atas sungai. Cara ini dilakukan di tempat yang memiliki elevasi berbeda, sehingga pertimbangan tingkat kemudahan, efektivitas, dan keselamatan pekerja harus diperhatikan. Ilustrasi metode ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 *Erection* Jembatan JPRB Metode Perancah

Dari observasi terhadap penggunaan metode perancah, didapatkan kebutuhan waktu untuk perakitan JPRB, seperti yang terlihat pada Tabel 4. Langkah-langkah perakitan dimulai dari pekerjaan mobilisasi sumber daya hingga pekerjaan pengecekan akhir sebelum siap untuk dilintasi kendaraan.

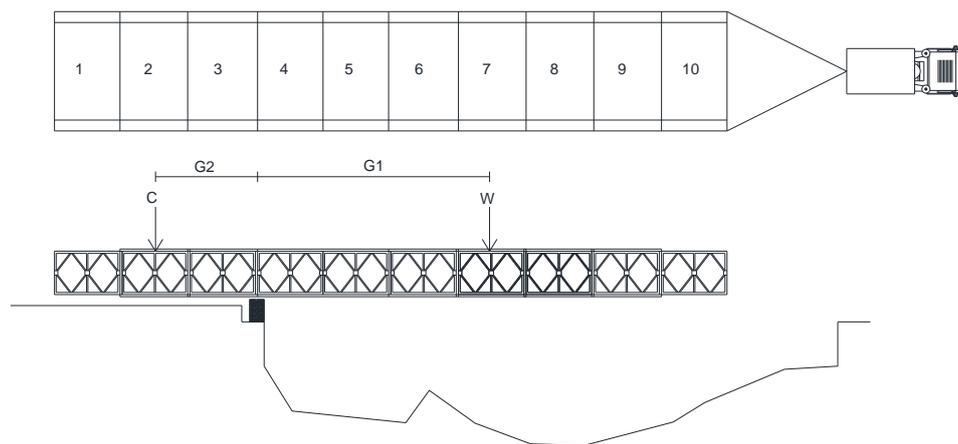
Dengan durasi lama pekerjaan perakitan selama 20 hari, diperlukan biaya tenaga kerja dan peralatan seperti yang terdapat pada Tabel 5. Harga satuan yang digunakan dalam perhitungan mengacu pada harga lokal untuk Provinsi Jawa Tengah tahun 2024.

Tabel 4 Durasi Perakitan JPRB dengan Metode Perancah

No.	Pekerjaan	Jumlah Hari
1	Mobilisasi peralatan kerja, tenaga, komponen jembatan, dan alat berat (operator 1 org, mandor 1 org, tukang 6 org, pengawas 1 org)	1
2	Pekerjaan pemasangan <i>shoring</i>	4
3	Pekerjaan setting pondasi/perletakan	1
4	Pekerjaan perakitan JPRB di atas <i>shoring</i>	13
5	Pekerjaan pengecekan akhir	1
Total		20

Tabel 5 Biaya Perakitan JPRB dengan Metode Perancah

No.	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Tenaga Kerja					
1	Pengawas	20	OH	250.000,00	5.000.000,00
2	Mandor	20	OH	175.000,00	3.500.000,00
3	Tukang	120	OH	150.000,00	18.000.000,00
Peralatan					
1	Sewa <i>crane</i> 5 ton (<i>all-in</i>)	15	hari	5.500.000,00	82.500.000,00
2	Sewa <i>shoring</i>	16	titik	1.000.000,00	16.000.000,00
Total					125.000.000,00

**Gambar 6** *Erection* Jembatan JPRB Metode Balance Kantilever

Biaya dan Waktu Metode Balanced Cantilever

Metode Balanced Cantilaver membutuhkan komponen tambahan di luar komponen utama JPRB yang akan dipasang. Komponen tambahan tersebut meliputi komponen hidung peluncur, komponen bentang pemberat, dan *roller* untuk mendorong jembatan ke arah sungai secara bertahap. Pelaksanaan metode ini ditunjukkan pada Gambar 6. Hal utama yang harus diperhitungkan bila menggunakan metode ini adalah tersedianya bentang pemberat yang berfungsi sebagai *counterweight* bagi segmen jembatan yang berada di atas sungai. Jumlah massa bentang pemberat dan posisi penempatan pemberat harus diperhitungan untuk menghindari terjadinya guling sehingga jembatan terperosok ke sungai. Besarnya massa pemberat yang diperlukan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1):

$$C = W * \frac{G1}{G2} \quad (1)$$

dengan:

C = massa pemberat;

W = massa gabungan jembatan dan hidung luncur;

G1 = Jarak dari titik berat jembatan sisi sungai ke pusat sumbu putar;

G2 = jarak dari titik berat jembatan sisi darat ke pusat sumbu putar.

Dalam penerapan metode kantilever, beban C yang harus cukup besar, sehingga mampu mengimbangi momen guling dari berat jembatan di area sungai. Pemeriksaan defleksi dalam Metode Kantilever secara satu arah juga menjadi hal yang penting, karena nilai defleksi pada ujung jembatan menentukan nilai peninggian jembatan yang diperlukan saat perakitan (Gunawan, 2019). Diperlukan konstruksi bentang pemberat yang panjangnya sama dengan JPRB yang dipasang. Setelah semua terpasang, komponen hidung peluncur dan komponen pemberat dapat dibongkar.

Hasil observasi terhadap penggunaan metode *balanced cantilever* memberikan kebutuhan waktu untuk perakitan JPRB, seperti yang terdapat pada Tabel 6. Langkah-langkah perakitan dimulai dari pekerjaan mobilisasi sumber daya hingga pekerjaan pengecekan akhir sebelum jembatan siap untuk dilintasi kendaraan.

Tabel 6 Durasi Perakitan JPRB dengan Metode Balance Kantilever

No.	Pekerjaan	Jumlah Hari
1	Mobilisasi peralatan kerja, tenaga, komponen jembatan, dan alat berat (operator 1 org, mandor 1 org, tukang 4 org, pengawas 1 org)	1
2	Pekerjaan perakitan JPRB di darat bersamaan dengan perakitan bentang pemberat	10
3	Pekerjaan setting pondasi/perletakan	1
4	Pekerjaan pembongkaran JPRB bentang pemberat	5
5	Pekerjaan pengecekan akhir	1
Total		18

Tabel 7 Biaya Perakitan JPRB dengan Metode Balance Kantilever

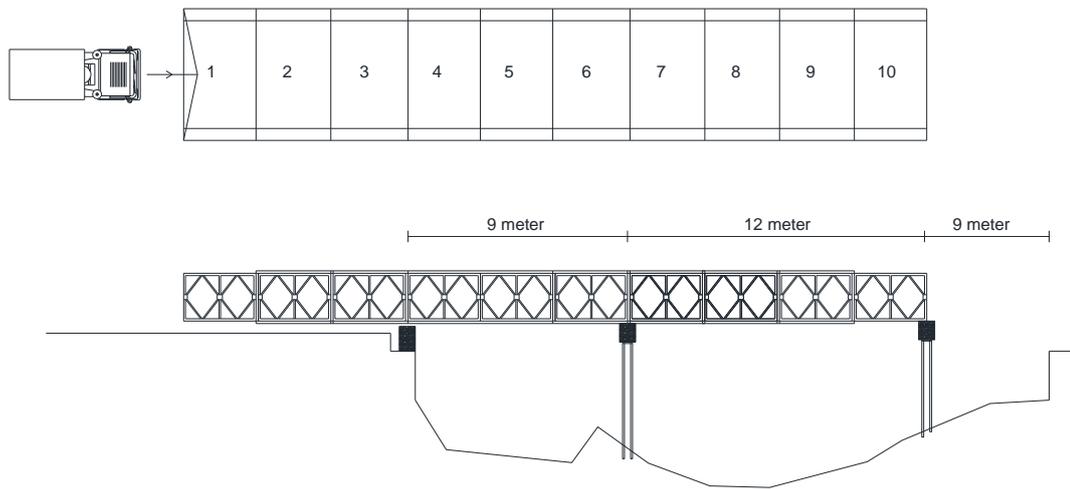
No.	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Tenaga Kerja					
1	Pengawas	18	OH	250.000,00	4.500.000,00
2	Mandor	18	OH	175.000,00	3.150.000,00
3	Tukang	72	OH	150.000,00	10.800.000,00
Peralatan					
1	sewa crane 5 ton (all-in)	17	hari	5.500.000,00	93.500.000,00
2	sewa JPRB pemberat	10	segmen	2.500.000,00	25.000.000,00
3	sewa roller jembatan	8	set	500.000,00	4.000.000,00
Total					136.950.000,00

Durasi pekerjaan perakitan adalah 18 hari. Untuk itu, diperlukan biaya tenaga kerja dan peralatan, yang rinciannya dapat dilihat pada Tabel 7. Harga satuan untuk perhitungan ini juga mengacu pada harga lokal di Provinsi Jawa Tengah tahun 2024.

Biaya dan Waktu Metode Semi Balanced Cantilever

Seringkali dijumpai di lapangan bahwa pelaksana tidak memiliki *crane* dengan kapasitas besar, komponen pemberat, komponen hidung peluncur, dan roller. Untuk kondisi seperti itu, dapat digunakan metode *semi balanced cantilever*.

Metode ini merupakan gabungan antara metode *balanced cantilever* dan metode perancah. Di sini digunakan perancah dengan jarak 9 meter dari tepi sungai dan dibutuhkan ruang kerja di belakang area peluncuran sepanjang 12 m, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Erection JPRB dengan Metode *Semi Balanced Cantilever*

Kebutuhan waktu untuk perakitan JPRB ditunjukkan pada Tabel 8. Langkah-langkah perakitan dimulai dari pekerjaan mobilisasi sumber daya hingga pekerjaan pengecekan akhir sebelum siap untuk dilintasi kendaraan.

Tabel 8 Durasi Perakitan JPRB dengan Metode Balance Kantilever

No.	Pekerjaan	Jumlah hari
1	Mobilisasi peralatan kerja, tenaga, komponen jembatan, dan alat berat (operator 1 org, mandor 1 org, tukang 4 org, pengawas 1 org)	1
2	Pekerjaan pemasangan shoring	1
3	Pekerjaan perakitan JPRB di darat	9
4	Pekerjaan setting pondasi / perletakan	1
5	Pekerjaan pengecekan akhir	1
Total		13

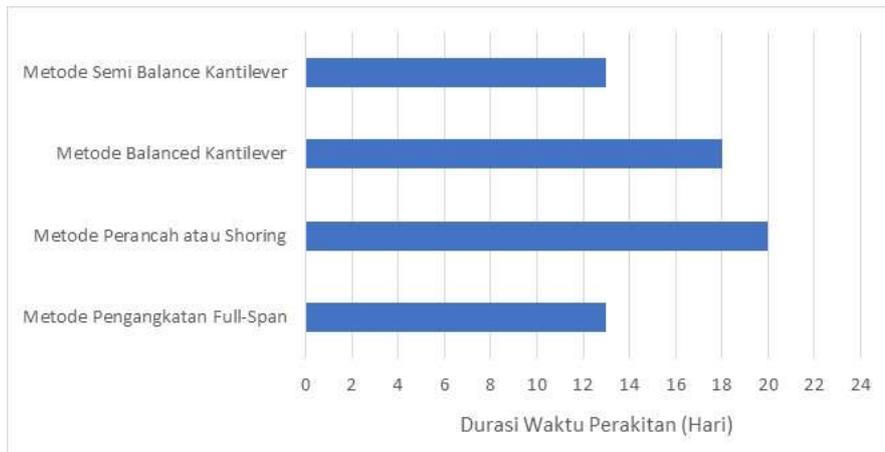
Tabel 9 Biaya Perakitan JPRB dengan Metode Semi Balanced Cantilever

No.	Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Tenaga Kerja					
1	Pengawas	13	OH	250.000,00	3.250.000,00
2	Mandor	13	OH	175.000,00	2.275.000,00
3	Tukang	52	OH	150.000,00	7.800.000,00
Peralatan					
1	Sewa crane 5 ton (all-in)	13	hari	5.500.000,00	71.500.000,00
2	Sewa shoring	6	titik	1.000,00.000,00	6.000.000,00
3	Sewa roller jembatan	8	set	500.000,00	4.000.000,00
Total					90.825.000,00

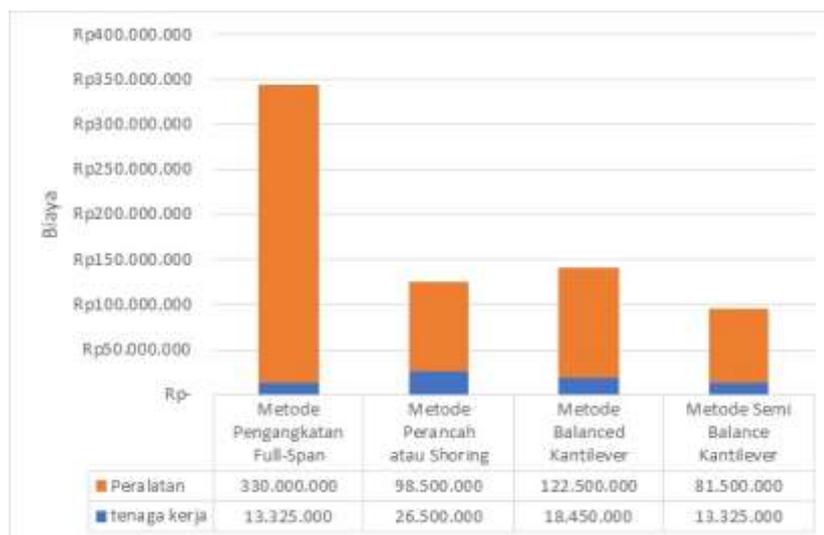
Durasi pekerjaan perakitan dengan metode ini adalah 13 hari dan diperlukan biaya tenaga kerja dan peralatan seperti yang terdapat pada Tabel 9. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan harga satuan yang berlaku di Provinsi Jawa Tengah tahun 2024 saat penelitian ini dikerjakan.

Komparasi Biaya, Waktu, dan Kemudahan Perakitan

Pelaksana konstruksi oleh kontraktor, selaku penyedia jasa, biasanya menjadikan aspek waktu sebagai salah satu faktor penting dalam pekerjaan. Terdapat pendapat bahwa sebuah pekerjaan bila dapat dikerjakan dalam waktu lebih singkat akan membuktikan bahwa orang atau perusahaan kontraktor tersebut responsif dalam menyelesaikan tanggung jawabnya. Komparasi waktu perakitan JPRB dengan berbagai metode dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Waktu Perakitan JPRB dengan Berbagai Metode



Gambar 9 Biaya Perakitan JPRB dengan Berbagai Metode

Penyelesaian waktu perakitan dan *erection* JPRB dengan menggunakan metode *semi balanced cantilever* dan metode pengangkatan *full-span* merupakan metode yang paling ce-

pat, dengan durasi 13 hari. Sedangkan metode paling lama adalah metode perancah, dengan durasi 20 hari. Faktor penggunaan alat *mobile crane* terlihat sangat dominan dalam membantu produktivitas kerja, yang dapat meningkatkan kecepatan hingga 153% lebih cepat bila dibandingkan dengan menggunakan tenaga manusia. Penyelesaian pekerjaan yang lebih cepat ini biasanya akan berkorelasi dengan peningkatan biaya. Komparasi biaya penerapan untuk berbagai metode *erection JPRB* dapat dilihat dalam Gambar 9.

Metode *semi balanced cantilever* memerlukan biaya yang paling ekonomis, yaitu sebesar Rp94.825.000,00 sedangkan metode pengangkatan *full-span* memerlukan biaya yang paling besar, yaitu sebesar Rp343.325.000,00 untuk perakitan dan *erection JPRB* dengan bentang 30 m. Penggunaan alat berat, yang terbukti meningkatkan produktivitas kerja hingga 153%, berkorelasi pada berkurangnya penggunaan tenaga manusia dan terbukti dapat mengurangi biaya konstruksi hingga 75%.

Tabel 10 Komparasi Tingkat Kemudahan Perakitan JPRB dengan Berbagai Metode

	Tahap Persiapan	Tahap Pelaksanaan	Tahap Akhir	Tingkat Kemudahan
Metode Pengangkatan <i>full-span</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan area perakitan seluas 30 m x 10 m • Diperlukan area untuk penumpukan komponen seluas 20 m x 5 m • Diperlukan area kerja untuk manuver <i>crane</i> seluas 10 x 5 m • Dapat diterapkan dalam berbagai kondisi hambatan sungai 	<ul style="list-style-type: none"> • Perakitan dapat dilakukan seluruhnya di darat sehingga aspek K3 lebih terjamin dan lebih mudah • Dibutuhkan tambahan operator <i>rigger</i> yang berpengalaman untuk membantu proses <i>lifting</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Proses peletakan pada tumpuan pondasi sangat mudah untuk penyesuaian • Perlu pengecekan terakhir sebelum dilintasi kendaraan 	<p>★</p> <p>★</p> <p>★</p>
Metode Perancah	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan area penumpukan komponen seluas 20 m x 5 m • Diperlukan konstruksi <i>shoring</i> yang kokoh dalam jumlah besar (perlu alat mobilisasi) • Hanya dapat diterapkan bila kondisi sungai dangkal dan tidak sedang hujan • Memerlukan <i>crane</i> sederhana untuk pemasangan di tengah bentang yang tidak terjangkau <i>mobile crane</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Pelaksanaan di bentang tepi terasa lebih mudah karena dapat dijangkau dengan bantuan <i>mobile crane service</i> • Semakin ke tengah bentang akan semakin sulit, baik proses mobilisasi komponen atau pengangkatan, karena hanya menggunakan <i>crane</i> sederhana • Posisi <i>shoring</i> seringkali tidak pas sehingga menghambat proses perakitan • Tingkat produktivitas kerja sangat bergantung pada keterampilan dan kesehatan pekerja 	<ul style="list-style-type: none"> • Perlu tambahan waktu untuk pekerjaan pembongkaran <i>shoring</i>, atau <i>shoring</i> dapat tetap dipasang dengan asumsi bersifat darurat (dalam waktu pendek akan dibongkar kembali) • Perlu pengecekan terakhir sebelum dilintasi kendaraan 	<p>★</p> <p>★</p>

Tabel 10 Komparasi Tingkat Kemudahan Perakitan JPRB dengan Berbagai Metode (Lanjutan)

Metode <i>Balanced Cantilever</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan area penumpukan komponen seluas 20 m x 5 m • Diperlukan tambahan area kerja untuk perakitan bentang pemberat seluas 30 m x 5 m di belakang lokasi • Dapat diterapkan pada berbagai lokasi hambatan sungai • Diperlukan mobilisasi komponen pemberat yang berjumlah sama dengan JPRB yang akan dipasang 	<ul style="list-style-type: none"> • Perakitan dilakukan di darat dan di atas sungai sehingga memiliki potensi kecelakaan kerja yang lebih besar • Perakitan di atas sungai lebih sulit karena keterbatasan area kerja yang dapat diinjak • Diperlukan tambahan waktu untuk merakit komponen bentang pemberat selain JPRB yang akan dipasang 	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan waktu tambahan untuk proses pembongkaran bentang pemberat • Perlu pengecekan terakhir sebelum dilintasi kendaraan 	★
Metode <i>semi Balanced Cantilever</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan area penumpukan komponem seluas 20 m x 5 m • Diperlukan pemasangan <i>shoring</i> pada beberapa lokasi untuk penempatan <i>roller</i> • <i>Shoring</i> hanya dapat ditempatkan pada lokasi yang tidak terganggu oleh arus air sungai • Diperlukan area perakitan tambahan seluas 9 x 5 m di belakang lokasi JPRB 	<ul style="list-style-type: none"> • Perakitan dilakukan di area darat sehingga lebih mudah dan lebih menjamin keselamatan kerja • Penempatan <i>shoring</i> dan <i>roller</i> dapat lebih mudah ditentukan • Proses peluncuran dengan ditarik atau didorong cukup dengan <i>mobile crane</i> 5 ton 	<ul style="list-style-type: none"> • Perlu sedikit tambahan waktu untuk pekerjaan pembongkaran <i>shoring</i>, atau <i>shoring</i> bisa tetap dipasang dengan asumsi bersifat darurat (dalam waktu pendek akan dibongkar kembali) • Perlu pengecekan terakhir sebelum dilintasi kendaraan 	★ ★ ★ ★

Kemudahan pelaksanaan berbagai metode *erection* pada kajian ini dinilai mulai dari tahap persiapan, pelaksanaa, hingga akhir pekerjaan. Beberapa hal yang terkait dengan persepsi kemudahan dari hasil wawancara dapat dilihat pada Tabel 10.

Tingkat kemudahan pada Tabel 10 ditunjukkan dengan banyaknya jumlah bintang, yang mana semakin banyak Bintang berarti semakin mudah untuk dikerjakan atau relatif tidak memerlukan banyak hambatan kerja. Metode *erection* dengan *semi balanced cantilever* dipersiapkan oleh kontraktor pelaksana lapangan menjadi metode yang paling efektif dan efisien untuk dilaksanakan. Sedangkan metode *balanced cantilever* murni menjadi metode yang sangat tidak disarankan oleh pelaksana lapangan, mengingat metode ini seolah-olah merakit 2 set JPRB untuk membangun 1 JPRB.

KESIMPULAN

Jembatan Panel Rangka Baja (JPRB) merupakan salah satu jembatan yang tidak dapat dipisahkan dari proses preservasi jembatan. JPRB memiliki peran untuk menghindari terputusnya akses suatu daerah sehingga daerah tersebut menjadi tidak terisolir.

Proses perakitan dan *erection* (pemasangan) JPRB membutuhkan sumber daya peralatan dan tenaga kerja yang terampil untuk memilih dan menyesuaikan metode yang digunakan. Proses *erection* JPRB dapat dilakukan dengan metode pengangkatan *full-span*, metode perancah, metode *balanced cantilever*, dan metode *semi balanced cantilever*. Metode *semi balance kantilever* merupakan metode yang paling mudah untuk dilaksanakan, dengan 4 pekerja, 1 mandor, dan 1 pengawas. Metode ini membutuhkan waktu 13 hari kerja untuk merakit dan memasang JPRB, dengan hanya memerlukan biaya sebesar Rp94.825.000,00.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayunani, L. 2019. *Analisis Kekuatan Struktur Atas Jembatan JPRB Berdasarkan SNI 1725: 2016*. Universitas Gadjah Mada. (Online), (<http://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/180403>). Diakses 5 Oktober 2024.
- Dananjoyo, R.A., Aminullah, A., dan Nugroho, A.S.B. 2020. *Penerapan Metode Life-Cycle Cost Dalam Perhitungan Evaluasi Ekonomi Jembatan untuk Penentuan Prioritas Penanganan Jembatan*. Jurnal Teknosains, 9 (2): 165–176.
- Dewi, N.P. 2017. *Studi Efisiensi Pembangunan Jembatan dengan Metode Balance Cantilever dan Metode Shoring*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Program Studi Teknik Sipil. Batam: Universitas Internasional Batam.
- Gunawan, M., Lorens, R.R., Wijaya, G.B., dan Sugiharto, H. 2019. *Metode Kantilever Pelaksanaan Jembatan Rangka Baja Sei Puting Bentang 60 M*. Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, 8 (1): 146–153.
- Joiner, C. 2015. *The Story of The Bailey Bridge*. Proceedings of The Institution of Civil Engineers-Engineering History and Heritage: 65–72.
- Khounsida, T., Nishikawa, T., Nakamura, S., Okumatsu, T., dan Thepvongsa, K. 2020. *Experimental and Analytical Study on Dynamic Behavior of Deteriorated Bailey Bridge*. Proceedings of the 2020 Constructional Steel Conference. Jeju.
- Krismawati, N. E. 2014. *Analisis Prioritas Penanganan Ruas Jalan Strategis untuk Pengembangan Wilayah di Kabupaten Demak*. Jurnal Wilayah dan Lingkungan, 2 (2): 99–112.
- Kurniawan, F. 2021. *Analisis Lendutan Rangka Batang Akibat Beban Tetap dan Sementara terhadap Jembatan Rangka: Studi Kasus Jembatan Desa Petapahan Kec. Gunung Toar Kab. Kuantan Singingi*. Tesis, tidak diterbitkan. Pekanbaru: Universitas Islam Riau.
- Kusimba, B., Rinzin, T. Banno, Y., dan Kinoshita, K. 2022. *Condition Assessment and Adaptation of Bailey Bridges as a Permanent Structures*. Journal Applied Sciences, 12 (22): 1–24.

- Nugroho, N.A., Setyarno, I., Mulyono, A.T., dan Suparma, L.B. 2020. *Kontribusi Pengaruh Faktor dan Variabel yang Memengaruhi Capaian Mutu Pelaksanaan Preservasi Jembatan*. Jurnal Transportasi, 20 (2): 151–160.
- Prastomo, W., Widharta, H., dan Zarkasi, I. 2019. *Panduan Perakitan dan Pemasangan Jembatan Rangka Darurat Tipe DSR2 Bentang 30 Meter*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Priratno, I. 2023. *Identifikasi Pemeriksaan Kondisi Jembatan untuk Menentukan Prioritas Penanganan: Studi Kasus Jembatan Mesumai Provinsi Jambi*. Tugas Akhir, tidak dipublikasikan. Jambi: Universitas Batanghari.
- Prokop, J., Odrobinak, J., Farbak, M. 2022. *Load-Carrying Capacity of Bailey Bridge in Civil Applications*. Journal Applied Sciences, 12 (8): 1–19.
- Sihotang, V., Rante, H., Rusim, D. 2022. *Analisis dan Strategi Manajemen Jembatan pada Segmen Jalan Nasional Yetty-Ubrub-Yambra-Towe Hitam*. Jurnal ELIPS, 5 (2): 78–90.
- Subagio, G., Triwiyono, A., dan Satyarno I. 2008. *Sistem Informasi Manajemen Jembatan Berbasis Web Dengan Metode Bridge Condition Rating: Studi Kasus Pengelolaan Jembatan di Kabupaten Garut*. Forum Teknik Sipil, 18: 947–957.
- Widyanto, E. 2016. *Optimasi pada Suspension Bridge dengan Pangaku JPRB Truss*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wijaya, A.S., Aminullah, A., dan Nugroho, A.S.B. 2021. *Prioritas Pemeliharaan Jembatan pada Ruas Jalan Nasional Daerah Istimewa Yogyakarta*. Portal Informasi Indonesia, 17-24. (Online), (<https://indonesia.go.id/province/daerah-istimewa-yogyakarta>, diakses 05 Oktober 2024).