

Studi Perbandingan Biaya pada Pekerjaan Pembongkaran Balok Girder di Proyek Penggantian Jembatan Cinagara

Tatang Suhendar¹, Mardiaman², Moh. Azhar³, Fadhila Muhammad Libasut Taqwa⁴

^{1, 2, 3, 4} Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa

⁴ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: tatangsuhendar0466@gmail.com; mardi240967@gmail.com; mohazhar62@gmail.com; fadhila.muhammad@uika-bogor.ac.id

ABSTRAK

Terdapat 3 (tiga) alternatif metode pembongkaran girder jembatan pada proyek penggantian Jembatan Cinagara, guna menemukan pendekatan yang paling efisien dan aman. Jembatan Cinagara yang berada di ruas jalan nasional Ciawi – Sukabumi, Kec. Caringin, Kab. Bogor, berada pada kawasan padat penduduk, juga berdekatan dengan instalasi jaringan pipa PGN dan jalur kabel PLN. Penelitian ini bertujuan untuk memilih metode pelaksanaan dengan biaya yang paling efisien, dengan tetap memperhatikan keselamatan dan kemudahan pekerjaan. Tiga metode alternatif tersebut adalah pembongkaran dengan cara mengangkat dan memindahkan balok girder secara utuh, pembongkaran dengan cara mengangkat balok girder secara utuh, kemudian dipindahkan per-segmen, dan pembongkaran dengan cara memecah balok girder di tempat dan menjatuhkannya ke sungai, untuk kemudian dipindahkan ke luar *site*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ketiga, yaitu memecah balok girder di tempat dan menjatuhkannya ke sungai, memiliki biaya pelaksanaan paling rendah sebesar Rp 86.637.250,00 dan waktu pelaksanaan yang efisien. Metode ini juga memastikan hasil bongkaran dapat dimobilisasi keluar lokasi proyek dan memiliki risiko kecelakaan yang paling rendah. Metode pertama dan kedua masing-masing membutuhkan biaya Rp 365.762.935,00 dan Rp 170.301.233,00, serta menghadapi berbagai tantangan teknis dan risiko sosial. Penelitian ini memberikan rekomendasi untuk menggunakan metode ketiga dengan penyesuaian yang sesuai guna memastikan kelancaran proses pembongkaran, minimalisasi dampak lingkungan, dan keselamatan kerja yang maksimal. Selain itu, penting untuk melakukan pemeriksaan alat secara rutin, mengatur waktu pembongkaran pada siang hari, serta pemasangan jaring pengaman untuk melindungi area sekitar dari puing bongkaran. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi referensi dalam memilih metode pembongkaran yang efektif untuk proyek sejenis.

Kata Kunci: metode konstruksi, pembongkaran, biaya pelaksanaan, jembatan, rekayasa nilai.

ABSTRACT

There are 3 (three) alternative methods for dismantling bridge girders in the Cinagara Bridge replacement project, to find the most efficient and safe approach. The Cinagara Bridge, which is on the Ciawi – Sukabumi national road, Caringin district, Bogor Regency, located in a densely populated area and also close to the installation of the PGN pipeline network and PLN cable lines. This research aims to choose the implementation method with the most efficient costs, while still paying attention to safety and ease of work. The three alternative methods are: dismantling by lifting and moving the girder beam as a whole; dismantling by lifting the girder beam as a whole, then moving it segment by segment; and dismantling by breaking the girder beams on the spot and dropping them into the river, to be then moved outside the site. The research results show that the third method, namely breaking the girder beam on the spot and dropping it into the river, has the lowest implementation cost of IDR 86,637,250.00 and efficient implementation time. This method also ensures that the demolition results can be mobilized outside the project site and has the lowest risk of accidents. The first and second methods cost IDR 365,762,935.00 and IDR 170,301,233.00 respectively, and face various technical challenges and social risks. This research provides recommendations for using the third method with appropriate adjustments to ensure a smooth dismantling process, minimize environmental impacts, and maximize work safety. Apart from that, it is important to carry out routine equipment inspections, arrange demolition times during the day, and install safety nets to protect the surrounding area from demolition debris. Thus, this research can be a reference in choosing an effective demolition method for similar projects.

Key words: construction method, dismantling process, bridge, construction cost, value engineering.

Submitted: 20 Juli 2024	Reviewed: 27 Juli 2024	Revised 30 Juli 2024	Published: 07 Februari 2025
-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------

PENDAHULUAN

Jembatan adalah merupakan sebuah bangunan konstruksi yang menjadi bagian dari bangunan jalan, konstruksi ini dibangun karena ada jalur jalan yang terputus akibat adanya daratan yang terpisahkan oleh sungai, tebing, atau selat (Pokay et al., 2020). Pembangunan jembatan untuk yang pertama kali selalu bersamaan dengan pembangunan jalan, seiring dengan berjalannya waktu selalu dilakukan peningkatan kualitas dan kapasitas jembatan dan selalu dilakukan pemeliharaan secara berkala agar konstruksinya bisa terawat. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021; Pramudya et al., 2022) Jembatan adalah jenis bangunan yang apabila akan dilakukan perubahan konstruksi, tidak dapat dimodifikasi secara mudah, biaya yang diperlukan relatif mahal dan berpengaruh pada kelancaran lalu lintas pada saat pelaksanaan pekerjaan. Jembatan dibangun dengan umur rencana 100 tahun untuk jembatan besar. Minimum jembatan dapat digunakan 50 tahun. Ini berarti, di samping kekuatan dan kemampuan untuk melayani beban lalu lintas, perlu diperhatikan juga bagaimana pemeliharaan jembatan yang baik. (Struyk & Veen, 1984)

Upaya peningkatan kualitas dan kapasitas jembatan yang dilakukan tidak dapat berlanjut selamanya. Jika jembatan telah dinyatakan tidak mampu lagi melayani lalu lintas, maka dapat dilakukan penggantian sebagian elemen atau pun keseluruhan badan jembatan. (Adinata, 2019; Bettigole & Robinson, 1997)

Kegiatan pembongkaran jembatan sering terjadi di dekat bangunan, infrastruktur, dan ruang publik lain (Pasaribu et al., 2018). Pembongkaran badan jembatan akan mempengaruhi arus lalu lintas (Mahendra et al., 2015). Sehingga kegiatan konstruksi disyaratkan agar selalu menjaga keselamatan dan tidak mengganggu aktivitas masyarakat. Kegiatan pembongkaran yang tidak direncanakan dengan baik telah menyebabkan kerusakan harta benda sehingga menimbulkan biaya tambahan bagi kontraktor dan pemilik untuk memperbaiki atau mengganti harta benda yang rusak (Crain, Briggs, Kevern, et al., 2024). Selain itu, perlu diperhatikan bahwa kegiatan dekonstruksi sangat berkaitan dengan kelestarian lingkungan. (Petzek et al., 2016)

Peralatan, perlengkapan dan metode kerja yang diperlukan untuk proyek pembongkaran sangat bervariasi tergantung pada jenis struktur, kondisi lokasi, dan jadwal proyek. (Crain, Briggs, Haas, et al., 2024)

Jembatan Cinagara yang berada di ruas jalan nasional Ciawi – Sukabumi, Kec. Caringin Kab. Bogor, berada pada kawasan padat penduduk,

dengan tingkat lalu lintas tinggi. Pada lokasi tersebut terdapat 1 (satu) buah jembatan lama yang akan diganti dan 1 (satu) buah jembatan baru yang sudah dibangun pada tahun sebelumnya, pada setiap jembatan memiliki 1 (satu) arah dengan 2 (dua) lajur. Panjang jembatan yang akan diganti adalah 35 m dengan perbedaan ketinggian permukaan jalan pada jembatan terhadap dasar sungai adalah sekitar 15 m.

Pembongkaran balok girder pada proyek penggantian jembatan Cinagara ini merupakan salah satu pekerjaan yang penting dan membutuhkan perhatian khusus terutama karena posisi jembatan berdekatan dengan jalur kabel PLN dan jalur pipa PGN yang ada di bawahnya, dan dikhawatirkan balok girder utuh menimpa utilitas tersebut. Proses pembongkaran ini melibatkan banyak biaya, tenaga kerja, alat berat, dan waktu, sehingga perlu dilakukan rekayasa nilai untuk mengoptimalkan efisiensi dan efektivitas pekerjaan.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh metoda kerja pembongkaran dengan biaya yang paling efisien, memenuhi standar keselamatan kerja konstruksi berkelanjutan dengan resiko kerja yang paling rendah.

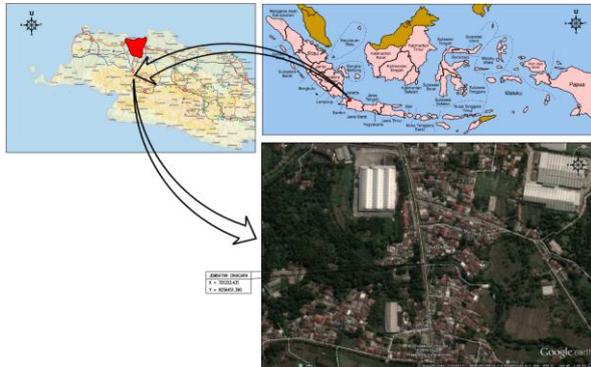
METODE PENELITIAN

Metode yang dipergunakan pada penelitian ini adalah analisis kuantitatif dengan metode rekayasa nilai. Rekayasa nilai atau *Value Engineering (VE)* merupakan proses pengambilan keputusan berbasis tim multidisipliner yang dilakukan secara sistematis dan terstruktur untuk mencapai *value* terbaik suatu proyek dengan menjaga kualitas fungsi dan kinerja yang dibutuhkan. Kajian VE dapat diterapkan untuk seluruh siklus hidup proyek yang diantaranya perencanaan, perancangan, pelaksanaan konstruksi, pemeliharaan, dan pembongkaran. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2022) Penerapan rekayasa nilai pada pekerjaan pembongkaran balok girder dapat membantu mengurangi biaya proyek (Hartono et al., 2018), mempercepat waktu penyelesaian, dan meningkatkan produktivitas (Putra et al., 2018; Wijayanti et al., 2023). Tahapan analisis rekayasa nilai terdiri dari pengumpulan informasi; spekulasi alternatif solusi; analisis faktor biaya, kemudahan dan keselamatan; perencanaan pengembangan ide; serta penyajian usulan dan tindak lanjut. (Ainayyah & Rhomaita, 2022; Rani, 2022)

Waktu dan tempat penelitian

Waktu penelitian dilakukan mulai pada tanggal 4 Maret 2024 sampai dengan tanggal 14 Juni 2024. Penelitian dilakukan di proyek Penggantian

Jembatan Cinagara, Desa Pasir Muncang, Kec. Caringin, Kab. Bogor, dimana Satuan Kerja Pelaksana Jalan Nasional Wilayah V PPK 5.3 Provinsi Jawa Barat bertindak selaku pemilik proyek, dan berada di bawah pengendalian Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional DKI Jakarta – Jawa Barat.



Gambar 1 Lokasi Jembatan Cinagara, Kab. Bogor



Gambar 2 Tampak Atas Eksisting Jembatan



Gambar 3 Tampak Samping Eksisting Sisi Barat

Hasil bongkaran balok girder utuh diangkut ke Gudang PUPR di Cikampek, sedangkan 1 (satu) buah balok girder memiliki panjang 35 m dan berat sekitar 60 ton, jumlah balok girder yang harus di bongkar adalah 4 (empat) buah balok girder sehingga total beratnya adalah 240 ton.

Seperti diperlihatkan pada gambar 4, Pada sisi barat (sisi jembatan yang akan diganti) di bagian bawahnya terdapat utilitas berupa jalur kabel

distribusi Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan pipa Perusahaan Gas Negara (PGN), jarak antara balok girder beton precast terluar terhadap kabel distribusi PLN adalah 0,80 m. Berat 1 (satu) balok girder beton precast sekitar 60 Ton, sehingga dikhawatirkan pekerjaan pembongkaran balok girder beton precast jembatan existing akan menimpa kabel distribusi PLN dan pipa PGN.



Gambar 4 Detail Utilitas di Sisi Barat

Besaran kontrak untuk kegiatan pembongkaran dan pengangkutan balok girder adalah sebesar Rp. 317.833.254,82.

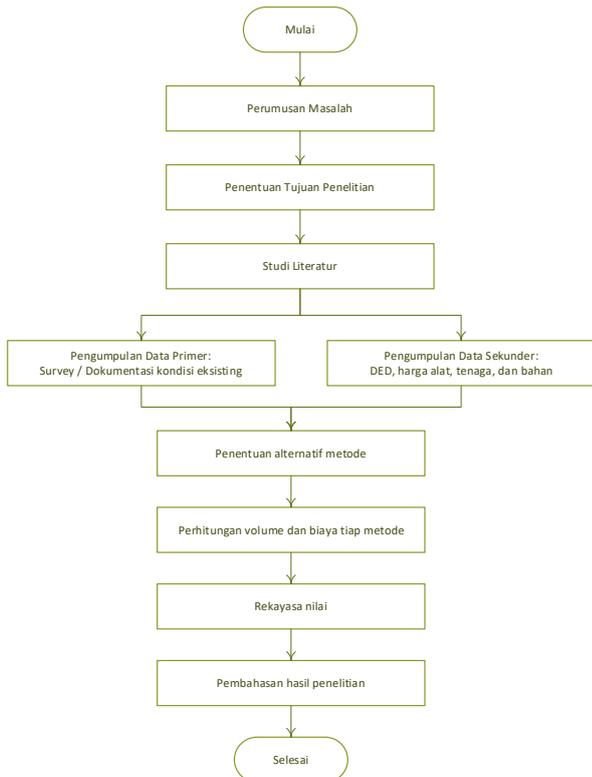
Tahapan penelitian

Tahapan metode penelitian adalah sebagai berikut: Tahapan penelitian meliputi persiapan, pengumpulan data, analisis data dan penyusunan laporan.

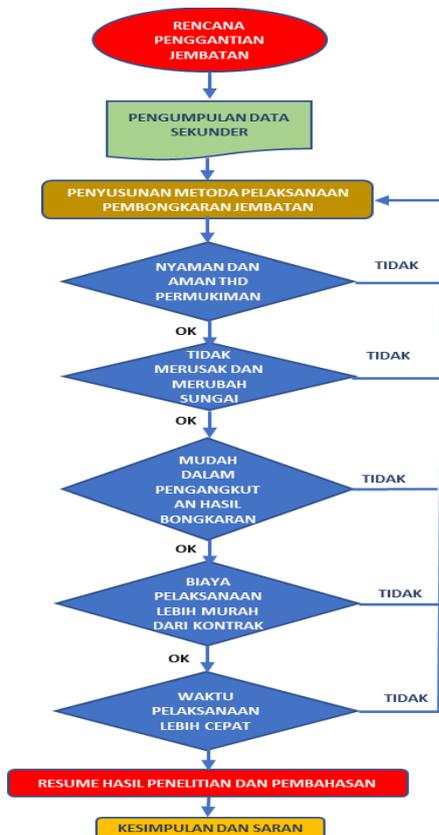
Tahap persiapan merupakan tahap awal penelitian, berupa survey pendahuluan, dan dokumentasi kondisi eksisting. Tahap pengumpulan data sekunder berupa gambar rencana pekerjaan, harga satuan bahan dan harga perolehan alat berat. Tahapan analisis data berupa perhitungan volume dan biaya pekerjaan, penyusunan metode pelaksanaan pembongkaran jembatan, dan analisis rekayasa nilai terhadap setiap alternatif metode. Tahapan penyusunan laporan berupa deskripsi dari analisis data, pemilihan metode kerja dan penyusunan kesimpulan serta rekomendasi.

Perhitungan biaya mengacu pada perhitungan Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Bina Marga berdasarkan Permen PUPR No.1 Tahun 2022. Harga Pokok Setempat yang digunakan adalah Harga Pokok dari Kabupaten Bogor dengan berdasarkan Surat Keputusan Bupati Bogor, No: 600/400/Kpts/Per-UU/2022, Tanggal 27 Desember 2022, tentang Standar Satuan Harga Jasa Konstruksi dan Jasa Konsultansi Kabupaten Bogor, Tahun Anggaran 2023.

Bagan alir penelitian diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5 Diagram alir penelitian



Gambar 6 Alur rekayasa nilai

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume Pekerjaan Pembongkaran

Pekerjaan utama pembongkaran balok girder adalah pembongkaran beton eksisting yang terdiri dari:

- Kepala jembatan uk. 2 x 0,6 x 1,2 m³ x 4 unit = 5,76 m³
- Tiang beton untuk railing uk. 0,2 x 0,2 x 0,8 x 10 unit = 0,32 m³
- Plat beton trotoar uk. 35 x 1,6 x 0,3 x 2 buah = 33,60 m³
- Diafragma uk 0,8 x 0,3 x 0,6 x 32 buah = 3,456 m³

Maka jumlah beton yang akan dibongkar untuk pekerjaan bongkaran balok girder adalah: 43,14 m³.

Uraian Metode Pelaksanaan Pembongkaran

Pada pekerjaan pembongkaran balok girder jembatan Cinagara dilakukan analisa perhitungan dengan 3 (tiga) metoda kerja, yaitu:

1. Pembongkaran balok girder dengan cara diangkat utuh dan diangkut utuh,
2. Pembongkaran balok girder dengan cara diangkat utuh dan diangkut persegi
3. Pembongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai

Setiap metode diuraikan pada sub-bab di bawah ini.

Metode 1: Balok girder eksisting diangkat dan dipindahkan dengan menggunakan alat *crane* langsung ke atas truk boogie untuk diangkut ke Gudang PUPR.

Tahapan kerja metode 1 adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan pagar proyek dan rekayasa lalu lintas
2. Bongkaran *railing*, trotoar dan kepala jembatan (*cross head*).
3. Bongkaran diafragma.
4. Pengangkatan balok girder ke atas truk *boogie*, dengan 2 (dua) buah *crane*. Untuk menghindari *overload* pada jembatan, hanya 1 (satu) buah *crane* yang diperbolehkan berada di atas jembatan.
5. Pindahan balok girder ke gudang PUPR di Cikampek, Jawa Barat.

Metode 2: Balok girder eksisting diangkat dan dipindahkan dengan menggunakan *crane* ke permukaan jalan di tepi jembatan, untuk kemudian dibongkar.

Tahapan kerja metode 2 adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan pagar proyek dan rekayasa lalu lintas
2. Bongkaran *railing*, trotoar dan kepala jembatan (*cross head*).

3. Bongkaran diafragma.
4. Pengangkatan balok girder ke atas permukaan jalan di tepi jembatan, dengan 2 (dua) buah *crane*. Untuk menghindari overload pada jembatan, hanya 1 (satu) buah *crane* yang diperbolehkan berada di atas jembatan.
5. Balok girder yang sudah ada diatas permukaan jalan pada bagian segmen paling tengahnya akan dihancurkan, setelah mengalami kehancuran maka panjang balok girder akan mengalami penyusutan.
6. Pelepasan ikatan kabel *stressing* girder beton.
7. Hasil bongkaran bagian tengah balok girder diangkat ke *dump truck*, dan dipindahkan ke luar lokasi proyek.
8. Dengan bantuan alat *mobile crane* balok girder yang sudah menjadi beberapa bagian/segmen diangkat ke atas truk trailer dan diangkut ke Gudang PUPR.

Metode 3: Balok girder eksisting dibongkar dengan *breaker excavator* dan dijatuhkan ke sungai.

Tahapan kerja metode 3 adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan pagar proyek dan rekayasa lalu lintas
2. Bongkaran *railing*, trotoar dan kepala jembatan (*cross head*).
3. Bongkaran diafragma.
4. Pembobokan bagian tengah girder jembatan hingga patah dan jatuh ke sungai.

5. Pemotongan besi tulangan dan kabel *stressing* dengan alat las.
6. Patahan girder di angkat dari sungai untuk dihancurkan dengan *breaker excavator*.
7. Puing hasil bongkaran dipindahkan ke luar lokasi proyek dengan *dump truck*.
8. Khusus pada girder jembatan terluar, dikarenakan posisi yang berdekatan dengan pipa gas dan jalur listrik, maka sebelum dibongkar, balok girder dipindahkan ke tengah (pada posisi bekas balok girder dalam) terlebih dahulu. Hal ini dilakukan untuk menghindari kerusakan pada jalur utilitas eksisting.

Analisis Rekayasa Nilai

Analisis rekayasa nilai akan ditekankan pada selisih biaya pekerjaan dari setiap metode kerja. Biaya pembongkaran girder jembatan meliputi pekerjaan sebagai berikut:

1. Mobilisasi alat berat dan waktu pelaksanaan
2. Keselamatan Kerja Konstruksi
3. Pekerjaan Pembongkaran beton
4. Pekerjaan pengangkatan balok girder
5. Pengangkutan balok girder

Mobilisasi alat berat

Jumlah kebutuhan alat berat pada setiap metode diperlihatkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 Daftar kebutuhan alat

No. Kode	Jenis Alat	Sat	Volume	Keterangan
I	Pembongkaran balok girder dengan cara diangkat utuh dan diangkut utuh			
1	Excavator 80 – 140 HP / PC 200	unit	1	
2	Crane on track, 75 – 100 tons	unit	4	2 di proyek, 2 di Gudang PUPR
3	Truk <i>boogie</i>	unit	2	
II	Pembongkaran balok girder dengan cara diangkat utuh dan diangkut persegmen			
1	Excavator 80 – 140 HP / PC 200	unit	1	
2	Crane on track, 75 – 100 tons	unit	2	
3	Crawler crane 55 tons	unit	1	Gudang PUPR
4	Truk trailer 40 feet	unit	4	
III	Pembongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai			
1	Excavator 80 – 140 HP / PC 200	unit	1	
2	Dump truck, caps. 4 tons	unit	2	

Sumber: analisis, 2024

Waktu pelaksanaan setiap metode ditampilkan pada tabel – tabel di bawah ini.

Tabel 2 Waktu pelaksanaan pembongkaran dengan metode 1

No.	Jenis Pekerjaan	Hari ke-1		Hari ke-2		Hari ke-3	
		08.00 – 16.00	23.00 – 04.00	08.00 – 16.00	23.00 – 04.00	08.00 – 16.00	23.00 – 04.00
1	Pembongkaran beton jembatan eksisting (Kepala jembatan railing, plat lantai, trotoar, diafragma)	bobok		bobok			
	1 (satu) unit ekskavator						
2	Pengangkatan balok girder			setting	Angkat		
	2 (dua) unit <i>crawler crane on-site</i>			Mob	Angkut		
	4 (empat) unit truk <i>boogie</i>						
	2 (dua) unit <i>crawler crane gudang</i>					Drop-off	
	Personil tambahan:						
	2 (dua) orang <i>Flagman/shift</i>	RLL		RLL			

Sumber: analisis, 2024

Tabel 3 Waktu pelaksanaan pembongkaran dengan metode 2

No.	Jenis Pekerjaan	Hari ke-1		Hari ke-2		Hari ke-3	
		08.00 – 16.00	23.00 – 04.00	08.00 – 16.00	23.00 – 04.00	08.00 – 16.00	23.00 – 04.00
1	Pembongkaran beton jembatan eksisting (Kepala jembatan railing, plat lantai, trotoar, diafragma)	bobok		bobok			
	1 (satu) unit ekskavator						
2	Pengangkatan balok girder			setting	Angkat		
	2 (dua) unit <i>crawler crane on-site</i>			Mob	Angkut		
	4 (empat) unit truk trailer						
	1 (dua) unit <i>crawler crane gudang</i>					Drop-off	
	Personil tambahan:						
	2 (dua) orang <i>Flagman/shift</i>	RLL		RLL			

Sumber: analisis, 2024

Tabel 4 Waktu pelaksanaan pembongkaran dengan metode 3

No.	Jenis Pekerjaan	Hari ke-1		Hari ke-2		Hari ke-3	
		08.00 – 16.00	23.00 – 04.00	08.00 – 16.00	23.00 – 04.00	08.00 – 16.00	23.00 – 04.00
1	Pembongkaran beton jembatan eksisting (Kepala jembatan railing, plat lantai, trotoar, diafragma)	bobok		Bobok, jatuhkan		Angkat, bobok	
	1 (satu) unit ekskavator						
2	Pengangkatan balok girder						
	4 (empat) unit dump truck					Angkut	

Sumber: analisis, 2024

Biaya pekerjaan pembongkaran

Biaya pelaksanaan setiap metode ditampilkan pada tabel – tabel di bawah ini.

Tabel 5 Biaya pelaksanaan pembongkaran dengan metode 1

No.	Jenis Biaya	Volume		Durasi		Harga Satuan	Jumlah Harga
		Sat.	Qtty.	Sat.	Qtty.		
I	Mobilisasi dan Demobilisasi	unit	8			5.360.000	42.880.000
II	Pembongkaran jembatan eksisting	M3	43,34			990.687	42.738.237
III	Pengangkatan dan Pengangkutan						
1	Eksavator 80 – 140 HP/ PC 200	Unit/jam	1	jam	24	840.120	20.162.880
2	Crane on track, caps. 75 – 100 tons	Unit/jam	4	jam	21	2.620.275	220.162.880
3	Boogie/dolly truck	Unit/jam	4	jam	13	646.409	33.613.292
4	Alat las	Ls	1	jam	24	58.165	1.395.953
IV	Biaya Lain-lain						
1	Peralatan K3						
	Rubber cone	bh	20			100.000	2.000.000
	Stick lighting	bh	2			35.000	70.000
	Helm	bh	3			65.000	195.000
	Sepatu	bh	3			200.000	600.000
	Safety vest	bh	3			75.000	225.000
2	Personil Flagman (2 org/hari)	org/hari	2	jam	34	26.169	1.779.479
Jumlah Biaya							365.762.935

Keterangan:

1. Pekerjaan pembobokan beton dilakukan di siang hari
2. Pekerjaan pengangkatan dan pengangkutan balok girder dilaksanakan pada malam hari
3. Biaya dump truck untuk pekerjaan bongkaran beton sudah termasuk dalam harga satuan pekerjaan bobok beton

Tabel 6 Biaya pelaksanaan pembongkaran dengan metode 2

No.	Jenis Biaya	Volume		Durasi		Harga Satuan	Jumlah Harga
		Sat.	Qtty.	Sat.	Qtty.		
I	Mobilisasi dan Demobilisasi	unit	8			5.360.000	42.880.000
II	Pembongkaran jembatan eksisting	m ³	43,34			990.687	42.738.237
III	Pengangkatan dan Pengangkutan						
1	Eksavator 80 – 140 HP/ PC 200	Unit/jam	1	jam	16	840.120	13.441.920
2	Crane on track, caps. 75 – 100 tons	Unit/jam	4	jam	5	2.620.275	26.202.749
3	Crawler crane caps. 55 tons	Unit/jam	1	jam	8	1.510.984	12.087.869
4	Truk trailer 40 ft.	Unit/jam	1	jam	5	1.420.322	28.406.446
5	Alat las	Ls	1	jam	16	58.165	930.635
IV	Biaya Lain-lain						
1	Peralatan K3						
	Rubber cone	bh	20			100.000	2.000.000
	Stick lighting	bh	2			35.000	70.000
	Helm	bh	3			65.000	195.000
	Sepatu	bh	3			200.000	600.000
	Safety vest	bh	3			75.000	225.000
2	Personil Flagman (2 org/hari)	org/hari	2	jam	10	26.169	1.779.479
Jumlah Biaya							170.301.233

Keterangan:

1. Pekerjaan pembobokan beton dilakukan di siang hari
2. Pekerjaan pengangkatan dan pengangkutan balok girder dilaksanakan pada malam hari
3. Biaya dump truck untuk pekerjaan bongkaran beton sudah termasuk dalam harga satuan pekerjaan bobok beton

Tabel 7 Biaya pelaksanaan pembongkaran dengan metode 3

No.	Jenis Biaya	Volume		Durasi		Harga Satuan	Jumlah Harga
		Sat.	Qtty.	Sat.	Qtty.		
I	Mobilisasi dan Demobilisasi	unit	1			5.360.000	5.360.000
II	Pembongkaran jembatan eksisting	m ³	43,34			990.687	42.738.237

III Pengangkatan dan Pengangkutan							
1	Eksavator 80 – 140 HP/ PC 200	Unit/jam	1	jam	24	840.120	20.162.880
2	Dump truck caps. 4 m3	Unit/jam	4	jam	8	574.254	18.376.132
Jumlah Biaya							86.637.250

Keterangan:

1. Pekerjaan pembobokan beton dilakukan di siang hari
2. Pekerjaan pengangkatan dan pengangkutan balok girder dilaksanakan pada malam hari
3. Biaya dump truck untuk pekerjaan bongkaran beton sudah termasuk dalam harga satuan pekerjaan bobok beton

Putusan Pemilihan Metode Pembongkaran

Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat dilakukan perbandingan waktu, penggunaan alat dan biaya pelaksanaan pekerjaan pada ketiga metode yang telah dijelaskan, sebagai berikut:

1. Pada metode kerja metode bongkaran balok girder dengan cara diangkat utuh dan diangkut utuh, waktu pelaksanaan pekerjaan adalah selama 3 (tiga) hari kerja, dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. 365.762.935,00 (Exclude Pajak PPN 11% dan PPh 3,5 %), dimana alat berat yang dipergunakan adalah sebanyak 7 unit, dengan perincian 1 (satu) unit ekskavator breaker, 4 (empat) unit truk mobile dolly (boogey), dan 3 (tiga) unit mobile crawler crane caps. 55 tons.
2. Pada metode kerja metode bongkaran balok girder dengan cara diangkat utuh dan diangkut persegmen, waktu pelaksanaan pekerjaan adalah selama 3 (tiga) hari kerja, dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. 170.301.233,00 (Exclude Pajak PPN 11% dan PPh 3,5%), dimana alat berat yang dipergunakan adalah sebanyak 7 unit, dengan perincian 1 (satu) unit ekskavator breaker, 3 (tiga) unit truk trailer, dan 4 (empat) unit mobile crawler crane caps. 55 tons.
3. Pada metode kerja metode bongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai, waktu pelaksanaan pekerjaan adalah selama 3 (tiga) hari kerja, dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. 86.637.250,00 (Exclude Pajak PPN 11% dan PPh 3,5 %), dimana alat berat yang dipergunakan adalah sebanyak 5 unit, dengan perincian 1 (satu) unit ekskavator breaker, 4 (empat) unit dump truck.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka nilai biaya pelaksanaan pembongkaran balok girder eksisting yang paling rendah dari nilai biaya bongkaran dan pengangkutan hasil bongkaran yang tercantum dalam kontrak adalah “Metoda bongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai”. Hasil bongkaran balok girder dengan “Metoda bongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai” dapat dimobilisasi keluar lokasi proyek.

Metoda kerja pembongkaran dengan “Metoda bongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai” memiliki keselamatan kerja konstruksi secara berkelanjutan dengan resiko kecelakaan yang paling kecil.

Pekerjaan pembongkaran balok girder yang diperhatikan bukan saja biaya pelaksanaannya yang efisien, akan tetapi faktor keselamatan kerja konstruksi (K3) adalah faktor kunci dalam keberhasilan pekerjaan pembongkaran, mengingat bahwa lokasi pekerjaan berdekatan dengan permukiman warga dan jembatan ada di atas sungai dengan aliran air yang cukup deras dengan beda elevasi antara permukaan jembatan dan dasar sungai sekitar 15 m. Selain itu, pada sisi barat (sisi jembatan yang akan diganti) di bagian bawahnya terdapat utilitas berupa jalur kabel distribusi Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan pipa Perusahaan Gas Negara (PGN).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa maka nilai biaya pelaksanaan pembongkaran balok girder eksisting yang paling rendah dari nilai biaya bongkaran dan pengangkutan hasil bongkaran yang tercantum dalam kontrak adalah “Metoda bongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai”. Hasil bongkaran balok girder dengan “Metoda bongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai” dapat dimobilisasi keluar lokasi proyek. Metoda kerja pembongkaran dengan “Metoda bongkaran balok girder dengan cara bobok di tempat dan dijatuhkan ke sungai” memiliki keselamatan kerja konstruksi secara berkelanjutan dengan resiko kecelakaan yang paling kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, S. (2019). Metode Manual pada Pembongkaran Jembatan Rangka Baja Roboh. *Jurnal Planologi Dan Sipil*, 1(1), 89–98.
file:///C:/Users/ASUS/Downloads/101-Article%20Text-406-2-10-20190309.pdf
- Ainayyah, R. A., & Rhomaita. (2022). *Penerapan Value Engineering pada Proyek Jembatan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Progo - Kranggan, Cs)*.

- Universitas Islam Sultan Agung.
- Bettigole, N., & Robinson, R. (1997). *Bridge Decks : Design, Construction, Rehabilitation, Replacement*. ASCE.
- Crain, J., Briggs, L., Haas, M., Kevern, S., & Tollefson, C. (2024). Equipment and Tools for Bridge Demolition. In *Bridge Demolition Engineering* (pp. 17–47). American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784485361.CH3>
- Crain, J., Briggs, L., Kevern, S., & Tollefson, C. (Eds.). (2024). Bridge Demolition Engineering. In *Bridge Demolition Engineering* (pp. 1–6). American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784485361.CH1>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). *Surat Edaran Direktorat Jendral Bina Marga No. 06/SE/BM/2021 tentang Panduan Bidang Jalan dan Jembatan No. 02/M/BM/2021 Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan* (pp. 1–1537). Direktorat Jendral Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2022). *Surat Edaran Direktorat Jenderal Bina Marga No. 11/SE/Db/2022 tentang Pedoman Bidang Jalan dan Jembatan No. 04/P/BM/2022 Pelaksanaan Teknis Rekayasa Nilai*. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Hartono, W., Larto, L., & Purwanto, E. (2018). Penerapan Value Engineering pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang dan Struktur Gedung untuk Optimalisasi Pembiayaan pada Proyek Konstruksi. *Matriks Teknik Sipil*, 4(1). <https://doi.org/10.20961/mateksi.V4I1.37129>
- Mahendra, A. D., Wicaksono, M. K., Arifin, M. Z., & Sulistio, H. (2015). Kajian Persebaran Lalu Lintas Akibat Pembongkaran Jembatan Soekarno Hatta. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, 1(2), 117642. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/143329/>
- Pasaribu, B., Sarifah, J., & Tanjung, D. (2018). Metode Kerja Penggantian Jembatan Jalan Kereta Api antara Padang-Tabing-Duku Lintas Teluk Bayur-Sawahlunto. *Buletin Utama Teknik*, 13(3), 224–227. <https://doi.org/10.30743/but.v13i3.543>
- Petzek, E., Toduți, L., & Bâncilâ, R. (2016). Deconstruction of Bridges an Environmental Sustainable Concept. *Procedia Engineering*, 156, 348–355. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.307>
- Pokay, G. J. J., Dundu, A. K. T., & Sibi, M. (2020). Metode Pelaksanaan Konstruksi Pekerjaan Bagian Bawah Jembatan Lalow Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 443–452. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v2/index.php/js/article/view/29891>
- Pramudya, A. A., Wibowo, A., & Soekiman, A. (2022). Tren, Biaya, dan Tantangan Structural Health Monitoring Jembatan. *Jurnal Transportasi*, 22(2), 117–130. <https://doi.org/10.26593/jtrans.v22i2.6062.117-130>
- Putra, H. N. A., Sugiyarto, S., & Setyawan, A. (2018). Analisis Value Engineering pada Pondasi Jembatan (Studi Kasus: Proyek Jembatan Kali Cengger Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Boyolali Sesi Ampel-Boyolali). *Matriks Teknik Sipil*, 6(4). <https://doi.org/10.20961/MATEKSI.V6I4.36536>
- Rani, H. A. (2022). *Konsep Value Engineering dalam Manajemen Proyek Kontruksi* (M. Muarifah (Ed.)). Deepublish.
- Struyk, H. J., & Veen, K. H. C. W. Van der. (1984). *Jembatan* (S. Soemargono (Ed.); 2nd ed., Vol. 1). Pradnya Paramita.
- Wijayanti, Y. P., Wijayaningtyas, M., & Erfan, M. (2023). Analisis Rekayasa Nilai (Value Engineering) pada Proyek Jembatan Pelayangan Kecamatan Longkip Kota Subulussalam. *Student Journal Gelagar*, 5(1), 57–62.