



PERENCANAAN ULANG BOX GIRDER PADA STRUKTUR ATAS JEMBATAN SEMAMPIR KEDIRI

Priya Tri Atmaja¹, Nawir Rasidi², Kharisma Nur Cahyani³

Politeknik Negeri Malang ^{1,2,3}

Email: priyatriatmaja265@gmail.com¹, nawir.rasidi@polinema.ac.id²,

kharismanurcahyono@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Jembatan Semampir Kediri merupakan infrastruktur transportasi yang menunjang mobilitas masyarakat dan distribusi barang. Penelitian ini bertujuan merencanakan ulang struktur atas Jembatan Semampir menggunakan *box girder* beton prategang, menentukan metode pelaksanaan yang sesuai, serta menghitung estimasi biaya pembangunan. Perencanaan mengacu pada SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan dan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural. Tahapan analisis meliputi perencanaan dimensi *box girder*, analisis pembebanan, perencanaan tendon, pemeriksaan tegangan, kapasitas lentur dan geser, serta lendutan. Metode pelaksanaan yang digunakan adalah *Precast Segmental Box Girder* dengan sistem *Span by Span* menggunakan *Launching Gantry* tipe *Top Feeding*. Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi, tendon, tegangan, kapasitas struktur, dan lendutan memenuhi persyaratan perencanaan. Estimasi biaya pembangunan struktur atas sebesar Rp24.423.512.902,00, meliputi penyediaan material *box girder*, pembuatan *Launching Gantry*, pekerjaan *erection*, dan biaya K3.

Kata kunci : Jembatan Semampir; Box girder beton prategang; launching gantry; span by span; total biaya pembangunan

ABSTRACT

Semampir Bridge in Kediri is a transportation infrastructure facility that supports public mobility and goods distribution. This study aims to redesign the superstructure of Semampir Bridge using a prestressed concrete box girder, determine an appropriate construction method, and estimate the construction cost. The design refers to SNI 1725:2016 on Bridge Loading and SNI 2847:2019 on Structural Concrete Requirements. The analysis includes box girder dimension design, load analysis, tendon design, and checks of concrete stresses, flexural and shear capacity, and deflection. The selected construction method is a precast segmental box girder system using the span-by-span method with a top-feeding launching gantry. The analysis results indicate that the

Article History

Received: Oktober 2026

Reviewed: Oktober 2026

Published: Oktober 2026

Plagiarism Checker No
237.u873247.fh8374

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/)



dimensions, tendons, stresses, structural capacity, and deflection satisfy the design requirements. The estimated cost of the bridge superstructure is IDR 24,423,512,902.00, covering box girder material supply, launching gantry fabrication, erection work, and occupational health and safety (OHS) costs.

Keywords : *prestressed concrete box girder, Semampir Bridge, Launching Gantry, Span by Span, construction cost*

1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang berperan penting dalam menunjang konektivitas antarwilayah, mobilitas masyarakat, serta distribusi barang. Perencanaan jembatan perlu memperhatikan aspek kekuatan struktur, keamanan, efisiensi pelaksanaan, dan biaya konstruksi agar dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan. Salah satu bagian penting dalam perencanaan jembatan adalah struktur atas, yang berfungsi menerima beban lalu lintas dan meneruskannya ke struktur bawah.

Salah satu alternatif struktur atas jembatan adalah box girder beton prategang. Sistem ini memiliki penampang berbentuk kotak yang memberikan kekakuan terhadap lentur dan torsi, sehingga dapat digunakan pada konstruksi jembatan dengan bentang tertentu. Penggunaan beton prategang juga bertujuan meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban serta mengendalikan tegangan dan lendutan. Oleh karena itu, perencanaan dimensi penampang dan tendon perlu dilakukan secara tepat agar struktur memenuhi persyaratan yang berlaku.

Perencanaan ulang struktur atas Jembatan Semampir Kediri dilakukan dengan menggunakan box girder beton prategang. Analisis perencanaan mengacu pada SNI 1725:2016 [1] tentang Pembebanan untuk

Jembatan dan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural. Pemeriksaan struktur meliputi dimensi penampang, pembebanan, perencanaan tendon, tegangan beton, kapasitas lentur dan geser, serta lendutan. Tahapan tersebut diperlukan untuk memastikan bahwa struktur yang direncanakan memenuhi persyaratan teknis dan mampu menahan beban yang bekerja.

Selain aspek perencanaan struktur, metode pelaksanaan juga menjadi pertimbangan penting dalam pembangunan jembatan. Pada penelitian ini digunakan metode Precast Segmental Box Girder dengan sistem Span by Span menggunakan Launching Gantry tipe Top Feeding. Metode tersebut memungkinkan pemasangan segmen-segmen box girder secara bertahap untuk membentuk bentang jembatan. Pemilihan metode pelaksanaan perlu mempertimbangkan kebutuhan peralatan, tahapan pekerjaan, serta biaya yang diperlukan selama proses konstruksi.

Perencanaan struktur jembatan dengan penampang box girder perlu mempertimbangkan karakteristik geometris penampang, distribusi tegangan, kekakuan lentur, serta perilaku torsi akibat pembebanan. Schlaich dan Scheef (1982) dalam *Concrete Box-Girder Bridges* membahas aspek perencanaan dan perilaku struktur jembatan beton dengan penampang box girder. Referensi tersebut dapat



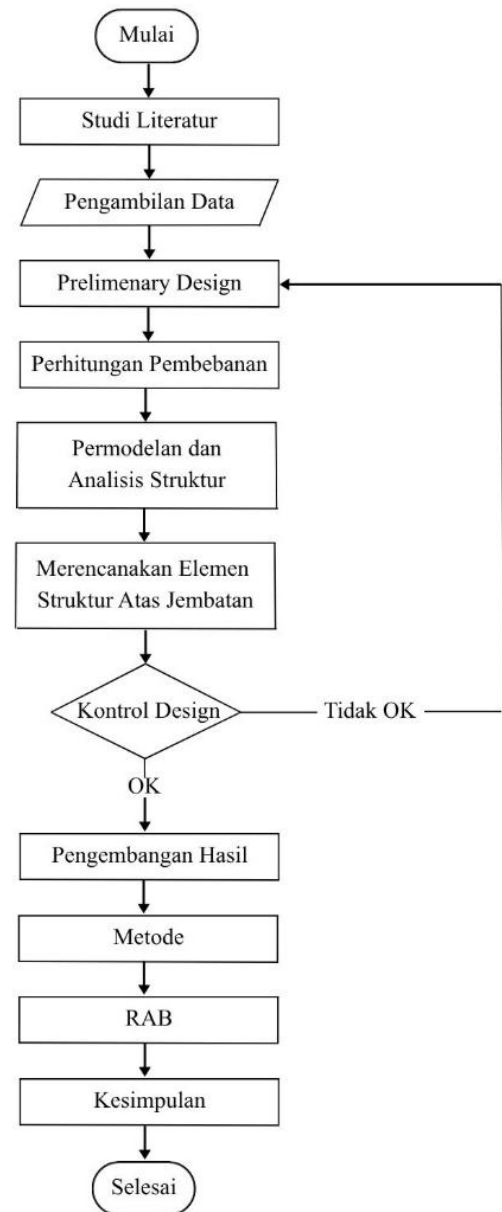
digunakan sebagai landasan teoritis untuk memahami karakteristik penampang box girder dan pertimbangan struktural dalam perencanaannya. Berdasarkan landasan tersebut, perencanaan ulang struktur atas Jembatan Semampir Kediri dilakukan dengan mempertimbangkan dimensi penampang, kebutuhan gaya prategang, pembebanan, serta pemeriksaan kekuatan dan kelayakan struktur sesuai dengan ketentuan perencanaan yang digunakan.[2]

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan merencanakan ulang struktur atas Jembatan Semampir Kediri menggunakan box girder beton prategang, menentukan metode pelaksanaan yang sesuai, dan menghitung estimasi biaya pembangunannya. Estimasi biaya mencakup penyediaan material box girder, pembuatan Launching Gantry, pekerjaan erection, serta biaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kelayakan teknis perencanaan struktur atas serta kebutuhan biaya pembangunan jembatan dengan metode pelaksanaan yang dipilih.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan perencanaan teknis dan analisis biaya. Objek penelitian adalah struktur atas Jembatan Semampir Kediri yang direncanakan ulang menggunakan prestressed concrete box girder [4]. Analisis dilakukan melalui perhitungan manual dengan mengacu pada standar perencanaan jembatan yang digunakan dalam skripsi. Lingkup penelitian mencakup analisis pembebanan, penentuan dimensi penampang, perencanaan tendon prategang, pemeriksaan kekuatan dan kelayakan

struktur, penentuan metode pelaksanaan, serta perhitungan estimasi biaya pembangunan struktur atas.



A. Data Perencanaan Jembatan

Data perencanaan digunakan sebagai dasar untuk menentukan konfigurasi struktur dan melakukan analisis terhadap beban yang bekerja pada jembatan. Data tersebut meliputi panjang bentang, lebar jembatan, jumlah lajur lalu lintas, tebal pelat lantai,



dan tebal lapisan aspal. Data teknis yang tercantum dalam skripsi dirangkum pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Data Teknis Perencanaan

Parameter	Data Perencanaan
Lokasi	Semampir, Kota Kediri, Jawa Timur
Panjang total jembatan eksisting	290 m
Bentang antar tumpuan	65m
Lebar total jembatan rencana	10m
Lebar lanjur lalu lintas	7m
Jumlah lajur	2 lajur
Tipe struktur atas	Box girder

Data pada Tabel 2.1 selanjutnya digunakan untuk menentukan geometri struktur atas dan menyusun model perhitungan. Perencanaan ulang difokuskan pada bangunan atas jembatan, sehingga perencanaan bangunan bawah, pondasi, dan oprit tidak termasuk dalam lingkup analisis. Standar utama yang digunakan adalah SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan dan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural.

Gambar 2. 1 Peta Lokasi Proyek



B. Analisis Pembebanan dan Perencanaan Struktur

Tahap analisis struktur diawali dengan mengidentifikasi beban yang bekerja pada struktur atas jembatan. Pembebanan meliputi berat sendiri struktur, beban mati tambahan, serta beban lalu lintas dan beban lainnya sesuai ketentuan pembebanan jembatan yang digunakan [5]. Beban-beban

tersebut diperhitungkan untuk mendapatkan kondisi pembebanan rencana yang menjadi dasar pemeriksaan struktur. Kombinasi pembebanan ditentukan berdasarkan ketentuan SNI 1725:2016.

Setelah analisis pembebanan, dilakukan perencanaan dimensi penampang box girder beton prategang. Penentuan dimensi memperhatikan kebutuhan kekuatan, kekakuan, dan kemampuan penampang dalam menahan beban. Penampang yang direncanakan kemudian digunakan dalam perhitungan karakteristik geometris, seperti luas penampang dan momen inersia, yang diperlukan pada tahapan analisis berikutnya.

Perencanaan dilanjutkan dengan menentukan kebutuhan tendon prategang dan gaya prategang yang bekerja pada gelagar. Pada tahap ini, pengaruh gaya prategang diperiksa terhadap kondisi tegangan beton. Pemeriksaan dilakukan pada kondisi yang ditinjau dalam perencanaan untuk memastikan tegangan tarik maupun tekan tidak melampaui batas yang diizinkan. Selain itu, dilakukan pemeriksaan kapasitas lentur, kapasitas geser, dan lendutan untuk mengevaluasi kekuatan serta kelayakan struktur [6]. Seluruh hasil pemeriksaan dibandingkan dengan persyaratan perencanaan yang digunakan.

Tabel 2. 2 Tahapan Analisis Struktur

Tahapan	Parameter yang di analisis	Tujuan
Analisis	Berat sendiri, beban mati tambahan,	menentukan beban
Pembebanan	beban lalu lintas, kombinasi beban	rencana
perencanaan	dimensi dan karakteristik geometris	Menentukan konfigurasi
penampang	box girder	penampang
perencanaan	kebutuhan tendon dan gaya prategang	memenuhi kebutuhan
tendon		prategang
pemeriksaan	tegangan tarik dan tekan beton	memeriksa batas
tegangan		tegangan izin
pemeriksaan	kapasitas lentur dan geser	memeriksa kekuatan
kapasitas		struktur
pemeriksaan	deformasi vertikal gelagar	memeriksa kelayakan
lendutan		struktur



C. Penentuan Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Precast Segmental Box Girder dengan sistem Span by Span menggunakan Launching Gantry tipe Top Feeding. Metode tersebut dipilih sebagai pendekatan pelaksanaan pemasangan segmen gelagar pracetak pada bentang jembatan. Segmen-segmen box girder dipasang secara bertahap hingga membentuk satu bentang, kemudian proses dilanjutkan pada bentang berikutnya sesuai urutan pekerjaan yang direncanakan [7].

Penggunaan Launching Gantry menjadi bagian penting dalam metode pelaksanaan karena peralatan ini digunakan untuk mendukung pengangkatan, pemindahan, dan penempatan segmen box girder. Pemilihan sistem pelaksanaan mempertimbangkan kebutuhan pemasangan segmen, kondisi teknis jembatan, serta efisiensi pekerjaan. Pada penelitian ini, metode pelaksanaan tersebut menjadi dasar untuk mengidentifikasi kebutuhan pekerjaan dan menyusun perhitungan biaya pemasangan gelagar [8].

Gambar 2. 2 Erection Box Girder



D. Perhitungan Estimasi Biaya

Perhitungan biaya dilakukan setelah perencanaan struktur dan metode pelaksanaan ditentukan. Estimasi biaya dibatasi pada pekerjaan struktur atas Jembatan Semampir Kediri, meliputi penyediaan material box girder, pembuatan Launching Gantry, pekerjaan erection box

girder, serta biaya keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Setiap komponen dihitung berdasarkan kebutuhan pekerjaan dan harga satuan yang digunakan dalam skripsi.

Biaya penyediaan material dihitung berdasarkan kebutuhan material struktur atas. Biaya pembuatan Launching Gantry mencakup komponen yang diperlukan untuk membuat peralatan tersebut, sedangkan biaya erection berkaitan dengan pelaksanaan pemasangan segmen box girder [9]. Biaya K3 diperhitungkan sebagai komponen pendukung keselamatan selama pelaksanaan konstruksi. Seluruh komponen biaya kemudian dijumlahkan untuk memperoleh total estimasi biaya pembangunan struktur atas jembatan.

Berdasarkan tahapan tersebut, hasil akhir penelitian diperoleh dari evaluasi pemenuhan persyaratan teknis struktur dan penjumlahan seluruh komponen biaya konstruksi. Dengan demikian, penelitian menghasilkan rancangan struktur atas box girder beton prategang, metode pelaksanaan yang digunakan, dan estimasi total biaya pembangunan struktur atas Jembatan Semampir Kediri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perencanaan Struktur Primer dan Preliminary Design

Perencanaan awal (*preliminary design*) menetapkan dimensi penampang melintang *box girder* berdasarkan rasio bentang terhadap tinggi (1/15 hingga 1/30). Untuk bentang jembatan sepanjang 65,00 meter dan lebar 10,00 meter, digunakan tipe *single-cell box girder* berongga tunggal.

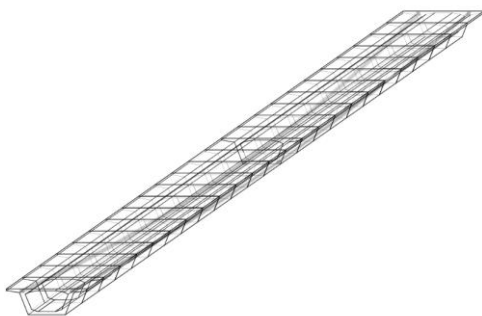
Hasil desain menetapkan tinggi *box girder* sebesar 2,60 meter dengan ketebalan pelat



atas 0,23 meter, pelat bawah 0,20 meter, serta tebal web 0,41 meter. Dimensi ini menghasilkan luas penampang beton sebesar $8,32 \text{ m}^2$ dan momen inersia $11,73 \text{ m}^4$, yang efektif mereduksi berat sendiri struktur tanpa mengurangi kapasitas momen maupun kekakuan torsi.

Perencanaan dimensi penampang *box girder* beton prategang ini juga didasarkan pada prinsip-prinsip perilaku struktural *box girder* yang dikemukakan oleh Degenkolb (1977), di mana efisiensi penampang berongga mampu mereduksi berat sendiri struktur secara signifikan sekaligus memberikan kekakuan terhadap lentur dan torsi.[10]

Menurut Schlaich dan Scheef (1982), struktur jembatan beton tipe *box girder* memiliki kekakuan torsi yang baik serta kemampuan dalam menahan momen lentur positif maupun negatif. Karakteristik tersebut menjadikan *box girder* sebagai salah satu alternatif struktur atas jembatan yang dapat diterapkan pada berbagai konfigurasi struktur. Perkembangan bentuk penampang *box girder* juga dipengaruhi oleh pertimbangan efisiensi konstruksi, termasuk penyederhanaan jumlah sel penampang untuk mengurangi kebutuhan bekisting. Oleh karena itu, penentuan bentuk dan dimensi penampang *box girder* perlu mempertimbangkan karakteristik struktural serta efisiensi pelaksanaan konstruksi.[11]



Gambar 3. 1 3D Desain Jembatan

B. Analisa Pembebanan Struktur Atas

Evaluasi pembebanan mengacu pada SNI 1725:2016 yang diklasifikasikan ke dalam aksi tetap, transien, dan lingkungan. Beban tetap terdiri dari berat sendiri *box girder* sebesar $193,12 \text{ kN/m}$ serta beban mati tambahan (MA) berupa perkerasan aspal, trotoar, kerb, dan air hujan sebesar $35,63 \text{ kN/m}$.

Analisis perilaku lentur, puntir murni, serta distorsi penampang melintang pada *box girder* dihitung dengan mengacu pada teori analisis struktur berdinding tipis (*thin-walled beam theory*) untuk jembatan *box girder* sebagaimana dijabarkan oleh Li (1986).[12]

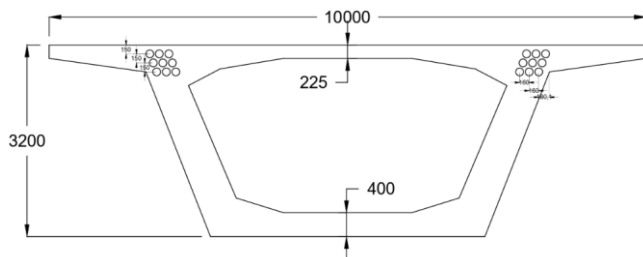
Beban lalu lintas diperhitungkan melalui kombinasi beban lajur "D" (BTR $6,58 \text{ kPa}$ dan BGT $467,34 \text{ kN}$ dengan Faktor Beban Dinamis $36,25\%$). Berdasarkan analisis struktur, momen lentur maksimum akibat berat sendiri (M_{MS}) di tengah bentang mencapai $101.989,90 \text{ kN} \cdot \text{m}$.

C. Analisis kebutuhan Tendon dan Kehilangan Gaya Prategang (*Prestress Losses*)

Untuk menahan momen lentur luar, struktur menggunakan sistem prategang pascatarik (*post-tensioned*) dengan baja *uncoated 7-wire superstrand* ASTM A-416 Grade 270 ($f_{pu} = 1.860 \text{ MPa}$). Berdasarkan iterasi tegangan, dibutuhkan 24 tendon dengan masing-masing tendon berisi 27 *strands* berdiameter $15,24 \text{ mm}$. Lintasan tendon dirancang berbentuk parabola dengan eksentrisitas maksimum di tengah bentang sebesar $1,57 \text{ meter}$.

Gaya prategang awal mengalami reduksi akibat kehilangan seketika (perpendekan elastis $1,24\%$, gesekan $15,68\%$, slip ankur $0,89\%$) dan jangka panjang (rangkak $2,71\%$, susut $8,06\%$, relaksasi baja $0,25\%$). Total

kehilangan prategang tercatat sebesar 28,31% (di bawah asumsi rencana 30%), sehingga gaya prategang efektif akhir (P_{eff}) pada kondisi layan tetap handal sebesar 96.461,89 kN.



Gambar 3. 2 Detail Tendon

D. Evaluasi Kontrol Tegangan dan Kapasitas Penampang

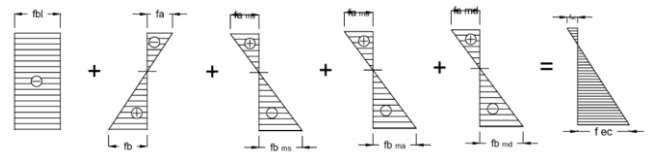
Pemeriksaan perilaku tegangan penampang *box girder* dilakukan pada kondisi batas layan (*serviceability limit state*) terhadap mutu beton $f'_c = 55$ MPa. Berdasarkan evaluasi tegangan serat atas dan serat bawah akibat kombinasi beban kerja (Kombinasi 1 s.d. 5), seluruh tegangan terbukti berada di dalam batas izin[13].

Tabel 3. 1 Rekapitulasi Kontrol Tegangan Kombinasi Layan

Kombinasi Pembebanan	Tegangan Serat Atas f'_{ac}	Tegangan Serat Bawah f'_{bc}	Batas izin f'_c	Status
Kombinasi 1 (MS + MA + SR + PR + TD + TB)	99,19 MPa	89,25 MPa	< 55 Mpa (Tekan)	Aman
Kombinasi 2 (Kombinasi + Temperatur)	114,71 MPa	85,97 MPa	< 55 Mpa (Tekan)	Aman
Kombinasi 3 (Kombinasi + Beban Angin)	99,14 MPa	89,31 MPa	< 55 Mpa (Tekan)	Aman
Kombinasi 4 (Kondisi Gempa /Ekstrem I)	101,63 MPa	86,03 Mpa	< 55 Mpa (Tekan)	Aman

Perilaku distribusi tegangan pada penampang *box girder* akibat kombinasi beban layan divisualisasikan melalui superposisi gaya prategang, berat sendiri, beban mati tambahan, serta beban transien. Berdasarkan diagram superposisi tersebut, interaksi gaya tekan prategang terbukti efektif mengeliminasi tegangan tarik, sehingga

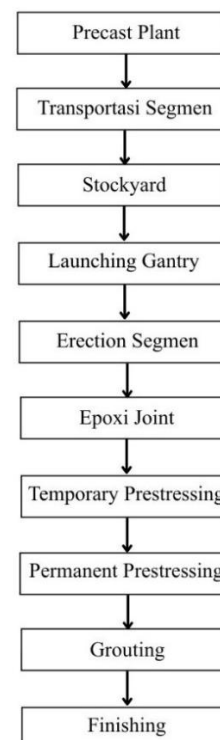
seluruh tegangan pada serat beton tetap terkontrol aman di bawah batas izin.



Gambar 3. 3 Diagram Tegangan Saat Service

E. Analisi Metode Pelaksanaan (*Span by Span Method*)

Pelaksanaan konstruksi bangunan atas Jembatan Semampir Kediri dirancang menggunakan metode *Precast Segmental Box Girder* dengan sistem *Span by Span* menggunakan *Launching Gantry tipe Top Feeding* [14]. Pemilihan metode ini didasarkan pada kondisi lapangan yang melintasi aliran Sungai Brantas, sehingga perancah konvensional (*falsework*) di bawah jembatan harus dihindari

Gambar 4. 1 Diagram Alir Tahapan Pekerjaan *Erection Box Girder*



F. Analisis Biaya Pelaksanaan Konstruksi

Estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun berdasarkan kuantitas volume pekerjaan struktur atas, analisis koefisien tenaga kerja, harga satuan material, serta produktivitas alat berat di Kota Kediri.

Tabel 3. 2 Total Biaya Pelaksanaan

NO	DESKRIPSI	TOTAL HARGA
I	PENYEDIAAN MATERIAL BOX GIRDER	Rp 8,050,638,503.30
II	PEMBUATAN GANTRY LAUNCHER	Rp 6,287,568,421.33
III	ERECTION BOX GIRDER	Rp 7,428,617,023.04
IV	K3	Rp 39,884,000.00
	SUB TOTAL	Rp 21,806,707,947.67
	PPN 12%	Rp 2,616,804,953.72
	TOTAL	Rp 24,423,512,901.39
	PEMBULATAN	Rp 24,423,512,902.00

Berdasarkan rekapitulasi di atas, total anggaran yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pembangunan bangunan atas Jembatan Semampir Kediri menggunakan *Precast Segmental Box Girder* adalah sebesar Rp24.423.512.902,00 (dua puluh empat miliar empat ratus dua puluh tiga juta lima ratus dua belas ribu sembilan ratus dua rupiah).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perencanaan bangunan atas Jembatan Semampir Kediri menggunakan box girder beton prategang Perencanaan struktur atas menggunakan *single-cell prestressed concrete box girder* sistem pascatarik telah memenuhi standar SNI 1725:2016 dan SNI 2847:2019. Dimensi *box girder* setinggi 3,2meter dengan lebar 10 meter, penggunaan 24 tendon prategang, serta kontrol tegangan dan kapasitas penampang telah memenuhi seluruh kriteria keamanan teknis. Dari segi konstruksi, metode *Precast Segmental Box Girder* dengan sistem *Span by Span* menggunakan *Launching Gantry* tipe *Top Feeding* sangat tepat diterapkan karena mampu menghindari perancah di atas Sungai Brantas, menjaga mutu beton pracetak, dan meminimalkan gangguan lingkungan. Berdasarkan perhitungan anggaran, total biaya pembangunan bangunan atas Jembatan Semampir Kediri dengan metode tersebut adalah sebesar Rp24.423.512.902,00, yang mencakup biaya material *box girder*, pembuatan *gantry launcher*, pekerjaan *erection*, biaya K3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1725:2016, Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN, 2016
- [2] 1982-Design of concrete box girder bridge by Jorge.pdf.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Jembatan (SNI 2847:2019)*. Jakarta: BSN.
- [4] Wang, J., & Kim, Y. J. (2022). A state-of-the-art review of prestressed concrete tub girders for bridge structures. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*.
- [5] Hassan, M. M., & El-Gamal, S. (2023). Behavior of prestressed concrete box girder bridges under eccentric loading and thermal gradients. *Engineering Structures*, 285, 116035
- [6] Pratama, A. R., & Wibowo, A. (2023). Evaluasi Lendutan dan Kapasitas Lentur Jembatan Beton Prategang Tipe Box Girder Berdasarkan SNI 1725:2016. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Infrastruktur*, 13(2), 85-94
- [7] 1977-Concrete Box Girder Bridges by Oris h. Degenkolb.pdf.



- [8] 1982-Concrete Box Girder Bridges-Jorge.pdf.
- [9] Zhang, Y., Liu, X., & Wang, L. (2023). Optimization of prestressing tendon layout and cross-sectional dimensions for long-span concrete box girder bridges. *Structures*, 50, 1420-1432.
- [10] Nugroho, A., & Setiawan, B. (2023). Analisis Kapasitas Geser dan Torsi pada Penampang Box Girder Beton Prategang. *Jurnal Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 12-21
- [11] 1986-Analysis of Box-girder and truss bridges_2.pdf.
- [12] Chen, Z., & Li, H. (2023). Structural health monitoring and reliability assessment of prestressed concrete box girder bridges under heavy traffic loads. *Engineering Failure Analysis*,
- [13] Rahmawati, D., & Utomo, S. (2024). Estimasi Biaya dan Produktivitas Alat Berat pada Erection Precast Segmental Box Girder dengan Metode Span-by-Span. *Jurnal Manajemen Teknologi dan Aplikasi Bisnis*,
- [14] Units, S.I. (2007) *AASHTO LRFD Bridge AASHTO LRFD Bridge*.