



Perencanaan ulang jembatan CH kalibanger integrasi BIM 4D

Syifa Pradita^{a*}, Bambang Setiabudi^a, Asri Nurdiana^a

^{a*,a} *Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia*

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Corresponding author:

Email:

Sifa223@gmail.com

Article history:

Received : 23 September 2024

Accepted : 25 October 2024

Publish : 30 December 2024

Keywords:

BIM, modeling, bridge, re-planing, tekla

Technological developments in the construction world are also growing along with technology development. The application of BIM (Building Information Modeling) is one of the technological developments that can simplify the construction process, optimize time and human resources, and collaboration between stakeholders. Kalibanger Bridge is one of the bridges that crosses the Kalibanger River, connecting Semarang City and Demak Regency. The Kalibanger Bridge Replacement Project has been carried out from September 2022 to October 2023. Based on BIM, the re-planning of Kalibanger Bridge, Semarang City, was done by re-planning, modeling, and project scheduling. The methods presented are data collection, data analysis and structural analysis, 3D modeling using Tekla Structures, preparation of RAB, and scheduling. The re-planning of Kalibanger Bridge with BIM integration is expected to increase the ease and accuracy of the quantity take-off process and facilitate the scheduling process.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Jembatan merupakan bangunan pelengkap jalan yang mempunyai peranan penting pada Jaringan Jalan, memiliki nilai investasi dan sebagai penghubung antar wilayah. Jembatan merupakan bagian dari komponen kritis yang menentukan beban maksimum kendaraan akan dapat lewat dan termasuk fasilitas infrastruktur yang vital bagi kelangsungan perkembangan kegiatan ekonomi, sosial, budaya, dan perpindahan atau jalan akses dalam satu wilayah maupun antar wilayah (Triwiyono,2013).

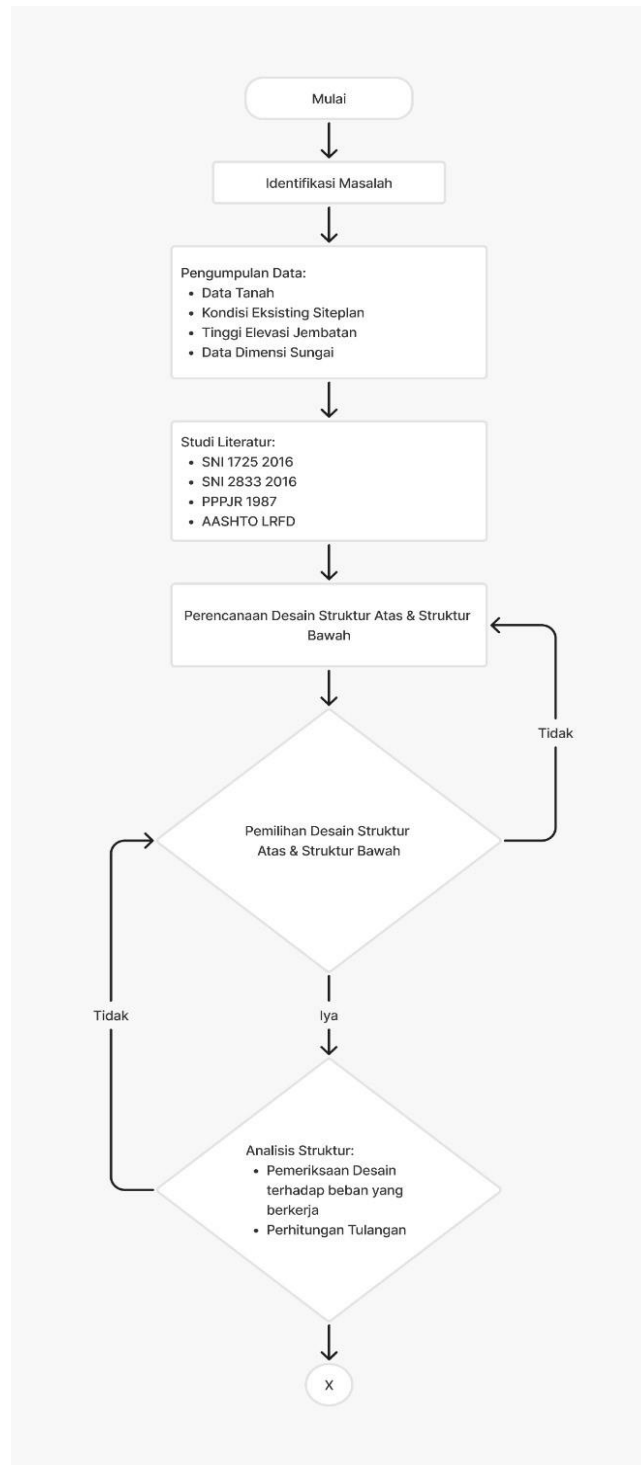
Seiring pertambahan volume lalu lintas dibutuhkan juga sarana yang berguna untuk meningkatkan mobilitas transportasi antar daerah. Jembatan CH kalibanger terletak di Kota Semarang memotong sungai Kalibanger dan menghubungkan Kota Semarang dan Kabupaten Demak yang pada penggantinya, girder jembatan yang digunakan adalah *steel I girder* (SIG). Penggunaan SIG mampu menjadi solusi seiring pertambahan lalu lintas antar kota. Selain itu penggunaan SIG juga lebih praktis karena tidak memerlukan banyak bahan serta dapat dirakit terlebih dahulu di luar *site* sebelum dipasang *on site*.

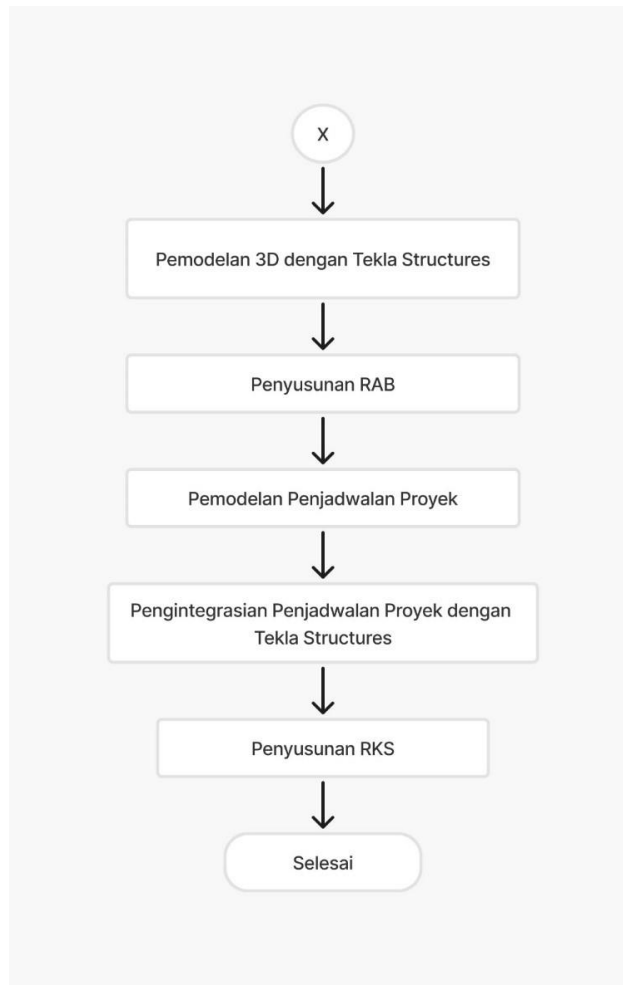
BIM adalah seperangkat kebijakan, proses, dan teknologi yang saling berinteraksi yang menghasilkan metodologi untuk mengelola desain bangunan yang penting dan data proyek dalam format digital di sepanjang siklus hidup bangunan (Succar, 2009). Selain mempermudah proses perencanaan, BIM juga dapat mempermudah proses pelaksanaan konstruksi karena dapat mempercepat proses pekerjaan konstruksi dalam penerapannya. Dalam penelitian Permatasari C.A.B. (2016), mengenai perbandingan aspek biaya dan waktu pada proyek konvensional dan proyek yang menerapkan BIM, adalah dari segi efisiensi waktu, penerapan BIM dapat mempercepat waktu perencanaan sebesar 50%, dari segi SDM dan tenaga, penerapan BIM mengefisiensi SDM sebesar 26.66% dan tenaga kerja sebesar 52.25% dari proyek konvensional. Oleh karena itu, perencanaan ulang ini bertujuan untuk merencanakan ulang jembatan CH kalibanger dengan integrasi BIM untuk

meningkatkan efisiensi perencanaan dan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pekerjaan konstruksi dalam penerapannya di lapangan.

2. Data dan metode

Metode yang digunakan dalam perencanaan ulang ini adalah dimulai dari pengidentifikasian masalah, perumusan masalah, pengumpulan data berupa data tanah, data jembatan eksisting, dan data topografi, studi literatur mengenai standar yang akan digunakan dalam perencanaan ulang yakni SNI 1725 2016 untuk pembebanan jembatan, SNI 2833 2016 untuk pembebanan gempa, PPPJR 1997 untuk pembebanan struktur atas, serta AASHTO LRFD untuk desain girder baja, analisa struktur, pembuatan model 3D jembatan, penyusunan RAB, pembuatan model penjadwalan terintegrasi. Adapun bagan alir dari perencanaan ulang ini ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Bagan alir perencanaan

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Pengujian daya serap air

Pengumpulan data meliputi data tanah, data topografi, dan data hidrologi. Berdasarkan analisis, jembatan direncanakan ulang yang disajikan Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Rekapitulasi pengumpulan data perencanaan

Parameter	Nilai
Curah hujan rata-rata	170.86 mm
Debit curah hujan rencana periode 50 tahun	
Debit banjir rencana periode 50 tahun	0.886 mm ³ /jam
Tinggi MAB	11.965 m
Tinggi jagaan	2.446 m
Elevasi rencana jembatan	15 m
Kedalaman fondasi	40 m

Tabel 2. Data teknis rencana jembatan

Parameter	Nilai
Panjang jembatan	30 m

Parameter	Nilai
Lebar jembatan	11 m
Lebar trotoar	2x1 m
Jumlah lajur	2 lajur 2 arah
Lebar jalur kendaraan	9 m
Parameter	Nilai
Median	0 m (tanpa median)
Panjang jalan pendekat	20 m

3.2. Analisis struktur

3.2.1. Parapet

Berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data, direncanakan ulang struktur parapet berdasarkan acuan PPPJJR 1987 sebagai manual desain dan pembebanan dengan ketentuan spesifikasi dan mutu yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rencana desain dan spesifikasi mutu parapet

Parameter	Nilai
Mutu beton (f_c')	30 Mpa
Mutu baja (f_y)	420 Mpa
Tebal parapet	20 cm
Jarak antar railing	2 m
Ukuran tiang sandaran	16x20 cm
Tinggi tiang sandaran	90 cm (PPPJJR 1987)
Berat jenis beton	2400 kg/m

3.2.2. Plat lantai trotoar

Berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data, direncanakan ulang struktur plat lantai trotoar berdasarkan acuan PPPJJR 1987 sebagai manual desain dan pembebanan dengan ketentuan spesifikasi dan mutu yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rencana desain dan spesifikasi mutu plat lantai trotoar

Parameter	Nilai
Mutu beton (f_c')	15 Mpa
Mutu baja (f_y)	420 Mpa
Tebal plat lantai trotoir	10 cm
Tebal minimum	25 cm (PPPJJR 1987)
Berat jenis beton	2400 kg/m

3.2.3. Plat lantai kendaraan

Berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data, direncanakan ulang struktur plat lantai kendaraan berdasarkan acuan RSNI-T03-2005 sebagai manual desain dan SNI 1725-2016 untuk perhitungan pembebanan dengan ketentuan yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rencana desain dan spesifikasi mutu plat lantai kendaraan

Parameter	Nilai
Mutu beton (f_c')	30 Mpa
Mutu baja (f_y)	420 Mpa
Tebal perkerasan	5 cm
Tebal minimum	20 cm (RSNI-T03-2005)
Tebal plat lantai kendaraan	30 cm
Berat jenis beton	2400 kg/m
Berat jenis perkerasan	2300 kg/m

3.2.4. Gelagar

Berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data, direncanakan ulang struktur plat lantai kendaraan berdasarkan acuan AASHTO LRFD sebagai manual desain dan SNI 1725 2016 untuk perhitungan pembebanan dengan ketentuan spesifikasi dan mutu yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rencana desain dan spesifikasi mutu gelagar

Parameter	Nilai
Mutu baja (f_y)	355 Mpa
Tegangan tarik batas baja (f_u)	440 Mpa
Jarak antar gelagar	1.6 m
Tinggi gelagar minimum	0.99 m (AASHTO LRFD)
Tinggi gelagar rencana	1.2 m
Tebal flens rencana	14 mm
Tebal web minimum	4.3 mm (AASHTO LRFD)
Tebal web rencana	12 mm
Tebal plat <i>stiffener</i> maksimum	3602.8 mm (AASHTO LRFD)
Tebal plat <i>stiffener</i> rencana	1400 mm
Tipe rangka <i>crossframe</i>	Tipe X (AASHTO LRFD)
Sambungan	Las E80XX (SNI 03.1729.2002)
Jumlah <i>shear connector</i>	18 buah untuk 1 bentang
Jarak antar stud (longitudinal)	75 mm
Jarak antar stud (melintang)	333.34 mm
Diameter stud	25 mm

3.2.5. Diafragma

Berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data, direncanakan ulang struktur diafragma berdasarkan acuan AASHTO LRFD sebagai manual desain dengan ketentuan spesifikasi dan mutu yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rencana desain dan spesifikasi mutu diafragma

Parameter	Nilai
Mutu baja (f_y)	355 Mpa
Jarak antar diafragma	1.5 cm (AASHTO LRFD)
Panjang diafragma	10.5 m

Parameter	Nilai
Profil yang direncanakan	IWF 900.300.16.28
Berat jenis baja	78.5 kN/m ³

3.2.6. Plat injak

Berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data, direncanakan ulang struktur plat injak berdasarkan acuan SNI 1725 2016 untuk perhitungan pembebanan dengan ketentuan spesifikasi dan mutu yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rencana desain dan spesifikasi mutu plat injak

Parameter	Nilai
Mutu beton (f_c')	30 Mpa
Mutu baja (f_y)	420 Mpa
Lebar plat injak	9.5 m
Panjang plat injak	5 m
Tebal plat injak	30 cm
Parameter	Nilai
Tebal selimut	4 cm
Tebal efektif plat injak	26 cm
Tebal ACWC	4 cm
Tebal ACBC	6 cm
Tebal AC Base	17.5 cm
Tebal lapis fondasi atas (Agg. Kls A)	18 cm
Tebal perkerasan aspal	5 cm
Berat jenis beton	2400 kg/m ³
Berat jenis perkerasan	2300 kg/m ³

3.2.7. Abutmen

Berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data, direncanakan ulang struktur plat injak berdasarkan acuan SNI 1725 2016 untuk perhitungan pembebanan dan SNI 2833 2016 untuk perhitungan beban gempa dengan ketentuan spesifikasi dan mutu yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rencana desain dan spesifikasi mutu abutmen

Parameter	Nilai
Mutu beton (f_c')	30 Mpa
Mutu baja (f_y)	420 Mpa
Tinggi abutment	4 m
Lebar abutment	3.6 m
Tinggi badan abutment	3 m
Panjang badan abutment	1 m
Tinggi pile cap	1.4 m
Panjang pi lecap	3.6m
Tinggi kepala abutment	1.68 m
Panjang kepala abutment	1.23 m
Berat jenis beton	2400 kg/m ³

Parameter	Nilai
Data base soil	$\gamma_2 = 15.89 \text{ kN/m}^3$ $c_2 = 23.54 \text{ kPa}$ $\phi_2 = 20^\circ$
Data backfill	$\gamma_1 = 15.69 \text{ kN/m}^3$ $c_1 = 15.69 \text{ kPa}$ $\phi_1 = 12^\circ$ $\beta = 0^\circ$
Tinggi timbunan	4 m

Berdasarkan hasil keseluruhan pemilihan desain untuk setiap struktur, direncanakan tulangan untuk struktur atas dengan ketentuan yang dapat dilihat pada Tabel 10. dan tulangan yang direncanakan untuk struktur bawah dapat dilihat dengan ketentuan pada Tabel 11.

Tabel 10. Penulangan struktur atas

Struktur	Momen Terfaktor (Mn) (Kg.cm)	Rn	Jenis Tulangan	Tulangan Rencana
Parapet	44000	0.840	Pokok	2D16-200
			Bagi	D13-200
Plat Lantai Trotoar	140530.00	0.760	Pokok	D13-200
			Bagi	D13-200
Plat Lantai Kendaraan	Mux = 9232505.5 Muy = 2027593.53	14.01 2.987	Pokok	D16-100
			Bagi	D13-200
			Pokok	D16-100
Struktur	Momen Terfaktor (Mn) (KgcM)	Rn	Jenis Tulangan	Tulangan Rencana
			Bagi	D13-200

Tabel 11. Penulangan struktur bawah

Struktur	Momen Terfaktor (Mn) (KgcM)	Rn	Jenis Tulangan	Tulangan Rencana
Plat injak	665234.375	1.051	Pokok	4D19-100
			Bagi	D13-100
Dinding Atas Abutment	1.503 kNm	-	Pokok	D-16-150
			Bagi	D13-200
Dinding Utama Abutment	2156.46 kNm	-	Pokok	D25-150
			Bagi	5D16-200
Wingwall	161.641 kNm	-	Pokok	D16-150
			Bagi	D13-150
Backwall	276.111 kNm	-	Pokok	D16-150
			Bagi	D13-200
Pile cap	4843 kNm	-	Tekan	10D29-100
			Tarik	10D25-100

3.2.8. Fondasi Tiang Pancang

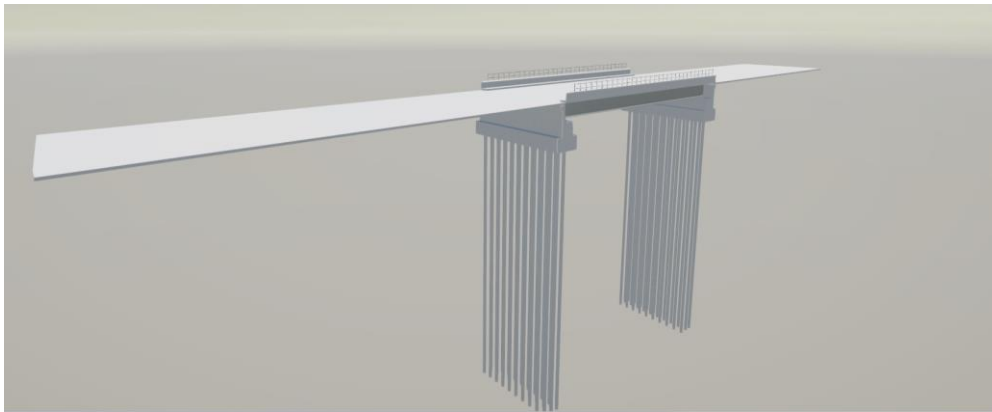
Berdasarkan analisis yang dilakukan, diperoleh data-data yang disajikan pada Tabel 12 meliputi data fondasi yang direncanakan serta hasil analisis pembebanan dari struktur atas dan analisis daya dukung fondasi tiang pancang.

Tabel 12. Spesifikasi dan hasil analisis fondasi tiang pancang

Parameter	Nilai
Diameter fondasi	60 cm
Jenis fondasi	Spun pile pra cetak
Jumlah fondasi	2 x 7
Jarak antar fondasi	180 cm
Kedalaman fondasi	40 m
Daya dukung fondasi	1003.624 Ton (Meyerhof, 1967)
Beban yang diterima fondasi	968.46 Ton

3.3. Pemodelan 3D dengan Tekla Structures

Pembuatan model 3D dengan menggunakan Tekla Structures dilakukan setelah menganalisis struktur atas dan struktur bawah jembatan. Pemodelan 3D jembatan dilakukan untuk setiap komponen struktural seperti beton dan baja tulangan. Hasil dari pembuatan model 3D dengan *Tekla Structures* dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Hasil Pemodelan 3D Perencanaan Ulang Jembatan CH Kalibanger

3.4. Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Hasil perhitungan RAB didapat dari daftar kuantitas berdasarkan pemodelan 3D pada *Tekla Structures* dan disusun berdasarkan ketentuan spesifikasi umum 2018 serta Analisa Harga Satuan Pekerjaan mengacu pada Peraturan Walikota Semarang Nomor 53 Tahun 2021 tentang Standarisasi Harga Satuan Bahan Bangunan, Upah dan Analisa Pekerjaan untuk Kegiatan Pembangunan Pemerintah Kota Semarang Tahun Anggaran 2022 serta *website* <https://maspetruk.dpubinmarcipka.jatengprov.go.id/>. Adapun hasil perhitungan RAB disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Perhitungan RAB Perencanaan Ulang Jembatan CH Kalibanger

Nama Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp.)
DIVISI 1	166,655,280.00
DIVISI 3	895,642,212.06
DIVISI 5	184,280,793.30
DIVISI 6	2,785,100.30
DIVISI 7	6,214,502,720.08
TOTAL HARGA	7,463,866,105.73

- 2) Perencanaan ulang yang dilakukan meliputi struktur jembatan pada STA 0+050 sampai dengan sta 0+080 dan jalan pendekat pada STA 0+030 sampai dengan STA 0+040 serta jalan pendekat pada STA 0+090 sampai dengan STA 0+100.
- 3) Elevasi muka air banjir yang direncanakan pada periode 50 tahun ke depan adalah setinggi 11,9654 m dengan debit banjir rencana pada periode 50 tahun ke depan adalah sebesar 0.663 m³/detik.
- 4) Elevasi jembatan yang direncanakan ulang adalah setinggi 15,0058 m dari dasar sungai mengalami penambahan tinggi setinggi 0,5944 m dari elevasi rencana awal setinggi 14,4114 m dari dasar sungai.
- 5) Dari hasil keseluruhan analisa struktur yang dilakukan pada perencanaan ulang Jembatan CH Kalibanger Kota Semarang dapat disimpulkan bahwasannya struktur aman dalam menahan beban yang diterima.
- 6) Dari hasil perencanaan ulang dengan integrasi BIM yang dilakukan pada Jembatan CH Kalibanger Kota Semarang menggunakan software Tekla Structures dapat disimpulkan bahwasannya penggunaan software Tekla Structures dapat mengefisiensikan proses pemodelan 3D struktur, proses perhitungan volume, serta proses penjadwalan.
- 7) Dari hasil perhitungan rencana anggaran biaya yang dilakukan menggunakan Tekla Structures dapat disimpulkan total harga pekerjaan dalam perencanaan ulang Jembatan CH Kalibanger meliputi biaya umum dan keuntungan serta PPN adalah sebesar Rp. 8.284.891.000,00.
- 8) Dari hasil penjadwalan yang dilakukan dalam perencanaan ulang Jembatan CH Kalibanger Kota Semarang menggunakan Tekla Structures dapat disimpulkan masa pelaksanaan konstruksi berlangsung selama 10 bulan 1 minggu yang dimulai pada 27 Juli 2022 sampai dengan 8 Mei 2023.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Universitas Diponegoro, Dosen pembimbing beserta seluruh pihak yang telah membantu proses keberlangsungan pelaksanaan hingga akhir penelitian ini. Ucapan terimakasih penulis sampaikan juga untuk teman-teman yang sudah membantu penelitian ini.

Referensi

- Standar Nasional Indonesia. (2016). *Pembebanan Untuk Jembatan, SNI 1725-2016* Bandung: Badan Standarisasi Nasional
- Standar Nasional Indonesia. (2005). *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan, RSNI T03 2005*: Badan Standarisasi Nasional
- Gunawan, Ir. Rudy dengan petunjuk Ir. Morisco, (1988). *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Kanisius
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga
- Anandita, D. (2023). *TUGAS AKHIR PERENCANAAN JEMBATAN BETON PRATEGANG RSUD TEMANGGUNG DENGAN BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)*. Universitas Diponegoro.
- Aringga, A. (2023). *LAPORAN AKHIR MODIFIKASI STRUKTUR ATAS JEMBATAN KALITAKIR KABUPATEN BANYUWANGI MENGGUNAKAN STEEL I GIRDER*. Politeknik Negeri Malang.