

MODIFIKASI BENTANG JEMBATAN SURODADI – MADUGOWONG (SUROMADU) MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA BAJA WARENN TRUSS

Hafiz Wira Adyatma¹, Mochamad Solikin²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: hafizwiraadyatma@gmail.com

Abstrak

Jembatan merupakan sarana transportasi yang sangat penting dalam kegiatan sehari-hari manusia. Jembatan adalah sebuah bangunan infrastruktur yang berfungsi untuk menghubungkan antara dua ruas jalan yang terputus akibat sebuah halangan geografis. Struktur rangka baja biasanya terdiri dari batang-batang baja yang disusun sedemikian rupa untuk membentuk pola truss (rangka) yang memberikan kestabilan dan kemampuan menahan beban yang efektif. Perencanaan jembatan rangka baja Warenn Truss harus di dasarkan terhadap peraturan pemerintah SNI 1725:2016, dan SNI 1729:2020. Salah satu jembatan Rangka Baja di Kabupaten Batang adalah Jembatan Suromadu, Jembatan Suromadu sendiri merupakan salah satu jembatan yang menghubungkan antara Desa Surodadi dengan Desa Maduguwong. Pada sisi Abutment Jembatan Suromadu terdapat banyak timbunan tanah dikarenakan bentang jembatan tidak di optimalkan hingga ke sisi tebing. Maka dari itu tugas akhir ini disusun dalam rangka perencanaan perpanjangan jembatan rangka dengan desain warenn truss menggunakan bahan baja .

Kata Kunci : jembatan, jembatan warenntruss, surodadi – madugowong

Pendahuluan

Jembatan merupakan sarana transportasi yang sangat penting dalam kegiatan sehari-hari manusia. Jembatan adalah sebuah bangunan infrastruktur yang berfungsi untuk menghubungkan antara dua ruas jalan yang terputus akibat sebuah halangan. Halangan tersebut bisa berasal dari alam seperti lembah, sungai, danau, dan rawa, ataupun halangan yang berasal dari manusia seperti jalan raya dan kereta api. (Tubagus Kamaludin,2014)

Analisis Struktur Jembatan adalah proses untuk mengevaluasi dan memeriksa kekuatan, stabilitas, dan perilaku struktural jembatan di bawah beban dan kondisi lingkungan yang ada. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa jembatan mampu menahan semua beban yang diterimanya selama masa pakainya tanpa mengalami kegagalan atau kerusakan . Melalui analisis yang cermat, kita dapat memastikan bahwa jembatan dapat memenuhi syarat kekuatan dan keselamatan. (Rishaldy Aziz, 2021)

Jembatan rangka baja adalah jenis jembatan yang menggunakan rangka atau struktur utama yang terbuat dari material baja untuk menopang beban dan memungkinkan kendaraan atau pejalan kaki untuk melintas. Struktur rangka baja biasanya terdiri dari batang-batang baja yang disusun sedemikian rupa untuk membentuk pola truss (rangka) yang memberikan kestabilan dan kemampuan menahan beban yang efektif. (Abdul Rochman, 2024)

Metode Perencanaan

Element jembatan yang direncanakan meliputi plat lantai, balok stringer, gelagar melintang, rangka utama jembatan, ikatan angin, sambungan, dan plat buhul. Element-element tersebut di rencanakan berdasarkan aturan pemerintah yaitu SNI 1725:2016 (Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain) dan SNI 2833-2016 (Perencanaan jembatan terhadap beban lalu lintas)

a. Plat Lantai

Perencanaan pelat lantai pada penelitian ini menggunakan sistem bondek yang berfungsi sebagai tulangan untuk momen positif (daerah lapangan), sedangkan tulangan momen negatif (daerah tumpuan) menggunakan wiremesh, ketebalan pada plat bondek di tentukan jika $K < K_{max}$ maka tebal plat bondek sudah mencukupi , seperti rumus berikut :

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot B_w \cdot T_u^2} \tag{1}$$

$$K_{max} = \frac{382,5 \times \beta_1 \times f'_c \times (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2} \tag{2}$$

Daftar Notasi :

- K = faktor pikul momen (MPa)
- M_u = momen perlu (kNm)
- B_w = lebar plat tinjauan (1000 mm)
- T_p = tebal plat (mm)
- F_y = tegangan leleh baja (Mpa)
- ϕ = faktor reduksi kekuatan

b. Balok Stringer

Balok stringer dianalisis sebagai balok baja konvensional (non-komposit). adapun perencanaan balok stringer yaitu analisis penampang, analisis pembebanan meliputi beban sendiri, beban tambahan, beban lalu lintas, beban truk, beban rem, dan yang terakhir yaitu menentukan kecukupan dimensi, kecukupan dimensi Balok Stringer di tentukan dengan syarat apabila $M_u < M_n$ dan $V_u < V_n$ dimana rumus M_n dan V_n di tentukan sebagai berikut :

$$M_n = \phi \times Z_x \times f_y \tag{3}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot (h - 2 t_s) \cdot t_b \tag{4}$$

Daftar Notasi :

- Z_x = modulus plastis penampang (mm^3)
- f_y = tegangan leleh baja (Mpa)
- h = tinggi profil (mm)
- t_s = tebal sayap (mm)
- t_b = tebal sayap (mm)
- ϕ = faktor reduksi kekuatan

c. Gelagar Melintang

Balok melintang (*transverse*) dianalisis sebagai balok baja komposit. Dari hasil analisis pembebanan diperoleh momen maksimum dan gaya geser maksimum untuk setiap kategori pembebanan. kecukupan dimensi Balok Melintang di tentukan dengan syarat apabila $M_u < \phi M_n$ dan $V_u < V_n$ dimana rumus M_n dan V_n di tentukan sebagai berikut :

$$M_n = \phi \times Z_x \times f_y \tag{5}$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot (h - 2 t_s) \cdot t_b \tag{6}$$

Daftar Notasi :

- Z_x = modulus plastis penampang (mm^3)
- f_y = tegangan leleh baja (Mpa)
- h = tinggi profil (mm)
- t_s = tebal sayap (mm)
- t_b = tebal sayap (mm)

d. Rangka Utama

Perencanaan rangka utama dilakukan dengan membuat preliminary design lalu menganalisis

pembebanan desain tersebut dengan menggunakan aplikasi SAP 2000, pembebanan yang di tinjau diantara lain, beban sendiri komponen beton, beban sendiri komponen baja, beban tambahan, beban truk, beban lalu- lintas, dan beban rem. Perhitungan kecukupan di mensi di tentukan apabila $T_u < T_n$ dan $N_u < N_n$ dimana disebutkan pada rumus berikut :

$$T_n = \phi \cdot A_{br} \cdot f_y \tag{7}$$

$$N_n = \phi \cdot A_{br} \cdot F_{cr} \tag{8}$$

Daftar Notasi :

- A_{br} = luas tampang bruto (mm²)
- F_y = tegangan leleh baja (Mpa)
- F_{cr} = tegangan kritis (Mpa)
- ϕ = factor reduksi (0,75)

e. Ikatan Angin

Ikatan angin ditentukan dengan membagi 2 sisi ikatan angin yaitu sisi atas dan sisi bawah kemudian melakukan analisis pembebanan ikatan angin dengan SAP 2000 dan analisis mekanika kecukupan profil dilakukan dengan $T_u < T_n$ dan $N_u < N_n$ yang dijabarkan pada rumus berikut :

$$T_n = \phi \cdot A_{br} \cdot f_y \tag{9}$$

$$N_n = \phi \cdot A_{br} \cdot F_{cr} \tag{10}$$

Daftar Notasi :

- A_{br} = luas tampang bruto (mm²)
- F_y = tegangan leleh baja (Mpa)
- F_{cr} = tegangan kritis (Mpa)
- ϕ = factor reduksi (0,75)

f. Sambungan

Karena beban yang diterima oleh jembatan merupakan beban dinamis, maka sambungan yang sesuai digunakan adalah sambungan menggunakan baut dengan mutu tinggi (ASTM A325 dan A490). Jumlah baut yang di butuhkan di tentukan dengan rumus berikut :

$$N \text{ baut} = T_u \text{ atau } N_u / R_n \tag{11}$$

Daftar Notasi :

- T_u = kuat tarik perlu (kN)
- N_u = kuat tekan perlu (kN)
- R_n = tahanan slip kritis (N)

g. Plat buhul

Pada perencanaan ini terdapat 2 jenis plat buhul yaitu plat buhul atas dan bawah, plat buhul di rencanakan dengan meninjau dimensi dari rangka utama lalu menentukan ukuran plat buhul yang di perlukan didasarkan pada jumlah baut yang di butuhkan. Analisis penampang di tentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\left(\frac{N}{N_n} + \frac{M}{M_n} \right)^2 + \frac{V}{V_n} \leq 1 \tag{12}$$

Daftar Notasi :

- N_n = Tekan Nominal (kN)
- M_n = Momen Nominak (kNm)
- V_n = Geser nominal (Kn)

Hasil Dan Pembahasan

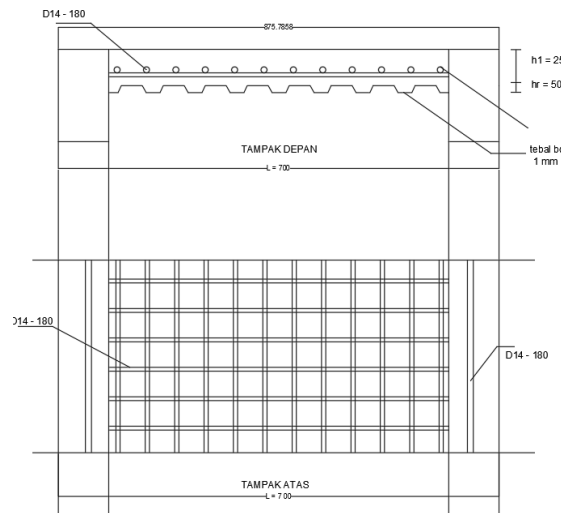
a. Plat Lantai

Setelah momen rencana diperoleh, dilakukan perencanaan ketebalan pelat bondek dan pemilihan diameter wiremesh. Hingga di peroleh plat lantai setebal 240 mm. Hasil perhitungan pembebanan, momen rencana, ketebalan pelat bondek, dan diameter wiremesh disajikan pada tabel berikut.

Dalam perencanaan pelat bondek ini, digunakan lebar peninjauan sebesar 1000 mm dengan mutu beton $f_c' = 35$ MPa dan tebal pelat lantai 240 mm. Berdasarkan parameter tersebut, diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Hasil perencanaan tebal pelat bondek

K	1,19197	MPa
K_{maks}	9,01741369	MPa
$A_{s,u}$	631,342	mm ²
Tebal plat bondek ($t_{bondek} \geq A_{s,u}/(1,2 \cdot b_w)$)	$t_{bondek} \geq 0,721$ mm (digunakan 1 mm)	



Gambar 3.1 Rencana Plat Lantai

b. Balok Stringer

Balok stringer dianalisis sebagai balok baja konvensional (non-komposit). Proses perencanaan dimulai dengan analisis penampang berdasarkan profil yang digunakan. Dalam perencanaan ini, balok stringer dirancang menggunakan profil IWF 400 x 200 x 8 x 13. Berikut merupakan hasil dari perhitungan balok stringer yang telah ditentukan :

Tabel 3.2 Hasil perhitungan terhadap momen lentur

		Tekuk Lokal		Tekuk Lateral	
Pelat Sayap	λ_s	3,6923	J	358981,3333 mm ⁴	
	λ_p	8,8	I _w	648999000000 mm ⁶	
	λ_r	20,066	X1	42864,2341	
Pelat Badan	λ_b	46,8	X2	0,00033532	
	λ_p	82,969	L _p	6733,883 mm	
	λ_r	125,935	L _r	19605,415 mm	

λ_s dan $\lambda_b < \lambda_p$ (Penampang kompak)		$S < L_p$; 6733 mm < 19605 mm (bentang pendek)	
ϕM_{n1}	540,493 kNm	ϕM_{n2}	5405 kNm
$M_u < \phi M_n$		600,3831 kNm < 994,3634 kNm	

Tabel 3.3 Hasil perhitungan terhadap gaya geser

V_u	221,359 kN
$V_n = 0,6.f_y.(h-2t_s).t_b$	736 kN
$V_u < \phi V_n$	221,359 kN < 736 kN

c. Gelagar Melintang

Balok melintang (transverse) dianalisis sebagai balok baja komposit. Gelagar ini dirancang menggunakan profil IWF 450 x 200 x 9 x 14. Tahap akhir perhitungan dilakukan untuk menentukan momen rencana dan gaya geser rencana berdasarkan kombinasi pembebanan Kuat I. Hasil perhitungannya disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3.4 Hasil perhitungan kecukupan dimensi gelagar melintang

$M_n = A_s.f_y.d_l$	240,5316527 kNm
$M_u < M_n$	240,5316 kNm < 2424,559 kNm (memenuhi)
$V_n = 0,6.f_y.(h-2t_s).t_b$	626,808 kN
$V_u < V_n$	559,168 kN < 626,808 kN

d. Rangka Utama

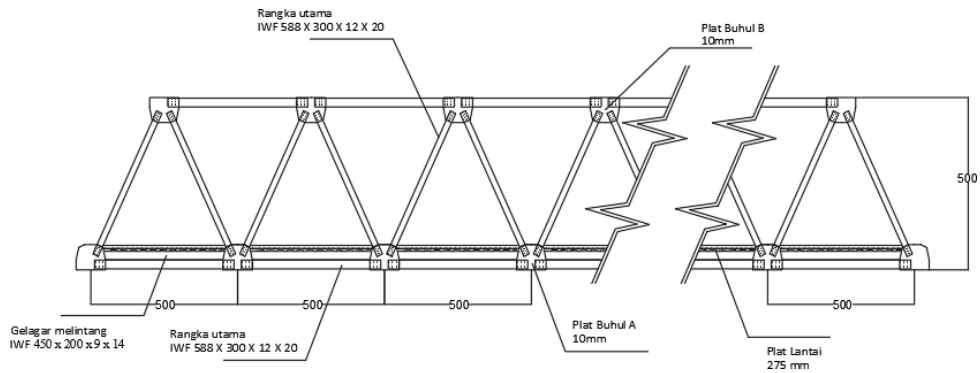
Perencanaan rangka utama dilakukan dengan membuat preliminary design lalu menganalisis pembebanan desain tersebut dengan menggunakan aplikasi SAP 2000 kemudian dilanjutkan analisis kecukupan dimensi dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 3.5 perhitungan kuat tarik nominal

F_u	410 Mpa
T_u	25143 kN
T_n	41580 kN
$T_u < T_n$	25143 kN < 41580 kN (memenuhi)

Tabel 3.6 Hasil perhitungan kuat tekan nominal

A_{br}	215500 mm ²
F_{cr}	108 kN
N_n	23715 kN
	12234 kN < 23715 kN



Gambar 3.2 Rencana Rangka Utama

e. Perencanaan Ikatan Angin

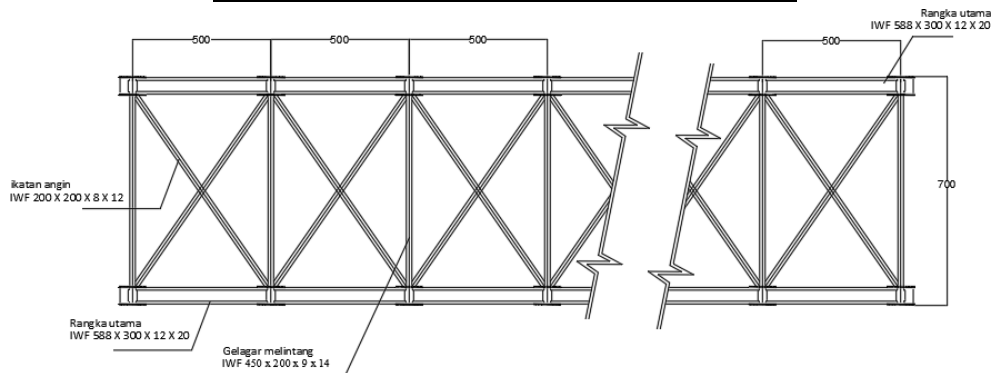
Perencanaan ikatan angin dilakukan dengan menganalisa pembebanan angin menggunakan SAP 2000 kemudian dilakukan Analisa kecukupan dimensi, berikut merupakan hasil Analisa dari kecukupan dimensi yang telah di lakukan :

Tabel 3.7 perhitungan kuat tarik nominal ikatan angin

T_n	1111,775
T_n	1111,775 kN
$T_u < T_n$	178,145 kN < 1111,775 kN

Tabel 3.8 Hasil perhitungan kuat tekan nominal ikatan angin

T_n	697,166 kN
$N_u < N_n$	178,503 kN < 697,1662 kN



Gambar 3.3 Rencana Ikatan Angin

f. Perencanaan Sambungan

Sambungan yang direncanakan yaitu sambungan mutu tinggi dengan ASTM A325 dan A490 besar tahanan slip normal di peroleh sebagai berikut :

Tabel 3.9 Hasil perhitungan tahanan slip nominal

R_n	$\mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s$
R_n	0,5 . 1,13 . 1 . 475 . 2
R_n	536,8 N

Jumlah baut yang ditentukan yaitu :

Tabel 3.10 Hasil Perhitungan Jumlah Baut

N_{baut}	N_u / R_n
N_{baut}	10560 / 536,8
N_{baut}	22,47
N_{baut}	Diambil 24 buah

g. Perencanaan Plat Buhul

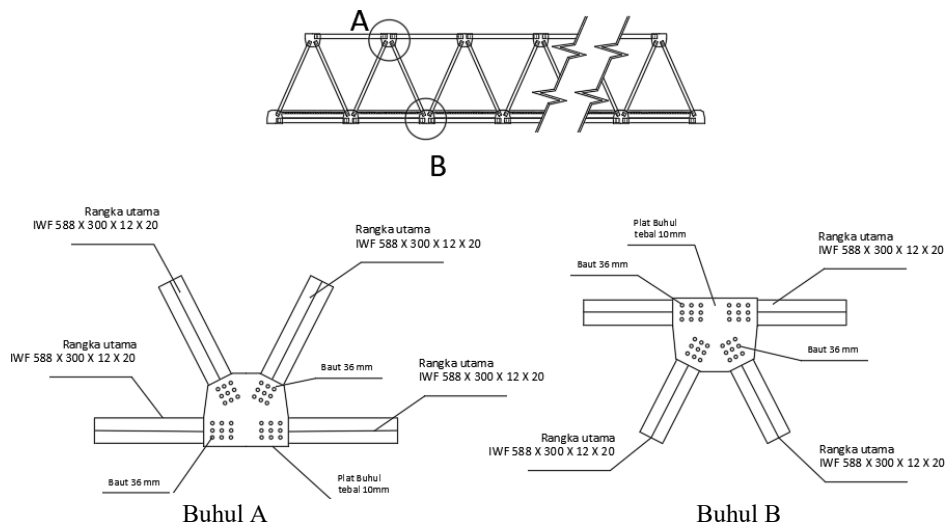
Perencanaan plat buhul dilakukan dengan meninjau ukuran plat buhul berdasarkan ukuran profil rangka utama dengan ujuan dan jumlah baut yang dibutuhkan, kemudian melakukan Analisa kecukupan dimensi plat, Analisa kecukupan dimensi dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 3.11 Hasil perhitungan kecukupan dimensi buhul A

Buhul A		
$\left(\frac{N}{N_n} + \frac{M}{M_n}\right)^2 + \frac{V}{V_n}$	<	1
0,003234	<	1

Tabel 3.12 Hasil perhitungan kecukupan dimensi buhul B

Buhul B		
$\left(\frac{N}{N_n} + \frac{M}{M_n}\right)^2 + \frac{V}{V_n}$	<	1
0,003343	<	1



Gambar 3.5 Perencanaan Plat Buhul A dan B

Penutup

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan struktur atas Jembatan Surodadi-Maduguwong, di peroleh kesimpulan berupa geometri, ukuran dan desain jembatan sebagai berikut:

1. Desain struktur dari jembatan yang di rencanakan yaitu rangka baja Warren Truss dengan dimensi jembatan meliputi lebar jembatan 7 m dengan 6 m jalan dan 0,5m untuk trotoar, tinggi jembatan sebesar 5 m, dan bentang jembatan sepanjang 80 m.
2. Plat lantai yang di rencanakan memiliki ketebalan 240 mm menggunakan plat bondek setebal 1 mm, kemudian digunakan tulangan wiremesh berdiameter 14 mm dengan jarak tulangan 200 mm.
3. Berikut merupakan ukuran profil jembatan yang digunakan :
 - a. Stringer : IWF 400 x 200 x 8 x 13
 - b. Gelagar melintang : IWF 450 x 200 x 9 x 14
 - c. Struktur utama : IWF 588 x 300 x 12 x 20
 - d. Ikatan angin : IWF 200 x 200 x 8 x 12
4. Sambungan yang di gunakan dalam perencanaan ini adalah sambungan baut mutu tinggi tipe B M36 mm, dengan ketebalan plat buhul 20 mm.

Daftar Pustaka

- Ir. Abdul Rochman, M.T (2024), “Desain Jembatan 1” *muhammadiyah university press ISBN 978-602-361-632-9 Cetakan 1, Mei 2024.*
- Ir. Abdul Rochman, M.T (2024), “Desain Jembatan 2” *muhammadiyah university press ISBN 978-602-361-633-6 Cetakan 1, Mei 2024.*
- Adhyta Narendra Wanarno (2013), “Perencanaan Jembatan Leho Kawasan Pesisir Kabupaten Karimun, Kepulauan Riau, Dengan Struktur Jembatan Pelengkung (Arch Bridge).”, *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil UNDIP 2013*
- Andri Fauzi Hasibuan, (2018), “Analisa Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Dengan Bentang 80 Meter Tipe Camel Back Truss”, *Jurnal Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan 2018*
- Dhias Pratama Lazuarfy (2017), “Analisis Performansi Jembatan Rangka Baja Tipe Warren Akibat Variasi Beban Berjalan”, *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember*
- Dion Falerio Lilu (2018), “Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Rangka Baja Tipe Camel Back Truss Dengan Menggunakan Metode Lrfd Di Weutu Kota Atambua, Kab. Belu. Provinsi Ntt.”, *Jurnal Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.*
- Ibnu Yahya. (2023), “Laporan Tugas Akhir Redesign Struktur Jembatan Kabupaten Magelang Menggunakan Baja Tipe Warren Truss”, *Tugas Akhir Program Studi Fakultas Teknik Universitas Sultan Agung.*
- Rishaldy Aziz Sabadilla (2021), “Perencanaan Jembatan Kereta Api Jalur Ganda Di Tarik, Sidoarjo Dalam Rangka Proyek Jalur Ganda Surabaya- Mojokerto” Departemen Teknik Sipil *Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2021*
- Tabagus Kamaludin. (2020), “Modifikasi Jembatan Cisudajaya – Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat Dengan Sistem Rangka Batang Menggunakan Material Fiber Reinforced Polymer (Frp)”, *Jurnal Teknik Sipil FTSP – ITS*
- Widi Nugraha, Indra Djati Sidi, Made Suarjana, dan Ediansjah Zulkifli (2023), “Penentuan Faktor Beban Dinamis Pada Jembatan Berdasarkan Pengukuran Bridge Weigh-In-Motion (Determining Bridge Dynamic Amplification Factor Based On Bridge Weigh-In-Motion Measurements)”, *Jurnal Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia Vol.2*