

PENGARUH BEBAN LALULINTAS STANDAR PADA KEKUATAN JEMBATAN RANGKA BAJA TIMBANG WINDU

Arni Wahyuni

NRP: 0921026

Pembimbing: Tan Lie Ing, S.T., M.T.

Pembimbing Pendamping: Ronald Simatupang, S.T., M.T.

ABSTRAK

Jembatan Timbang Windu menghubungkan Desa Pamalayan dengan Desa Kertaharja di Kecamatan Cijeungjing Kabupaten Ciamis yang dibangun di atas Sungai Cileeur. Pada awalnya jembatan ini menggunakan material kayu dan mengalami kerusakan parah akibat tidak mampu menahan beban lalulintas. Jembatan dibangun kembali dan diganti dengan menggunakan jembatan rangka baja, karena dinilai lebih kuat untuk menahan beban lalulintas yang bekerja dibandingkan dengan jembatan sebelumnya yang terbuat dari kayu. Untuk mengevaluasi kekuatan Jembatan Timbang Windu dalam menahan beban lalulintas standar yang bekerja, maka perlu dilakukan analisis pengaruh beban lalulintas standar yang bekerja terhadap desain jembatan tersebut.

Analisis yang dilakukan pada Jembatan Rangka Baja Timbang Windu dengan kelas jembatan low standar (C/III) untuk dua keadaan yaitu keadaan ultimit dan keadaan batas daya layan dengan beban lalulintas 100%, 60%, 50%, dan 40%. Untuk keadaan ultimit dan layan dengan beban lalulintas 100%, 60%, 50%, dan 40% beberapa batang tarik, batang tekan, dan batang lentur tidak memenuhi peraturan kekuatan SNI 03-1729-2002. Lendutan yang terjadi pada jembatan dengan beban lalulintas 100%, 60%, 50%, dan 40% sudah memenuhi peraturan SNI 03-1729-2002.

Kata kunci: beban lalulintas, jembatan, kekuatan jembatan.

THE EFFECT OF STANDARD TRAFFIC LOADS ON THE STRENGTH OF BRIDGE FRAME OF STEEL TIMBANG WINDU

Arni Wahyuni

NRP: 0921026

Supervisor: Tan Lie Ing, S.T., M.T.

Co-Supervisor: Ronald Simatupang, S.T., M.T.

ABSTRACT

The Timbang Windu Bridge that connects Pamalayan village with Kertaharja village in the Cijeungjing sub-district Ciamis district built on the Cileeur river was originally using wood materials and badly damaged is not able to withstand traffic loads. The bridge was rebuilt and replaced with a bridge frame of steel, because considered stronger to withstand traffic loads that work than to the previous bridge made of wood. To evaluate the strength of Timbang Windu Bridge of load bearing traffic bridge that works, it is necessary to analyze the effect of traffic load standard that works to design the bridge.

Analysis in Bridge Frame of Steel Timbang Windu with standard low bridge classes (C / III) for two cases namely ultimit state and serviceability limit state power to traffic load 100%, 60%, 50%, and 40%. For ultimit state and serviceability with traffic load 100%, 60%, 50%, and 40% some pull rod, rod tap, and limber rod does not meet the regulatory power of SNI 03-1729-2002. Deflection that occurs on the bridge with traffic load 100%, 60%, 50%, and 40% already comply with SNI 03-1729-2002.

Keyword: *traffic load, bridge, strength of bridge.*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Pernyataan Orisinalitas Laporan Penelitian	iii
Pernyataan Publikasi Laporan Penelitian	iv
Surat Keterangan Tugas Akhir	v
Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiv
Daftar Tabel	xvii
Daftar Notasi dan Singkatan	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Sistematika Pembahasan	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Jalan	3
2.1.1 Sistem Jaringan Jalan	3
2.1.2 Bagian Jalan	4
2.2 Volume Lalulintas	6
2.2.1 Perhitungan Volume Lalulintas	8
2.2.2 Penyajian Data Volume Lalulintas	8
2.3 Jembatan	9
2.3.1 Klasifikasi dan Kelas Jembatan	10
2.4 Beban Jembatan	12
2.4.1 Beban Mati	12
2.4.2 Beban Lalulintas	19

2.4.2.1 Klasifikasi Pembebanan Lalulintas	30
2.4.2.2 Faktor Beban Dinamis	30
2.4.3 Beban Lingkungan	31
2.5 Kombinasi Beban	47
2.6 Struktur Baja	51
2.6.1 Filosofi Desain	52
2.6.2 Faktor Keamanan	54
2.7 Batang Tarik	54
2.7.1 Kuat Nominal	55
2.7.2 Luas Bersih	57
2.7.3 Efek Lubang pada Luas Bersih	57
2.7.4 Luas Bersih Efektif	58
2.7.5 Kuat Geser Blok	60
2.7.6 Kriteria Kekakuan Desain	60
2.8 Batang Tekan	61
2.9 Sambungan Baut	62
2.9.1 Rincian Baut Kekuatan Tinggi	62
2.9.2 Kuat Nominal Pengencang	63
2.10 Peraturan SNI 03-1729-2002	64
2.11 Program SAP2000	67
BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PENGUMPULAN DATA	
3.1 Diagram Alir	68
3.2 Lokasi Penelitian	69
3.3 Bagian Jalan	71
3.4 Pengumpulan Data	72
3.4.1 Data Struktur Jembatan	72
3.4.2 Data Pembebanan	78
3.5 Kombinasi Beban	86
3.6 Pemodelan Desain Jembatan dengan Program SAP2000 3D	87
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Beban Lalulintas	101
4.2 Analisis Rangka Jembatan dengan Program SAP2000	102

4.2.1 Analisis Rangka Jembatan dengan Kombinasi Beban untuk Keadaan Batas Daya Layan	102
4.2.2 Analisis Rangka Jembatan dengan Kombinasi Beban untuk Keadaan Ultimit	117
4.3 Pembahasan	132
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	135
5.2 Saran	137
Daftar Pustaka	
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagian-bagian Jalan pada Penampang Melintang Jalan	5
Gambar 2.2	Jembatan Rangka Baja Tipe <i>Howe</i>	10
Gambar 2.3	Jembatan Rangka Baja Tipe <i>Pratt</i>	10
Gambar 2.4	Jembatan Rangka Baja Tipe <i>Arch</i>	11
Gambar 2.5	Pengaruh Primer dan Sekunder	15
Gambar 2.6	Kedudukan Beban Lajur “D”	20
Gambar 2.7	Beban “D”: Beban Terbagi Rata vs Panjang yang Dibebeani	21
Gambar 2.8	Susunan Pembebanan “D”	22
Gambar 2.9	Penyebaran Pembebanan Pada Arah Meintang	23
Gambar 2.10	Pembebanan Truk “T”	24
Gambar 2.11	Gaya Rem	27
Gambar 2.12	Koefisien Seret dan Angkat untuk Bermacam - macam Bentuk Pilar	36
Gambar 2.13	Luas Proyeksi Untuk Gaya-gaya Aliran	37
Gambar 2.14	Koefisien Geser Dasar (C) Plastis untuk Analisis Statis	43
Gambar 2.15	Wilayah Gempa Indonesia Untuk Periode Ulang 500 Tahun	44
Gambar 2.16	Frekuensi Distribusi Beban Q dan Reduksi R	53
Gambar 2.17	Index Ketahanan β	54
Gambar 2.18	Penampang Batang Tarik	55
Gambar 2.19	Distribusi Tekan dengan Adanya Lubang	56
Gambar 2.20	Jalur Kegagalan Pada Penampang Bersih	58
Gambar 2.21	Eksentrik pada Sendi, Penentuan x untuk Menentukan U	59
Gambar 2.22	Kondisi Batas Kegagalan Sobek	60
Gambar 2.23	Struktur Baut Segi Enam Berat dan Kacang Segi Enam Berat	63
Gambar 2.24	Sambungan Baut Khusus	63
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	68
Gambar 3.2	Peta Lokasi Penelitian	70
Gambar 3.3	Potongan Melintang Jembatan (a) Arah Pamalayan (b) Arah Kertaharja	71

Gambar 3.4	Gambar Detail Jembatan Tampak Samping	73
Gambar 3.5	Gambar Detail Jembatan Tampak Atas	74
Gambar 3.6	Gambar Detail Jembatan Tampak Bawah	75
Gambar 3.7	Beban “D”: Beban Terbagi Rata vs Panjang yang Dibebani	79
Gambar 3.8	Kedudukan Lajur “D”	79
Gambar 3.9	Gaya Rem	80
Gambar 3.10	Beban “T”	81
Gambar 3.11	Bidang Vertikal yang Ditiup Angin	84
Gambar 3.12	<i>New Model Initialization</i>	88
Gambar 3.13	<i>Coordinate System</i>	88
Gambar 3.14	<i>Define Grid data</i>	89
Gambar 3.15	Grid Arah x-y	89
Gambar 3.16	Grid Arah x-z	90
Gambar 3.17	<i>Material Property Data Baja</i>	90
Gambar 3.18	<i>Material Property Data Beton</i>	91
Gambar 3.19	<i>Define Frame Properties</i>	91
Gambar 3.20	<i>Add 1/Wide Flange BC1</i>	92
Gambar 3.21	<i>Define Wall/Slab/Deck Sections</i>	92
Gambar 3.22	<i>Shell Section Data</i>	93
Gambar 3.23	<i>Define Load Cases</i>	93
Gambar 3.24	Kombinasi Beban	94
Gambar 3.25	Perletakan	95
Gambar 3.26	Beban Area	95
Gambar 3.27	Beban Merata	96
Gambar 3.28	Beban Titik	97
Gambar 3.29	Desain Kombinasi Beban	97
Gambar 3.30	Diagram Gaya Rangka	98
Gambar 3.31	Diagram Gaya Normal, Lintang, dan Momen	98
Gambar 3.32	Bidang Momen	99
Gambar 3.33	Diagram Gaya Geser	99
Gambar 3.34	Gaya Normal	100
Gambar 4.1	(a) Rangka Jembatan (b) Detail Batang Tarik dan Batang	

	Tekan (c) Detail Sambungan	102
Gambar 4.2	Detail Lantai Jembatan	103
Gambar 4.3	Bidang Momen (a) Momen Maksimum (b) Momen $\frac{1}{4}$ Bentang (c) Momen $\frac{3}{4}$ Bentang	109
Gambar 4.4	Sambungan yang Dianalisis	115
Gambar 4.5	(a) Rangka Jembatan (b) Detail Batang Tarik dan Batang Tekan (c) Detail Sambungan	117
Gambar 4.6	Detail Lantai Jembatan	118
Gambar 4.7	Bidang Momen (a) Momen Maksimum (b) Momen $\frac{1}{4}$ Bentang (c) Momen $\frac{3}{4}$ Bentang	124
Gambar 4.8	Sambungan yang Dianalisis	129

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Kendaraan	7
Tabel 2.2	Klasifikasi Kendaraan yang Disederhanakan	7
Tabel 2.3	Faktor Beban untuk Berat Sendiri	13
Tabel 2.4	Berat Isi untuk Beban Mati (kN/m^3)	13
Tabel 2.5	Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	14
Tabel 2.6	Faktor Beban Akibat Susut dan Rangkak	15
Tabel 2.7	Faktor Beban Akibat Pengaruh Pratekan	16
Tabel 2.8	Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah	16
Tabel 2.9	Berat Tanah Vertikal	17
Tabel 2.10	Sifat-sifat untuk Tekanan Tanah	18
Tabel 2.11	Faktor Beban Akibat Pengaruh Pelaksanaan	19
Tabel 2.12	Faktor Beban Akibat Beban Lajur “D”	19
Tabel 2.13	Jumlah Lajur Lalulintas Rencana	20
Tabel 2.14	Faktor Beban Akibat Pembebanan Truk “T”	24
Tabel 2.15	Jumlah Lajur Lalulintas Rencana	25
Tabel 2.16	Faktor Distribusi untuk Pembebanan Truk “T”	26
Tabel 2.17	Gaya Rem	27
Tabel 2.18	Faktor Beban Akibat Rem	27
Tabel 2.19	Faktor Beban Akibat Gaya Sentrifugal	28
Tabel 2.20	Intensitas Beban Pejalan Kaki untuk Trotoar Jembatan Jalan Raya	29
Tabel 2.21	Faktor Beban Akibat Pembebanan untuk Pejalan Kaki	29
Tabel 2.22	Faktor Beban Akibat Beban Tumbukan pada Penyangga Jembatan	29
Tabel 2.23	Faktor Beban Dinamis untuk Lajur “D”	31
Tabel 2.24	Faktor Beban Akibat Penurunan	32
Tabel 2.25	Faktor Beban Akibat Pengaruh Temperatur/suhu	32
Tabel 2.26	Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal	33
Tabel 2.27	Sifat Bahan Rata-rata Akibat pengaruh Temperatur	34
Tabel 2.28	Faktor Beban Akibat Aliran Sungai, Hanyutan, dan Batang	

	Kayu	34
Tabel 2.29	Periode Ulang Banjir untuk Kecepatan Air	35
Tabel 2.30	Lendutan Ekuivalen untuk Tumbukan Batang Kayu	38
Tabel 2.31	Faktor Beban Akibat Tekanan Hidrostatik dan Gaya Apung	39
Tabel 2.32	Koefisien Seret C_w	40
Tabel 2.33	Kecepatan Angin Rencana V_w	40
Tabel 2.34	Faktor Beban Akibat Pengaruh Gempa	40
Tabel 2.35	Kondisi Tanah Untuk Koefisien Geser Dasar	42
Tabel 2.36	Titik Belok untuk Garis dalam Gambar 2.12	45
Tabel 2.37	Faktor Kepentingan	45
Tabel 2.38	Faktor Tipe Bangunan	46
Tabel 2.39	Koefisien Geser Dasar untuk Tekanan Tanah Lateral	47
Tabel 2.40	Tipe Beban Rencana	48
Tabel 2.41	Pengaruh Umur Rencana pada Faktor Beban Ultimit.....	48
Tabel 2.42	Kombinasi Beban Umum untuk Keadaan Batas Daya Layan dan Ultimit	50
Tabel 2.43	Kombinasi Beban untuk Perencanaan Tegangan Kerja	51
Tabel 3.1	Data Beban Jembatan	77
Tabel 3.2	Baut yang Digunakan	77
Tabel 3.3	Data Beban Jembatan (100%)	85
Tabel 3.4	Data Beban Jembatan (40%)	85
Tabel 3.5	Data Beban Jembatan (50%)	86
Tabel 3.6	Data Beban Jembatan (60%)	86
Tabel 3.7	Kombinasi Beban untuk Keadaan Ultimit	87
Tabel 3.8	Kombinasi Beban untuk Keadaan Batas Daya Layan	87
Tabel 4.1	Data Beban Jembatan	101
Tabel 4.2	Gaya Batang Rangka	103
Tabel 4.3	Hasil Analisis Batang Tarik	106
Tabel 4.4	Hasil Analisis Batang Tekan	108
Tabel 4.5	Hasil Analisis Batang Lentur	114
Tabel 4.6	Hasil Analisis Lendutan	114
Tabel 4.7	Gaya Batang untuk Analisis Sambungan	115

Tabel 4.8	Jumlah Baut	116
Tabel 4.9	Gaya Batang Rangka	118
Tabel 4.10	Hasil Analisis Batang Tarik	120
Tabel 4.11	Hasil Analisis Batang Tekan	123
Tabel 4.12	Hasil Analisis Batang Lentur	128
Tabel 4.13	Hasil Analisis Lendutan	129
Tabel 4.14	Gaya Batang untuk Analisis Sambungan	129
Tabel 4.15	Jumlah Baut.....	131
Tabel 4.16	Lendutan yang Terjadi	134
Tabel 4.17	Jumlah Baut pada Sambungan	134

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$^{\circ}$	= derajat
$<$	= kurang dari
$>$	= lebih dari
$\geq$	= lebih dari sama dengan
$\leq$	= kurang dari sama dengan
$\emptyset$	= faktor reduksi
δ	= lendutan
δ_{ijin}	= lendutan ijin
%	= persen
$^{\circ}\text{C}$	= derajat celcius
3D	= tiga dimensi
BC	= <i>bottom chord</i>
BJ	= berat jenis
BTR	= beban terbagi rata
C	= kapasitas
c	= koefisien geser dasar
C_D	= koefisien seret
CG	= <i>cross girders</i>
cm	= sentimeter
D	= diagonal
DLA	= <i>dynamic load allowance</i>
Ds	= derajat kejenuhan
emp	= ekuivalensi mobil penumpang
FBD	= faktor beban dinamis
f_c'	= kuat tekan beton
f_r	= tegangan tekan residual pada pelat sayap
g	= gravitasi
Hv	= <i>heavy vehicle</i>
j	= jam
Kec	= kecepatan

KEL	= <i>knife edge load</i>
Kg	= kilogram
Kg/m	= kilogram per meter panjang
Kg/m ³	= kilogram per meter kubik
kN	= kiloNewton
kN/m	= kiloNewton per meter
kN/m ²	= kiloNewton per meter persegi
kN/m ³	= kiloNewton per meter kubik
kPa	= kiloPaskal
K^R	= faktor pengurangan kekuatan
K_S	= faktor beban untuk keadaan layan
$K_{S,EF}$	= faktor beban akibat aliran sungai, hanyutan, dan batang kayu untuk keadaan layan
$K_{S,EQ}$	= faktor beban akibat pengaruh gempa keadaan layan
$K_{S,ES}$	= faktor beban akibat penurunan keadaan layan
$K_{S,ET}$	= faktor beban akibat pengaruh temperatur keadaan layan
$K_{S,EU}$	= faktor beban akibat tekanan hidrostatik dan gaya apung keadaan layan
$K_{S,MA}$	= faktor beban untuk beban mati tambahan keadaan layan
$K_{S,MS}$	= faktor beban untuk berat sendiri keadaan layan
$K_{S,PL}$	= faktor beban akibat pengaruh pelaksanaan keadaan layan
$K_{S,PR}$	= faktor beban akibat pengaruh pratekan keadaan layan
$K_{S,SR}$	= faktor beban akibat susut dan rangkai keadaan layan
$K_{S,TA}$	= faktor beban akibat tekanan tanah keadaan layan
$K_{S,TB}$	= faktor beban akibat rem keadaan layan
$K_{S,TC}$	= faktor beban akibat tumbukan pada penyangga jembatan keadaan layan
$K_{S,TD}$	= faktor beban akibat beban lajur “D” keadaan layan
$K_{S,TP}$	= faktor beban akibat pembebanan pejalan kaki keadaan layan
$K_{S,TR}$	= faktor beban akibat gaya sentrifugal keadaan layan
$K_{S,TT}$	= faktor beban akibat pembebanan truk “T” keadaan layan
K_U	= faktor beban untuk keadaan ultimit

$K_{U;EF}$	= faktor beban akibat aliran sungai, hanyutan, dan batang kayu untuk keadaan ultimit
$K_{U;EQ}$	= faktor beban akibat pengaruh gempa keadaan ultimit
$K_{U;ES}$	= faktor beban akibat penurunan keadaan ultimit
$K_{U;ET}$	= faktor beban akibat pengaruh temperatur keadaan ultimit
$K_{U;EU}$	= faktor beban akibat tekanan hidrostatik dan gaya apung keadaan ultimit
$K_{u;MA}$	= faktor beban untuk beban mati tambahan keadaan ultimit
$K_{U;MS}$	= faktor beban untuk berat sendiri keadaan ultimit
$K_{U;PL}$	= faktor beban akibat pengaruh pelaksanaan keadaan ultimit
$K_{U;PR}$	= faktor beban akibat pengaruh pratekan keadaan ultimit
$K_{U;SR}$	= faktor beban akibat susut dan rangkai keadaan ultimit
$K_{U;TA}$	= faktor beban akibat tekanan tanah keadaan ultimit
$K_{U;TB}$	= faktor beban akibat rem keadaan ultimit
$K_{U;TC}$	= faktor beban akibat tumbukan pada penyangga jembatan keadaan ultimit
$K_{U;TD}$	= faktor beban akibat beban lajur “D” keadaan ultimit
$K_{U;TP}$	= faktor beban akibat pembebanan pejalan kaki keadaan ultimit
$K_{U;TR}$	= faktor beban akibat gaya sentrifugal keadaan ultimit
$K_{U;TT}$	= faktor beban akibat pembebanan truk “T” keadaan ultimit
l	= lajur
L	= panjang jembatan
L_E	= bentang ekuivalen
L_v	= <i>light vehicle</i>
m	= meter
m^2	= meter persegi
mm	= milimeter
mm^2	= milimeter kuadrat
Mc	= <i>motor cycle</i>
m/dt	= meter per detik
m/dt^2	= meter per detik kuadrat
MPa	= megaPaskal

m/s	= meter per sekon
n_i	= jumlah lajur lalulintas rencana
N	= newton
Nm	= newton meter
Nmm	= newton milimeter
No	= nomor
Rumaja	= ruang manfaat jalan
Rumija	= ruang milik jalan
Ruwasja	= ruang pengawasan alan
S	= bentang efektif
SLS	= <i>serviceability limit state</i>
smp	= satuan mobil penumpang
ST	= <i>stringers</i>
t	= ton
TC	= <i>top chord</i>
UDL	= <i>uniform distributed load</i>
U_f	= kecepatan arus bebas
ULS	= <i>ultimate limit state</i>
v	= volume kendaraan
V_{max}	= volume maksimum
w	= berat jenis
WB	= <i>wind bracing</i>