

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN ULANG JEMBATAN KOMPOSIT
BOX GIRDER BAJA-BETON
(*COMPOSITE STEEL TUB GIRDER*)
GEOMETRIK LENGKUNG HORIZONTAL**

Studi Kasus : Jalan Layang *Light Rail Transit* Palembang P555 – P558

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Bung Hatta**

Oleh :

ALLAN SUBHAKTI

NPM : 1410015211051



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

PADANG

2019

UNIVERSITAS BUNG HATTA



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan Mengucapkan segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, berkat Rahmat dan Karunia-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul **“TINJAUAN ULANG JEMBATAN KOMPOSIT BAJA-BETON (STEEL TUB GIRDER) GEOMETRIK LENGKUNG HORIZONTAL. (STUDI KASUS : JALAN LAYANG LIGHT RAIL TRANSIT PALEMBANG P555-P558)”**

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan tahap sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta Padang.

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yaitu H. Danil Joni dan Ibu Hj. Zuraida Amir, SH, M.Si atas do'a dan dukungan yang diberikan tiada henti semoga diberikan kesehatan dan Umur yang panjang Amin Ya Allah.
2. Kedua kakak yaitu Kak Daniati Puttri SE, M.Si dan Mba Fitriani S.Kom. Terima kasih atas perhatiannya kepada penulis selama ini. Semoga dilimpahkan rezeki dan diberi umur panjang. Amin Ya Allah.
3. Bapak Dr. Nengah Tela, ST., M.Sc. Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Tomi Eriawan, ST. MT. Selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta.
5. Ibu Dr. Rini Mulyani, ST., M.Sc.(Eng) selaku ketua Jurusan Teknik Sipil dan Ibu Veronika, ST. MT selaku sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Bung Hatta.
6. Bapak Khadavi, ST, MT dan Bapak Robby Permata, ST, MT, Ph. D, sebagai dosen pembimbing, pengajar sekaligus pendidik bagi penulis. Beliau banyak memberikan saran, arahan, motivasi dan kritik yang membangun selama penulisan tugas akhir ini.

7. Bapak Ir. Indra Farni, MT dan Ibu Dr. Rini Mulyani, ST, M.Sc (Eng) selaku penguji sidang tugas akhir.
8. Dosen-dosen pengajar di Program Studi Teknik Sipil.
9. Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Bung Hatta Periode 2016/2017 yang telah mengajarkan penulis bagaimana membuka cakrawala berfikir, percaya diri, kritis dalam setiap masalah yang dihadapi.
10. Rekayasa Pratama Konsultan yang mana banyak membantu penulis sewaktu pengumpulan data untuk tugas akhir.
11. Kak Ninid, Bang Andre, dan Fadjrina, terima kasih telah banyak membantu dalam penulisan tugas akhir ini.
12. Yuhdini dan Sisri (Siboy), terima kasih telah banyak membantu dalam penulisan tugas akhir ini.
13. Dory Satria Pratama & Ardi Salam, terima kasih telah menampung penulis dalam keadaan susah maupun senang (walaupun banyak susahnyanya) pada suatu tempat dengan semboyan ”malaikat” yang kita namakan ”THP”
14. Kepada ”*Kukuruyuk E-Sport*, telah menjadi target *refreshing* penulis apabila sedang jenuh membuat tugas akhir.
15. Kawan-kawan Teknik Sipil Universitas Bung Hatta Angkatan 2014 yang telah banyak memberi motivasi bagi penulis untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Tetap semangat, kita adalah pemenang. 14 Panamuah!!

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini mungkin masih terdapat kekurangan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak, demi kesempurnaan pada masa yang akan datang, akhir kata semoga Tugas Akhir ini berguna bagi penulis sendiri dan para pembaca dan dapat mengamalkannya. Amin...

Wassalammualaikum Wr. Wb.

Padang, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Maksud & Tujuan	5
1.4. Batasan Masalah	6
1.5. Sistematika Penulisan	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Jembatan	8
2.1.1. Definisi Jembatan Secara Umum.....	8
2.1.2. Tipe-tipe Jembatan.....	8
2.1.3. Bagian-bagian Struktur Jembatan.....	17
2.2. Metodologi Perencanaan Jembatan	22
2.2.1. Pokok-pokok Perencanaan.....	22
2.2.2. Kondisi Batas	23
2.2.3. Metoda Konstruksi.....	24
2.3. Jembatan Komposit Box Girder Baja-Beton Geometrik Lengkung Horizontal	25

2.3.1. Beton.....	28
2.3.2. Baja Struktural	30
BAB 3. METODOLOGI TUGAS AKHIR	34
3.1. Studi Literatur & Pengumpulan Data	34
3.1.1. Studi Literatur	34
3.1.2. Pengumpulan Data	34
3.2. Tahap Analisa Pelat Lantai	35
3.3. Tahap Analisa Box Girder	35
3.4. Analisa Pengaku (<i>Stiffener</i>)	36
3.5. Analisa <i>Shear Connector</i>	36
3.6. Analisa Sambungan Baut.....	36
3.7. Analisa Sambungan Las.....	37
3.8. Analisa Pilar.....	37
3.9. Mekanisme Penulisan Tugas Akhir	37
BAB 4. PROSEDUR PERENCANAAN	38
4.1. Dasar-dasar Perencanaan	38
4.2. Analisa Pelat Lantai	38
4.2.1. Analisa Tebal Pelat Lantai.....	38
4.2.2. Analisa Lebar Efektif Beban.....	38
4.2.3. Perhitungan Beban Pelat Lantai.....	39
4.2.4. Perhitungan Tulangan Pelat.....	39
4.3. Analisa Box Girder	40
4.3.1. Perhitungan Beban	40
4.3.2. Kombinasi Pembebanan	46
4.3.3. Pemodelan Struktur.....	47
4.3.4. Section Properties Penampang.....	47

4.3.5. Pengecekan Girder kondisi Tahapan Konstruksi.....	47
4.3.6. Pengecekan Girder Kondisi Layan	48
4.3.7. Pengecekan Girder Kondisi Fatik.....	49
4.3.8. Pengecekan Girder Kondisi Ultimit.....	49
4.4. Analisa Pengaku / Stiffner	49
4.4.1. Pengaku Lateral Sayap Atas (<i>Top Flange Lateral Bracing</i>)	49
4.4.2. Pengaku Badan Transversal (<i>Web Transvers Stiffener</i>).....	49
4.4.3. Pengaku Dalam Girder (<i>Internal K-Frame</i>).....	50
4.4.4. Pengaku Antar Girder (<i>Diafragma</i>)	50
4.4.5. Pengaku di Tumpuan (<i>Bearing Stiffener</i>).....	50
4.4.6. Pengaku Sayap Bawah Longitudinal (<i>Bottom Flange Longitudinal Stiffener</i>).....	50
4.4.7. Pengaku Badan Longitudinal.....	50
4.5. Analisa Shear Connector	50
4.6. Analisa Sambungan Baut.....	51
4.7. Analisa Sambungan Las.....	51
4.8. Analisa Pilar.....	51
4.8.1. Balok.....	51
4.8.2. Pierleg	52
BAB 5. PERHITUNGAN STRUKTUR.....	54
5.1. Analisis Data.....	54
5.1.1. Data Perencanaan.....	54
5.1.2. Karakteristik Material	54
5.2. Preliminary Desain Penampang.....	55
5.2.1. Tinggi Girder	55
5.2.2. Dimensi.....	56

5.2.3. Jarak antar Girder.....	57
5.3. Analisa Pelat Lantai Jembatan.....	57
5.3.1. Analisa Tebal Pelat Lantai Jembatan.....	57
5.3.2. Analisa Lebar Efektif Beban.....	58
5.3.3. Pembebanan Pelat Lantai Jembatan.....	58
5.3.4. Pemodelan Pelat Lantai Jembatan.....	59
5.3.5. Penulangan Pelat Lantai Jembatan.....	60
5.4. Analisa Box Girder.....	64
5.4.1. Data Karakteristik Girder.....	64
5.4.2. Pembebanan.....	66
5.4.3. Pemodelan Struktur.....	71
5.4.4. Kontrol Terhadap Deformasi.....	80
5.4.5. Kontrol Terhadap Rotasi.....	81
5.4.6. Properties Girder.....	81
5.4.7. Perhitungan Properties Penampang.....	83
5.4.8. Pengecekan Girder Kondisi Tahapan Konstruksi.....	85
5.4.9. Pengecekan Girder Kondisi Layan.....	94
5.4.10. Pengecekan Girder Kondisi Fatik.....	105
5.4.11. Pengecekan Girder Kondisi Ultimit.....	107
5.4.12. Rekapitulasi Pengecekan Girder.....	118
5.5. Analisa Pengaku (<i>Stiffener</i>).....	119
5.5.1. Pengaku Lateral Sayap Atas (<i>Top Flange Lateral Bracing</i>).....	119
5.5.2. Pengaku Badan Transversal (<i>Web Transverse Stiffener</i>).....	126
5.5.3. Pengaku Dalam Girder (<i>Internal K- Frame</i>).....	128
5.5.4. Pengaku Antar Girder (Diafragma).....	131
5.5.5. Pengaku di Tumpuan (<i>Bearing Stiffener</i>).....	137

5.5.6. Pengaku Sayap Bawah Longitudinal (<i>Bottom Flange Longitudinal Stiffener</i>).....	141
5.5.7. Pengaku Web Longitudinal (<i>Web Longitudinal Stiffener</i>)	143
5.6. Analisa <i>Shear Connector</i>	145
5.6.1. Kondisi Fatik.....	146
5.6.2. Kondisi Ultimit	147
5.7. Analisa Sambungan Baut.....	151
5.7.1. Sambungan Baut Girder (<i>Splice Connection</i>).....	151
5.7.2. Sambungan Baut Diafragma	176
5.7.3. Sambungan Baut Pengaku Longitudinal (<i>Longitudinal Rib Connection</i>)	195
5.8. Analisa Sambungan Las.....	202
5.8.1. Sambungan Las pada Sayap Atas + Badan.....	202
5.8.2. Sambungan Las pada Sayap Bawah + Badan.....	203
5.8.3. Sambungan Las pada Sayap Bawah + rib.....	204
5.8.4. Sambungan Las pada Box + Shear Connector.....	205
5.8.5. Sambungan Las pada Diafragma Tumpuan (IWF 915.215.20.15).....	206
5.8.6. Sambungan Las pada Diafragma Tengah (IWF 2000.300.20.20)	207
5.8.7. Sambungan Las pada <i>Internal K-Frame</i>	208
5.8.8. Sambungan Las pada Pengaku Lateral Sayap Atas	209
5.9. Analisa Pilar.....	210
5.9.1. Portal P558 & P555	210
5.9.2. Pilar P557 & P556	226
5.9.3. Pengecekan Deformasi Pilar	237
BAB 6. PENUTUP	238
6.1. Kesimpulan	238
6.2. Saran	239

DAFTAR PUSTAKA.....	241
LAMPIRAN	243

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Jembatan.....	2
Gambar 1.2	Tampak Samping Jalan Layang LRT Palembang P555-P558.....	3
Gambar 1.3	Tampak Samping dan Tampak Atas Jalan Layang.....	3
Gambar 1.4	Potongan Melintang Jalan Layang LRT Palembang P555-P558.....	4
Gambar 1.5	Dimensi <i>Steel Tub Girder</i>	4
Gambar 2.1	Jembatan Jalan Raya (<i>highway bridge</i>)	8
Gambar 2.2	Jembatan Penyeberangan (<i>foot bridge</i>).....	9
Gambar 2.3	Jembatan Kereta Api (<i>railway bridge</i>)	9
Gambar 2.4	Jembatan Darurat	10
Gambar 2.5	Jembatan Kayu.....	10
Gambar 2.6	Jembatan Pasangan Batu dan Batu Bata	11
Gambar 2.7	Jembatan Beton Prategang.....	11
Gambar 2.8	Jembatan Baja	12
Gambar 2.9	Jembatan Komposit.....	12
Gambar 2.10	Jembatan Pelengkung (<i>Arch Bridge</i>).....	13
Gambar 2.11	Jembatan Gelagar (<i>Beam Bridge</i>)	13
Gambar 2.12	Jembatan <i>Cable Stayed</i>	14
Gambar 2.13	Jembatan Gantung (<i>Suspension Bridge</i>)	15
Gambar 2.14	Jembatan Beton Prategang.....	16
Gambar 2.15	Jembatan Rangka (<i>Truss Bridge</i>).....	16
Gambar 2.16	Tipe-tipe gelagar Jembatan	18
Gambar 2.17	Tipe-tipe gelagar Jembatan	19
Gambar 2.18	Tipe-tipe abutment Jembatan.....	20
Gambar 2.19	Tipe-tipe Pilar (Pier) Jembatan	21
Gambar 2.20	Klasifikasi Metode Konstruksi Jembatan	24
Gambar 2.21	Metode Konstruksi <i>Precast</i> Dengan <i>Launching Truss From The Ground</i>	25
Gambar 2.22	Metode Konstruksi <i>Precast</i> dengan <i>Lifting From The Ground With Crane</i>	25
Gambar 2.23	<i>Shear Connector</i> pada Balok Komposit	26
Gambar 2.24	Tipe-tipe Komposit <i>Box Girder</i>	28

Gambar 2.25	Komponen Komposit <i>Box Girder</i>	28
Gambar 2.26	Kurva Tegangan – Regangan Baja	31
Gambar 2.27	Kurva Tegangan – Regangan Baja Yang Diperbesar	31
Gambar 3.1	Mekanisme Penulisan Tugas Akhir	37
Gambar 4.1	Kombinasi Rangkaian LRT	41
Gambar 4.2	Skema Jarak Pembebanan Kereta LRT.....	42
Gambar 4.3	Peta Zonasi Gempa Indonesia.....	46
Gambar 5.1	Pemodelan Pelat Lantai Jembatan menggunakan SAP 2000 v.14.....	59
Gambar 5.2	Beban Mati Tambahan pada pelat Lantai Jembatan	59
Gambar 5.3	Beban T1 pada Pelat Lantai Jembatan (Alternatif 1).....	59
Gambar 5.4	Beban T2 pada Pelat Lantai Jembatan (Alternatif 2).....	59
Gambar 5.5	Diagram Momen Envelope pada Pelat Lantai Jembatan	60
Gambar 5.6	Sketsa Penulangan Pelat	64
Gambar 5.7	Sketsa Box Girder	65
Gambar 5.8	Potongan Memanjang Jembatan	66
Gambar 5.9	Skema Jarak Pembebanan LRT	67
Gambar 5.10	Desain Spektra Rencana	71
Gambar 5.11	Tampak 3D menggunakan Midas Civil 2019 v1.1	71
Gambar 5.12	Tampak atas Pemodelan menggunakan Midas Civil 2019 v1.1	72
Gambar 5.13	Beban Mati Tambahan (MA).....	72
Gambar 5.14	Beban Kereta Alternatif 1 (LL1).....	73
Gambar 5.15	Beban Kereta Alternatif 2 (LL2).....	73
Gambar 5.16	Beban Kereta Alternatif 3 (LL3).....	74
Gambar 5.17	Beban Kereta Alternatif 4 (LL4).....	74
Gambar 5.18	Beban Kereta Alternatif 5 (LL5).....	75
Gambar 5.19	Beban Kereta Alternatif 6 (LL6).....	75
Gambar 5.20	Beban Pengereman (Br).....	76
Gambar 5.21	Beban Centrifugal (CF).....	76
Gambar 5.22	Beban Temperatur Merata	76
Gambar 5.23	Beban Temperatur Variasi	77
Gambar 5.24	Beban Gempa (EQ).....	77
Gambar 5.25	Momen Kondisi Layan	78

Gambar 5.26 Geser Kondisi Layan.....	78
Gambar 5.27 Momen kondisi Ultimit.....	79
Gambar 5.28 Geser Kondisi Ultimit.....	79
Gambar 5.29 Deformasi akibat Beban Lalu Lintas (LL).....	80
Gambar 5.30 Rotasi akibat Kondisi Ultimit	81
Gambar 5.31 Momen Positif Maksimum Kondisi Tahapan Konstruksi	85
Gambar 5.32 Diagram Tegangan Kondisi Tahapan Konstruksi (Momen Positif) ...	90
Gambar 5.33 Momen Negatif Maksimum Kondisi Tahapan Konstruksi	90
Gambar 5.34 Diagram Tegangan Kondisi Tahapa Konstruksi (Momen Negatif)....	92
Gambar 5.35 Geser Maksimum Kondisi Tahapan Konstruksi	92
Gambar 5.36 Momen Positif Maksimum Kondisi Layan.....	94
Gambar 5.37 Diagram Tegangan Kondisi Layan (Momen Positif).....	100
Gambar 5.38 Momen Negatif Maksimum Kondisi Layan	100
Gambar 5.39 Diagram Tegangan Kondisi Layan (Momen Negatif)	105
Gambar 5.40 Momen Maksimum Kondisi Fatik	105
Gambar 5.41 Momen Positif Maksimum Kondisi Ultimit	107
Gambar 5.42 Diagram Tegangan Kondisi Ultimit (Momen Positif).....	111
Gambar 5.43 Momen Negatif Maksimum Kondisi Ultimit.....	111
Gambar 5.44 Diagram Tegangan Kondisi Ultimit (Momen Negatif)	116
Gambar 5.45 Geser Maksimum Kondisi Ultimit.....	116
Gambar 5.46 Pengaku Lateral Sayap Atas	119
Gambar 5.47 Tipe-tipe <i>Top Flange Lateral Bracing</i>	119
Gambar 5.48 Potongan Melintang Top Flange Lateral Bracing.....	120
Gambar 5.49 Penampang <i>Top Flange Lateral Bracing</i>	120
Gambar 5.50 <i>Web Transvers Stiffener</i>	126
Gambar 5.51 <i>Internal K- Frame</i>	128
Gambar 5.52 Penampang Internal K-Frame	128
Gambar 5.53 Diafragma Tengah	131
Gambar 5.54 Penampang Diafragma Tengah.....	131
Gambar 5.55 Diafragma Tumpuan	134
Gambar 5.56 Penampang Diafragma Tumpuan	134
Gambar 5.57 <i>Bearing Stiffener</i>	137

Gambar 5.58 <i>Bottom Flange Longitudinal Stiffener</i>	141
Gambar 5.59 <i>Web Longitudinal Stiffener</i>	143
Gambar 5.60 <i>Shear Connector</i>	145
Gambar 5.61 <i>Stud</i>	145
Gambar 5.62 Lokasi <i>Splice Connection</i>	151
Gambar 5.63 Sketsa Baut pada Sayap Atas	158
Gambar 5.64 Sketsa Baut pada Sayap Bawah	165
Gambar 5.65 Sketsa Baut pada Web	175
Gambar 5.66 Sketsa Baut pada Diafragma Tumpuan.....	185
Gambar 5.67 Sketsa Baut pada Diafragma Tengah.....	195
Gambar 5.68 Sketsa Baut pada Longitudinal Rib.....	201
Gambar 5.69 Portal P558.....	210
Gambar 5.70 Momen pada Balok.....	210
Gambar 5.71 Momen pada Pilar P558 & P555	217
Gambar 5.72 Diagram Interksi Pilar P558.....	220
Gambar 5.73 Sketsa Penulangan Portal P558 dan P555.....	225
Gambar 5.74 Momen pada Pilar	228
Gambar 5.75 Diagram Interksi Pilar P557 & P556	231
Gambar 5.76 Sketsa Penulangan Pilar P557 & P556	236

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Sifat Mekanis Baja Struktural	33
Tabel 4.1 Komposisi Pembebanan.....	41
Tabel 4.2 Komposisi Kapasitas Penumpang.....	41
Tabel 4.3 Komposisi Beban Kereta	41
Tabel 4.4 Temperatur Jembatan rata-rata Nominal	44
Tabel 4.5 Sifat Bahan rata-rata akibat Pengaruh Temperatur.....	44
Tabel 5.1 Klasifikasi Situs	69
Tabel 5.2 Desain Spektra Rencana	70
Tabel 5.3 Properties Penampang Non-Komposit	83
Tabel 5.4 Properties Penampang <i>Short – Term</i> Komposit (n).....	84
Tabel 5.5 Properties Penampang <i>Long – Term</i> Komposit (3n)	84
Tabel 5.6 Rekapitulasi Pengecekan Girder Momen Positif.....	118
Tabel 5.7 Rekapitulasi Pengecekan Girder Momen Negatif	118
Tabel 5.8 Pengecekan Deformasi pada Pilar	237