

SKRIPSI
ANALISIS KINERJA STRUKTUR *COMPOSITE BOX GIRDER* STUDI KASUS JEMBATAN LRT (*LIGHT RAIL TRANSIT*) SIMPANG CHARITAS PALEMBANG



ASWADI IRSYADILLAH

03011281419108

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2018

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KINERJA STRUKTUR
COMPOSITE BOX GIRDER
STUDI KASUS JEMBATAN LRT (LIGHT RAIL TRANSIT)
SIMPANG CHARITAS PALEMBANG**

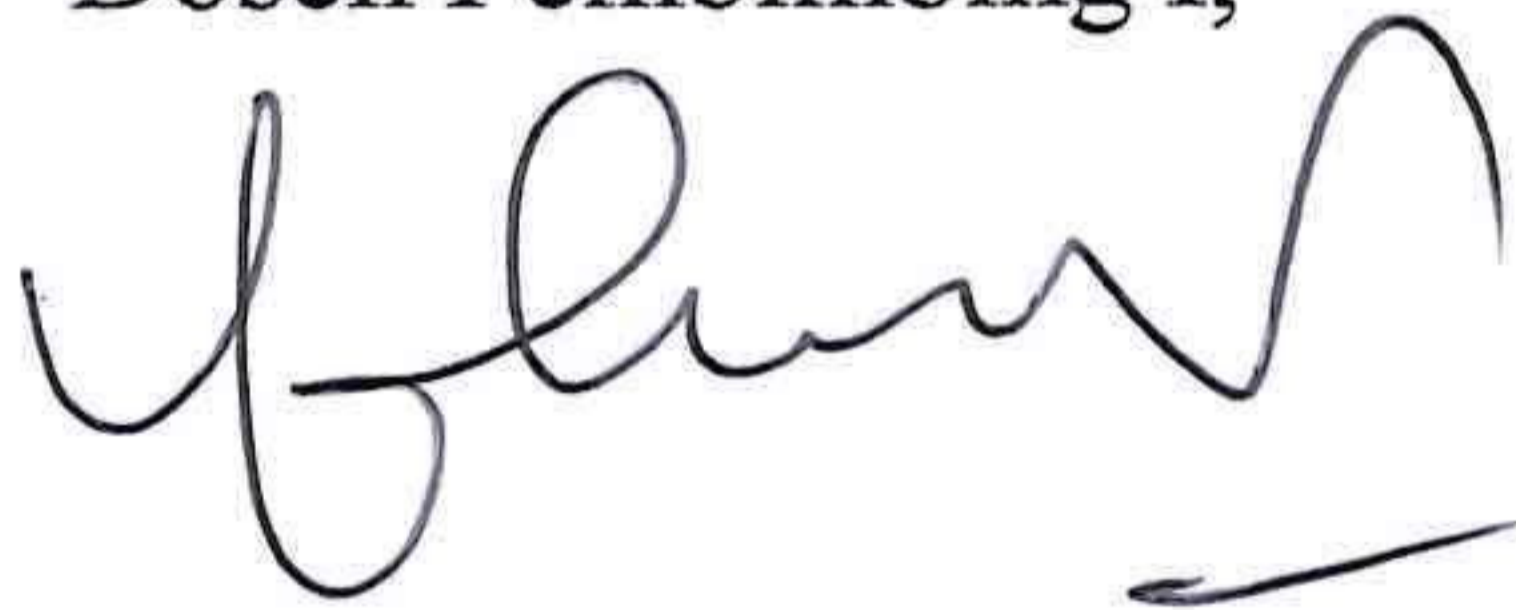
SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

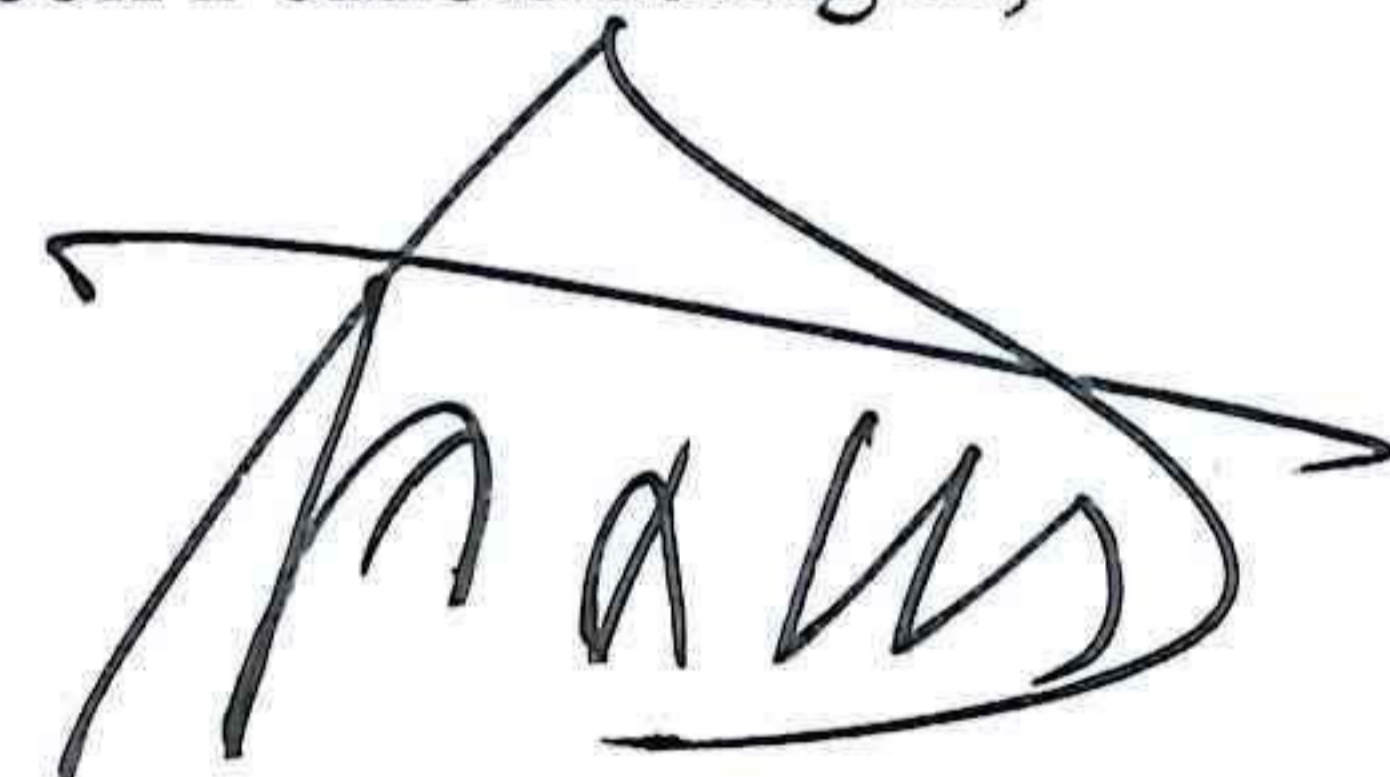
**ASWADI IRSYADILLAH
03011281419108**

Dosen Pembimbing I,



Ir. H. Yakni Idris, M.Sc.
NIP. 197610312002122001

Palembang, September 2018
Dosen Pembimbing II,



Ir. H. Rozirwan, M.T.
NIP. 195603141985031020

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Helmi Hakki, M. T.
NIP. 196107031991021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisis Kinerja Struktur *Composite Box Girder* Studi Kasus Jembatan LRT (*Light Rail Transit*) Simpang Charitas Palembang” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 September 2018.

Palembang, September 2018
Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

Pembimbing:




1. **Ir. H. Yakni Idris, M.Sc.**
NIP. 197610312002122001
2. **Ir. H. Rozirwan, M.T.**
NIP. 195603141985031020


(.....)

(.....)

Penguji:

1. **Dr. Ir. Hanafiah, M.S.**
NIP.195603141985031002
2. **Ahmad Muhtarom, S.T., M.Eng.**
NIP. 198208132008121002
3. **Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.**
NIP. 1671045705770009


(.....)

(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Helmi Haki, M.T.
NIP. 196107031991021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aswadi Irsyadillah

NIM : 03011281419108

Judul : ANALISIS KINERJA STRUKTUR COMPOSITE BOX GIRDER
STUDI KASUS JEMBATAN LRT (LIGHT RAIL TRANSIT)
SIMPANG CHARITAS PALEMBANG

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Desember 2018

Yang membuat pernyataan,



Aswadi Irsyadillah

NIM. 03011281419108

HALAMAN PESETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aswadi Irsyadillah

NIM : 03011281419108

Judul : ANALISIS KINERJA STRUKTUR COMPOSITE BOX GIRDER
STUDI KASUS JEMBATAN LRT (LIGHT RAIL TRANSIT)
SIMPANG CHARITAS PALEMBANG

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Desember 2018

Yang membuat pernyataan,



Aswadi Irsyadillah

NIM. 03011281419108

RIWAYAT HIDUP

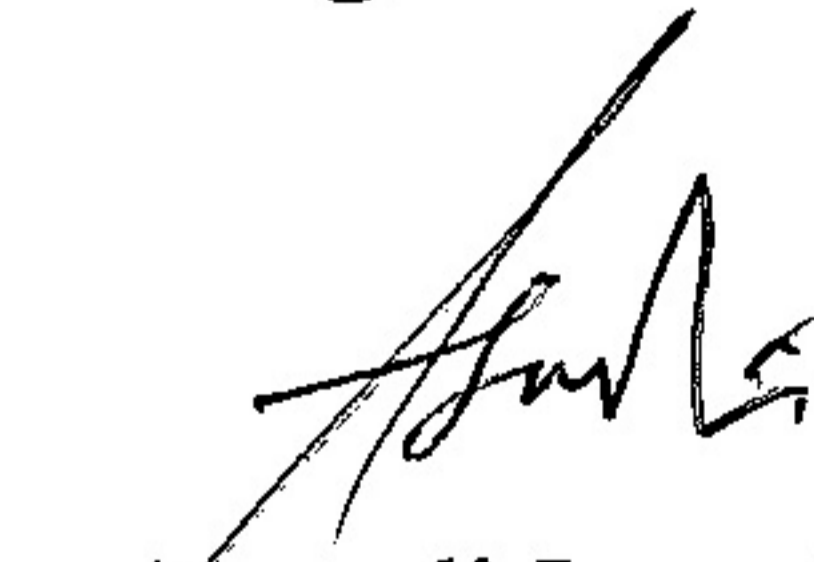
Nama Lengkap : Aswadi Irsyadillah
Tempat Lahir : Palembang
Tanggal Lahir : 27 April 1997
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Warga Negara : Indonesia
Alamat : Jl. MP Mangkunegara Komplek Vila Tanjung Harapan
Blok D-1 Kenten Palembang
Nama Orang Tua : Ahmad Firdaus
Atika Soleh
Alamat Orang Tua : Jl. MP Mangkunegara Komplek Vila Tanjung Harapan
Blok D-1 Kenten Palembang
No. HP : 081278714047
E-mail : icat_irsyad@yahoo.co.id

Riwayat Pendidikan

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Muhammadiyah 6 Palembang	-	-	-	2002-2008
SMP PUSRI PALEMBANG	-	-	-	2008-2011
SMA Muhammadiyah 1 Palembang	-	IPA	-	2011-2014
Universitas Sriwijaya	Teknik	T. Sipil	S-1	2014-2018

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Aswadi Irsyadillah
NIM.03011181320108

KATA PENGANTAR

Syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. Karena diberikannya berkat dan rahmat dari-Nya dapat terselesaikan proposal tugas akhir ini dengan baik. Penulis juga sangat berterimakasih atas bantuan moril maupun materil yang telah diberikan ketika penyusunan proposal ini, terkhusus diucapkan kepada.

1. Bapak, Ibu, dan Kak Abiet dan Aak untuk semangat, doa, dan nasihat yang telah diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Ir. Subryer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah turut membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. H. Yakni Idris, M.Sc. dan Ir. H. Rozirwan sebagai dosen pembimbing penulis dalam menyusun laporan tugas akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan saya Ahmad Azhari, S.T. , Samuel Valentino Ambarita, S.T., Rizki Arisandi, S.T., Wendy Septian Dwi Putra, S.T., Ajie Rizky Nabawi, S.T., yang telah meluangkan waktu, tenaga dan materi untuk menghabiskan waktu untuk mengerjakan laporan tugas akhir ini dan telah menghibur penulis dengan bermain FIFA 18.

Demikian penulis memiliki kesadaran bahwa proposal ini belum sempurna, maka penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga dibuatnya proposal tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Inderalaya, September 2018

Aswadi Irsyadillah

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan.....	iii
Halaman Pernyataan Integritas	iv
Halaman Pernyataan Publikasi.....	v
Riwaya Hidup.....	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penulisan.....	2
1.4. Ruang Lingkup Pembahasan.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
2. DASAR TEORI	
2.1. Sifat Mekanik Baja.....	4
2.2. Metode <i>Finite Element</i> untuk <i>Box Girder</i>	6
2.3. Komponen Gelagar Komposit.....	9
2.3.1. Gelagar Komposit	9
2.3.2. Perkuatan (<i>bracing</i>).....	9
2.3.3. Penghubung Geser (<i>Shear Conncector</i>).....	11
2.3.4. <i>Steel Deck</i>	12
2.3.5. Lebar Efektif Balok Komposit	14
2.3.6. Kuar Momen Nominal Balok Pelat Berdinding Penuh.....	14
2.4. Kereta Api dan Jalur Kereta Api.....	14
2.4.1. Batang Rel.....	16
2.4.2. Bantalan Rel.....	17
2.4.3. Pelat Landas	18

2.4.4. Penambat Rel	18
2.4.5. Pelat Penyambung Rel	18
2.4.6. Wesel.....	19
3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Studi Literatur	21
3.2. Pengumpulan Data	21
3.2.1. Desain Struktur	21
3.2.2. Beban dan Kombinasi Pembebanan pada LRT	22
3.2.3. Kombinasi Pembebanan.....	24
3.3. Permodelan dan <i>Import</i> 3D Model	25
3.4. Input Data SAP2000	26
3.5. Output Data SAP2000.....	26
3.6. Kontrol Analisis	26
3.7. Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	27
4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data Umum.....	28
4.2. Permodelan Struktur	28
4.3. Perletakan.....	29
4.4. Data Input.....	29
4.4.1. <i>Mechanical Properties</i> Material.....	29
4.4.2. Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan.....	30
4.4.2.1. Beban Mati (DL).....	30
4.4.2.2. Beban Hidup Kendaraan (LL)	31
4.4.2.3. Beban Kejut (I)	32
4.4.2.4. Beban Angin (WS dan WL).....	33
4.4.2.5. Beban Gempa.....	35
4.4.2.6. Beban Rem dan Traksi.....	37
4.4.2.7. Kombinasi Pembebanan	37
4.4.3. <i>Meshing Size</i>	40
4.5. Lendutan Struktur.....	41
4.6. Tegangan Struktur.....	42
BAB 5 PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran.....	44

DAFTAR PUSTAKA	46
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Sifat Mekanik Baja.....	6
Tabel 2.2. Sifat Mekanis Baja Struktural	6
Tabel 2.3. Ukuran Masing-masing Penampang <i>Box Girder</i>	7
Tabel 2.4. Nilai Momen Maksimum pada <i>Box Girder</i> Persegi dan Trapesium ...	8
Tabel 2.5. Klasifikasi Jalan Rel 1067 mm	15
Tabel 2.6. Klasifikasi Jalan Rel 1435 mm	16
Tabel 2.7. Dimensi Penampang Rel	17
Tabel 3.1. Kombinasi Pembebanan <i>Ultimate</i> (U1) dan <i>Service</i> (U2)	25
Tabel 4.1. <i>Mechanical Properties</i> dari gelagar dan <i>Bracing</i>	30
Tabel 4.2. Spesifikasi Komponen Struktur Berbahan Beton Bertulang.....	30
Tabel 4.3. Jenis Rangkaian LRT	31
Tabel 4.4. Komposisi Beban Kereta Ditambah Penumpang.....	32
Tabel 4.5. Data Perencanaan Gempa	36
Tabel 4.6. Hubungan Antara Perioda dan Koefisien Gempa Elastik, C_{sm} (g) ...	36
Tabel 4.7. Kombinasi Pembebanan <i>Ultimate</i> 1.....	37
Tabel 4.8. Kombinasi Pembebanan <i>Ultimate</i> 2 dan 3	38
Tabel 4.9. Tabel Kombinasi Pembebanan <i>Ultimate</i> U4.....	38
Tabel 4.10. Kombinasi Pembebanan <i>Service</i> S1 dan S2.....	39
Tabel 4.11. Kombinasi Pembebanan <i>Service</i> S3.....	39
Tabel 4.12. Kombinasi Pembebanan <i>Service</i> S4.....	39
Tabel 4.13. Lendutan Arah Z Masing-masing Kombinasi Beban	41
Tabel 4.14. Kontrol Tegangan pada <i>Section</i> A dan B pada Bentang 63 m.....	43
Tabel 4.15. Kontrol Tegangan pada tengah bentang.....	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.	Kurva Hubungan Tegangan (f) vs Regangan 5
Gambar 2.2.	Bagian Kurva Tegangan-tegangan yang Diperbesar 5
Gambar 2.3.	<i>Detail Box Girder</i> Bentuk Persegi dan Trapesium 7
Gambar 2.4.	Kurva Hubungan antara Momen dan Panjang Bentang <i>Rectangular Box Girder</i> 8
Gambar 2.5.	Kurva Hubungan antara Momen dan Panjang Bentang <i>Trapeziodal Girder</i> 8
Gambar 2.6.	<i>Detail</i> dari <i>Support Bracing</i> pada ujung Perletakan Jembatan ... 10
Gambar 2.7.	<i>Intermediate Bracing</i> Sistem Rangka Segitiga dan Sistem Baja <i>Channel</i> 10
Gambar 2.8.	<i>Plan Cross Bracing</i> pada Jembatan <i>Composite</i> 11
Gambar 2.9.	<i>Stud</i> dan <i>Steel Deck</i> pada Gelagar Komposit..... 12
Gambar 2.10.	Penampang Melintang <i>Steel Deck</i> dan <i>Stud</i> 13
Gambar 2.11.	Lebar Efektif Gelagar Komposit..... 14
Gambar 2.12	Dimensi Penampang Rel 17
Gambar 2.13.	Komponen Wesel..... 19
Gambar 3.1.	Potongan Denah Struktur Bentang P566 dan P562 22
Gambar 3.2.	Potongan Denah Struktur Bentang P562 dan P563 22
Gambar 3.3.	Potongan Denah Struktur Bentang P563 dan P564 22
Gambar 3.4.	Beban dan Komponen LRT dengan Dua MC-car dan Satu T- car (3G) 23
Gambar 3.5.	Diagram Alir Penelitian..... 27
Gambar 4.1.	Model Struktur 3D Tampak 1 28
Gambar 4.2.	Denah Perletakan 29
Gambar 4.3.	Dimensi Beton Bertulang pada <i>Slab Deck</i> , <i>Slab Track</i> dan Parapet 30
Gambar 4.4.	Distribusi Beban Angin pada Struktur..... 33
Gambar 4.5.	Distribusi Beban Angin pada Kereta 34
Gambar 4.6.	Kasus Beban Angin Arah –X Kereta Jalur 1A-1B 34
Gambar 4.7.	Kasus Beban Angin Arah X Kereta Jalur 1A-1B 34
Gambar 4.8.	Kasus Beban Angin Arah –X Kereta Jalur 2A-2B 35

Gambar 4.9.	Kasus Beban Angin Arah X Kereta Jalur 2A-2B	35
Gambar 4.10.	Respons Spektrum (Tanah Lunak)	36
Gambar 4.11.	Tampak Pembagian <i>Meshing</i> pada Struktur	40
Gambar 4.12.	Perilaku Lendutan Struktur	41
Gambar 4.13.	Diagram Tegangan pada Bentang 63m.....	42
Gambar 4.14.	Hasil Tegangan <i>Box Girder</i> dari SAP2000.....	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumatera Selatan merupakan suatu provinsi yang mengalami perkembangan yang cukup pesat dari segi pembangunan infrastruktur. Perkembangan yang cukup pesat ini tidak lepas dari peningkatan dalam sektor industri dan yang paling menonjol adalah dalam segi pariwisata olahraga. Untuk menunjang peningkatan tersebut, maka pemerintah kota Palembang melakukan inovasi berupa pembuatan *Light Rail Transit* (LRT). LRT merupakan suatu mega proyek yang berada di kota Palembang. LRT memiliki panjang 24,5 km dan memiliki 14 stasiun dengan 1 stasiun depo.

LRT terkhusus untuk kota Palembang menggunakan jalur yang berada di median jalan dan juga berada di atas permukaan tanah (*elevated rail*). Konstruksi yang berada diatas permukaan biasanya memiliki model seperti konstruksi jembatan yaitu terdiri dari pilar-pilar yang biasanya berfungsi sebagai dudukan dari gelagar. Pilar-pilar tersebut juga memiliki jarak tertentu dan ketinggian tiap pilar memiliki variasi mengikuti kontur permukaan tanah. Gelagar merupakan balok yang duduk diantara 2 pilar. Untuk pembangunan LRT terkhusus untuk tikungan pada jalur LRT mayoritas menggunakan *composite box girder*.

Composite box girder menjadi perhatian khusus dikarenakan bentuk dan karakteristik dari *composite box girder* tersebut jarang ditemui di kota Palembang. Bentuk dari gelagar tersebut memiliki kelengkungan yang bervariasi. Akibat kelengkungan yang dimiliki oleh gelagar tersebut bukan tidak mungkin apabila tidak lakukan analisis dengan baik akan terjadi guling terhadap gelagar tersebut yang diakibatkan oleh beban yang datang dalam hal ini adalah kereta LRT tersebut.

Perhitungan beban harus diperhitungkan dengan cermat agar *composite box girder* tetap aman dalam segala kondisi. Untuk analisis gelagar komposit masih sangat sedikit sekali referensi yang bisa dijadikan pedoman dalam menganalisisnya. Hunley dan Harik (2012) telah melakukan penelitian tentang *composite box girder* dimana mereka menganalisis faktor redundansi dari *composite box girder* itu dimana komponen-komponen yang berlebihan dianalisis seperti kelengkungan

dengan radius yang berbeda ataupun terhadap panjang gelagar itu sendiri. Dalam melakukan analisis akan digunakan perangkat lunak berupa SAP2000 dikarenakan SAP2000 merupakan aplikasi yang secara umum dapat digunakan untuk model struktur konstruksi. Oleh karena itu, dalam laporan tugas akhir ini mengambil bahasan dengan judul “Analisis Kinerja Struktur *Composite Box Girder* Studi Kasus Jembatan LRT (*Light Rail Transit*) Simpang Charitas Palembang”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang, permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara analisis terhadap lendutan struktur *composite box girder* jembatan LRT (*Light Rail Transit*) ?
2. Bagaimana cara analisis terhadap tegangan pada struktur *composite box girder* jembatan LRT (*Light Rail Transit*) ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian tentang *steel box girder* jembatan LRT (*Light Rail Transit*) ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui analisis terhadap lendutan pada struktur *composite box girder* jembatan LRT.
2. Mengetahui analisis terhadap tegangan pada struktur *composite box girder* jembatan LRT.

1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Pembahasan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan bangunan LRT (*Light Rail Transit*) tepatnya di ZONA 3 simpang Charitas kota Palembang yang meliputi analisis dan perencanaan struktur *composite box girder* LRT (*Light Rail Transit*) dengan bantuan program SAP2000. Perhitungan dengan cara manual hanya dilakukan untuk menghitung beban yang bekerja pada struktur, kontrol hasil perencanaan dari program SAP2000 dan menghitung berat material. Pada penelitian ini tidak menghitung *pier*, *slab deck*, *slab track*, parapet, pondasi, *pile cap* dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan proposal laporan tugas akhir ini dijelaskan pada penjelasan berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini termasuk latar belakang, perumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, metode penelitian, ruang lingkup pembahasan dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan berupa kajian literatur mengenai beberapa teori, temuan dan penelitian terdahulu yang digunakan sebagai rujukan untuk melakukan penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini meliputi metode yang diperlukan dalam penelitian, metode pengumpulan data, teknik penyajian dan analisis data yang digunakan

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi penjelasan hasil analisis serta penjabaran data-data yang didapat dari analisis tersebut yang dapat berupa tabel atau grafik.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini merupakan penutup yang terdiri dari kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Huang, Dongzhou, 2001. *Dynamic Analysis of Steel Curved Box Girder Bridges. Journal of Bridge Engineering*. Volume 6 Issue 6.
- Huang, Dongzhou, 2008. *Full-Scale Test and Analysis of a Curved Steel-Box Girder Bridge. Journal of Bridge Engineering*. Volume 13 Issue 5.
- Hunley, C. Tony dan Issam E. Harik, 2012. *Structural Redundancy Evaluation of Steel Tub Girder Bridges. Journal of Bridge Engineering*. Volume 17 Issue 3.
- Kim, Kyungsik, 2006. *Brace Forces in Steel Box Girders with Single Diagonal Lateral Bracing Systems. Journal of Bridge Engineering*. Volume 13 Issue 8.
- McCormac, Jack C. dan Stephen F. Csernak, 2012. *Structural Steel Design Fifth Edition*. New Jersey: Pearson Education.
- PM No.60. 2012. *Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Indonesia: Kementerian Perhubungan.
- RSNI T-03-2005. *Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan*. Indonesia: Standar Nasional Indonesia.
- RSNI T-02-2005. *Standar Pembebanan untuk Jembatan*. Indonesia: Standar Nasional Indonesia.
- Setiawan, Agus, 2013. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.
- SNI 03-2833-2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan*. Indonesia: Standar Nasional Indonesia.

SNI 03-1729-2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Indonesia: Standar Nasional Indonesia.

Thakai, R., Deshpande, R., dan Bedkihal, S., (2016), *Parametric Study on Behavior of Box-Girder Bridges Using Finite Element Method*.