



**TUGAS AKHIR - RC 141501**

**STUDI PERILAKU STRUKTUR JEMBATAN  
PEJALAN KAKI AKIBAT BEBAN STATIS DAN  
DINAMIS DARI BEBAN MANUSIA BERJALAN**

**FAUZI ALANTIA  
NRP 3112 106 043**

**Dosen Pembimbing  
Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - RC 141501**

**STUDY OF BEHAVIOUR OF FOOT BRIDGE  
STRUCTURE SUBJECTED TO STATIC AND  
DYNAMIC LOADS FROM HUMAN WALKING  
LOADS**

**FAUZI ALANTIA  
NRP 3112 106 043**

**SUPERVISOR  
Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015**

**STUDI PERILAKU STRUKTUR JEMBATAN  
PEJALAN KAKI AKIBAT BEBAN STATIS DAN  
DINAMIS DARI BEBAN MANUSIA BERJALAN**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**FAUZI ALANTIA**  
NRP. 3112 106 043

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

**Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 1970 0201 1995 122061



*E. Wahyuni*

**JANUARI, 2015**

# STUDI PERILAKU STRUKTUR JEMBATAN PEJALAN KAKI AKIBAT BEBAN STATIS DAN DINAMIS DARI BEBAN MANUSIA BERJALAN

Nama Mahasiswa : Fauzi Alantia  
NRP : 3112106043  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing : Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D

## Abstrak

*Perencanaan Jembatan Pejalan Kaki di Indonesia dengan pedoman SNI hanya memperhitungkan beban hidup sebagai beban statis, bukan beban dinamis. Apabila beban manusia tersebut tidak dipertimbangkan sebagai beban dinamis maka dapat menjadi penyebab kegagalan struktur. Karena alasan itu, Studi beban dinamis pada jembatan pejalan kaki menggunakan British Standard (BS5400-2 2006).*

*Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh beban manusia bergerak pada struktur Jembatan Pejalan kaki (Jembatan Gantung). Dalam studi ini dilakukan pemilihan model beban akibat manusia bergerak dari literature yang ada (Ellis, 2004). Dalam penelitian ini model beban manusia adalah beban manusia individu dan berkelompok. Dengan menggunakan software SAP2000, pembebanan ini akan dihitung secara dinamis, sehingga akibat beban manusia sebagai beban dinamis akan menghasilkan getaran vertikal dan horizontal pada struktur.*

*Untuk mode pertama dari struktur Jembatan pejalan kaki didominasi oleh arah horizontal dengan frekuensi alami 1.73 Hz, yang mana telah memenuhi ketentuan British Standard (BS5400-2 2006) serta dari hasil analisa diketahui pula bahwa tidak terjadi resonansi pada struktur jembatan*

akibat beban manusia berjalan. Lentutan maksimum pada Jembatan akibat manusia berjalan secara individual adalah sebesar  $-3,4$  mm (waktu tempuh 22 s), lentutan maksimum pada Jembatan akibat manusia berjalan secara berkelompok adalah sebesar  $-35,7$  mm (waktu tempuh 34 s), sedangkan lentutan maksimum pada Jembatan akibat beban hidup merata sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$  adalah  $-103$ . Ketiga nilai ini lebih rendah daripada nilai ijin lentutan pada jembatan yaitu sebesar 120 mm. Lentutan jembatan gantung akibat beban statis tersebut lebih besar daripada lentutan akibat beban dinamis.

**Kata Kunci:** Jembatan Pejalan Kaki, Beban Dinamis, Manusia Berjalan, Jembatan Gantung

# **STUDY OF BEHAVIOUR OF FOOTBRIDGE STRUCTURE SUBJECTED TO STATIC AND DYNAMIC LOADS FROM HUMAN WALKING LOADS**

**Name** : Fauzi Alantia  
**NRP** : 3112106043  
**Major** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Supervisor** : Endah Wahyuni, ST., MSc., Ph.D

## ***Abstract***

*Footbridge design in Indonesia with SNI guidelines only considers a live load as a static load, but not a dynamic load. The kind of loads is not considered as dynamic loads that could be the cause of structural failure. Because of the reason, to study the dynamic load on footbridge uses British Standard (BS5400-2 2006).*

*This study aimed to investigate the effect of human-induced dynamic loads on footbridge (Suspension Bridge). The model of the dynamic loads was found from the existing literature (Ellis, 2004). In this study the human loads were modelled as individual and group walking loads. These loads were calculated as a dynamic-load thus the responses on structures would be as vertical and horizontal vibrations, by using SAP2000.*

*The first mode of footbridge was dominated by horizontal direction with the natural frequency of 1,76 Hz which was less than the allowance of 1,5 Hz (BS5400-2 2006). The result of analysis also found that there was no resonance on footbridge due to human dynamic loads. The maximum displacement due to individual human walking loads on the footbridge of -3.4 mm (travel time = 22 s) and the maximum*

*displacement due to human group walking loads on the footbridge of -35.7 mm (travel time = 34 s), while the maximum displacement due to distributed live loads ( $500 \text{ kg/m}^2$ ) of -103.95 mm, which occurs in the middle of the bridge span. Three values above displacement were lower than the allowance value of 120 mm. The displacement subjected to static loads was bigger than the displacement subjected to dynamic loads.*

**Keyword: Footbridge, Dynamic Load, Human Moving Load, Suspension Bridge**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah S.W.T, atas petunjuk dan kemudahan-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Studi Perilaku Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Statis Dan Dinamis Dari Manusia Berjalan.**

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Endah Wahyuni, ST., M.S.c., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Djoko Irawan, Ms., selaku dosen wali.
3. Budi Suswanto, ST., MT, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
4. Dr. Ir. Edijatno, selaku Kaprodi S1 Lintas Jalur.
5. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh staf dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
7. Teman - teman seperjuangan rekan - rekan mahasiswa Lintas Jalur Teknik Sipil FTSP-ITS.

Penulis Menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Januari 2015

Penulis





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak .....	vii
Kata Pengantar .....	xi
Daftar Isi .....	xiii
Daftar Gambar .....	xvii
Daftar Tabel .....	xxi

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat .....	4

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Umum .....	5
2.2 Getaran .....	6
2.2.1 Getaran Bebas ( <i>Free Vibration</i> ) .....	6
2.2.1.1 Getaran Bebas Tak Teredam .....	6
2.2.1.2 Getaran Bebas Teredam .....	8
2.2.2 Getaran Dipaksa ( <i>Forced Vibration</i> ).....	9
2.2.2.1 Getaran Dipaksa Tak Teredam .....	9
2.2.2.2 Getaran Dipaksa Teredam .....	10
2.3 Beban Dinamis Manusia Berjalan .....	11
2.4 Jembatan Penyebrangan Orang .....	17

### **BAB III METODOLOGI**

3.1	Uraian Tahapan Studi .....	19
3.2	Rancangan Studi .....	22
3.3	Lokasi Studi .....	41

### **BAB IV PERENCANAAN DAN KONTROL STRUKTUR JEMBATAN PEJALAN KAKI**

4.1	Data - Data Perencanaan .....	27
4.2	Data - Data Teknis .....	27
4.2.1	Jembatan Pejalan Kaki .....	27
4.2.2	Spesifikasi Jembatan Gantung .....	28
4.3	Pemodelan Struktur Jembatan Gantung.....	28
4.3.1	Mendefinisikan Data material dan Dimensi Penampang Element Struktur Jembatan Pejalan Kaki .....	29
4.3.2	Pembebanan Struktur Jembatan Gantung.....	34
4.4	Cek Desain Struktur Jembatan Gantung .....	46
4.5	Tahapan Pembebanan dalam Analisa Struktur .....	46
4.5.1	Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan .....	47
4.6	Kontrol Tegangan Balok Memanjang .....	50
4.7	Check Design Element Struktur .....	52

### **BAB V ANALISA DINAMIS STRUKTUR**

5.1	Natural Frekuensi.....	69
5.2	Mode Shape (Bentuk Model).....	69
5.3	Beban Manusia .....	75
5.3.1	Pejalan Kaki - Pengaruh Tindakan Pemodelan Relevan .....	75
5.3.2	Beban Manusia pada Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki.....	77
5.4	Deformed Shape .....	79
5.5	Frekuensi Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Dinamis Manusia.....	80
5.6	Displacement Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Dinamis Manusia.....	83

5.6.1	Displacement Akibat Beban Manusia Berjalan Individual.....	84
5.6.2	Displacement Akibat Beban Manusia Berjalan Berkelompok .....	85
5.6.3	Displacement Akibat Beban Hidup Merata Sebesar 500 kg/m <sup>2</sup> .....	86

## **BAB VII PENUTUP**

6.1	Kesimpulan .....	87
6.2	Saran .....	88

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>89</b>
-----------------------------	-----------

## **LAMPIRAN**



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Getaran bebas tanpa peredam .....	8
Gambar 2.2	Time-domain model gaya pada arah vertikal dan horizontal .....	16
Gambar 3.1	Diagram alir studi perilaku dinamis struktur Jembatan Pejalan Kaki.....	21
Gambar 3.2	Lokasi Studi .....	25
Gambar 3.3	Potongan memanjang jembatan .....	25
Gambar 3.4	Denah tampak atas jembatan .....	25
Gambar 4.1	Tampilan <i>Gridline</i> jembatan pejalan kaki .....	29
Gambar 4.2	Tampilan menu <i>Material Property Data</i> .....	30
Gambar 4.3	Tampilan Menu <i>Frame Properties</i> .....	31
Gambar 4.4	Tampilan Menu <i>Cable Section Data</i> .....	32
Gambar 4.5	Tampilan Menu <i>Shell Section Data</i> .....	33
Gambar 4.6	Hasil Akhir Pemodelan Struktur Jembatan.....	34
Gambar 4.7	Tampilan Menu <i>Define Load Pattern</i> .....	35
Gambar 4.8	Tampilan Menu <i>Time History Definition</i> .....	37
Gambar 4.9	Tampilan Menu General Vehicles Data.....	38
Gambar 4.10	Tampilan Menu <i>Bridge Lane Data</i> .....	39
Gambar 4.11	Tampilan Menu <i>Define Load Pattern</i> .....	39
Gambar 4.12	Tampilan Menu <i>Load Case Data</i> .....	40
Gambar 4.13	Tampilan Menu <i>Load Case Data Mode</i> .....	41
Gambar 4.14	Tampilan Menu <i>Load Case Data Linier Multi step Static</i> .....	41
Gambar 4.15	Tampilan Menu <i>Load Case Data</i> .....	42
Gambar 4.16	Tampilan Menu <i>Define Load Cases</i> .....	43
Gambar 4.17	Tampilan Menu <i>Area Uniform Loads to Frames</i> .....	44
Gambar 4.18	Tampilan Menu <i>Joint Force</i> .....	44
Gambar 4.19	3D View <i>Wind Force</i> pada Jembatan Gantung .....	45
Gambar 4.20	Grafik pembebanan untuk pejalan kaki .....	47

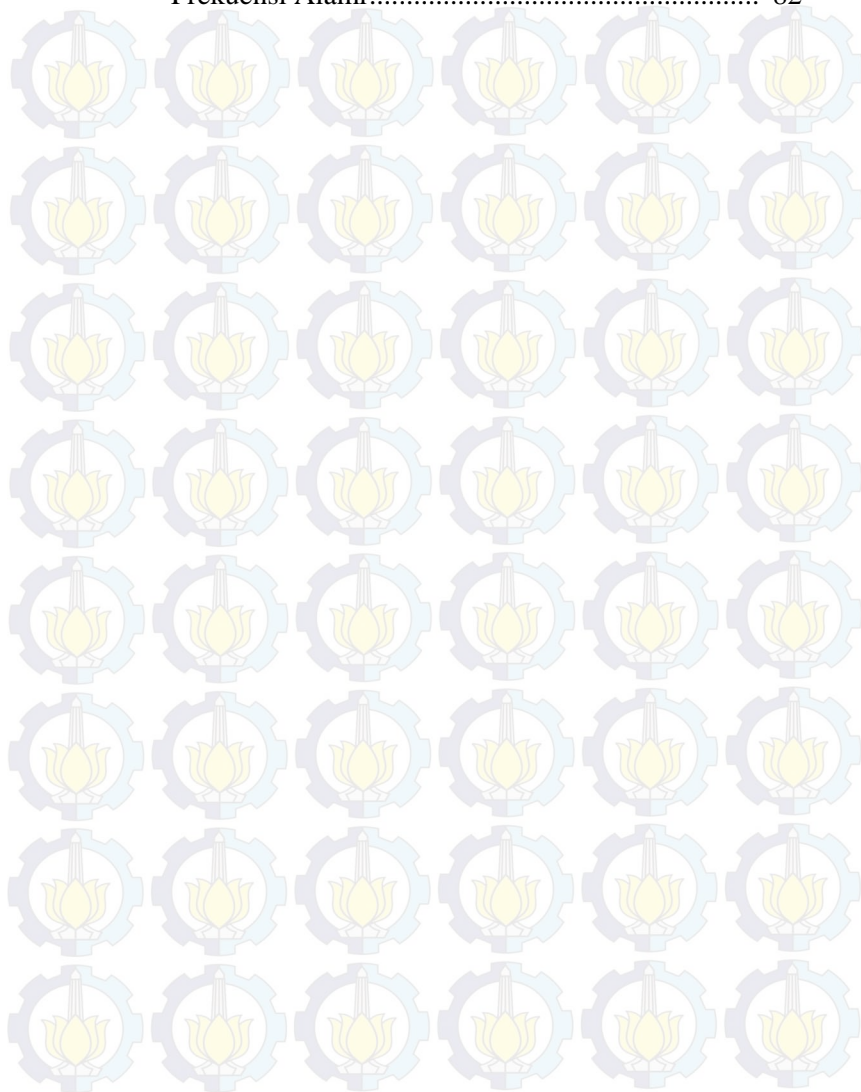
Gambar 4.21	Sketsa Balok Memanjang .....	50
Gambar 4.22	Check Design Kabel Penggantung $\varnothing 5/8''$ .....	62
Gambar 4.23	Check Design Kabel Penggantung $\varnothing 32\text{mm}$ ....	64
Gambar 5.1	Mode 1 Jembatan Gantung Pejalan Kaki.....	70
Gambar 5.2	Mode 2 Jembatan Gantung Pejalan Kaki.....	70
Gambar 5.3	Mode 3 Jembatan Gantung Pejalan Kaki.....	71
Gambar 5.4	Mode 4 Jembatan Gantung Pejalan Kaki.....	71
Gambar 5.5	Mode 5 Jembatan Gantung Pejalan Kaki.....	72
Gambar 5.6	Grafik F (t) Berdasarkan Fungsi Waktu 0.43s.....	77
Gambar 5.7	Lintasan Pada Struktur Jembatan Gantung.....	78
Gambar 5.8	Deformed Shape jembatan akibat beban manusia berjalan individual .....	79
Gambar 5.9	Deformed Shape jembatan akibat beban manusia berjalan berkelompok .....	79
Gambar 5.10	Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Individual.....	84
Gambar 5.11	Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Berkelompok.....	85
Gambar 5.12	Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Berat Sendiri dan Hidup Merata sebesar $500\text{ kg/m}^2$ .....	86

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Korelasi frekuensi langkah, kecepatan langkah dan panjang langkah .....	15
Tabel 2.2	Faktor beban dinamis dan sudut fase untuk langkah normal .....	15
Tabel 4.1	Tabel Panjang Kabel.....	33
Tabel 4.2	Tabel Define Load Pattern.....	35
Tabel 4.3	Tabel Beban Manusia Berjalan Berdasarkan Fungsi Waktu .....	36
Tabel 4.4	Tabel Koefisien Seret $C_w$ .....	48
Tabel 4.5	Kecepatan Angin Rencana.....	49
Tabel 4.6	Check Design Ikatan Angin .....	52
Tabel 4.7	Output Gaya Ikatan Angin.....	59
Tabel 4.8	Check Design Balok Melintang .....	71
Tabel 4.9	Kontrol lendutan akibat beban hidup $500 \text{ kg/m}^2$ .....	67
Tabel 5.1	Frekuensi Alami dan Mode Shape Struktur Jembatan Pejalan Kaki.....	73
Tabel 5.2	Sepuluh Koefisien Fourier dan Sudut Fase Pertama .....	76
Tabel 5.3	$F(t)$ Berdasarkan Fungsi Waktu.....	76
Tabel 5.4	Frekuensi Jembatan Gantung di Tengah Bentang Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Individual .....	81
Tabel 5.5	Frekuensi Jembatan Gantung di Tengah Bentang Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Berkelompok.....	81
Tabel 5.6	Perbandingan Nilai Frekuensi Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Individual Dengan Frekuensi Alami.....	82
Tabel 5.7	Perbandingan Nilai Frekuensi Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis	



Manusia Berjalan Berkelompok Dengan  
Frekuensi Alami..... 82



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Terdapat hubungan erat antara transportasi dengan jangkauan dan lokasi kegiatan manusia, barang-barang dan jasa. Dalam kaitan dengan kehidupan manusia, transportasi memiliki peranan signifikan dalam aspek aspek sosial, ekonomi, lingkungan, politik dan pertahanan keamanan. Dalam aspek perekonomian, transportasi mempunyai pengaruh yang besar. Bahkan data menunjukkan salah satu kendala yang dihadapi dalam kalangan industri adalah sektor transportasi (Oktaviani, 2012).

Peningkatan sistem transportasi memerlukan penanganan yang menyeluruh, mengingat bahwa transportasi timbul karena adanya pergerakan manusia. Meningkatkan pergerakan tersebut dituntut penyediaan fasilitas penunjang laju perpindahan manusia dan barang yang memenuhi ketentuan keselamatan bagi pejalan kaki dimana pejalan kaki merupakan salah satu komponen lalu lintas yang sangat penting baik di pedesaan maupun di perkotaan. Keberadaan pejalan kaki tersebut memerlukan fasilitas bagi pejalan kaki, termasuk fasilitas penyeberangan jalan, sungai, danau atau jurang seperti Jembatan Pejalan Kaki, dimana jembatan ini diharuskan tidak ada pertemuan sebidang antara arus pejalan kaki dengan arus lalu lintas (Satria, 2012). Dalam Tugas akhir ini penulis akan melakukan studi tentang Jembatan Gantung (*suspensions bridge*), jenis jembatan ini dianggap sebagai desain yang efisien yang sering di pakai di negara negara berkembang seperti Indonesia yang memiliki banyak ngarai yang cocok untuk jenis jembatan seperti ini (Daniels, 2009). Keuntungan jembatan ini dapat dibuat bentang lebih panjang tanpa pilar ditengah, tetapi struktur jembatan ini mempunyai kelemahan yaitu rentan/sensitif terhadap getaran, goyangan akibat beban dinamis dan angin.

Perencanaan Jembatan Pejalan Kaki biasanya menggunakan prinsip yang sama dengan jembatan untuk kendaraan. Perbedaannya jembatan ini biasanya lebih ringan dari jembatan kendaraan, pada desain Jembatan Pejalan Kaki biasanya mempertimbangkan getaran dan efek dinamik dari penggunaannya, pengguna disini adalah manusia itu sendiri, yang diasumsikan sebagai beban hidup yang bergerak, sehingga pada kondisi tertentu ketika sekumpulan manusia yang melakukan aktifitas seperti bersorak dengan irama tertentu, melakukan olah raga seperti senam, berjalan bersamaan dan berlari dengan kecepatan tertentu akan mengakibatkan terjadinya getaran pada struktur (Ellis, 2004; Brownjohn, 2007).

Tata cara desain jembatan sudah diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI), tetapi belum menyangkut pengaruh beban dinamis manusia berjalan pada jembatan penyeberangan orang. Dalam SNI hanya diperhitungkan beban hidup sebagai beban statis, bukan merupakan beban dinamis. Padahal pengaruh terbesar pada jembatan penyeberangan tersebut adalah akibat manusia bergerak yang menghasilkan reaksi vertikal dan horizontal yang bisa menimbulkan getaran pada jembatan. Melihat kondisi-kondisi yang sering terjadi seperti disebut diatas, maka diperlukan adanya studi lebih lanjut tentang adanya beban dinamis dari manusia pada perencanaan Jembatan Pejalan Kaki di Indonesia (Wahyuni, 2012).

Tugas Akhir dengan topik **“Studi Perilaku Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Statis Dan Dinamis Dari Manusia Berjalan”** ini bermaksud menambah referensi dan mereview yang sebelumnya sudah ada agar dapat diketahui perilaku struktur jembatan penyeberangan orang akibat beban dinamis manusia dengan studi kasus pada jembatan yang berbeda dengan sebelumnya, yaitu jembatan gantung pejalan kaki yang berada di Kecamatan Silih Nara Kabupaten Aceh Tengah dengan memperhitungkan beban manusia yang bergerak .

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana model beban dinamis struktur jembatan pejalan kaki tersebut.
2. Berapa nilai frekuensi alami dan response struktur jembatan pejalan kaki tersebut akibat beban dinamis manusia dengan mengacu British Standard.
3. Bagaimana perilaku jembatan pejalan kaki yang mengalami getaran akibat beban dinamis manusia.
4. Bagaimana model yang menyebabkan jembatan mencapai kondisi kritis.

## 1.3 Batasan Masalah

Dengan terbatasnya waktu penelitian, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Beban manusia bergerak dimodelkan dalam model beban yang diperoleh berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya.
2. Hanya dilakukan studi numerik dengan bantuan software SAP2000.
3. Jembatan yang dianalisa diambil dari Jembatan Gantung Kecamatan Silih Nara Kabupaten Aceh Tengah.
4. Jembatan yang diteliti adalah jembatan pejalan kaki dengan satu bentang, seperti yang banyak ditemui sebagai struktur jembatan gantung di Indonesia.
5. Tidak membahas tentang pondasi jembatan.

6. Beban dinamis yang digunakan adalah beban dinamis manusia berjalan.
7. Beban yang dipakai adalah beban akibat banyak orang yang berjalan pada jembatan penyeberangan dengan waktu dan lintasan yang bervariasi.

#### **1.4 Tujuan**

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk memperhitungkan beban hidup manusia bergerak pada perencanaan jembatan penyeberangan orang. Tujuan rinci dari studi ini bisa diuraikan sebagai berikut:

1. Mengkaji perilaku beban dinamis pada jembatan pejalan kaki.
2. Mengetahui nilai frekuensi alami struktur dengan British Standart.
3. Mengkaji perilaku Jembatan gantung yang mengalami getaran yang disebabkan oleh beban dinamis manusia.
4. Mengetahui model beban yang menyebabkan jembatan mencapai kondisi kritis.

#### **1.5 Manfaat**

Studi ini diharapkan mempunyai manfaat sebagai langkah awal untuk menciptakan jembatan penyeberangan orang yang aman dan nyaman dengan melakukan studi perilaku dinamis struktur Jembatan Pejalan kaki. Dengan adanya jembatan penyeberangan yang dianalisa dan didesain dari semua beban yang memungkinkan terjadi pada struktur tersebut, maka diharapkan tidak ada kekuatiran lagi adanya jembatan yang runtuh.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Vibrasi adalah getaran yang terjadi pada suatu struktur yang bergerak mengacu pada titik keseimbangan. Manusia akan menerima level tertentu dari vibrasi tergantung pada lingkungan dan aktifitas yang mereka lakukan.. Umumnya, beberapa kriteria digunakan dalam mendesain berdasarkan tingkatan dari: a) frekuensi alami; b) karakteristik damping dan c) maksimum lendutan dan kecepatan yang terjadi. Manusia adalah sensor yang sensitif terhadap vibrasi. Setengah amplitudo dari 1.00mm atau kecepatan 0.5%g akan mengganggu manusia di tempat yang sepi seperti di rumah atau kantor. Jika lingkungan menjadi ramai seperti di *shopping mall* atau di jembatan penyeberangan, maka toleransi menjadi naik. Ketika manusia melakukan aktifitas seperti dalam konser musik, berdansa atau aerobik, level toleransi akan naik lebih lanjut. Kesensitifan juga akan bervariasi tergantung waktu vibrasi dan jarak dari sumber vibrasi (Wyatt 1989 , dalam Wahyuni 2012).

British Standard BS 5400 (BSI, 1978) adalah standard yang pertama kali memperhatikan kemungkinan masalah vibrasi pada jembatan. Ide ini kemudian banyak diadopsi di beberapa kode, dan tahun 1989, International Standardization Organization mengeluarkan standard ISO 2631-2 (1989) yang meliputi beberapa lingkup vibrasi pada bangunan yang kemudian diadopsi dengan British Standard. Standard tersebut membatasi kecepatan untuk vibrasi-vibrasi sebagai fungsi waktu dan frekuensi, baik arah longitudinal maupun transversal dari manusia berdiri, duduk dan posisi tidur (Wahyuni, 2012).

## 2.2 Getaran

### 2.2.1 Getaran Bebas (*Free Vibration*)

Semua sistem yang memiliki massa dan elastisitas dapat mengalami getaran bebas (*free vibration*) atau getaran yang terjadi tanpa rangsangan luar. Gangguan tersebut berupa peralihan lateral awal dan kecepatan awal. Hal utama dalam sistem ini adalah frekuensi natural getarannya, dimana frekuensi natural merupakan fungsi massa dan kekakuan (*stiffnes*) sistem.

#### 2.2.1.1 Getaran Bebas Tak Teredam

Jika Sistem tak-teredam, yaitu jika  $c = 0$ , maka persamaan dinamik getaran bebas tanpa redaman adalah :

$$m\ddot{u} + k u = 0 \quad (2.1)$$

dimana :

$m$  = massa struktur

$k$  = kekakuan lateral

$u$  = peralihan lateral

Karena struktur bergetar bebas, maka dalam persamaan diatas, pada suku sebelah kanan tidak ada gaya luar yang tergantung waktu yaitu  $p(t)$ .

Solusi umum persamaan getaran bebas adalah :

$$u = A \cos t + B \sin t$$

$$\dot{u} = -A \sin t + B \cos \omega t$$

Gangguan awal berupa  $u(0)$  pada saat  $t=0$  dan  $\dot{u}(0)$  pada saat  $t=0$ . Dari persamaan diatas jika dimasukkan syarat awal tersebut maka didapat koefisien A dan B yaitu :

$$A = u(0) \quad B = \frac{u(0)}{\omega} \quad (2.2 \text{ a-b})$$

sehingga respon getaran bebas adalah :

$$u(t) = u(0) \cos \omega_n t + \frac{u(0)}{\omega_n} \sin \omega_n t \quad (2.3)$$

$$\dot{u}(t) = \frac{d[u(t)]}{dt} \quad \ddot{u}(t) = \frac{d[\dot{u}(t)]}{dt} = \frac{d^2[u(t)]}{dt^2} \quad (2.4 \text{ a-b})$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \left[ \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right] \quad (2.5)$$

Waktu yang diperlukan oleh sistem untuk melakukan satu kali getaran disebut periode getar alami  $T_n$  (*natural period of vibration*) dan berhubungan dengan frekuensi getar alami  $\omega_n$ .

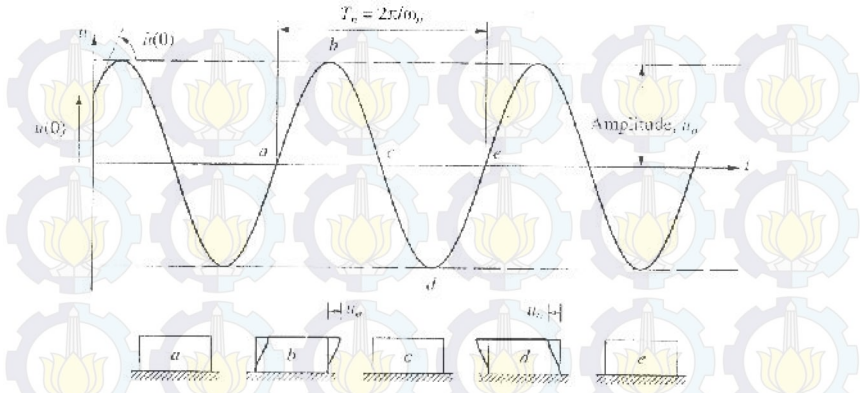
Periode getar alami dinyatakan sebagai berikut :

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega_n} \text{ (dt)} \quad (2.6)$$

jumlah getaran yang dilakukan setiap detiknya disebut frekuensi  $f_n$  (*natural cyclic frequency*), dinyatakan sebagai berikut :

$$f_n = \frac{1}{T_n} \left[ \frac{\text{Hz}}{\text{sec}} \right] \quad f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} \quad (2.7 \text{ a-b})$$





**Gambar 2.1** Getaran bebas tanpa peredam  
(Sumber : Chopra , 2007)

### 2.2.1.2 Getaran Bebas Teredam

persamaan dinamik getaran bebas dengan redaman adalah :

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = 0 \quad (2.8)$$

dibagi dengan  $m$ , maka :

$$\ddot{u} + 2\zeta_n \dot{u} + \alpha_n^2 u = 0 \quad (2.9)$$

Dimana  $\alpha_n = \sqrt{k/m}$

Dengan mencari (*damping ratio*) atau perbandingan redam, dengan rumus sebagai berikut :

$$\zeta_n = \frac{c}{2m\alpha_n} = \frac{c}{c_{cr}} \quad (2.10)$$

maka didapatkan koefisien peredaman kritis (*Critical damping coefficient*).

$$C_{cr} = 2m\alpha_n = 2\sqrt{km} = \frac{2k}{\alpha_n} \quad (2.11)$$

Redaman dalam jumlah yang sedang mempunyai pengaruh yang kecil pada frekuensi natural dan dapat diabaikan dalam perhitungannya. Kemudian sistem dapat dianggap sebagai sistem konservatif dan prinsip kekekalan energi memberikan pendekatan lain untuk menghitung frekuensi natural. Pengaruh redaman sangat jelas pada berkurangnya amplitudo getaran terhadap waktu.

### 2.2.2 Getaran Dipaksa ( *Forced Vibration* )

Semua sistem yang memiliki massa dan elastisitas dapat mengalami getaran bebas (*free vibration*) atau getaran yang terjadi tanpa rangsangan luar. Gangguan tersebut berupa peralihan lateral awal dan kecepatan awal. Hal utama dalam sistem ini adalah frekuensi natural getarannya, dimana frekuensi natural merupakan fungsi massa dan kekakuan (*stiffnes*) sistem.

#### 2.2.2.1 Getaran Dipaksa Tak Teredam

Untuk memperoleh Response dinamis struktur didapatkan dengan cara menyelesaikan rumus persamaan antara gaya inersia, gaya redaman serta kekakuan secara bersamaan dengan adanya pengaruh gaya luar.

$$fI + fD + fs = f(t) \quad (2.12)$$

$$fI = m\ddot{u} \quad (2.13)$$

$$fD = c\dot{u} \quad (2.14)$$

$$fs = ku \quad (2.15)$$

Dimana  $m$  adalah massa struktur,  $d$  adalah koefisien redaman, dan  $k$  adalah kekakuan. Maka didapat persamaan :

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = f(t) \quad (2.16)$$

Karena tidak teredam maka,  $c = 0$  sehingga didapat persamaan:

$$m\ddot{u} + ku = f(t) \quad (2.17)$$

### 2.2.2.2 Getaran Dipaksa Teredam

persamaan dinamik getaran dipaksa dengan redaman adalah :

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = f(t) \quad (2.18)$$

karena ada peredam maka  $c > 0$ , nilai  $c$  sendiri dapat di hitung sama dengan menggunakan persamaan (8) , (9) dan (10).

Kesimpulan dalam hal ini perbedaannya hanya pada nilai  $f(t)$  , pada getaran bebas nilai  $f(t) = 0$ , getaran dipaksa teredam  $f(t) > 0$  dan dihitung dengan menggunakan analisa *fourrier*.

## 2.3 Beban Dinamis Manusia Berjalan

Suatu konsesus di Eropa pada tahun 1993 mengatakan bahwa frekuensi pada kelompok yang melakukan loncatan dan tetap sinkron adalah antara 1.5 Hz sampai 2.8Hz. Untuk itu Litter (2003) meneliti tentang frekuensi yang disebabkan oleh manusia meloncat pada kelompok pada batasan 2.8Hz. Dilakukan pengtesan empat orang dalam satu kelompok melakukan loncatan dengan waktu tertentu pada frekuensi dari 1 Hz sampai 3.4 Hz dengan memberikan musik yang sudah diketahui frekuensinya. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa terjadinya sinkronisasi yang baik adalah pada frekuensi lebih cepat dari 2.8 Hz sehingga 2.8Hz bukan batasan atas dari beban akibat loncatan. Peneliti tersebut juga melakukan pengtesan pada lantai untuk berdansa dan dalam melakukan desain untuk lantai dansa sudah diatur dalam BS6399 bagian 1

(BSI, 1996) bahwa lantai harus didesain dengan frekuensi alami tidak kurang dari 5 Hz.

Ellis (2004) meneliti tentang beban kelompok meloncat dengan menggunakan analisis numerikal. Analisa ini didasarkan atas hasil eksperimen dari 64 orang yang meloncat secara kelompok dan individu. Model dasar dari beban berkelompok yang bergerak ini didasarkan atas asumsi bahwa beban tersebut merupakan beban harmonis yang merupakan perkalian dari beban individu dan tambahan dari faktor pembebanan dinamik yang diselesaikan dengan menggunakan analisa Fourier, yang merupakan sebuah subjek yang mempelajari fungsi trigonometri yang lebih sederhana. Berdasarkan beban load individual dan eksperimen pada kelompok orang yang melakukan jumping diperoleh kesimpulan bahwa beban berkelompok bisa diaplikasikan sebagai model beban dinamis struktur.

Vibrasi pada lantai gedung akibat beban manusia berjalan telah dilakukan oleh Wahyuni (2009) tepatnya pada lantai komposit. Beban manusia berjalan secara individu dibagi atas berjalan normal, cepat dan lambat. Model beban berjalan didasarkan dari penelitian Bachmann (1995) yang kemudian dikembangkan dengan membuat model matematis. Setelah dibuat model matematis maka dilakukan aplikasi beban pada struktur lantai komposit untuk mengetahui respon dinamis yang terjadi dan dibandingkan dengan hasil penggetesan pada lantai tersebut akibat beban manusia berjalan. Ellis (2003) mengembangkan model beban berjalan sekelompok manusia, yang berbeda dengan model beban individu. Dilakukan penggetesan mengetahui respon dinamis pada lantai akibat 32 orang yang berjalan dengan tempo yang berbeda. Diketahui

bahwa response dinamik (kecepatan) akibat sekelompok manusia akan meningkat sesuai dengan meningkatnya jumlah manusia dalam pengetesan dan diketahui pula bahwa peningkatan tersebut tidak linier dengan beban berjalan individu (Wahyuni, 2012).

Brownjohn (2007) meneliti tentang modal mass di jembatan penyeberangan berdasarkan hasil eksperimen dari beban manusia dalam mempengaruhi perilaku dinamis struktur. Pada sistem jembatan yang memerlukan damping massa, maka modal mass sangat diperlukan dalam memperhitungkan vibrasi. Biasanya perhitungan masa tersebut dilakukan dengan eksperimen yang mahal, dan tidak praktis, sehingga dengan diberikannya suatu metode untuk memperkirakan modal mass akan sangat membantu. Metode ini didasarkan dari database hasil orang yang melompat, berjalan atau bergoyang pada pengetesan di laboratorium, sehingga untuk pengetesan di luar diberikan factor tambahan. Metode ini dievaluasi di empat jembatan penyeberangan orang, yang ditemukan keakuratan metode ini dengan kesalahan sekitar 15% untuk modal mass dimana gaya vertikal yang mendominasi. Metode yang ditawarkan ini dapat digunakan untuk struktur secara umum dimana resonansi akibat beban manusia yang perlu diperhatikan pada jembatan penyeberangan termasuk pula dalam memperhitungkan pelat lantai.

Wahyuni (2009) telah membahas tentang respon dinamik pada lantai akibat beban manusia berjalan yang berupa kecepatan dan perpindahan. Respon dinamik lantai tersebut dibandingkan antara hasil pengetesan dan teoritis. Respon dinamik pada balok beton bertulang di atas dua perletakan yang diakibatkan oleh beban manusia jumping (meloncat-loncat)

dengan frekuensi lompatan tertentu juga di kaji pada Wahyuni (2007). Diketahui bahwa jenis loncatan dari orang yang ditest akan sangat mempengaruhi respon yang terjadi. Apakah seseorang meloncat dan kembali ke lantai dengan tumitnya, ataukah dengan ujung jari, ataukah dengan telapak kaki, yang pertama kali menyentuh lantai, akan memberikan perbedaan hasil. Setelah dilakukan berkali-kali maka diperoleh hasil yang memuaskan untuk mengetahui respon akibat manusia meloncat dan kemudian membandingkan dengan teori yang sudah ada.

Penelitian tentang response dinamis balok beton bertulang akibat beban manusia ini menyimpulkan bahwa prediksi respon struktur dapat terjadi kesalahan yang fatal akibat kesalahan dalam mengartikan model struktur ataupun akibat input data yang tidak tertentu, bahkan hanya untuk balok diatas dua perletakan. Kesimpulan lain adalah dengan menggunakan bantuan hubungan antara kekakuan statis dan kekakuan modal, dan frekuensi alami terukur, maka respon struktur akibat beban manusia bergerak dapat diprediksi dengan akurat.

Kratochvíl (2012) menerangkan bahwa konstruksi yang ringan pada suatu jembatan pejalan kaki memiliki jumlah redaman yang kecil memiliki pengaruh yang kecil pada frekuensi naturalnya. Frekuensi langkah dari beban vertikal pejalan kaki ada pada kisaran 1,6 – 2,2 Hz. Standar menganjurkan desain struktur yang frekuensi naturalnya tidak termasuk pada kisaran manusia berjalan. Menurut Kratochvíl (2012), anjuran yang mensyaratkan frekuensi lentur alami yang tidak lebih rendah dari 3 Hz merupakan persyaratan yang sulit terpenuhi karena banyak struktur memiliki frekuensi lentur alami rendah dan masih menunjukkan perilaku dinamis baik . Konstruksi jembatan gantung pejalan kaki memiliki frekuensi lentur alami sekitar 1Hz.

Menurut Kratochvíl (2012) tingkat keselarasan pejalan kaki dan kestabilan frekuensi langkah memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap respons dinamis untuk menyebrangi sebuah jembatan pejalan kaki. Frekuensi langkah yang konstan untuk menyebrangi sebuah jembatan adalah kasus hanya ada satu orang menempati jembatan itu, ketika jembatan tersebut dipenuhi para pejalan kaki sehingga kecepatannya berkurang dan ketidakteraturan frekuensi langkah, terjadi kepadatan 1,5 orang/m<sup>2</sup> dan jumlah beban dinamis berkurang.

Dari penelitian sebelumnya tersebut sudah diperoleh hasil yang menggembarakan untuk mengetahui respon struktur akibat beban manusia bergerak secara individu, sedangkan manusia yang bergerak secara kelompok atau bersamaan akan dikaji lebih lanjut dalam penelitian ini. Demikian pula dengan struktur yang pada penelitian sebelumnya, pengetesan dilakukan pada struktur jembatan penyeberangan baja dan beton maka pada penelitian ini akan dilakukan pengetesan pada struktur jembatan penyeberangan yang berbeda yaitu jembatan gantung.

**Tabel 2.1** Korelasi frekuensi langkah, kecepatan langkah dan panjang langkah

Jenis Langkah	Frekuensi Langkah (Hz)		Kecepatan Langkah (m/s)	Panjang Langkah (m)
	Vertikal	Horizontal		
Lambat	1.7	0.85	1.1	0.6
Normal	2.0	1.0	1.5	0.75
Cepat	2.3	1.15	2.2	1.0

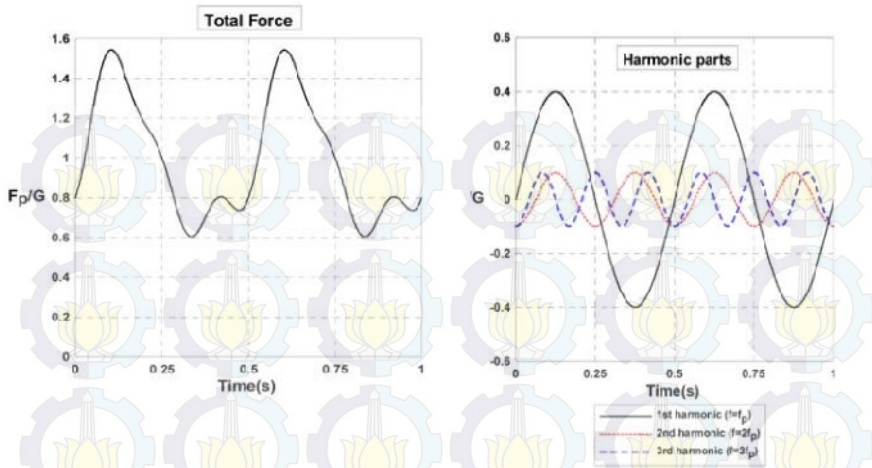
(Sumber : Bachmann dalam Kim, 2008)

**Tabel 2.2** Faktor beban dinamis dan sudut fase untuk langkah normal

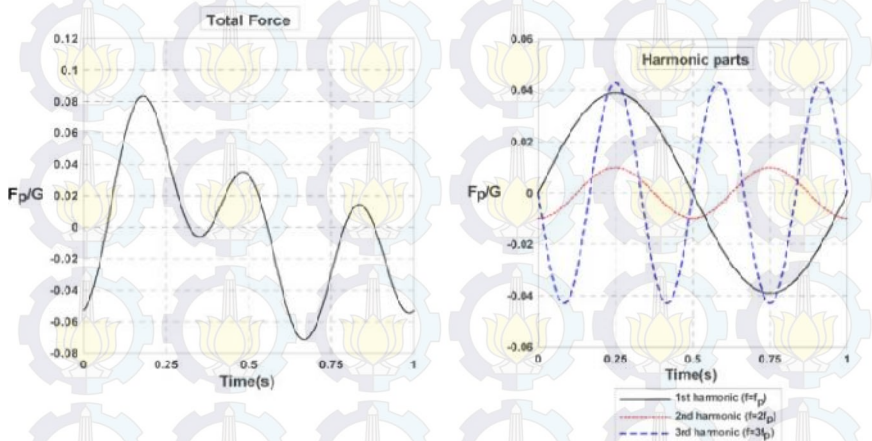
Frekuensi Langkah (Hz)	1		2		3	
	1	2	2	3	3	3
Vertikal	2.0	0.4	0.1	—	0.1	—
	2.4	0.5	0.1	$\pi/2$	0.1	$\pi/2$
Horizontal	1.0	0.04	0.01	—	0.04	—

(Sumber : Bachmann dalam Kim, 2008)





(a) Gaya Vertikal



(b) Gaya Horizontal

(Sumber : Bachmann dalam Kim, 2008)

**Gambar 2.2** Time-domain model gaya pada arah vertikal dan horizontal

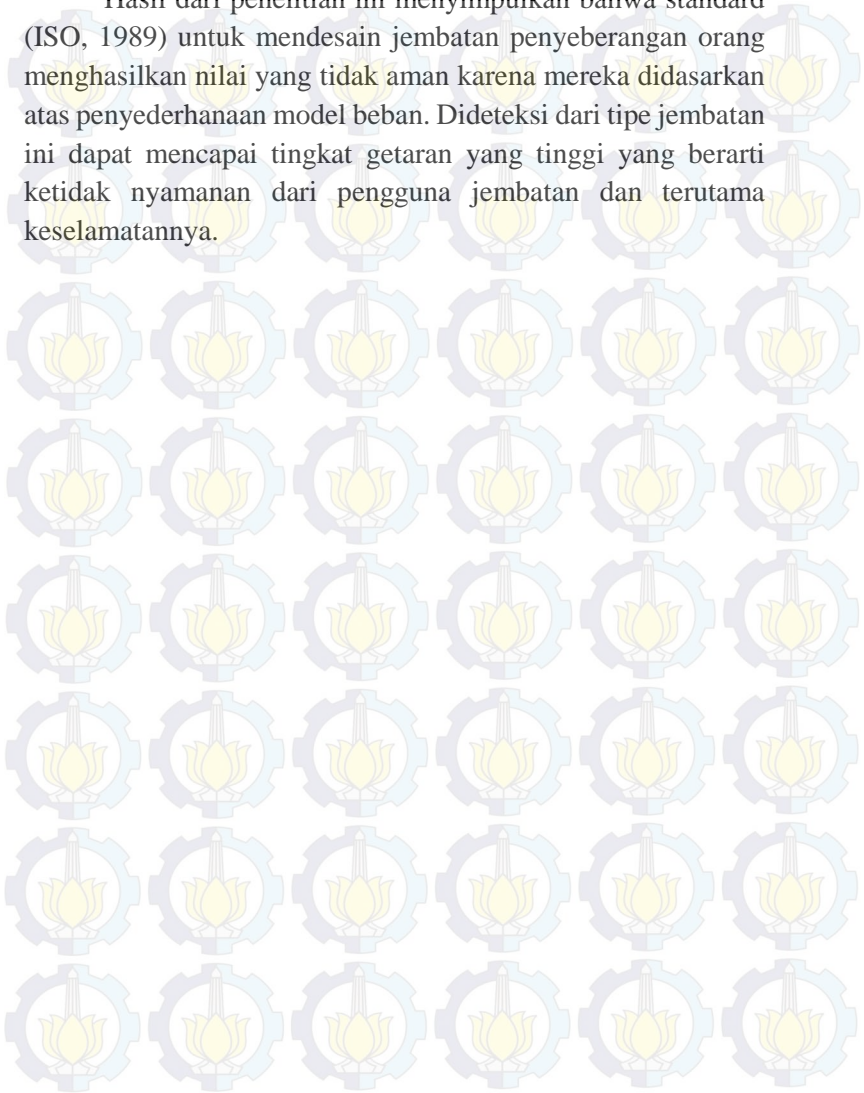
## 2.4 Jembatan Penyeberangan Orang

Figueiredo dkk. (2008) mengembangkan model pembebanan yang akan mempengaruhi beban di jembatan penyeberangan orang. Pengaruh dari tumit manusia ketika berjalan juga dimasukkan dalam model beban. Dilakukan studi dari beberapa jembatan penyeberangan orang dengan tipe komposit dengan panjang jembatan antara 10-35 meter.

Pembebanan pada jembatan penyeberangan orang akibat beban manusia berjalan merupakan beban harmonik. Beban harmonik ini didasarkan atas interaksi antara beban satu kaki ketika berjalan dan simultan dengan satu kaki lagi yang tidak membebani. Model load dalam studi ini dinyatakan dalam bentuk matematis dimana amplitude terbesar adalah ditengah, dan frekuensi adalah dimisalkan sama dengan fundamental frekuensi alami jembatan. Model pembebanan dinamis yang biasanya dimodelkan secara matematis dengan *Series Fourier* (Ellis, 2004) kemungkinan tidak sesimple series tersebut, karena adanya pengaruh tumit manusia ketika berjalan sehingga ada waktu *transient* dari model pembebanannya. Pengaruh tumit manusia dalam model beban ini dibuat faktor 1.12, namun demikian perlu ditekankan bahwa nilai ini sangat terpengaruh atau berbeda antara satu orang dengan yang lainnya.

Analisa dinamis dilakukan pada pemodelan numerik jembatan yang mempunyai panjang berbeda. Untuk maksud perhitungan secara praktis, analisa linear time-domain dilakukan dalam studi ini. Respon dinamik dari jembatan penyeberangan orang tersebut ditentukan dari frekuensi alami, penurunan, kecepatan dan percepatan yang terjadi akibat beban manusia berjalan.

Hasil dari penelitian ini menyimpulkan bahwa standard (ISO, 1989) untuk mendesain jembatan penyeberangan orang menghasilkan nilai yang tidak aman karena mereka didasarkan atas penyederhanaan model beban. Dideteksi dari tipe jembatan ini dapat mencapai tingkat getaran yang tinggi yang berarti ketidak nyamanan dari pengguna jembatan dan terutama keselamatannya.



## **BAB III METODOLOGI**

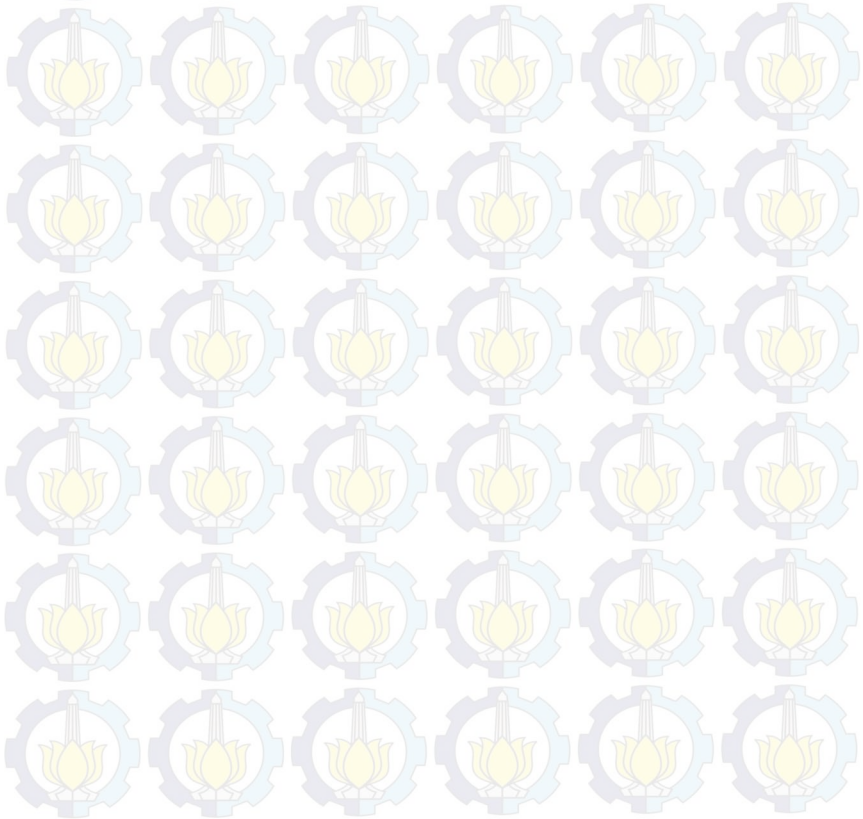
### **3.1 Uraian Tahapan Studi**

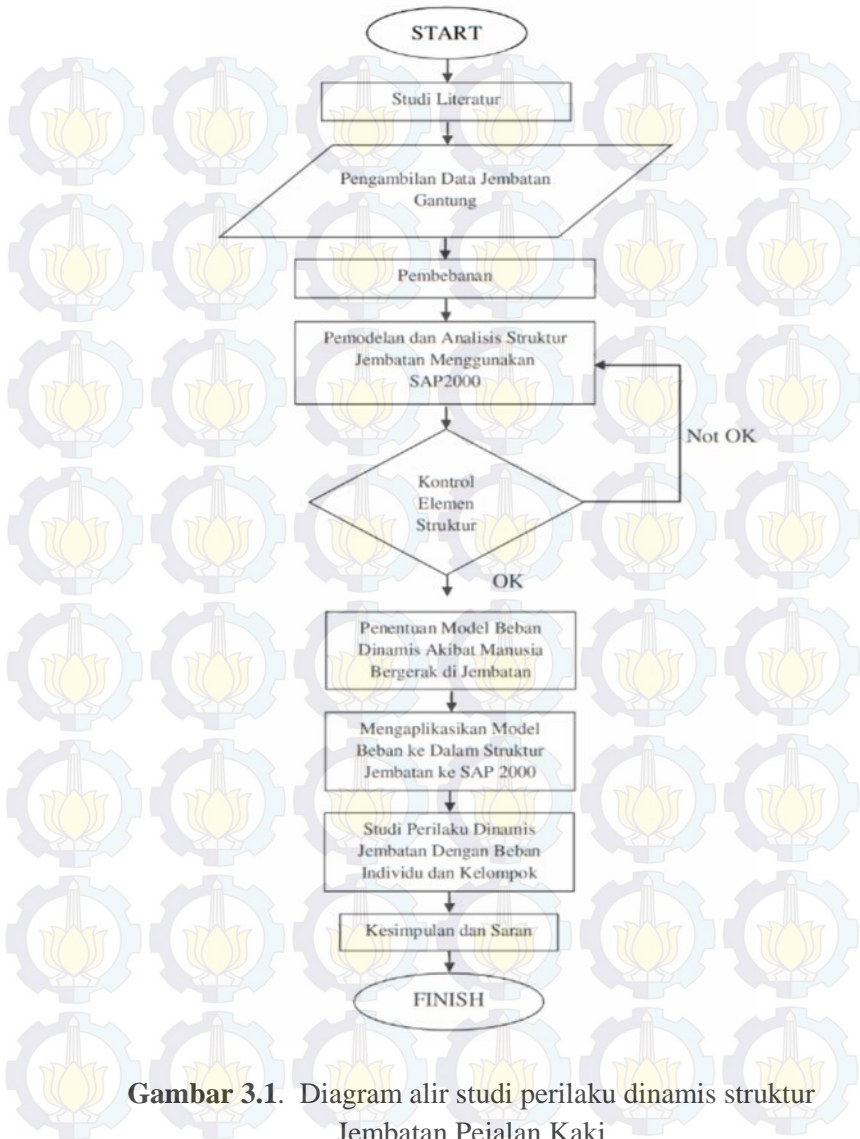
Tugas akhir ini akan dilaksanakan dengan studi literatur, melakukan kajian tentang pembebanan hidup akibat manusia bergerak. Metodologi penelitian dalam hal ini dengan sendirinya sudah termasuk didalam proses penelitian itu sendiri melalui cara berfikir kritis, logis dan aplikatif, misalnya dalam pembuktian teorema atau teori. Setelah kajian teoritik, kemudian akan dilakukan kajian numerik yang diuji dengan beberapa contoh dari struktur jembatan penyeberangan orang.

Pertama yang akan dilakukan adalah mengumpulkan data eksisting jembatan gantung untuk pejalan kaki yang ada di Kecamatan Silih Nara Kabupaten Aceh Tengah. Lalu mulai memodelkan struktur jembatan penyeberangan dengan menggunakan program SAP 2000. Setelah struktur jembatan sudah dapat dimodelkan, dilanjutkan dengan melakukan analisa struktur. Dengan melakukan analisa, dapat diketahui perilaku dinamis struktur jembatan yang biasa disebut dengan *free vibration*.

Tahap selanjutnya adalah akan dilakukan pembuatan model beban akibat manusia berjalan, dengan melakukan beberapa pengetestan dari hubungan manusia berjalan dengan struktur. Model beban manusia tersebut akan dibuat secara matematis sehingga bisa diterapkan dalam perhitungan analisa struktur jembatan. Pembebanan ini akan dihitung secara dinamis, sehingga akibat orang yang berjalan akan menghasilkan reaksi vertikal dan horisontal dan yang berubah terhadap waktu.

Dari pengujian ini dapat dilihat respon dinamis jembatan akibat beban dinamis manusia. Dan sebagai tujuan akhir dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku struktur jembatan penyeberangan orang yang mengalami getaran yang disebabkan oleh beban dinamis manusia. Adapun diagram studi perilaku dinamis struktur Jembatan Pejalan Kaki dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.





**Gambar 3.1.** Diagram alir studi perilaku dinamis struktur Jembatan Pejalan Kaki

### 3.2 Rancangan Studi

Rancangan studi ini meliputi yang *pertama* adalah melakukan studi tentang beban dinamis manusia pada struktur jembatan penyeberangan berdasarkan penelitian sebelumnya dan jurnal yang membahas tentang pengaruh beban dinamis manusia terhadap struktur jembatan penyeberangan.

Tahapan yang *kedua* adalah mengumpulkan data – data eksisting gantung yang berada Kecamatan Silih Nara Kabupaten Aceh Tengah. Tipe struktur jembatan yang digunakan adalah jembatan gantung untuk pejalan kaki. Adapun data – data yang dibutuhkan meliputi :

1. Panjang bentang
2. Lebar jembatan
3. Jarak gelagar melintang
4. Jarak gelagar memanjang
5. Diameter kabel
6. Batang penggantung
7. Dimensi pylon
8. Gambar struktur

Setelah data terkumpul, tahapan *ketiga* adalah memodelkan struktur jembatan penyeberangan dengan menggunakan program SAP2000. dengan menganalisa pemodelan strktrur jembatan dapat diketahui *free vibration* (getaran bebas) dari struktur jembatan.

Tahap *Keempat* adalah pembuatan pemodelan manusia berjalan sebagai beban dinamis pada struktur yang didapatkan dari studi literatur dan penelitian pendahuluan yang sudah dilakukan pengusul. Model beban dinamis manusia berupa model individu dan kelompok. Ellis2004 telah memodelkan beban individu dengan persamaan:

$$F(t) = G \left( 1 + \sum_{n=1}^I r_n \sin(2\pi f_n t + W_n) \right) \quad (3.1)$$

Dimana :

$F(t)$  = waktu variasi beban

$G$  = berat individu

$n$  = jumlah masa Fourier

$r_n$  = koefisien Fourier (atau dinamis load factor)

$f_n$  = siklik frekuensi

$\phi_n$  = fase lag

Program SAP2000 versi 14 akan digunakan sebagai alat bantu untuk menganalisa pembebanan manusia bergerak dengan metode *Time Domain*. Setelah dilakukan beberapa uji numerik, maka akan dibuat model beban dinamis tersebut secara matematis sehingga beban tersebut dapat digunakan dalam analisa struktur jembatan.

Setelah pembuatan pemodelan beban secara matematis maka rancangan penelitian *kelima* adalah melakukan analisa modal dari struktur jembatan penyeberangan dengan menggunakan software *finite element analisis* SAP 2000. *Mode shape* dan *natural frequency* dari jembatan tersebut akan di kaji sehingga dapat diperoleh batasan nilai frekuensi alami pada jembatan tersebut. Batasan ini berhubungan dengan frekuensi beban manusia yang bergerak, dimana pada batasan frekuensi

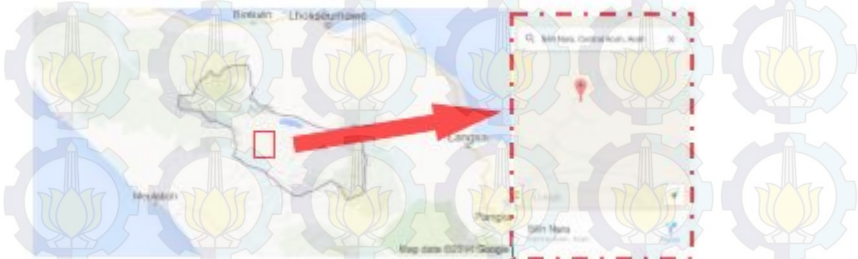


tertentu manusia akan mengalami kesulitan melakukan pergerakan. Pembatasan nilai frekuensi alami struktur ini sangat penting, karena dengan melihat batasan, perencana akan mengetahui apakah frekuensi alami strukturnya berada pada batasan dimana struktur yang dibuat tersebut akan mengalami atau tidak mengalami resonansi. Kalau mengalami resonansi maka akan berakibat akan kegagalan struktur.

Setelah mengetahui model beban dan kelakuan alami jembatan penyeberangan, maka dibuat rancangan penelitian *keenam* adalah melakukan uji secara numerik dari model beban yang diaplikasikan pada jembatan-jembatan yang telah dianalisa sebelumnya. Dari rancangan keenam ini akan diketahui perilaku dinamis dari struktur jembatan penyeberangan orang, akibat beban dinamis manusia.

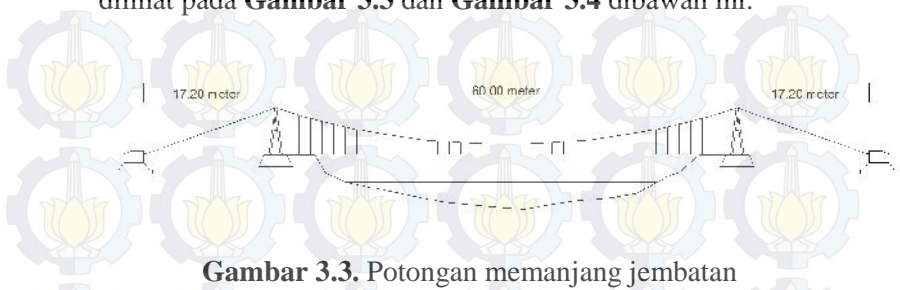
### 3.3 Lokasi Studi

Lokasi studi Jembatan Pejalan kaki pada tugas akhir ini berada di Kecamatan Silih Nara Kabupaten Aceh Tengah, untuk peta lokasi bisa dilihat pada **Gambar.3.2.**

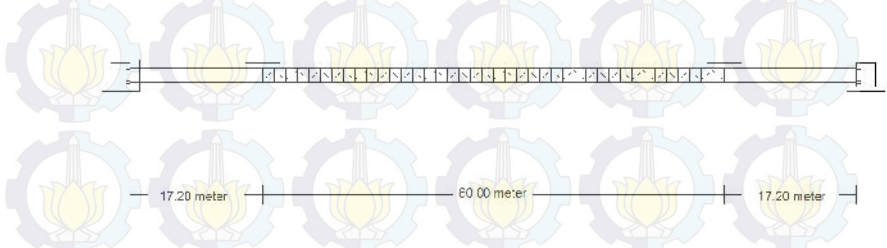


**Gambar 3.2.** Lokasi Studi

Struktur Jembatan ekisting pada tugas akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 3.3** dan **Gambar 3.4** dibawah ini.



**Gambar 3.3.** Potongan memanjang jembatan



**Gambar 3.4.** Denah tampak atas jembatan



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB IV**

### **PERENCANAAN DAN KONTROL STRUKTUR JEMBATAN PEJALAN KAKI**

#### **4.1 Data-Data Perencanaan**

Dalam Tugas akhir ini akan dilakukan analisa ke;akuan dinamis struktur jembatan pejalan kaki. Namun sebelum melakukan analisa kelakuan dinamis struktur jembatan, dilakukan terlebih dahulu *check design* struktur jembatan gantung. Karena apabila ada pada perencanaan sebelumnya ada suatu kesalahan, maka akan mempengaruhi pada analisa numeriknya. Maka dari itu terlebih dahulu dilakukan *check design* terhadap struktur jembatan gantung.

#### **4.2 Data-Data Teknis**

Konstruksi jembatan yang akan dicek adalah konstruksi jembatan gantung :

##### **4.2.1 Jembatan Pejalan Kaki**

Nama Jembatan	: Jembatan Gantung Tanjung
Lokasi	: Kecamatan Silih Nara, Kabupaten Aceh Tengah
Tipe Jembatan	: Jembatan Gantung
Fungsi	: Akses pejalan kaki untuk menyebrangi sungai
Panjang Total	: 60 m, terdiri dari 1 bentang.
Lebar Total	: 1,7 m

#### 4.2.2 Spesifikasi Jembatan Gantung

- Mutu Baja : BJ 37
- Kayu : Kelas I
- Pelat lantai : Papan 50 mm x 250 mm x 1700 mm
- Balok Memanjang : UNP 80.45.6
- Balok Melintang : UNP 80.45.6
- Hanger : 5/8"
- Wire Rope : Kabel Baja  $\phi$ 32
- Pylon : UNP 240

#### 4.3 Pemodelan Struktur Jembatan Gantung

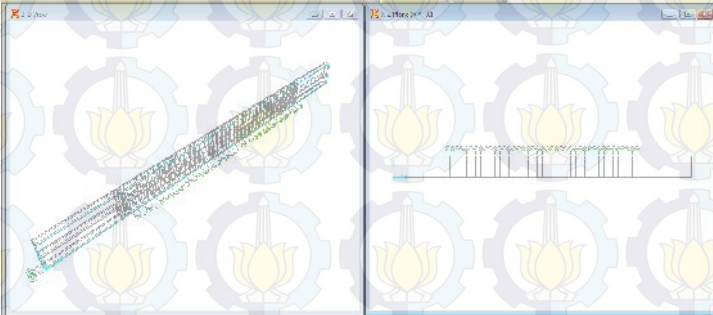
Tahapan kerja pertama dalam membuat model adalah, mengatur satuan yang digunakan. Satuan yang digunakan adalah satuan berat, panjang dan temperatur. Direncanakan untuk berat : kgf, panjang : m, suhu : C, maka dalam SAP2000 satuan yang harus digunakan adalah kgf,m,C.

Setelah satuan disesuaikan dengan satuan rencana, maka dilanjutkan dengan tahap membuat model. Dalam pembuatan model ini ada 2 hal yang harus difahami yaitu mengenai sistem koordinat global dan gridline.

Sistem koordinat yang digunakan dalam SAP2000 adalah sistem koordinat kartesian 3 dimensi yang terdiri dari sumbu x, y, dan z. Untuk mempermudah pembuatan model, sumbu y mewakili lebar model dan sumbu z mewakili tinggi model. Gridline adalah garis bantu dalam pembuatan model yang menunjukkan bentuk geometri dan dimensi dari struktur bangunan. Secara umum gridline dapat disimpulkan sebagai sebuah pola gambar dari sebuah struktur bangunan.

Tahap terakhir adalah pembuatan model perletakan, umumnya model perletakan untuk struktur jembatan pejalan kaki adalah sendi, namun jika perlu dilakukan modifikasi maka SAP2000 telah menyediakan 3 bentuk perletakan lainnya yaitu sendi, rol dan bebas. **Gambar 4.1** menunjukkan

gambar model gridline atau pola geometri dari struktur jembatan pejalan kaki.

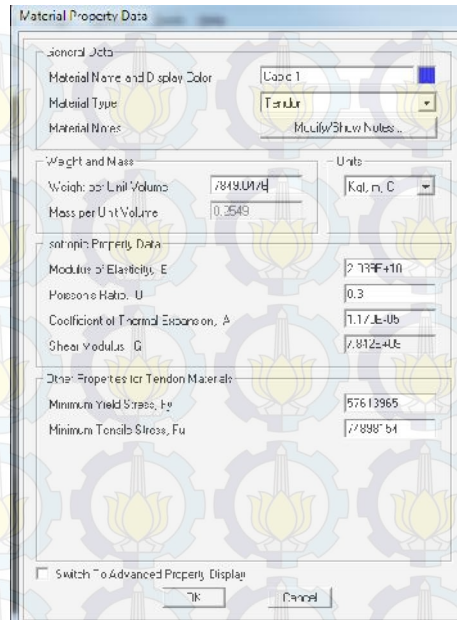


**Gambar 4.1.** Tampilan *Gridline* Jembatan pejalan kaki

#### 4.3.1 Mendefinisikan Data Material dan Dimensi Penampang Element Struktur Jembatan Pejalan Kaki

Untuk pengisian data material pada SAP2000 pilih menu *define – Material - add new material*, kemudian isikan sesuai jenis material seperti dibawah ini:

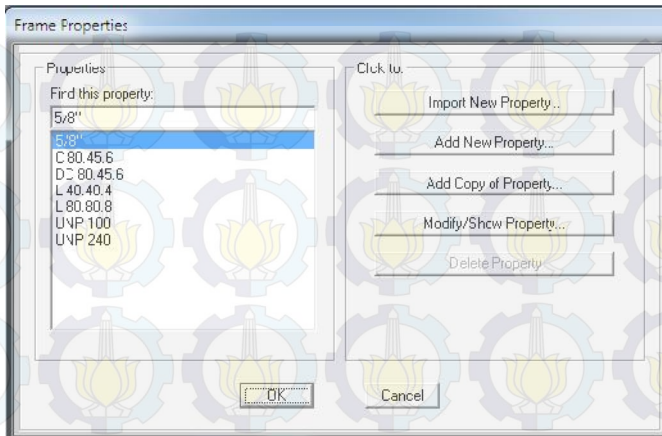
- Material baja BJ 37 dengan type material steel (untuk material balok melintang, pylon dan Bracing).
- Material kayu dengan type material other (untuk material papan injak)
- Material kabel dengan type material tendon (untuk kabel penggantung).



**Gambar 4.2.** Tampilan Menu *Material Property Data*

- Untuk *properties material* dimasukkan sesuai dengan spesifikasi material.

Sedangkan untuk mendefinisikan penampang element struktur dengan cara memilih menu *define – section properties – frame section/cable - section/ area section* maka akan ditampilkan kotak pilihan seperti pada **Gambar 4.3.**



**Gambar 4.3.** Tampilan Menu *Frame Properties*

Pilih *add new properties*, kemudian masukan dimensi element struktur sesuai dengan desain rencana.

Balok Memanjang : UNP 80.45.6

Balok Melintang : UNP 80.45.6

Hanger : 5/8"

Wire Rope : Kabel Baja  $\varnothing$ 32

Pylon : UNP 240

1. Untuk membuat penampang kabel  $\varnothing$  32 :
  - Klik menu *define – frame section – cable section*, maka akan ditampilkan tab sebagai berikut :
  - Pilih *add new section*
 Pada tab isikan *section name* Wirerope D32 dan *material property* Cable 1 sesuai yang didefinisikan sebelumnya. Untuk *Cable property* isikan *specify cable diameter* 32 cm.





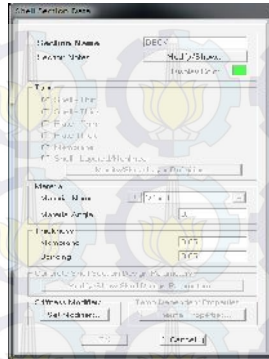
**Gambar 4.4.** Tampilan Menu *Cable Section Data*

2. Untuk membuat penampang balok memanjang Canal :

- Pertama klik menu *define – frame section – cable section*
- Pada tab isikan *add new property*, pilih *frame section property – STEEL – CHANNEL*. Isikan section name C.80.45.6 dan pilih material STEEL sesuai yang didefinisikan pada define material.
- Isikan dimensi profil pada kotak isian dimensions sesuai spesifikasi.
- Ulangi dengan cara yang sama untuk profil baja yang lainnya seperti Balok melintang Double Channel 80.45.6, Phylon UNP 240, dll.

3. Untuk membuat penampang deck jembatan (deck kayu  $t = 5$  cm) :

- Pertama klik menu *define – frame section – area section*, Pilih *add new section*, maka akan ditampilkan tab sbb:



**Gambar 4.5.** Tampilan Menu *Shell Section Data*

- Pada tab isikan *section name* DECK & pilih type SHELL THIN. Material name WOOD kemudian isikan *material angel* 0 & thickness untuk *membrane* 5 cm dan *bending* 5 cm.

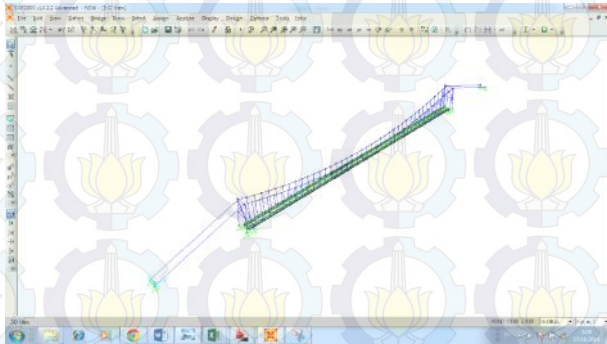
Setelah semuanya terdefinisi tahapan selanjutnya adalah menggambarkan model elemen pada grid yang tampil pada layar SAP2000. Langkah pertama adalah menggambarkan Pylon dan kemudian dilanjutkan dengan menggambarkan frame kabel penggantung diameter 5/8” sesuai panjang yang di tampilkan pada **Tabel 4.1** hingga tengah bentang sampai ujung bentang dengan dimensi yang sama karena simetris.

**Tabel 4.1.** Tabel Panjang Kabel

STA	LENGTH	10.5	3.276	22.5	1.615
0	6.000	12	2.985	24	1.513
1.5	5.535	13.5	2.719	25.5	1.433
3	5.095	15	2.477	27	1.376
4.5	4.681	16.5	2.258	28.5	1.341
6	4.293	18	2.062	30	1.330
7.5	3.929	19.5	1.890		
9	3.590	21	1.741		

Kemudian dilanjutkan dengan menggambarkan kabel utama *Wirerope* diameter 32 mm dimulai dari titik grid kiri

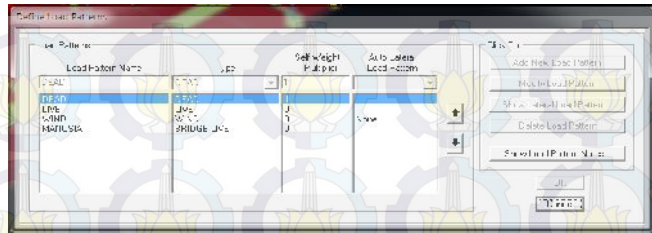
bawah hingga ke atas Pylon dilanjutkan sampai ujung bentang. Untuk mendefinisikan kuat tarik kabel utama pada Menu *cable geometry* pilih *Cable Tension AT I End*, kemudian pada kotak tension at I End isikan 632.1 KN sebagai gaya tarik kabel sesuai spesifikasi kabel. Setelah itu lanjutkan untuk drawing element - element lainnya seperti balok melintang, memanjang, ikatan angin dan deck jembatan mengikuti pola gridline sesuai dengan geometri jembatan ekistingnya seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4.6** Hasil Akhir Pemodelan Struktur Jembatan

### 4.3.2 Pembebanan Struktur Jembatan Gantung

1. Mendefinisikan Load Pattern (Jenis beban yang bekerja pada struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki)
  - Setelah pemodelan struktur jembatan pejalan kaki selesai, pilih menu Define – Load Pattern maka akan muncul tab seperti pada **Gambar 4.7**.



**Gambar 4.7.** Tampilan Menu *Define Load Pattern*

**Tabel 4.2.** Tabel Define Load Pattern

LOAD PATTERN NAME	TYPE	SELF WEIGHT MULTIPLIER
DEAD	DEAD	1
LIVE	LIVE	0
WIND	WIND	0
MANUSIA	BRIDGE LIVE	0

- Untuk load pattern DEAD self weight multiplier isikan 1 untuk memperhitungkan beban sendiri struktur Jembatan gantung. Untuk menambahkan Load Pattern Add New Load pattern.

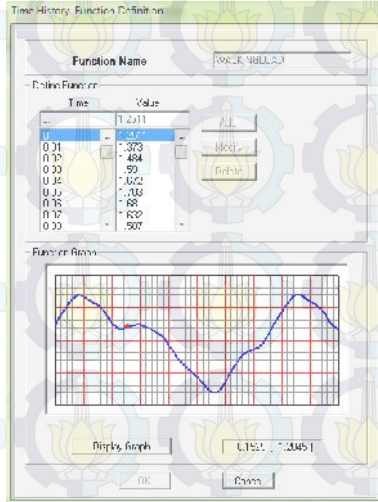
2. Mendefinisikan beban manusia berjalan berdasarkan fungsi waktu seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4.3.** Tabel Beban Manusia Berjalan Berdasarkan Fungsi Waktu

Time	Force	Time	Force	Time	Force
0	1.2511	0.21	1.146	0.42	0.858
0.01	1.373	0.22	1.1	0.43	0.89
0.02	1.484	0.23	1.03	0.44	0.96
0.03	1.59	0.24	0.932	0.45	1.074
0.04	1.672	0.25	0.818	0.46	1.21
0.05	1.703	0.26	0.714	0.47	1.34
0.06	1.68	0.27	0.631	0.48	1.45
0.07	1.632	0.28	0.564	0.49	1.56
0.08	1.587	0.29	0.499	0.5	1.65
0.09	1.543	0.3	0.427	0.51	1.7
0.1	1.473	0.31	0.347	0.52	1.7
0.11	1.37	0.32	0.265	0.53	1.65
0.12	1.261	0.33	0.202	0.54	1.6
0.13	1.19	0.34	0.187	0.55	1.56
0.14	1.174	0.35	0.238	0.56	1.5
0.15	1.196	0.36	0.348	0.57	1.405
0.16	1.225	0.37	0.484	0.58	1.294
0.17	1.241	0.38	0.613	0.59	1.208
0.18	1.235	0.39	0.718	0.6	1.174
0.19	1.212	0.4	0.792		
0.2	1.181	0.41	0.835		

- Langkah awal pilih menu Define – Function - Time History
- Langkah Setelah itu pilih User pada tab Choose Function typeto Add, kemudian pilih Add New Function.
- Setelah itu pilih User pada tab Choose Function type to Add, kemudian pilih Add New Function.
- Isikan Function Name WALKING LOAD serta data beban manusia berjalan berdasarkan fungsi waktu sesuai dengan data yang ada pada kotak isian Define

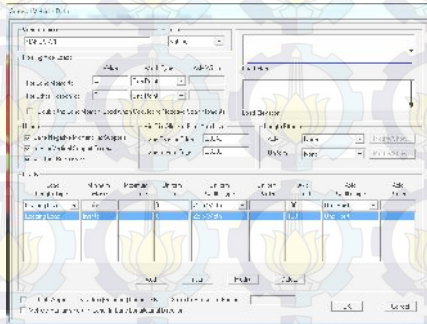
Function. Dan hasilnya seperti terlihat pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8.** Tampilan Menu *Time History Definition*

3. Mendefinisikan beban manusia (beban point) pada struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki.
  - Langkah awal pada menu Define – Bridge Load – Vehicle.
  - Setelah itu pilih Add General Vehicle pada tab Choose Function Type to Add, kemudian pilih Add Vehicle.

- Isikan Vehicle Name MANUSIA 1 serta ubah satuan menjadi N.mm kemudian pada kotak loads isikan Load Length Type LEADING LOAD, Minimum Distance INFINITE, Uniform Load isikan 0, Uniform With Type isikan ZERO WIDTH, Axle Load isikan 800N, Axle Width Type One Point. Maka akan ditampilkan seperti **Gambar 4.9**



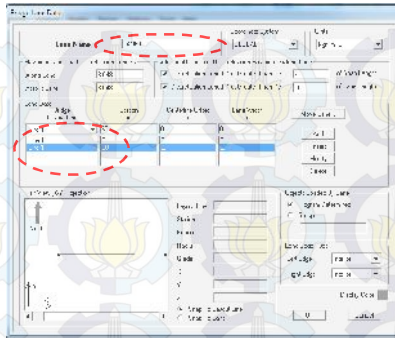
**Gambar 4.9.** Tampilan Menu General Vehicles Data

#### 4. Mendefinisikan VEHICLE CLASSES

- Pilih menu Define – Vehicle Classes.
- Setelah itu pilih Add New Classes
- Setelah itu isikan Vehicle Class Name GERAK 1 & pada kotak isian Define Vehicle Class pilih Vehicle Name MANUSIA 1 dengan scale factor 1 lalu klik Add.

#### 5. Mendefinisikan beban LANE pada Jembatan Gantung Pejalan kaki

- Pilih menu Define – Lane
- Setelah ini pilih Add New Lane Defined From Layout Line, Maka akan ditampilkan tab sbb :

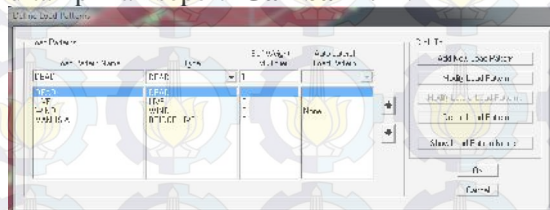


**Gambar 4.10.** Tampilan Menu *Bridge Lane Data*

- Setelah itu isikan Lane Name LANE 1, kemudian pada kotak isian Lane Data isikan Bridge Layout Line dengan Line Station 0 – 60 (Panjang Jembatan Gantung), Centre Line Offset 0 serta Lane Width 0. Setelah itu klik OK & lakukan untuk LANE 2 & LANE 3 ( jika ada 2 LANE atau lebih). Maka akan ditampilkan seperti **Gambar 4.10**.

6. Mendefinisikan load Pattern untuk beban manusia

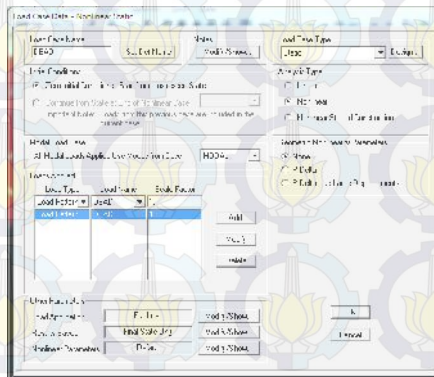
- Pilih menu Define – Load Pattern maka akan ditampilkan seperti **Gambar 4.11**.



**Gambar 4.11.** Tampilan Menu *Define Load Pattern*



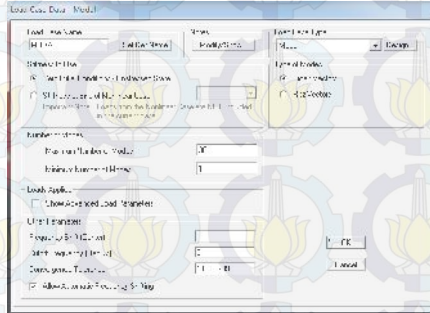
- Isikan Load Pattern MANUSIA dengan Type BRIDGE LIVE, Self Weight Multiplier isikan 0, setelah itu klik Add New Load Pattern.
  - Setelah itu pilih beban tersebut, kemudian pilih Modify Bridge Live Load.
  - Isikan Vehicle dengan MANUSIA, untuk Lane dan start time disesuaikan. Direction pilih forward dan speed isikan 1,39 m/s. Untuk duration of loading isikan 43 detik.
7. Mendefinisikan Load Case yang bekerja pada sekitar Jembatan Gantung Pejalan Kaki
- Pilih menu Define – Load Case.
  - Untuk mengubah beban mati menjadi beban nonlinear pilih Load Case Name DEAD kemudian pilih Modify Show Load Case, maka akan ditampilkan seperti **Gambar 4.12**.



**Gambar 4.12.** Tampilan Menu *Load Case Data*

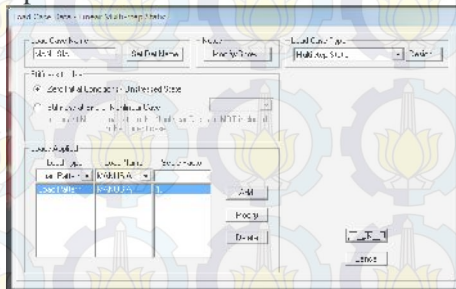
- Pilih analysis type nonlinear, kemudian klik OK.

- Untuk mengubah Load Case Modal pilih Load Case Name MODAL kemudian pilih Modify Show Load Case, maka akan ditampilkan seperti **Gambar 4.13**.



**Gambar 4.13.** Tampilan Menu *Load Case Data Mode*

- Isikan maximum number of modes 30.
- Selanjutnya pilih Add New Load Case, maka akan ditampilkan tab sbb :

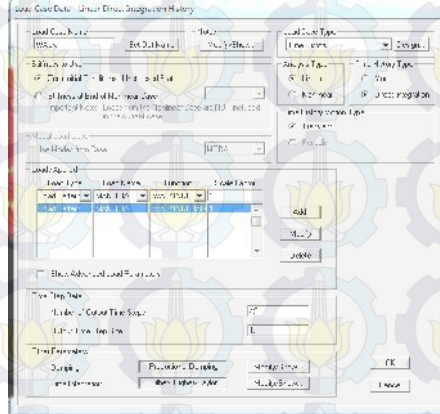


**Gambar 4.14** Tampilan Menu *Load Case Data Linier Multi step Static*

- Isikan load case name MANUSIA dengan load case type Multi – Step Static, kemudian pada load

applied pilih load name MANUSIA dengan scale factor 1. Kemudian klik OK.

➤ Untuk membuat Load Case Type Time History pilih Add New Load Case, maka akan ditampilkan tab sbb:

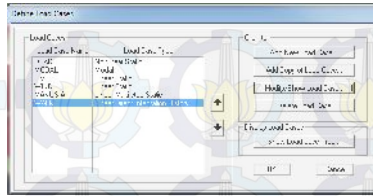


**Gambar 4.15** Tampilan Menu *Load Case Data*

➤ Isikan load case name WALK dengan load case type Time History, kemudian pada time history type pilih Direct Integration. Pada Tab Load Applied isikan Load Name MANUSIA dengan function WALKING LOAD. Time step data isikan number of output step 43 detik.

➤ Selanjutnya untuk membuat kombinasi pada Load Case Pilih Add New Load Case.

➤ Pada Load Case Name isikan D + L & pilih Analysis Type Nonlinear kemudian untuk initial condition pilih Continue From State At End of Nonlinear Case Dead. Pada Load Applied pilih Load Pattern kemudian Load Name LIVE & scale factor 1. Kemudian klik OK.



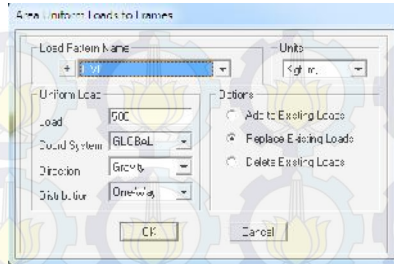
**Gambar 4.16.** Tampilan Menu *Define Load Cases*

8. Kombinasi beban pada struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki

- Pilih menu Define – Load Combination - New Combo
- Pada Load Combination Name isikan 1,2D+1,6L dengan load combination type Linear Add. Load Case name pilih DEAD dengan Load Case Type Nonlinear static dengan load factor 1,2 dan LIVE dengan scale factor 1,6 kemudian klik Add untuk menambahkan beban.

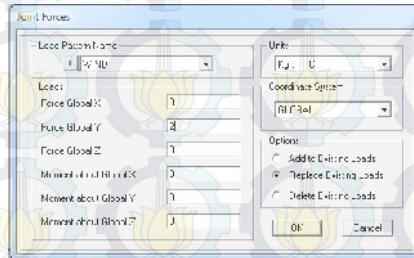
9. Input beban pada struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki

- Input beban hidup pada pelat lantai jembatan sebesar 500 kg/m<sup>2</sup> (untuk check design struktur awal sebelum dianalisa menggunakan beban manusia berjalan) dengan cara pilih menu SELECT – PROPERTIES – AREA SECTION .
- Pilih DECK kemudian klik OK
- Setelah itu pilih menu Assign – Area Load – Uniform to frame (shell) maka isikan seperti pada **Gambar 4.17**



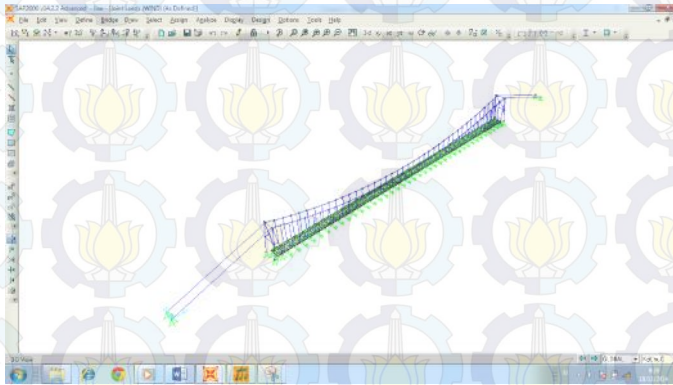
**Gambar 4.17** Tampilan Menu *Area Uniform Loads to Frames*

- Input beban angin pada struktur Jembatan Gantung Pejalan kaki, dengan cara klik joint pada jembatan yang ingin dibebani angin kemudian pilih menu assign – joint load dan isikan pada tab seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.18**.



**Gambar 4.18.** Tampilan Menu *Joint Force*

- Setelah selesai input kemudian klik OK, maka hasil pembebanannya adalah seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.19**.



**Gambar 4.19.** 3D View Wind Force pada Jembatan Gantung

- Setelah semua beban selesai dimasukkan maka struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki siap untuk dirunning.

#### 4.4 Cek Desain Struktur Jembatan Gantung

Jembatan Gantung Pejalan Kaki terbentuk dari beberapa komponen struktur yang memiliki fungsi yang berbeda. Elemen balok melintang, besi penggantung, ikatan angin, wire rope, pylon menjadi struktur primer yang berfungsi menahan beban strukturnya sendiri dan beban luar, sedangkan struktur lain seperti pelat lantai dan balok memanjang disebut struktur sekunder. Pengecekan kekuatan struktur Jembatan Gantung menggunakan program bantu SAP 2000, dimana struktur balok melintang, besi penggantung, ikatan angin, wire rope, pylon menjadi struktur yang akan dibuat pemodelannya. Selanjutnya dibebani dengan struktur sekunder.

Program bantu SAP 2000 memiliki beberapa tahapan kerja, antara lain :

1. Pembuatan model struktur sesuai dengan bentuk geometri dan dimensi bangunan.
2. Memasukan data material, dimensi penampang, balok, kabel, jenis beban dan kombinasi beban.
3. Analisa gaya dan kekuatan struktur dalam menahan beban luar.

#### 4.5 Tahapan Pembebanan dalam Analisa Struktur

Dalam perancangan struktur ini beban yang bekerja pada sistim struktur jembatan tersebut harus didasarkan atas pertimbangan – pertimbangan sebagai berikut :

- a. Pembebanan dan kombinasi pembebanan
- b. Penentuan sistem struktur

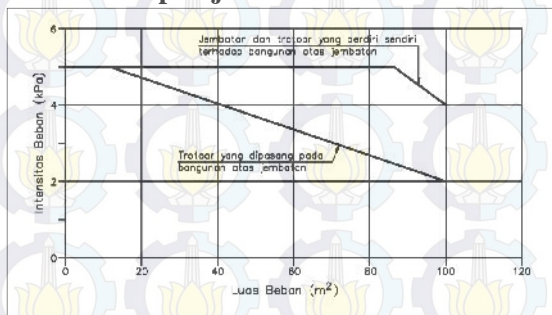
#### 4.5.1 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada struktur ini terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, dan beban angin. Untuk kombinasi pembebanan mengacu pada beberapa peraturan yaitu SNI T-02-2005, SNI T-12-2004, BMS 1992, SNI 2847-2002, ACI 318-02, UBC 1997 dan SNI 1729-2002.

- **Beban Mati**

Beban mati pada perencanaan ini meliputi berat sendiri dari masing – masing elemen struktur seperti berat balok melintang, balok memanjang, pelat lantai, ikatan angin dan kabel penggantung.

- **Beban Hidup Pejalan Kaki**



**Gambar 4.20.** Grafik pembebanan untuk pejalan kaki

Luas area yang dibebani pejalan kaki :

$A = \text{lebar jembatan} \times \text{panjang jembatan}$

$$A = 1,7 \times 60 = 102 \text{ m}^2$$

Berdasarkan grafik pembebanan pejalan kaki di atas, maka beban nominal pejalan kaki :

$$Q_m = 5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$$



- **Beban Angin Jembatan**

Gaya nominal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana sebagai berikut:

$$T_{EW1} = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot A_b \cdot K_{EW}^U$$

Dimana :

$V_w$  = Kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau.

$C_w$  = Koefisien Seret

$K_{EW}^U$  = Faktor Beban Ultimit

$A_b$  = Luas Koefisien bagian samping jembatan

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang massif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekuivalen dianggap 30% dari luas yang dibatasi oleh batang –batang bagian terluar.

Dimana  $C_w$  diambil sama dengan 2,1 hal ini berbeda dengan beban angin yang bekerja pada rangka dengan koefisien seret ( $C_w$ ) diambil seperti pada **Tabel 4.4** berikut ini :

**Tabel 4.4.** Tabel Koefisien Seret  $C_w$

Tipo Jembatan	$C_w$
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 5.0$	1.25 (3)
Bangunan atas rangka	1.2
CATATAN (1) $b$ = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran $d$ = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif	
CATATAN (2) Untuk harga antara dari $b / d$ bisa diinterpolasi linier	
CATATAN (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, $C_w$ harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2.5 %	

Besarnya kecepatan angin rencana yang akan digunakan bergantung daripada kondisi letak struktur jembatan yang ada. Beberapa parameter tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.5** dibawah ini.

**Tabel 4.5.** Kecepatan Angin Rencana

Keadaan Batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

$$Ab = 6 \times 39 \times 0,025 \times 0,3 \text{ (luas koefisien bagian samping jembatan)}$$

$$= 1,755 \text{ m}^2$$

$$T_{EW1} = 0,0006 \cdot C_w \cdot (V_w)^2 \cdot Ab \cdot K_{EW}^U$$

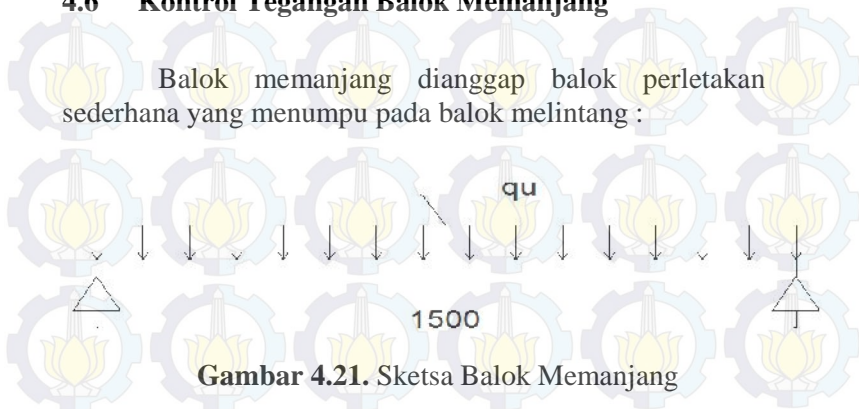
$$= 0,0006 \times 2,1 \times (25)^2 \times 1,755 \times 1,2$$

$$= 1,658 \text{ kN}$$

$$H_{w1} = \frac{T_{EW1}}{60} = 0.02 \text{ kN} = 2 \text{ kg}$$

#### 4.6 Kontrol Tegangan Balok Memanjang

Balok memanjang dianggap balok perletakan sederhana yang menumpu pada balok melintang :



**Gambar 4.21.** Sketsa Balok Memanjang

- Dimensi balok Channel 80x45x6 :
  - $h = 80 \text{ mm}$
  - $b = 45 \text{ mm}$
  - $d = 6 \text{ mm}$
  - $qD1 = 8,64 \text{ kg/m}$
  - $S_x = 22,45 \text{ m}^3$
  - $\bar{\tau}_{\text{baja}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$
- Jarak antar balok memanjang :
  - $B = 900 \text{ mm}$
- Beban yang bekerja pada balok memanjang :
  - Berat sendiri :
    - $qD1 = 8,64 \text{ kg/m}$
  - Beban papan kayu  $t = 4 \text{ cm}$ :
    - $qD2 = t \times \gamma_{\text{kayu}} \times 0,85$
    - $= 0,04 \times 1000 \times 0,85$
    - $= 34 \text{ kg/m}$
  - Beban mati total :
    - $qD = 8,64 + 34$
    - $= 42,64 \text{ kg/m}$
  - Beban hidup pejalan kaki :
    - $qL = 500 \times 0,85$

$$= 425 \text{ kg/m}^3$$

- Beban Ultimit :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= (1,2 \times 42,64) + (1,6 \times 425) \\ &= 477,768 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Momen ultimit balok

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{q_u \times L^2}{8} \\ &= \frac{477,768 \times 1,5^2}{8} \\ &= 134,372 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Tegangan maksimum akibat beban kerja

$$\begin{aligned} \bar{f}_{\max} &= \frac{M_{\max}}{S_x} \\ &= \frac{13437,225}{22,45} \\ &= 598,540 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\bar{f}_{\max} < 0,58 \bar{f}_{\text{baja}}$$

$$598,540 \text{ kg/cm}^2 < 0,58 \times 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$598,540 \text{ kg/cm}^2 < 928 \text{ kg/cm}^2.$$

#### 4.7 Check Design Element Struktur

Bagian terpenting dari analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000 adalah cek desain struktur. Cek desain struktur ini memiliki 3 fungsi, yaitu :

- Mengetahui kekuatan profil baja dalam memikul beban luar yang terjadi.
- Mengetahui tingkat keekonomisan penggunaan profil baja.
- Memperkirakan jumlah tulangan yang dibutuhkan untuk balok dan kolom pada beton.

##### 1. Check Design ikatan Angin Menggunakan SAP2000

**Tabel 4.6.** Check Design Ikatan Angin

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93							
Frame	DesignSect	DesignType	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg
Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text
484	L 40.40.4	Beam	0.013087	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
485	L 40.40.4	Beam	0.029828	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
486	L 40.40.4	Beam	0.042009	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
487	L 40.40.4	Beam	0.045736	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
488	L 40.40.4	Beam	0.046028	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
489	L 40.40.4	Beam	0.048546	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
490	L 40.40.4	Beam	0.045311	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
491	L 40.40.4	Beam	0.045304	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
492	L 40.40.4	Beam	0.042911	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
493	L 40.40.4	Beam	0.042463	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
494	L 40.40.4	Beam	0.040375	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
495	L 40.40.4	Beam	0.040851	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
496	L 40.40.4	Beam	0.03886	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
497	L 40.40.4	Beam	0.039498	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
498	L 40.40.4	Beam	0.037878	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
499	L 40.40.4	Beam	0.038459	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
500	L 40.40.4	Beam	0.037381	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
501	L 40.40.4	Beam	0.037532	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
502	L 40.40.4	Beam	0.036923	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
503	L 40.40.4	Beam	0.036996	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
504	L 40.40.4	Beam	0.036996	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93							
Frame	DesignSect	DesignType	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg
Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text
505	L 40.40.4	Beam	0.036923	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
506	L 40.40.4	Beam	0.037532	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
507	L 40.40.4	Beam	0.037381	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
508	L 40.40.4	Beam	0.038459	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
509	L 40.40.4	Beam	0.037878	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
510	L 40.40.4	Beam	0.039498	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
511	L 40.40.4	Beam	0.03886	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
512	L 40.40.4	Beam	0.040851	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
513	L 40.40.4	Beam	0.040375	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
514	L 40.40.4	Beam	0.042463	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
515	L 40.40.4	Beam	0.042911	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
516	L 40.40.4	Beam	0.045304	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
517	L 40.40.4	Beam	0.045311	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
518	L 40.40.4	Beam	0.048546	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
519	L 40.40.4	Beam	0.046028	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
520	L 40.40.4	Beam	0.045736	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages
521	L 40.40.4	Beam	0.042009	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
522	L 40.40.4	Beam	0.029828	PMM	D + 1.3 W	0	No Messages
523	L 40.40.4	Beam	0.013087	PMM	D + 1.3 W	1.74929	No Messages

Hasil interaksi maksimum =  $0,048 < 1$

2. Check Ikatan Angin Menggunakan LRFD  
Output gaya ikatan angin dari SAP 2000:

Tabel 4.7. Output Gaya Ikatan Angin

TABLE: Element Forces - Frames				
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P
Text	m	Text	Text	Kgf
484	0	D + 1.3 W	Combination	40.79
484	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-0.42
485	0	D + 1.3 W	Combination	-11.31
485	1.74929	D + 1.3 W	Combination	3.28
486	0	D + 1.3 W	Combination	10.38
486	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-1.46

487	0	D + 1.3 W	Combination	-8.18
487	1.74929	D + 1.3 W	Combination	1.23
488	0	D + 1.3 W	Combination	7.51
488	1.74929	D + 1.3 W	Combination	0.36
489	0	D + 1.3 W	Combination	-5.55
489	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-0.55
490	0	D + 1.3 W	Combination	4.92
490	1.74929	D + 1.3 W	Combination	1.88
491	0	D + 1.3 W	Combination	-3.23
491	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-2.05
492	0	D + 1.3 W	Combination	2.59
492	1.74929	D + 1.3 W	Combination	3.08
493	0	D + 1.3 W	Combination	-1.24
493	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-3.3
494	0	D + 1.3 W	Combination	0.53
494	1.74929	D + 1.3 W	Combination	3.96
495	0	D + 1.3 W	Combination	0.43
495	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-4.3
496	0	D + 1.3 W	Combination	-1.28
496	1.74929	D + 1.3 W	Combination	4.52
497	0	D + 1.3 W	Combination	1.77
497	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-5.04
498	0	D + 1.3 W	Combination	-2.83
498	1.74929	D + 1.3 W	Combination	4.76
499	0	D + 1.3 W	Combination	2.79
499	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-5.54
500	0	D + 1.3 W	Combination	-4.1
500	1.74929	D + 1.3 W	Combination	4.72
501	0	D + 1.3 W	Combination	3.54
501	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-5.74
502	0	D + 1.3 W	Combination	-5.03
502	1.74929	D + 1.3 W	Combination	4.48
503	0	D + 1.3 W	Combination	4.08
503	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-5.59
504	0	D + 1.3 W	Combination	-5.59
504	1.74929	D + 1.3 W	Combination	4.08
505	0	D + 1.3 W	Combination	4.48
505	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-5.03
506	0	D + 1.3 W	Combination	-5.74
506	1.74929	D + 1.3 W	Combination	3.54

507	0	D + 1.3 W	Combination	4.72
507	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-4.1
508	0	D + 1.3 W	Combination	-5.54
508	1.74929	D + 1.3 W	Combination	2.79
509	0	D + 1.3 W	Combination	4.76
509	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-2.83
510	0	D + 1.3 W	Combination	-5.04
510	1.74929	D + 1.3 W	Combination	1.77
511	0	D + 1.3 W	Combination	4.52
511	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-1.28
512	0	D + 1.3 W	Combination	-4.3
512	1.74929	D + 1.3 W	Combination	0.43
513	0	D + 1.3 W	Combination	3.96
513	1.74929	D + 1.3 W	Combination	0.53
514	0	D + 1.3 W	Combination	-3.3
514	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-1.24
515	0	D + 1.3 W	Combination	3.08
515	1.74929	D + 1.3 W	Combination	2.59
516	0	D + 1.3 W	Combination	-2.05
516	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-3.23
517	0	D + 1.3 W	Combination	1.88
517	1.74929	D + 1.3 W	Combination	4.92
518	0	D + 1.3 W	Combination	-0.55
518	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-5.55
519	0	D + 1.3 W	Combination	0.36
519	1.74929	D + 1.3 W	Combination	7.51
520	0	D + 1.3 W	Combination	1.23
520	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-8.18
521	0	D + 1.3 W	Combination	-1.46
521	1.74929	D + 1.3 W	Combination	10.38
522	0	D + 1.3 W	Combination	3.28
522	1.74929	D + 1.3 W	Combination	-11.31
523	0	D + 1.3 W	Combination	-0.42
523	1.74929	D + 1.3 W	Combination	40.79



Data material :

Baja BJ 37

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$G = 80.000 \text{ Mpa}$$

$$f_u = 370 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

Data Profil L 40.40.4 :

$$A = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 1,21 \text{ cm}$$

$$i_y = 1,21 \text{ cm}$$

➤ **Kontrol Batang Tekan**

Gaya dalam yang menentukan :

$$P_u = 11,31 \text{ Kg (tekan)}$$

$$L = 175 \text{ cm}$$

Kelangsingan Komponen Struktur

$$\lambda = \frac{Lk}{i}$$

 $Lk = k_c \times L$  dimana  $k_c = 1$  (untuk rangka batang)

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{k_c \times Lk}{i} = \frac{1 \times 175}{1,21} = 144,6$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{f} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{144,6}{f} \times \sqrt{\frac{240}{200000}} = 1,594$$

$$\lambda_c > 1,2$$

$$\tilde{S} = 1,25 \lambda_c^2$$

$$\tilde{S} = 1,25 \times 1,594^2$$

$$\tilde{S} = 3,17$$

Kuat tekan nominal :

$$\begin{aligned}
 N_n &= \frac{A_g x f_y}{\omega} \\
 &= \frac{3,08 x 2400}{3,17} \\
 &= 2331,86 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tekan rencana :

$$\begin{aligned}
 \phi N_n &= 0,85 x 2331,86 \\
 &= 1982,08 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi N_n = 1982,08 \text{ kg} > P_u = 11,31 \text{ kg OK!!}$$

➤ Kontrol Batang Tarik

$$P_u = 40,79 \text{ Kg (tekan)}$$

Batas Leleh

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,9 x A_g x f_y \\
 &= 0,9 x 3,08 x 2400 \\
 &= 6652,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Batas Putus

$$\begin{aligned}
 A_n &= 0,85 x A_g \\
 &= 0,85 x 3,08 \\
 &= 2,618 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$U = 1 - \frac{x}{L}$$

$$= 1 - \frac{1,4}{15}$$

$$= 0,9$$

$$Ae = U \times An$$

$$= 0,9 \times 2,618$$

$$= 2,36 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset Rn = 0,75 \times Aexfu$$

$$= 0,75 \times 2,36 \times 3700$$

$$= 6549 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\emptyset Rn = 6549 \text{ kg} > Pu = 40,79 \text{ kg OK}$$

### 3. Check Design Balok Melintang Menggunakan SAP2000

Kontrol balok melintang berdasarkan kombinasi pembebanan ENVELOPE yaitu hasil kombinasi terbesar dari beberapa kombinasi terbesar dari beberapa kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur jembatan :

Tabel 4.8. Check Design Balok Melintang

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93							
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m
88	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.063966	PMM	ENVE	0.9
93	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.220465	PMM	ENVE	0.45
98	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.358185	PMM	ENVE	0.45
103	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.35586	PMM	ENVE	0.45
108	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.34811	PMM	ENVE	0.45
113	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.347665	PMM	ENVE	0.45
118	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.346476	PMM	ENVE	0.45
123	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.3446	PMM	ENVE	0.45
128	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.344287	PMM	ENVE	0.45
173	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.343475	PMM	ENVE	0.45
208	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.343053	PMM	ENVE	0.45
258	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.341127	PMM	ENVE	0.45
293	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.341721	PMM	ENVE	0.45
306	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.340823	PMM	ENVE	0.45
311	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.340276	PMM	ENVE	0.45
316	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.339303	PMM	ENVE	0.45
321	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.33982	PMM	ENVE	0.45
366	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.339338	PMM	ENVE	0.45
371	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.33875	PMM	ENVE	0.45
376	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.338794	PMM	ENVE	0.45
381	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.338761	PMM	ENVE	0.45
386	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.338794	PMM	ENVE	0.45
391	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.33875	PMM	ENVE	0.45
396	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.339338	PMM	ENVE	0.45
401	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.33982	PMM	ENVE	0.45
406	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.339303	PMM	ENVE	0.45
411	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.340276	PMM	ENVE	0.45
416	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.340823	PMM	ENVE	0.45
421	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.341721	PMM	ENVE	0.45
426	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.341127	PMM	ENVE	0.45
431	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.343053	PMM	ENVE	0.45
436	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.343475	PMM	ENVE	0.45
441	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.344287	PMM	ENVE	0.45
446	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.3446	PMM	ENVE	0.45
451	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.346476	PMM	ENVE	0.45
456	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.347665	PMM	ENVE	0.45
461	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.34811	PMM	ENVE	0.45
466	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.35586	PMM	ENVE	0.45
471	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.358185	PMM	ENVE	0.45
476	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.220465	PMM	ENVE	0.45
481	DC 80.45.6	Beam	No Messages	0.063966	PMM	ENVE	0.9

Hasil interaksi maksimum =  $0,358 < 1$

4. Check Balok Melintang 2C 80.45.6 Menggunakan LRFD

Data material :

Baja BJ 37

$f_y = 240 \text{ Mpa}$

$G = 80.000 \text{ Mpa}$

$f_u = 370 \text{ Mpa}$

$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$

Data Profil:

$A = 11,64 \text{ cm}^2$

$h = 8 \text{ cm}$

$t_f = 0,6 \text{ cm}$

$t_w = 0,6 \text{ cm}$

$Z_x = 24,97 \text{ cm}^3$

$Z_y = 15,48 \text{ cm}^3$

$I_y = 72,6 \text{ cm}^4$

$I_x = 22,35 \text{ cm}^4$

Beban yang Bekerja (Tabel Output Gaya dalam) :

$M_u = 196,44 \text{ Kgm}$

$V_u = 433,05 \text{ Kg}$

➤ Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{80}{6} = 13,3$$

Kurang dari

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71$$

Maka kuat geser nominal balok :

$$V_n = 0,6x f_y x h x t_w$$

$$V_n = 0,6x 2400 x 8 x 0,6$$

$$V_n = 6912 \text{ kg}$$

$$w V_n = 0,9 x 6912$$

$$w V_n = 6220,8 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n = 6220,8 \text{ kg} > V_u = 433,05 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

➤ Kontrol Kuat Lentur

a. Local Buckling

Sayap

$$\frac{b_f}{2x t_f} = \frac{90}{2x 6} = 7,5$$

Kurang dari

$$\frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

Badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{80}{6} = 7,5$$

Kurang dari

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

Penampang kompak sehingga momen nominal penampang:

$$M_n = M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 24,97 \times 2400$$

$$= 59928 \text{ kgcm}$$

$$= 599.28 \text{ kgm}$$

## b. Local Buckling

$$L_B = \frac{180}{3} = 60 \text{ cm}$$

$$L_P = 1,76iy \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 1,41 \sqrt{\frac{200000}{2400}} = 71,64 \text{ cm}$$

Karena  $L_P = 71,64 \text{ cm} > L_B = 60 \text{ cm}$ , sehingga

$$M_n = M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 24,97 \times 2400$$

$$= 59928 \text{ kgcm}$$

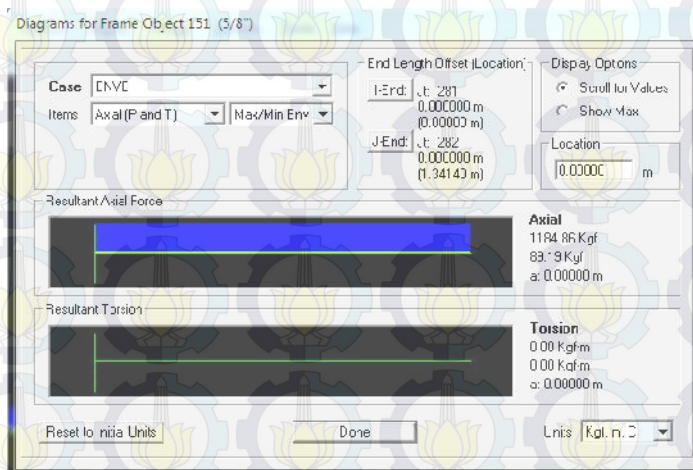
$$= 599,28 \text{ kgm}$$

$$\Phi M_n = 0,9 \times 599,28 \text{ kgm}$$

$$\Phi M_n = 539,352 \text{ kgm}$$

$$\Phi M_r = 539,352 \text{ kgm} > M_r = 196,44 \text{ Kgm} \dots \text{OK}$$

## 5. Check Design Kabel Penggantung Ø5/8"



**Gambar 4.22.** Check Design Kabel Penggantung Ø5/8"

Gaya aksial yang bekerja pada kabel akibat kombinasi beban ENVELOPE:

$$P = 1184,86 \text{ kg}$$

Luas penampang kabel :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi x D^2}{4} \\ &= \frac{\pi x 1,6^2}{4} \\ &= 2,01 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada kabel :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{1184,86}{2,01} \\ &= 589,48 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Ultimate wire tensile strength :

$$f_{pu} = 1860 \text{ Mpa}$$

Effective wire tensile strength :

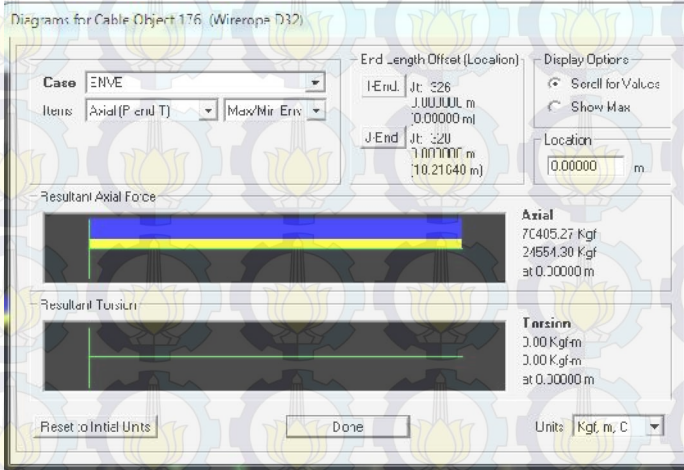
$$\begin{aligned} f_{pe} &= 0,7 \cdot f_{pu} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Ps. 20.5.3}) \\ &= 0,7 \cdot 1860 \\ &= 1302 \text{ Mpa} \\ &= 13020 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan ijin kabel :

$$f_{pe} = 13020 \text{ kg/cm}^2 > \sigma = 589,48 \text{ kg/cm}^2$$



## 6. Check Design Kabel Penggantung Ø32mm



**Gambar 4.23.** Check Design Kabel Penggantung Ø32 mm

Gaya aksial yang bekerja pada kabel akibat kombinasi beban ENVELOPE:

$$P = 70405,27 \text{ kg}$$

Luas penampang kabel :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi x D^2}{4} \\ &= \frac{\pi x 3,2^2}{4} \\ &= 8,04 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada kabel :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{70405,27}{8,04} \\ &= 8756,87 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Ultimate wire tensile strength :

$$f_{pu} = 1860 \text{ Mpa}$$

Effective wire tensile strength :

$$\begin{aligned} f_{pe} &= 0,7 \cdot f_{pu} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Ps. 20.5.3}) \\ &= 0,7 \cdot 1860 \\ &= 1302 \text{ Mpa} \\ &= 13020 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan ijin kabel :

$$f_{pe} = 13020 \text{ kg/cm}^2 > \sigma = 8756,87 \text{ kg/cm}^2$$

## 7. Check Phylon

Data material :

Baja BJ 37

$$\begin{aligned} f_y &= 240 \text{ Mpa} & G &= 80.000 \text{ Mpa} \\ f_u &= 370 \text{ Mpa} & E_s &= 200.000 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Data Profil L 40.40.4 :

$$\begin{aligned} A &= 37,15 \text{ cm}^2 \\ i_x &= 250,07 \text{ cm} \\ i_y &= 35,86 \text{ cm} \end{aligned}$$

### ➤ Kontrol Batang Tekan

Gaya dalam yang menentukan :

$$P_u = 24290,68 \text{ Kg (tekan)}$$

$$L = 600 \text{ cm}$$

$$\left. \begin{aligned} & \\ & \end{aligned} \right\} = \frac{Lk}{i}$$

Terhadap sumbu x

$Lk = k_c \times L$  dimana  $k_c = 0,8$  (untuk sendi -jepit)

$$\left. \begin{aligned} & \\ & \end{aligned} \right\} x = \frac{k_c x L}{i_x} = \frac{0,8 x 600}{250,07} = 1,9$$

Terhadap sumbu y

$Lk = k_c \times L$  dimana

$k_c = 0,8$  (untuk sendi -jepit) dan 1 (untuk sendi -jepit)

$$\}y_1 = \frac{kcxLk}{iy} = \frac{0,8x300}{35,86} = 6,7$$

$$\}y_2 = \frac{kcxLk}{iy} = \frac{1x300}{35,86} = 8,36 \text{ (menentukan)}$$

$$\}c = \frac{\}y}{f} \sqrt{\frac{Fy}{E}} = \frac{8,36}{f} \sqrt{\frac{2400}{2000000}} = 0,092$$

$\}c = 0,092 < 1,5$  maka,

$$F_{cr} = (0,658)^{\}c \cdot fy = (0,658)^{0,092} \times 2400$$

$$= 2309,34 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_u = \Phi_c \cdot A_g \cdot F_{cr} = 0,85 \times 37,15 \times 2309,34$$

$$= 72923,18 \text{ kg}$$

$$24290,68 \text{ Kg} < 72923,18 \text{ kg}$$

## 8. Kontrol Lendutan Jembatan

Akibat kombinasi Beban Mati + Beban Hidup:

$$ijin = \frac{L}{500} = \frac{6000}{500} = 12cm$$

Output displacement sap beban 1D+1L :

**Tabel 4.9.** Kontrol lendutan akibat beban hidup 500 kg/m<sup>2</sup>

TABLE: Joint Displacements						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	Text	cm	cm	cm
55	D+L	NonStatic	Max	-3.888E-11	-0.000007691	-10.39505
55	D+L	NonStatic	Min	-3.888E-11	-0.000007691	-10.39505
181	D+L	NonStatic	Max	-3.883E-11	-0.000008808	-10.39592
181	D+L	NonStatic	Min	-3.883E-11	-0.000008808	10.395919

Dari tabel didapat lendutan maksimum di tengah bentang (joint 55/ joint 181) akibat beban D+L :

$$= 10,39 \text{ cm} < ijin = 12 \text{ cm (memenuhi).}$$



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

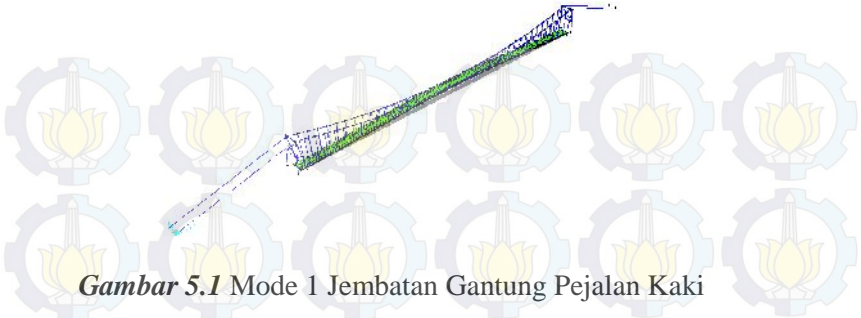
### **ANALISA DINAMIS STRUKTUR**

#### **5.1 Natural Frekuensi**

Frekuensi alami struktur adalah getaran yang terjadi pada suatu struktur ketika struktur tersebut tidak menerima gaya-gaya luar. Frekuensi alami struktur dipengaruhi oleh besaran properti internal struktur, yaitu kekakuan dan massa struktur. Nilai frekuensi alami ini dapat digunakan sebagai pedoman apakah suatu struktur akan mengalami resonansi atau tidak. Suatu struktur akan mengalami resonansi apabila frekuensi beban yang diterima struktur mendekati atau sama dengan frekuensi alaminya. Biasanya, pada 3 atau 4 pertama yang dipertimbangkan berpotensi resonansi (Wahyuni, 2012). Frekuensi alami pertama berkisar antara 3 – 4 Hz untuk getaran horizontal. Seperti disebutkan pada nilai diatas, frekuensi alami pada jembatan adalah dibawah 5Hz pada getaran vertikal dan 1,5Hz untuk arah horizontal, dengan demikian sebaiknya di check pada kemampuan penggunaan getaran seperti disebutkan pada British Standard (BS5400-2 2006).

#### **5.2 Mode Shape (Bentuk Model)**

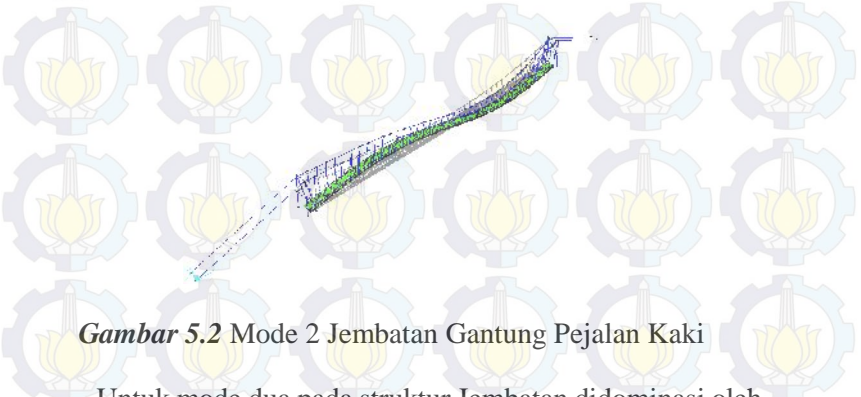
Pada umumnya sebuah struktur jembatan bisa memiliki 3 macam model getaran inti yaitu horizontal, torsi dan vertikal. Dari modal analysis diperoleh bentuk pada tiap - tiap mode dari struktur yang dianalisis. Gambar mode 1 dari jembatan pejalan kaki gantung dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.



**Gambar 5.1** Mode 1 Jembatan Gantung Pejalan Kaki

Untuk mode satu pada struktur Jembatan didominasi oleh arah getaran horizontal, ini menunjukkan bahwa pada jembatan apabila dikenai beban horizontal akan lebih berpengaruh dibanding dengan beban vertikal.

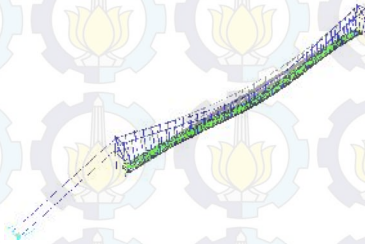
Gambar mode 2 dari jembatan pejalan kaki gantung dapat dilihat pada **Gambar 5.2**.



**Gambar 5.2** Mode 2 Jembatan Gantung Pejalan Kaki

Untuk mode dua pada struktur Jembatan didominasi oleh arah getaran vertikal, beban vertikal akan lebih berpengaruh dibanding beban horizontal, sehingga pengaruh berat sendiri dan beban gravitasi lainnya perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui kemampuan strukturnya.

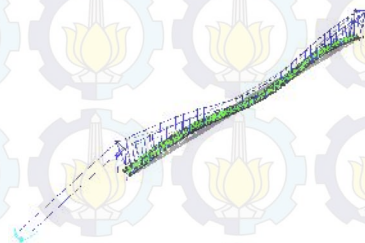
Gambar mode 3 dari jembatan pejalan kaki gantung dapat dilihat pada **Gambar 5.3**.



**Gambar 5.3** Mode 3 Jembatan Gantung Pejalan Kaki

Untuk mode tiga pada struktur Jembatan didominasi oleh arah getaran vertikal, beban vertikal akan lebih berpengaruh dibanding beban horizontal, sehingga pengaruh berat sendiri dan beban gravitasi lainnya perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui kemampuan strukturnya.

Gambar mode 4 dari jembatan pejalan kaki gantung dapat dilihat pada **Gambar 5.4**.



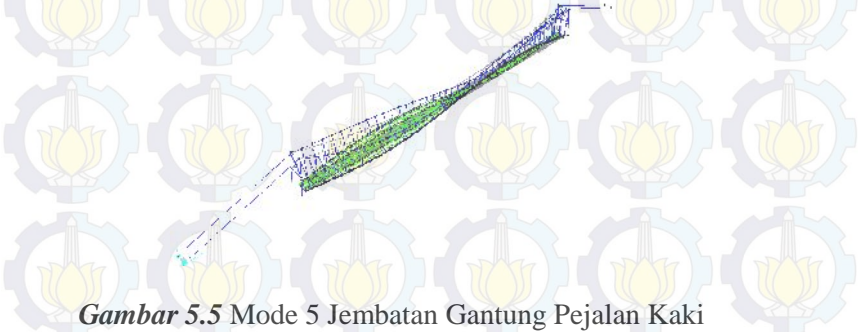
**Gambar 5.4** Mode 4 Jembatan Gantung Pejalan Kaki

Untuk mode empat pada struktur Jembatan didominasi oleh arah getaran vertikal, beban vertikal akan lebih



berpengaruh dibanding beban horizontal, sehingga pengaruh berat sendiri dan beban gravitasi lainnya perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui kemampuan strukturnya.

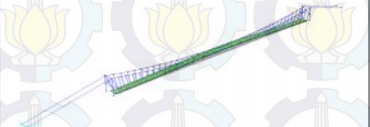
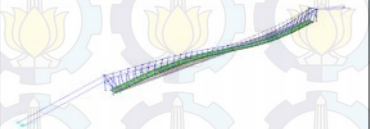
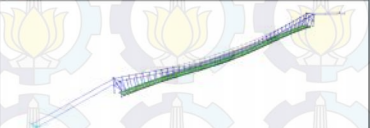
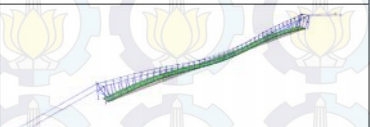
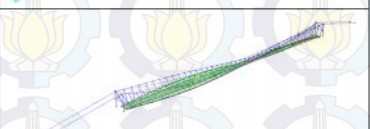
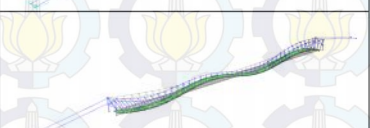
Gambar mode 5 dari jembatan pejalan kaki gantung dapat dilihat pada **Gambar 5.5**.

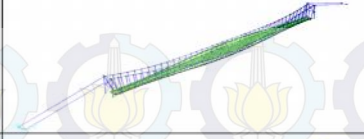
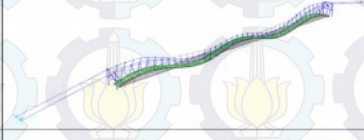
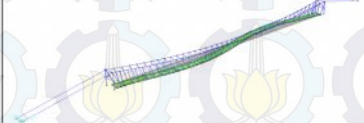
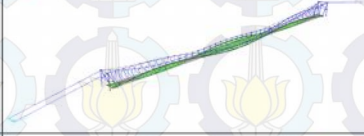
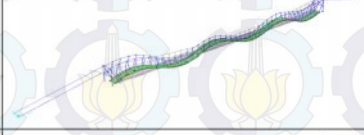
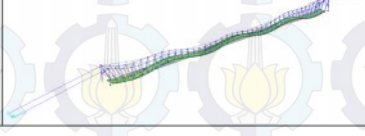


**Gambar 5.5** Mode 5 Jembatan Gantung Pejalan Kaki

Untuk mode lima pada struktur Jembatan didominasi oleh arah getaran torsi pada pelat jembatan, ini menunjukkan bahwa pada jembatan gantung apabila dikenai beban torsi akan lebih berpengaruh dibanding dengan beban vertikal ataupun horizontal. Untuk selengkapnya mode jembatan pejalan kaki ditunjukkan pada **Tabel 5.1**.

**Tabel 5.1** Frekuensi Alami dan Mode Shape Struktur Jembatan Pejalan Kaki

Mode	Frekuensi Jembatan	Bentuk Getaran	Mode Shape
1	1.7300	Horizontal	
2	1.7393	Vertikal	
3	1.9758	Vertikal	
4	2.782	Vertikal	
5	3.3864	Torsi	
6	3.4793	Vertikal	

Mode	Frekuensi Jembatan	Bentuk Getaran	Mode Shape
7	3.6187	Torsi	
8	4.3743	Vertikal	
9	4.6526	Horizontal	
10	5.2033	Torsi	
11	5.2321	Vertikal	
12	6.1207	Vertikal	

### 5.3. Beban Manusia

#### 5.3.1 Pejalan Kaki – Pengaruh Tindakan dan Pemodelan Relevan

Pejalan kaki mempengaruhi beban yang terjadi akibat adanya aktifitas pada struktur Jembatan Pejalan Kaki, khususnya berjalan. Beban dalam kaitannya dengan berjalan dapat diwakili dengan suatu deret fourier dengan koefisien frekuensi yang terpisah. Fungsi tekanan dalam kaitannya dengan rytme tubuh seseorang dapat dijelaskan menggunakan suatu deret fourier yang ditunjukkan pada **Persamaan 3.1**, seperti tertulis berikut.

$$F(t) = G \left( 1 + \sum_{n=1}^I r_n \sin(2\pi f_n t + \phi_n) \right)$$

Dimana,

G = Beban mati dari pejalan kaki (800N)

$r_n$  = Koefisien Fourier dari i-th yang harmoni

$f_n$  = frekuensi tingkat aktivitas  $1/T_p$  (Hz)

t = waktu (s)

$\phi_n$  = sudut fase i-th yang harmoni

I = nomor dari i-th yang harmoni

n = total nomor harmoni.

Pada Tugas akhir ini dianalisa beban dinamis akibat beban manusia berjalan. Menurut aktifitasnya manusia berjalan dibagi menjadi berjalan normal, berjalan sedang dan berjalan cepat. Pada studi ini akan dianalisa mengenai aktifitas manusia berjalan normal. **Table 5.2** menjelaskan sepuluh nilai koefisien fourier dan sudut fase yang Pertama, untuk beban berjalan normal ( $T_p = 0,6$  s), El-Dardiry (2003).

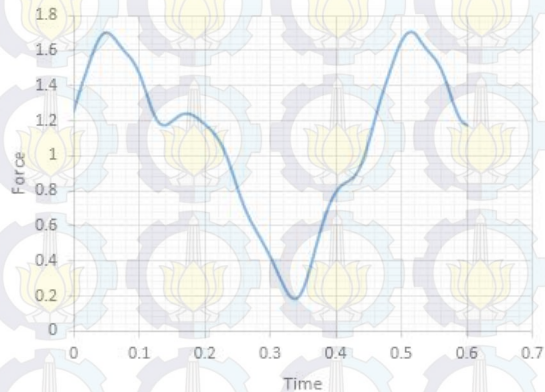
**Table 5.2** Sepuluh Koefisien Fourier dan Sudut Fase Pertama

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_n$	0.585731	0.168027	0.097902	0.0594	0.034773	0.021061	0.013486	0.009109	0.006444	0.00474
$\phi_n$	19.91	-17.53	-45.06	-76.72	-87.68	-93.15	-96.26	-98	-98.85	-99.06

Dengan memasukkan koefisien yang telah didapatkan dari **Table 5.2** kedalam **Persamaan 3.1**, maka didapatkan nilai  $F(t)$  untuk 0,60 detik pertama yang dapat dilihat pada **Gambar 5.6** dan nilainya, dapat ditunjukkan pada **Table 5.3**. grafik yang menunjukkan  $F(t)$  didasarkan pada fungsi waktu selama 0,6 detik tersebut dimasukkan dalam SAP2000 sebagai beban dinamis manusia berjalan normal.

**Table 5.3**  $F(t)$  Berdasarkan Fungsi Waktu

Time	Force	Time	Force	Time	Force
0	1.2511	0.21	1.146	0.42	0.858
0.01	1.373	0.22	1.1	0.43	0.89
0.02	1.484	0.23	1.03	0.44	0.96
0.03	1.59	0.24	0.932	0.45	1.074
0.04	1.672	0.25	0.818	0.46	1.21
0.05	1.703	0.26	0.714	0.47	1.34
0.06	1.68	0.27	0.631	0.48	1.45
0.07	1.632	0.28	0.564	0.49	1.56
0.08	1.587	0.29	0.499	0.5	1.65
0.09	1.543	0.3	0.427	0.51	1.7
0.1	1.473	0.31	0.347	0.52	1.7
0.11	1.37	0.32	0.265	0.53	1.65
0.12	1.261	0.33	0.202	0.54	1.6
0.13	1.19	0.34	0.187	0.55	1.56
0.14	1.174	0.35	0.238	0.56	1.5
0.15	1.196	0.36	0.348	0.57	1.405
0.16	1.225	0.37	0.484	0.58	1.294
0.17	1.241	0.38	0.613	0.59	1.208
0.18	1.235	0.39	0.718	0.6	1.174
0.19	1.212	0.4	0.792		
0.2	1.181	0.41	0.835		

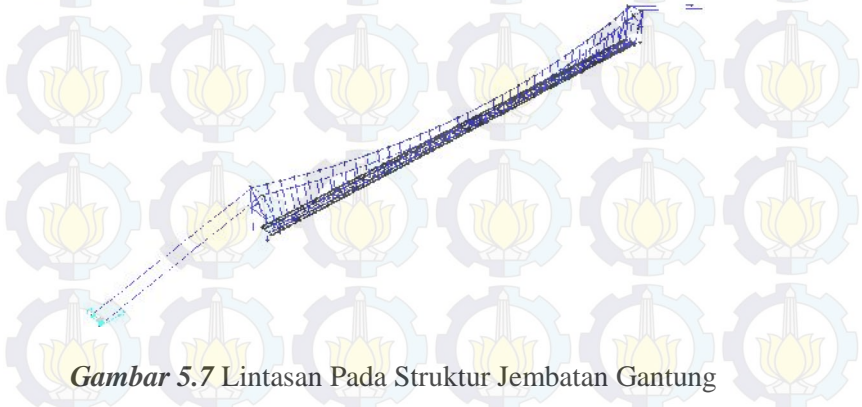


**Gambar 5.6** Grafik  $F(t)$  Berdasarkan Fungsi Waktu 0.6s

### 5.3.2 Beban Manusia Pada Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki

Setelah mengetahui fungsi dari beban berjalan normal, dibuat model beban berjalan manusia dengan program bantu SAP 2000. Dengan bantuan Bridge – Vehicle, beban manusia di transformasikan menjadi beban terpusat yang berjalan dengan berat massa 800N. Lalu, lintasan beban mulai dibuat dengan memanfaatkan lane pada menu Bridge. Beban yang dimodelkan berupa manusia berjalan secara individual dan manusia berjalan secara berkelompok. Untuk manusia yang berjalan secara individual lintasan yang digunakan berupa garis lurus pada as jembatan, kemudian manusia berjalan dari satu arah jembatan sepanjang 60 m. Sedangkan untuk beban manusia yang berjalan secara kelompok, lintasan yang digunakan yaitu sebanyak dua lintasan masing-masing 20 cm

dari as jembatan. Pada model beban ini beban manusia yang dimodelkan adalah sebanyak 42 orang, masing - masing 21 orang berjalan dari kedua arah jembatan dengan selang waktu 2 detik per orang yang berjalan.



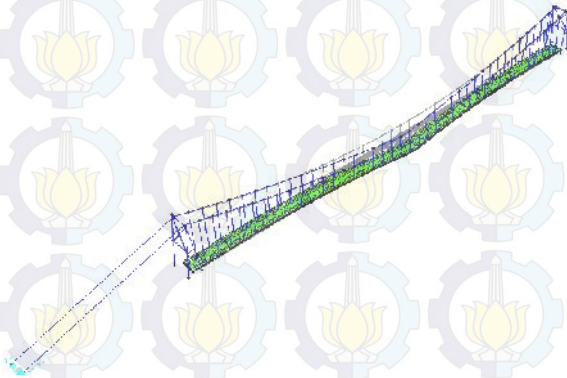
**Gambar 5.7** Lintasan Pada Struktur Jembatan Gantung

Langkah selanjutnya setelah lintasan dapat didefinisikan adalah menentukan load pattern pada struktur jembatan. Beban yang digunakan adalah beban manusia dengan type bridge live. Waktu mulai beban dimulai pada detik ke 0s. Jarak yang dibutuhkan untuk struktur jembatan 60m. Kecepatan orang berjalan adalah 1,39 m/s seperti yang diutarakan oleh ellis (2000). Sehingga waktu yang dibutuhkan oleh beban untuk sampai pada ujung lintasan adalah 43 s.

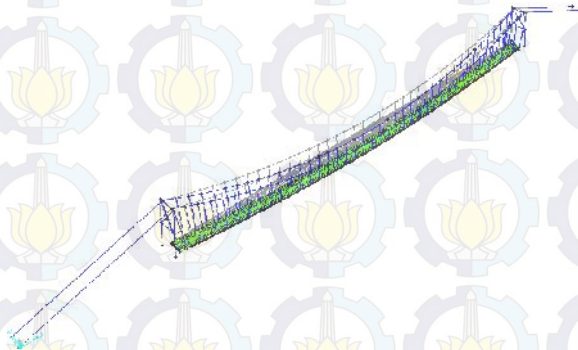
Setelah load pattern terdefinisi, langkah selanjutnya adalah menentukan load case yang dipakai. Dengan menggunakan tipe load case time history, fungsi beban yang dipakai adalah beban manusia yang telah didefinisikan dengan fungsi time history antara beban tekanan tubuh dengan waktu seperti tergambar pada **Gambar 5.6**.

#### 5.4 Deformed Shape

Setelah proses running, deformed shape struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki dapat diketahui menurut fungsi waktu seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.8** dan **Gambar 5.9** ketika beban berjalan pada kondisi maksimum.



**Gambar 5.8** Deformed shape jembatan akibat beban manusia berjalan individual



**Gambar 5.9** Deformed shape jembatan akibat beban manusia berjalan berkelompok



Dapat ditarik kesimpulan dari beberapa gambar diatas bahwa ketika beban berjalan saat waktu dan jarak tertentu, keseluruhan struktur mengalami deformasi. Untuk beban individual deformasi terbesar terjadi di titik dimana beban sedang bekerja pada tengah bentang, dan untuk beban kelompok deformasi terbesar ketika semua beban manusia berada pada jembatan.

### **5.5 Frekuensi Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Dinamis Manusia**

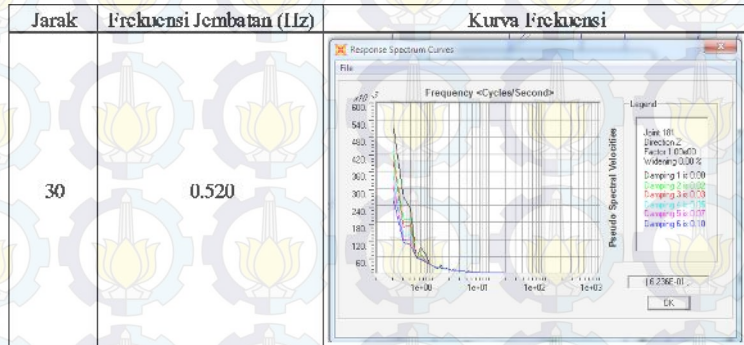
Ketika Struktur Jembatan menerima beban dinamis manusia, maka struktur tersebut akan mengalami getaran. Sehingga setiap tipe struktur akan mengalami frekuensi yang berbeda-beda menurut konstruksi struktur itu sendiri ketika menerima beban dinamis manusia (Piccardo dan Tubino, 2008).

Beban yang berjalan akan memberikan frekuensi yang berbeda – beda di setiap titik yang ditinjau pada struktur. Hal ini dikarenakan ketika beban dinamis manusia berada di satu titik struktur jembatan, maka keseluruhan struktur jembatan akan memberikan response getaran yang berbeda beda di setiap segmen struktur tersebut.

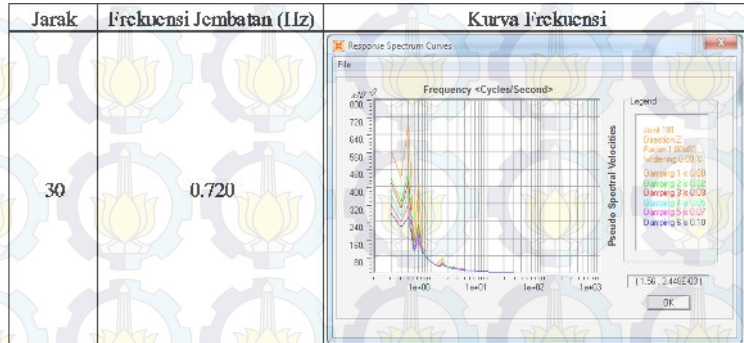
Beban dinamis manusia akan dianalisa tiap 3 m pada jembatan pejalan kaki dengan redaman pada jembatan sebesar 2%, dan akan ditinjau nilai frekuensi struktur jembatan pejalan kaki tersebut. Nilai frekuensi struktur Jembatan akibat beban dinamis pada tengah bentang ditunjukkan pada **Tabel 5.4** dan **Tabel 5.5**. Kemudian selanjutnya nilai frekuensi struktur jembatan pejalan kaki akibat beban dinamis dibandingkan

dengan frekuensi alami struktur jembatan seperti ditunjukkan pada **Tabel 5.6** dan **Tabel 5.7**

**Tabel 5.4** Frekuensi Jembatan Gantung di Tengah Bentang Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Individual



**Tabel 5.5** Frekuensi Jembatan Gantung di Tengah Bentang Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Berkelompok



**Tabel 5.6** Perbandingan Nilai Frekuensi Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Individual Dengan Frekuensi Alami

Jarak (m)	Frekuensi (Hz)	Frekuensi Alami (Hz)	$f_{Dinamis}/f_{Alami}$
	Jembatan Gantung	Jembatan Gantung	
3	0.505	1.730	0.292
6	0.675		0.390
9	0.720		0.416
12	0.620		0.358
15	0.685		0.396
18	0.540		0.312
21	0.640		0.370
24	0.720		0.416
27	0.640		0.370
30	0.520		0.301

**Tabel 5.7** Perbandingan Nilai Frekuensi Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Berkelompok Dengan Frekuensi Alami

Jarak (m)	Frekuensi (Hz)	Frekuensi Alami (Hz)	$f_{Dinamis}/f_{Alami}$
	Jembatan Gantung	Jembatan Gantung	
3	1.200	1.730	0.694
6	0.710		0.410
9	0.720		0.416
12	0.700		0.405
15	0.834		0.482
18	0.450		0.260
21	0.510		0.295
24	0.900		0.520
27	0.566		0.327
30	0.720		0.416

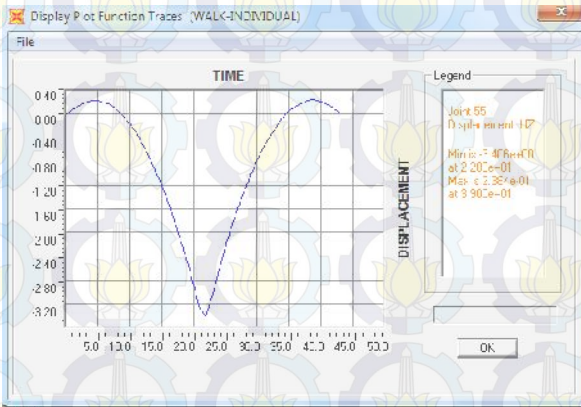
Beban dinamis manusia dianalisa berjalan tiap 3 m pada Jembatan Pejalan Kaki seperti ditunjukkan pada **Tabel 5.6** dan **Tabel 5.7**, karena struktur jembatan simetris pemodelan beban berjalan ditinjau hingga jarak 30 m. Struktur Jembatan akan mengalami resonansi ketika frekuensi akibat beban dinamis manusia mendekati frekuensi alami dari struktur Jembatan tersebut **Tabel 5.6** dan **Tabel 5.7** diatas menunjukkan bahwa nilai perbandingan dari kedua frekuensi adalah kurang dari 1 sehingga jembatan tersebut tidak mengalami resonansi.

### **5.6 Displacement Struktur Jembatan Pejalan Kaki Akibat Beban Dinamis Manusia**

Sebagai titik acuan yang digunakan untuk mengetahui displacement dari Struktur Jembatan Pejalan Kaki, dipakai titik/joint yang berada di tengah bentang jembatan seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.10** untuk displacement akibat beban dinamis manusia secara individual, **Gambar 5.11** untuk displacement akibat beban dinamis manusia secara berkelompok, dan **Gambar 5.11** untuk displacement akibat beban hidup merata sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$ .

### 5.6.1 Displacement Akibat Beban Manusia Berjalan Individual

Beban manusia di transformasikan menjadi beban terpusat yang berjalan dengan berat massa 800N , pada kondisi ini manusia berjalan secara individual melintasi jembatan 0 m - 60 m. Untuk mengetahui displacement maksimum jembatan akibat kondisi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.20**.



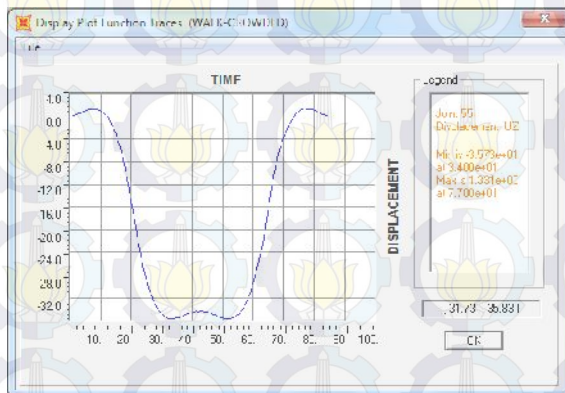
**Gambar 5.10** Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Individual

Displacement maksimal pada Jembatan Gantung akibat berat sendiri dan manusia berjalan secara individual adalah sebesar -3,4 mm pada waktu 22 s atau pada saat beban berada pada tengah bentang.

Untuk tanda (+) menunjukkan bahwa displacement mengarah ke atas, artinya saat beban berjalan pada saat 5 s atau pada jarak 6,95 m, sedangkan titik yang di tinjau adalah pada tengah bentang sehingga lendutan yang digambarkan seperti pada **Gambar 5.20**. Sedangkan tanda (-) menunjukkan bahwa displacement mengarah ke bawah.

### 5.6.2 Displacement Akibat Beban Manusia Berjalan Berkelompok

Beban manusia di transformasikan menjadi beban terpusat yang berjalan dengan berat massa 800N, pada kondisi ini manusia berjalan secara berkelompok melintasi jembatan 0m - 60 m dari kedua arah jembatan sebanyak 21 orang (total 42 orang). Artinya dalam hal ini ketika seluruh beban manusia memenuhi jembatan maka  $42 \times 800\text{N} = 33600\text{ N}$  / luas jembatan yang dibebani,  $1,2\text{ m} \times 60\text{ m} = 72\text{ m}^2$ , maka beban yang terjadi sebesar  $480\text{ N/m}^2$  atau  $48\text{ Kg/m}^2$ . Untuk mengetahui displacement maksimum jembatan akibat kondisi tersebut dapat dilihat pada *Gambar 5.21*.



*Gambar 5.11* Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Beban Dinamis Manusia Berjalan Berkelompok

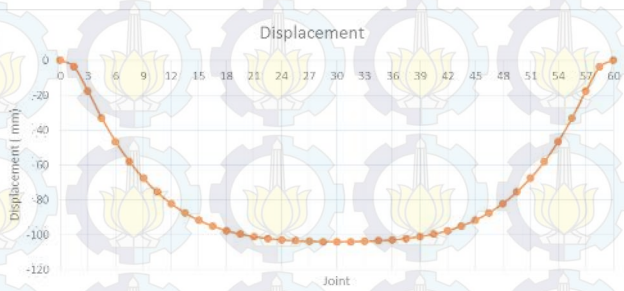
Displacement maksimal pada Jembatan Gantung akibat berat sendiri dan manusia berjalan secara berkelompok adalah sebesar  $-35,7\text{ mm}$  pada waktu 34 s atau pada kondisi beban

manusia berjalan sebanyak 17 orang masing -masing dari kedua arah jembatan sepanjang 47,26 m.

Untuk tanda (+) menunjukkan bahwa displacement mengarah ke atas, artinya saat beban berjalan pada saat 10 s atau pada jarak 13,9 m, sedangkan titik yang di tinjau adalah pada tengah bentang sehingga lendutan yang digambarkan seperti pada **Gambar 5.21**. Sedangkan tanda (-) menunjukkan bahwa displacement mengarah ke bawah.

### 5.6.3 Displacement Akibat Beban Hidup Merata Sebesar $500 \text{ kg/m}^2$

Pada kondisi ini beban dimodelkan merata pada lantai jembatan sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$  (Bina Marga, 2010). Untuk mengetahui displacement maksimum jembatan akibat kondisi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.22**.



**Gambar 5.12** Displacement Struktur Jembatan Gantung Akibat Berat Sendiri dan Hidup Merata sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$

Displacement maksimal pada Jembatan Gantung akibat berat sendiri dan beban hidup merata sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$  adalah -103,95 mm yang terjadi pada tengah bentang jembatan.

## BAB VI PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Untuk bentuk getaran dari mode pertama, struktur Jembatan Pejalan Kaki didominasi oleh bentuk getaran Horizontal. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk struktur Jembatan Pejalan Kaki sangat rentan terhadap beban Horizontal dibandingkan dengan beban vertikal dan torsi.

Setiap struktur memiliki bentuk vibrasi alami masing-masing, dimana dapat teridentifikasi dengan memiliki nilai frekuensi tertentu. Begitu juga dengan struktur Jembatan Pejalan Kaki gantung yang dilakukan pada studi ini. Untuk mode pertama, Jembatan Pejalan Kaki memiliki frekuensi sebesar 1,730 Hz. Dalam peraturan British Standart (BS5400-2 2006), untuk super struktur yang frekuensi alami fundamental dengan getaran melebihi 5 Hz dalam arah vertikal dan 1,5 Hz untuk getaran arah horizontal, berarti memenuhi persyaratan servis getaran pada struktur.

Struktur Jembatan memiliki frekuensi yang berbeda - beda ketika beban manusia berjalan sepanjang struktur. Dari perhitungan yang dilakukan pada jembatan pejalan kaki ini, bahwa perbandingan antara frekuensi akibat beban dinamis manusia dengan frekuensi alami dari struktur jembatan kurang dari 1 atau tidak sama dengan 1 sehingga struktur tidak terjadi resonansi.

Lendutan maksimum pada Jembatan Gantung akibat berat sendiri dan manusia berjalan secara individual adalah sebesar -3,4 mm pada waktu tempuh 22 s atau pada saat beban berada pada tengah bentang. Lendutan maksimum pada Jembatan Gantung akibat berat sendiri dan manusia berjalan secara berkelompok atau pada kondisi beban sebesar 48 Kg/m<sup>2</sup>



adalah  $-35,7$  mm pada waktu 34 s. Sedangkan lendutan maksimal pada jembatan gantung akibat berat sendiri dan beban hidup merata (statis) sebesar  $500 \text{ kg/m}^2$  adalah  $-103,95$  mm yang terjadi pada tengah bentang jembatan. Ketiga nilai ini lebih rendah daripada nilai ijin lendutan pada jembatan yaitu sebesar 120 mm. Lendutan jembatan gantung akibat beban statis tersebut lebih besar daripada lendutan akibat beban dinamis.

## 6.2 Saran

Saran yang bisa penulis berikan untuk penyempurnaan tugas akhir ini dikemudian hari adalah:

1. Diperlukannya pendetailan lebih mendalam terhadap elemen struktur Jembatan Pejalan Kaki Gantung.
2. Perlunya analisa struktur Jembatan Pejalan Kaki lebih detail dengan beban manusia berjalan yang bervariasi sehingga nantinya dihasilkan perilaku Jembatan yang lebih mendekati kondisi dilapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

Bachmann, H. And Ammann, W. (1987). "*Vibration in Structure: Induced by Man and Machines*", International Assosiation of Bridge and Structural Engineering (IABSE).

British Standart, 2006, "*Steel, Concrete and Composite Bridge*", UMIST, Manchester, UK.

Brownjhon, J.M.W., A. Pavic. (2007), "*Eksperimental methods for estimating modal mass in footbridges using human induced dynamic excitation*", Elsevier, Engineering Structures, 29(21) : 2833-2843

Chopra, Anil. "*Dynamic of Structures*",(2007). United States of America: Pearson Prentice Hall.

Ellis, B. R. and T. Ji (2002). "*Load generated by jumping crowds: experimental assesment (IP 4/02 BRE);, Building Research Estblishment (BRE): 1-12.*

Ellis, B. R. (2003). "*The influence of crowd size on floor vibration induced by walking.*" The Structural Engineering 81(6) :20-27.

Ellis, B. R. and T. Ji (2004). "*Load generated by jumping crowds: numerical modelling.*" The Structural Engineering 82(17) :35-40.

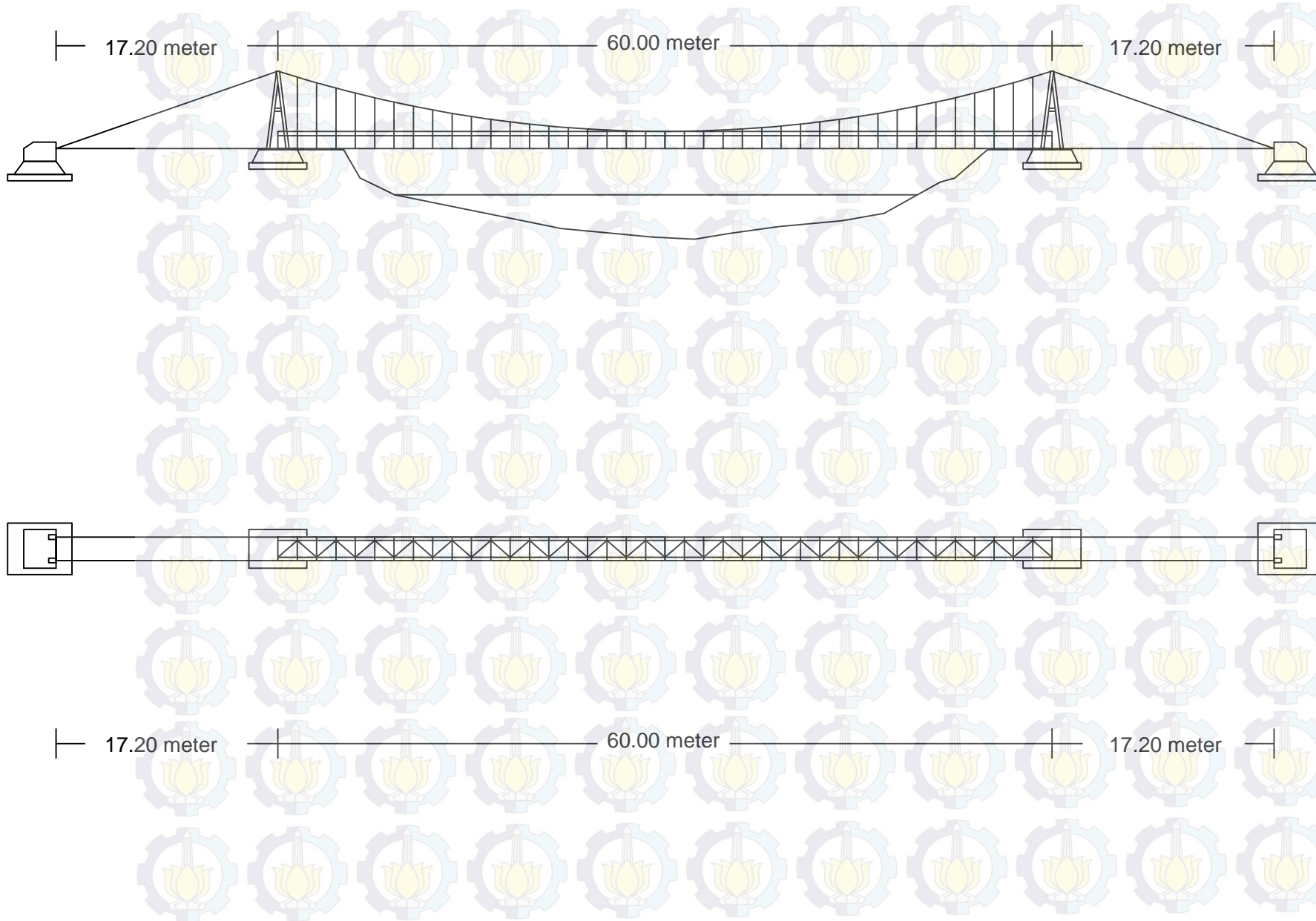
Figueiredo et al, (2008). "*A parametric study of composite footbridges under pedestrian walking loads*".Engineering Structures, 30(3), 605-615.

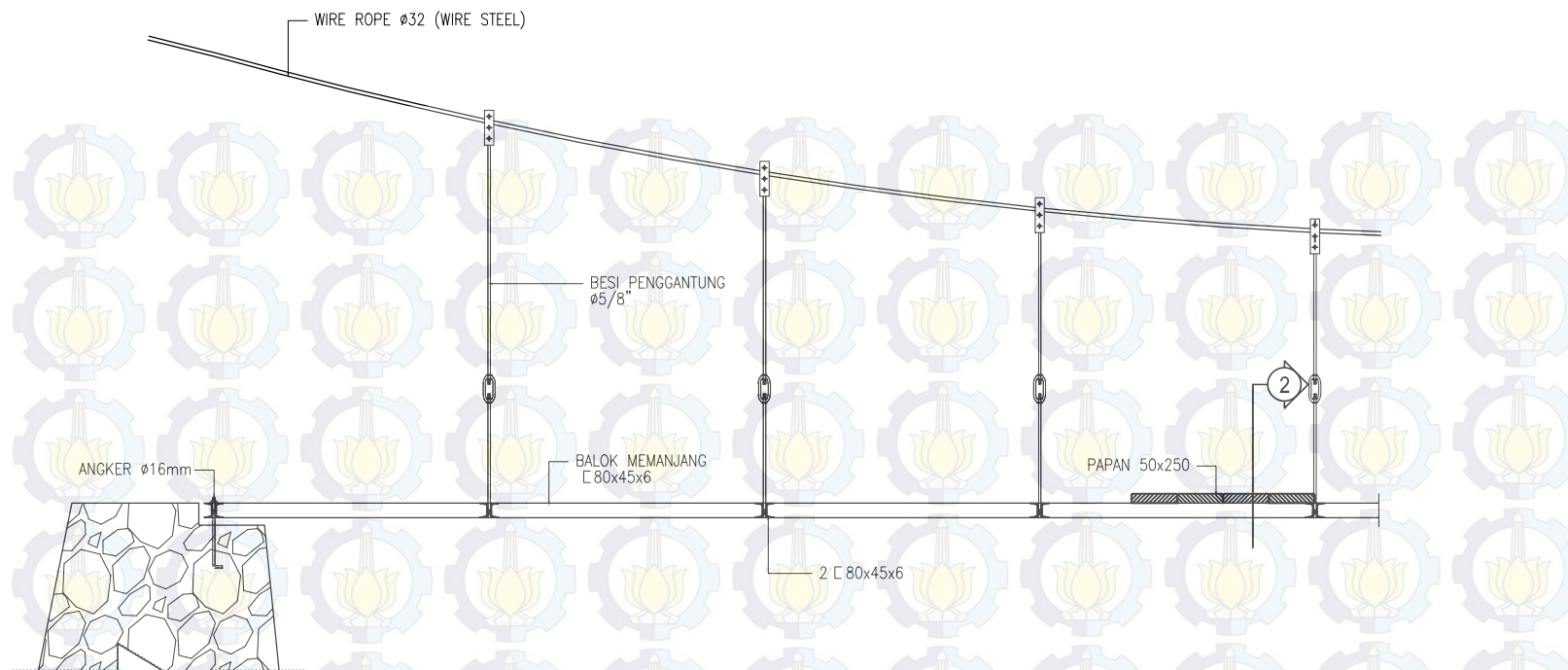
Satria, Adi (2012). "Studi perilaku Dinamis Struktur Jembatan Penyeberangan Orang (JPO) Akibat Manusia Bergerak" Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wahyuni, E (2009). " *Structural Response of a Concrete Beam Subjected to Human Dynamic Load.*" Engineering & Science International Conference, November 24-25, 2009. Curtin University of Technology, Sarawak Campus, Miri, Sarawak.

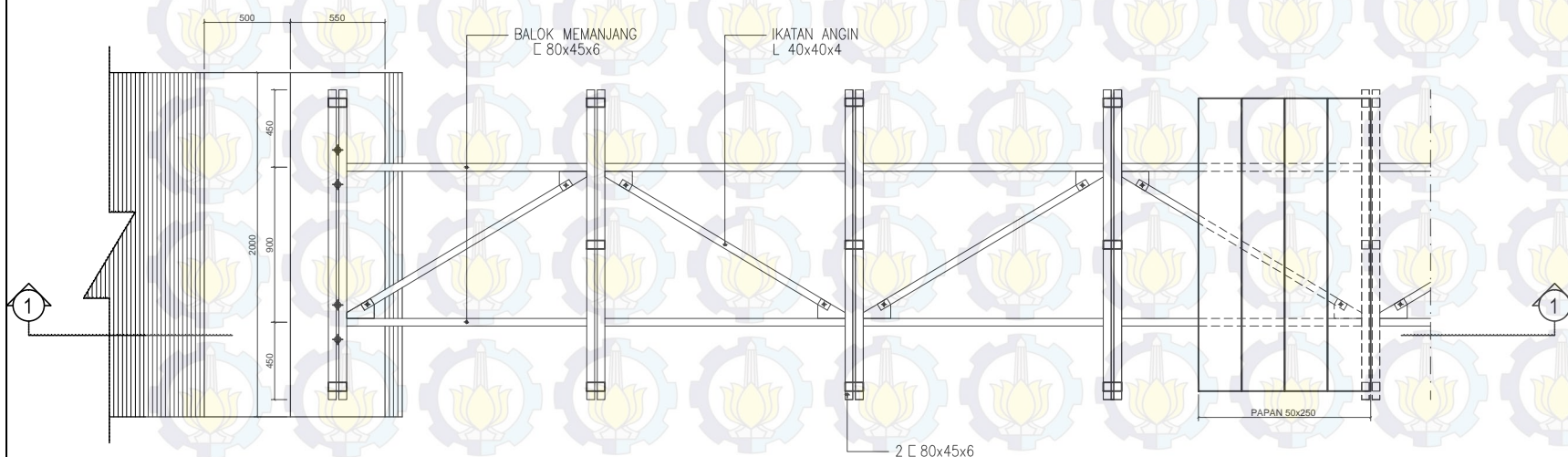
Wahyuni, E (2012). " Studi Kelakuan Dinamis Struktur Jembatan penyebrangan Orang (JPO) Akibat Beban Individual Manusia Bergerak." Jurnal Teknik Sipil .

Wyatt, T.A. (1989). "*Design guide on the vibration of floors*", Ascot, Steel Construction Institute, London, UK.





POTONGAN 1 - 1  
Skala 1 : 50



DETAIL A ( TAMPAK ATAS )  
Skala 1 : 50

FAKULTAS

FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN FTSP - ITS  
SURABAYA  
2015

LOKASI STUDI

KECAMATAN SILIH NARA  
KABUPATEN ACEH TENGAH

JUDUL TUGAS AKHIR

Studi Perilaku Struktur Jembatan  
Pejalan Kaki Akibat Beban Statis Atau  
Dinamis Dari Beban Manusia Berjalan

CATATAN :



DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D

MAHASISWA

FAUZI ALANTIA  
3112 106 043

JUDUL GAMBAR

SKALA

POTONGAN  
2-2

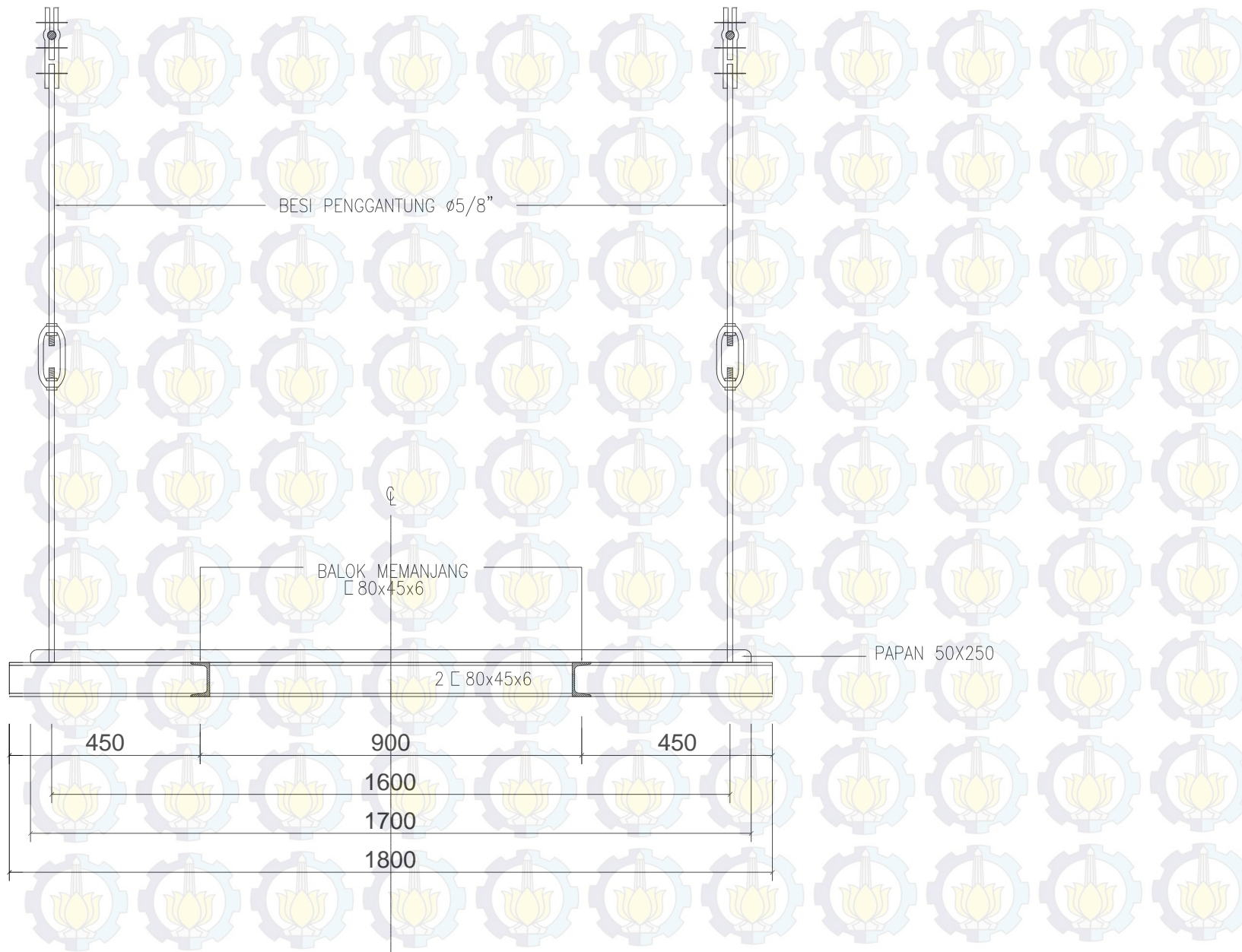
1 : 25

NO. LEMBAR

JML. GAMBAR

03

03



**POTONGAN 2 - 2**  
Skala 1 : 25

## **BIODATA PENULIS**

### **Fauzi Alantia**



Lahir di Bandung, Jawa Barat pada tanggal 15 Juni 1991, merupakan anak ke 2 dari 3 bersaudara dari pasangan Nurdin Karman Jumena dan Neneng Sintawati.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Cipaku 1, SMPN 1 Paseh, dan SMAN 1 Majalaya. Kemudian penulis melanjutkan studinya di Politeknik Negeri Bandung, selama masa perkuliahan Diploma Penulis mengikuti beberapa kompetisi tingkat Nasional yang diadakan oleh Dikti yaitu Kompetisi Jembatan Indonesia ke-7 dan meraih gelar juara kategori Jembatan terindah. Penulis lulus Diploma pada tahun 2012. Setelah lulus jenjang Diploma Penulis Bekerja pada Perusahaan Kontraktor Multi Nasional PT. Satyamitra Surya Perkasa sejak Juli 2012 hingga Januari 2013. Selanjutnya pada tahun 2013 penulis melanjutkan karirnya di PT. SAI Kota Surabaya dan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP. 3112106043.

Di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya, penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Struktur.