



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR – VC 180609**

**TINJAUAN STRUKTUR BANGUNAN TRESTLE  
YANG TELAH DIPERKUAT UNTUK KEPERLUAN  
PEMINDAHAN *RUBBER TYRED GANTRY CRANE*  
DAN DILEWATI REACH STACKER DI PELABUAN  
PETI KEMAS TANJUNG PERAK - SURABAYA**

ALFIANA ALIF MAULANI  
1011160000010

Dosen Pembimbing I :

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS  
NIP. 19600105 198003 1 003

Dosen Pembimbing II :

Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo  
NIP. 19550319 198403 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020





**TUGAS AKHIR – VC 180609**

**TINJAUAN STRUKTUR BANGUNAN TRESTLE  
YANG TELAH DIPERKUAT UNTUK KEPERLUAN  
PEMINDAHAN *RUBBER TYRED GANTRY CRANE*  
DAN DILEWATI REACH STACKER DI PELABUAN  
PETI KEMAS TANJUNG PERAK - SURABAYA**

ALFIANA ALIF MAULANI  
1011160000010

Dosen Pembimbing I :

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS  
NIP. 19600105 198003 1 003

Dosen Pembimbing II :

Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo  
NIP. 19550319 198403 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020



**FINAL PROJECT – VC 180609**

**REVIEW OF TRESTLE BUILDING STRUCTURE THAT  
HAS BEEN STRENGTHENED FOR THE PURPOSE OF  
MOVING RUBBER TYRED GANTRY CRANE AND  
MISSED REACH STACKER AT THE TANJUNG PERAK  
CONTAINER PORT OF SURABAYA**

ALFIANA ALIF MAULANI  
1011160000010

Conselor Lecture I :

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS  
NIP. 19600105 198003 1 003

Conselor Lecture II :

Ir. CHOMAEDHI, CES.Geo  
NIP. 19550319 198403 1 001

DIPLOMA III OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE  
ENGINEERING  
VACULTY OF VOCATIONAL  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2020

**LEMBAR PENGESAHAN**

**“ Tinjauan Struktur Bangunan Trestle yang Telah Diperkuat Untuk Keperluan Pemindahan *Rubber Tyred Gantry Crane* dan dilewati *Reach Stacker* Di Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Perak - Surabaya “**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelah Ahli Madya Teknik,  
Program Studi D-III Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
Oleh:

**MAHASISWA**



**Alfiana Alif Maulani**  
**NRP. 101116000010**

Surabaya, Januari 2020

Disetujui oleh:

30 JAN 2020

**DOSEN PEMBIMBING I**      **DOSEN PEMBIMBING II**



**Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS**      **Ir. Chomaedhi, CES. Geo**  
**NIP. 19600105 198003 1 003**      **NIP. 19550319 198403 1 001**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **TINJAUAN STRUKTUR BANGUNAN TRESTLE YANG TELAH DIPERKUAT UNTUK KEPERLUAN PEMINDAHAN *RUBBER TYRED GANTRY CRANE* DAN DILEWATI *REACH STACKER* DI PELABUAN PETI KEMAS TANJUNG PERAK - SURABAYA**

**Nama Mahasiswa** : Alfiana Alif Maulani  
**NRP** : 10111600000010  
**Jurusan** : Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil ITS FV-ITS  
**Dosen Pembimbing 1** : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS  
**NIP** : 19600105 198003 1 003  
**Dosen Pembimbing 2** : Ir. Chomaedhi, CES.Geo  
**NIP** : 19550319 198403 1 001

## **ABSTRAK**

PT. Terminal Petikemas Surabaya adalah Salah satu perusahaan terbesar yang bergerak dibidang penyedia jasa kepelabuhanan dalam pelayaran peti kemas ekspor-impor dan domestic termasuk juga dari dan ke wilayah Indonesia Timur. Guna menunjang efisiensi kinerja perusahaan dan mampu menyediakan layanan bermutu dan terbaik bagi pelanggan, perusahaan yang berlokasi di Jl.Tanjung Mutiara no.1 Surabaya ini berencana untuk menambah alat berat baru yaitu *Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane dan Reach Stacker (RS)* . RTG adalah jenis alat angkut untuk memindahkan barang dalam jumlah tertentu dilakukan setelah beban diangkat terlebih dahulu. RTG ini direncanakan akan melewati trestle, trestle yang memiliki Panjang 150 meter, lebar 14,04 meter memiliki 2 jalur untuk lalu lintas sebelebar 11 meter. Permasalahan yang terjadi adalah RTG yang akan dilewati ini memiliki berat hingga 134 T dan trestle yang beroperasi mulai 1990 ini belum pernah direncanakan untuk memikul beban hingga 134 T tersebut ditambah lagi akan dilewati

RS yang bermuatan 38 T. Dikhawatirkan trestle ini tidak mampu menahan beban yang dipikul dan akan terjadi keruntuhan.

Sesuai latar belakang dan permasalahan yang terjadi, Pada tugas akhir ini trestle akan dianalisa struktur bangunan akibat beban RTG dan juga ditambah beban lainnya. Setelah dihitung dan dilakukan perbandingan antara kapasitas elemen struktur dengan gaya-gaya dalam yang terjadi pada Analisa struktur. Hasilnya adalah dengan sistem pemindahan RTG menggunakan 4 *Heavy Duty Module (HDM)* bertipe 4 axle dan 4 powerpack struktur tidak memadai. Karena dirasa perkuatan secara stuktur belum terlalu dibutuhkan dengan pertimbangan sebagai berikut, lokasi pemasangan perkuatan yang cukup sulit, efisiensi waktu dan efisiensi biaya yang lebih bisa dimaksimalkan dengan cara mengganti metode pemindahan RTG menggunakan kombinasi HMD serta powerpack lainnya.

Harapannya dari tugas akhir ini adalah tetap bisa melakukan pemindahan *Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane* di Pelabuhan Petikemas Tanjung Perak- Surabaya tanpa dilakukan perkuatan pada struktur namun dengan merubah sistem pemindahan RTG itu sendiri dan ketika trestle sudah mampu untuk dilewati oleh RTG dengan aman maka dilewari RS pun tidak akan ada masalah.

**Kata Kunci :** *Trestle, Perkuatan, RTG, RS*



**REVIEW OF TRESTLE BUILDING STRUCTURE THAT  
HAS BEEN STRENGTHENED FOR THE PURPOSE OF  
MOVING RUBBER TYRED GANTRY CRANE AND  
MISSED REACH STACKER AT THE TANJUNG PERAK  
CONTAINER PORT OF SURABAYA**

***Student Name*** : Alfiana Alif Maulani  
***NRP*** : 10111600000010  
***Department*** : *Diploma III Civil Infrastructure  
Engineering FV-ITS*

***Conselor Lecture 1*** : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS  
***NIP*** : 19600105 198003 1 003

***Conselor Lecture 2*** : Ir. Chomaedhi, CES.Geo  
***NIP*** : 19550319 198403 1 001

***ABSTRACT***

*PT. Terminal Petikemas Surabaya is one of the largest companies which engaged in the field of the port service provider in shipping export-import and domestic including from and to Eastern Indonesia. In order to support the efficiency of the company's performance and be able to provide quality and best services for customers, the company, located on Jl.Tanjung Mutiara no.1 Surabaya is planning to add a new heavy equipment which is called as Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane and Reach Stacker (RS). RTG is a type of conveyance for moving a certain amount of goods which carried out after the load is lifted first. This RTG is planned to pass trestle, trestle which has a length of 150 meters, width of 14.04 meters, has 2 lanes for traffic as wide as 11 meters. The problem that occurs is the RTG that will be passed by has weight up to 134 T and the trestle, which began operating in 1990, has never been planned to carry the burden up to 134 T and*

*added will be skipped Reach Stacker with a charge 38 T. It is feared that this trestle will not be able to withstand and carry the burden and collapse will be occurred.*

*In accordance with the background and the problems that occur, in this final project the trestle will be analyzed in the structure of the building due to the RTG load and also added other expenses. After calculating and comparing the capacity of structural elements with the internal forces that occur in structure analysis, the result is the RTG transfer system uses 4 Heavy Duty Modules (HDM) with 4 axle and 4 structure powerpacks are inadequate. Because the structural strengthening is not really needed with the following considerations, the location of the reinforcement is quite difficult, time and cost efficiency can be maximized by changing the RTG transfer method using a combination of HMD and other powerpacks.*

*The hope of this final project is to be able to transfer the Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane at the Petikemas port, Tanjung Perak-Surabaya without strengthening the structure but by changing the RTG removal system itself and when the trestle is able to be passed by RTG safely, then being passed by Reach Stacker will not be a problem.*

**Keywords :** *Trestle, Reinforcement, RTG, RS*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat serta karunianya sehingga Tugas Akhir yang berjudul **“Tinjauan Struktur Bangunan Trestle yang Telah Diperkuat Untuk Keperluan Pemindahan *Rubber Tyred Gantry Crane* dan dilewati *Reach Stacker* Di Pelabuhan Peti Kemas Tanjung Perak - Surabaya”** dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Tugas akhir ini adalah sebagai implementasi dari ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Program Studi Diploma III Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir Terapan ini dapat selesai dengan baik dan lancar.
2. Orang Tua kami, yang senantiasa mendoakan kesehatan dan kelancaran studi kami.
3. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS dan Ir. Chomaedhi, CES.Geo selaku dosen pembimbing dalam penyusunan tugas akhir.
4. Bapak dan Ibu dosen Program Diploma yang telah membantu setra membimbing dalam proses perkuliahan selama ini.
5. Bapak dan Ibu karyawan ITS yang telah membantu setra membimbing dalam proses administrasi selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman kuliah kami, yang senantiasa memberikan dukungan bagi kami.

Kami selaku penyusun menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dan masih

jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, kami berharap saran dan tanggapan yang membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun pada umumnya dan bagi pembaca pada khususnya.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Maksud dan Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Denah, Potongan Memanjang dan Potongan Melintang	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Pemeriksaan Jembatan .....	7
2.2 Analisa Pembebanan Trestel .....	8
2.2.1 Beban Permanen.....	8
2.2.2 Beban Hidup.....	9
2.2.3 Beban Gempa .....	20
2.2.4 Beban Angin.....	28
2.3 Perencanaan Perkuatan Struktur.....	29

<b>BAB III METODELOGI</b> .....	33
3.1 Pengumpulan Data.....	33
3.2 Survei Lapangan.....	34
3.3 Perumusan Masalah.....	34
3.4 Perhitungan Pembebanan .....	34
3.5 Analisa Struktur.....	34
3.6 Perhitungan Kapasitas Struktur .....	34
3.7 Evaluasi Kekuatan Struktur .....	35
3.8 Solusi Perkuatan .....	35
3.9 Perhitungan dan Perkuatan Struktur .....	36
3.10 Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Metodologi .....	36
<b>BAB IV ANALISA PEMBEBANAN DAN PEMODELAN STRUKTUR</b> .....	39
4.1 Umum.....	39
4.2 Data Bangunan .....	39
4.3 Pembebanan Trestle.....	39
4.5 Input Spring Constant.....	56
4.6 Kombinasi Pembebanan .....	60
4.7    Beban Angin.....	60
4.8    Pemodelan Trestle .....	62
<b>BAB V ANALISA STRUKTUR DAN PEMBAHASAN</b> .....	63
5.1    Perencanaan Pemindahan .....	63
5.2    Perhitungan Kapasitas .....	63
5.3    Alternatif dari Perkuatan .....	70
5.4    Perbandingan Kapasitas.....	72

5.5 Kapasitas Caping Beam.....	
5.6 Kapasitas Elemen Pelat .....	77
5.7 Perhitungan Geser Pons.....	78
BAB VI PENUTUP .....	83
6.1 Kesimpulan.....	83
6.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....	85
BIODATA PENULIS.....	87
LAMPIRAN .....	89

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi PT. Terminal Petikemas Surabaya.....	1
Gambar 1. 2 Alat berat Rubber Tyred Gantry Crane .....	2
Gambar 1. 3 Denah Trestle pada Dermaga Terminal Petikemas Surabaya .....	4
Gambar 1. 4 Potongan memanjang Trestle pada bentang 15 meter .....	5
Gambar 1. 5 Potongan Melintang Trestle .....	5
Gambar 2. 1 Rubber Tyred Ganrty Crane .....	10
Gambar 2. 2 Skema arah gerakan hoist RTG crane .....	11
Gambar 2. 3 Skema arah gerakan trolley RTG crane.....	12
Gambar 2. 4 Skema arah gerakan rubber-tyred gantry RTG crane .....	13
Gambar 2. 5 Heavy duty module bertipe 6 axle + Power pack.....	13
Gambar 2. 6 Beberapa dimensi Heavy duty module .....	15
Gambar 2. 7 Haevy duty module tampak depan .....	16
Gambar 2. 8 kendaraan yang menggunakan heavy duty module sebagai alat bantu .....	16
Gambar 2. 9 Alat reach starcker.....	17
Gambar 2. 10 detail dimensi alat.....	19
Gambar 2. 11 Peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar.....	21
Gambar 2. 12 Peta respon spectra percepatan 0,2 detik di batuan dasar	22
Gambar 2. 13 Peta respon spectra percepatan 1,0 detik di batuan dasar	22
Gambar 2. 14 Spektrum rencana gempa .....	26
Gambar 2. 15 Carbon Fiber Reinforcement Polymer.....	30
Gambar 4. 1 lintasan gerak pemindhan RTG .....	41
Gambar 4. 2 Denah Spreading Beam .....	41
Gambar 4. 3 Tampak Samping Spreading Beam .....	42
Gambar 4. 4Tampak Samping Spreading Beam .....	43
Gambar 4. 5 Konfigurasi beban RS .....	44
Gambar 4. 6 Posisi 1 RS .....	45
Gambar 4. 7 Posisi 2 RS .....	45
Gambar 4. 8 Posisi 3 RS .....	46
Gambar 4. 9 Input Beban Gempa di SAP 2000 .....	55
Gambar 4. 10 Pemodelan trestle pada SAP 2000.....	62
Gambar 5. 1 Diagram output Gaya dalam Balok yang terbesar dengan kombinasi 1 .....	69
Gambar 5. 2 Gambar lintasan pemindahan alat RTG.....	71

Gambar 5. 3 Diagram output Gaya dalam Balok yang terbesar dengan kombinasi 2.....	72
Gambar 5. 4 Posisi Momen Maksimum akibat beban RTG tampak atas .....	73
Gambar 5. 5 Posisi Momen Maksimum akibat beban RS tampak atas.....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat isi untuk beban mati.....	8
Tabel 2. 2 Faktor beban untuk berat sendiri.....	9
Tabel 2. 3 Spesifikasi Alat .....	18
Tabel 2. 4 Detail Reach Stacker .....	19
Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs .....	24
Tabel 2. 6 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ ).....	25
Tabel 2. 7 Besarnya nilai factor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ ).....	25
Tabel 2. 8 Tekanan Angin Dasar.....	28
Tabel 2. 9 Beban angin yang bekerja pada kendaraan .....	29
Tabel 4. 1 kelas situs .....	47
Tabel 4. 2 N-SPT Tanah .....	48
Tabel 4. 3 nilai amplifikasi untuk FPGA dana $F_a$ .....	53
Tabel 4. 4 nilai amplifikasi $F_v$ .....	54
Tabel 4. 5 Zona Gempa.....	55
Tabel 4. 6 Pehitungan Konstanta Pegas .....	57

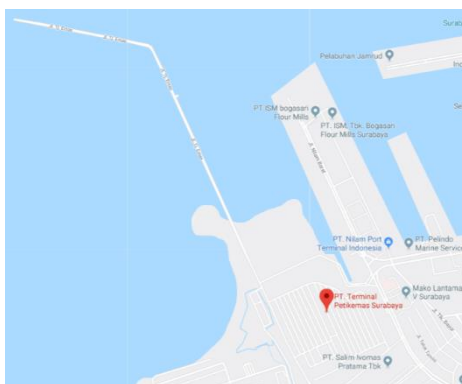
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Terminal Petikemas Surabaya (TPS) adalah perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan jasa kepelabuhanan dalam pelayaran terminal petikemas ekspor – impor dan domestik termasuk juga dari dan ke wilayah Indonesia Timur. Memastikan bahwa perusahaan mampu menyediakan layanan bermutu dan terbaik bagi para pelanggan, Berlokasi di Jl. Tanjung Mutiara no.1 Surabaya, PT TPS ini berencana untuk menambah alat baru yang dapat menunjang efisiensi kinerja persusahaan yaitu alat *Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane*. RTG adalah jenis pesawat pengangkat dengan alat angkut untuk memindahkan barang dalam jumlah tertentu dilakukan setelah beban diangkat terlebih dahulu. RTG berbentuk jembatan dimana jembatannya dilengkapi dengan roda karet yang dapat bergerak pada jalur diatas permukaan tanah.



Gambar 1. 1 Lokasi PT. Terminal Petikemas Surabaya

Sumber: Google Earth

RTG akan ditempatkan di *container yard* yaitu lapangan yang digunakan untuk menangani / menyimpan peti kemas yang akan dikirimkan ke berbagai wilayah, dengan luas 29 hektar untuk lapangan penumpukan Internasional dan 9 hektar untuk area penumpukan domestik. Untuk mencapai *container yard*, Alat yang diperkirakan mencapai 134 T ini akan melewati sebuah trestle dengan Panjang trestle ini 1500 meter, lebar 14.04 meter memiliki 2 jalur untuk lalu lintas selebar 11 meter.



Gambar 1. 2 Alat berat Rubber Tyred Gantry Crane

Trestle ini pernah dilakukan perkuatan sebelumnya dan belum pernah direncanakan untuk memuat beban yang sebesar 134 Ton seperti alat RTG Crane ini. Dikhawatirkan trestle ini tidak mampu menahan deformasi dari beban yang diberikan maka dalam tugas akhir terapan ini akan membahas tentang perkuatan trestle untuk pemindahan *Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane* di PT TPS.

Pada tugas akhir ini akan dianalisa, di cek kapasitas struktur dan akan dilakukan perkuatan struktur jika dirasa trestle tidak cukup mampu menahan beban yang diberikan tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang ingin di angkat sebagai berikut:

1. Apakah trestle dermaga ini cukup kuat jika nantinya akan dilewati untuk pemindahan alat *Rubber Tyred Gantry (RTG) crane*?
2. Bagaimana merencanakan perkuatan trestle untuk menahan beban alat RTG *crane* ini?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir terapan ini batasan masalah yang dibahas antara lain:

1. Tidak mengitung analisis biaya dan waktu.
2. Tidak mempertimbangkan aspek arsitektural.
3. Tidak meninjau bangunan bawah akibat beban gempa.
4. Tidak menghitung spreading, spreading dihitung untuk meratakan penyebatan beban kepada axle HDM.

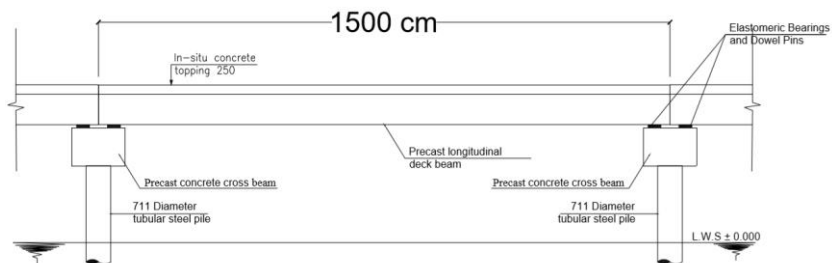
## 1.4 Maksud dan Tujuan

Dengan berlandaskan pada rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

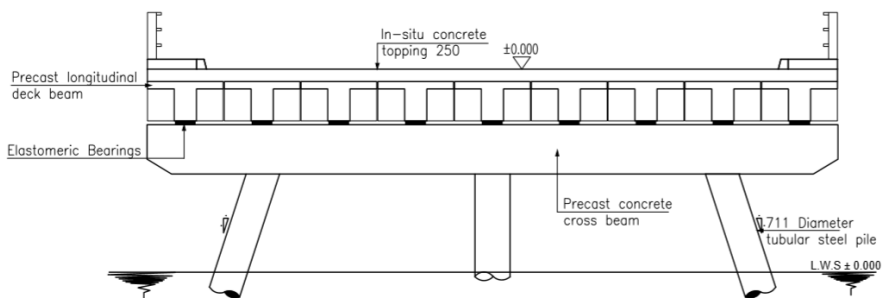
1. Mahasiswa mengetahui cara dan langkah-langkah untuk menevaluasi kondisi eksisting trestle yang akan dilewati untuk pemindahan alat RTG *crane*.
2. Mahasiswa dapat mencari solusi perkuatan struktur dan merencanakannya untuk mampu menahan beban akibat pemindahan alat RTG *crane*.







*Gambar 1. 4 Potongan memanjang Trestle pada bentang 15 meter*



*Gambar 1. 5 Potongan Melintang Trestle*

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pemeriksaan Jembatan**

Jembatan merupakan salah satu struktur bangunan yang memiliki peran besar dalam sistem jaringan lalu lintas dalam moda transportasi darat. Jembatan sendiri berfungsi untuk menghubungkan dua daratan yang terpisah baik terpisah oleh lembah, sungai, laut dan atau lainnya. Dengan fungsi jembatan yang menjadi penghubung antar dua daratan yang berbeda ketika terjadi kerusakan pada jembatan tersebut akan mengganggu alur lalu lintas di daerah tersebut. Kerugian yang diakibatkannya runtuhnya jembatan tersebut bergantung pada kegunaan di sekitar mereka misalkan, jembatan yang runtuh berada di wilayah yang ramai dalam kegiatan berlalu lintas maka dampak yang ditimbulkan bisa kepada kenyamanan pengendara, bisa menyebabkan kemacetan, stabilitas kelancaran lalu lintas terganggu, misal jembatan yang runtuh tersebut berada dan beroperasi di kawasan industri yang paling berpengaruh pada efisiensi kinerja akomodasi dalam suatu perusahaan dan lain sebagainya.

Pemeriksaan jembatan ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah jembatan masih layak pakai dan berada dalam keadaan aman untuk dipakai. Terlebih lagi, dalam proposal tugas akhir ini jika jembatan akan dibebankan muatan yang melebihi dari beban biasanya yaitu *rubber tyred gantry crane* dan akan dilewati *Reach Stacker*. Pemeriksaan merupakan suatu proses pengumpulan data fisik dan kondisi struktur jembatan yang nantinya akan di evaluasi.

Data jembatan dari hasil pemeriksaan digunakan untuk merencanakan suatu program bisa saja itu pemeliharaan, rehalibitasi, penguatan dan atau penggantian jembatan.

## 2.2 Analisa Pembebanan Trestel

Pada analisa struktur trestle yang akan dievaluasi menggunakan pembebanan jembatan, beban-beban yang terjadi pada trestle harus diperhatikan karena mampu mempengaruhi gaya-gaya yang terjadi eksisting pada struktur trestle tersebut. Acuan normatif yang dipakai untuk pembebanan struktur trestle adalah SNI 1725-2016, Pembebanan untuk jembatan dan RSNI T-02-2005, Standar Pembebanan untuk jembatan dan peraturan lainnya yang dianggap perlu.

### 2.2.1 Beban Permanen

Beban permanen diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 7**. Beban mati struktur jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian structural dan elemen-elemen nonstructural. Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam table dibawah ini:

No.	Bahan	Berat isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan massa (kg/m <sup>3</sup> )
1	Lapisan permukaan beraspal ( <i>bituminous wearing surfaces</i> )	22,0	2245
2	Besi tuang ( <i>cast iron</i> )	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan ( <i>compacted sand, silt or clay</i> )	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan ( <i>rolled gravel, macadam or ballast</i> )	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal ( <i>asphalt concrete</i> )	22,0	2245
6	Beton ringan ( <i>low density</i> )	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f_c < 35$ MPa	22,0-25,0	2320
	$35 < f_c < 105$ MPa	$22 + 0,022 f_c$	$2240 + 2,29 f_c$
8	Baja ( <i>steel</i> )	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras ( <i>hard wood</i> )	11,0	1125

Tabel 2. 1 Berat isi untuk beban mati

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen structural lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen structural, ditambah dengan elemen nonstructural yang dianggap tetap. Adapun factor beban yang digunakan untuk berat sendiri dilihat pada table berikut ini:

Tipe beban	Faktor beban ( $\gamma_{MS}$ )			
	Keadaan Batas Layan ( $\gamma_{MS}^S$ )		Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma_{MS}^U$ )	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Tabel 2. 2 Faktor beban untuk berat sendiri

### 2.2.2 Beban Hidup

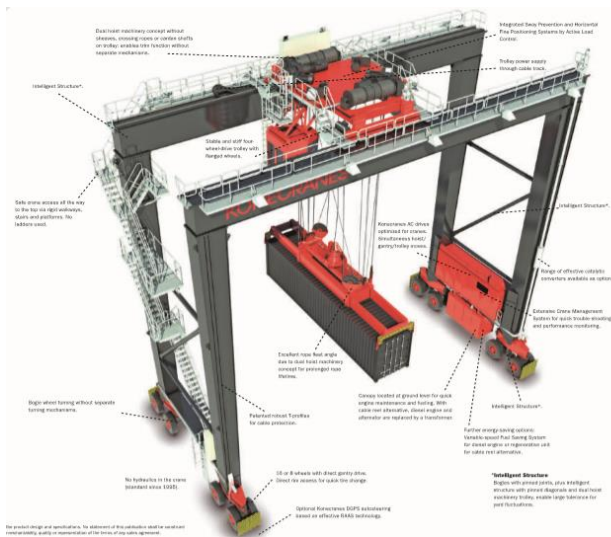
Beban hidup pada jembatan meliputi:

#### a.) Beban RTG + HDM

##### 1. Rubber Tyred Gantry Crane

RTG (Rubber Tyred Gantry) adalah jenis pesawat pengangkat dengan alat angkut untuk memindahkan barang dalam jumlah tertentu dilakukan setelah beban diangkat terlebih dahulu. Proses transportasi jenis ini tidak hanya memindahkan muatan dari satu tempat ke tempat lain, tetapi juga mencakup proses muatan dan bongkar muatan, menurunkan muatan pada tempat yang dituju, menyimpan muatan ke dalam gudang serta memindahkan muatan ke peralatan pemroses. Untuk operasi muat dan bongkar tertentu mekanisme penanganan bahan dilengkapi dengan alat pencekam khusus dalam setiap usaha industri modern.

RTG berbentuk jembatan dimana jembatannya dilengkapi dengan roda karet yang dapat bergerak pada jalur diatas permukaan tanah. Pada umumnya, crane ini dioperasikan di lapangan terbuka. Dalam operasinya, RTG crane dapat mengangkat beban kontainer berkisar 36 sampai 40 ton dengan kebutuhan listrik rata-rata 300-500 kW yang disupply dari generator listrik. Kecepatan RTG crane dalam memindahkan kontainer bergantung pada spesifikasi motor listrik yang digunakan. RTG menggunakan spesifikasi motor AC. Selain itu RTG banyak melakukan gerak mekanik naik dan turun untuk proses bongkar muat.



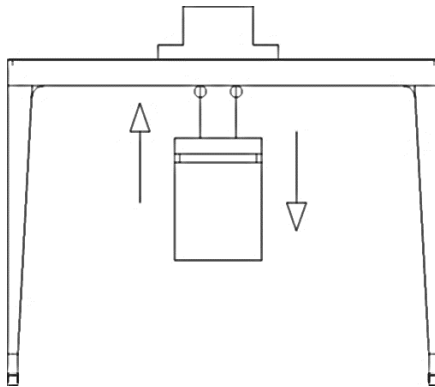
Gambar 2. 1 Rubber Tyred Gantry Crane

➤ Mekanisme gerakan *gantry crane*

Adapun mekanisme gerakan dari *gantry crane* dapat dibagi atas tiga skema, yaitu:

1. Gerakan *hoist*

Gerakan *hoist* merupakan gerakan naik-turun untuk mengangkat dan menurunkan peti kemas yang telah dijepit oleh *spreader* yang telah tersambung melalui tali baja digulung oleh drum, dimana drum ini digerakkan oleh motor elektrik. Apabila posisi angkatnya telah sesuai dengan yang dikehendaki maka gerakan drum dapat dihentikan menggunakan rem yang dioperasikan dari kabin operator.

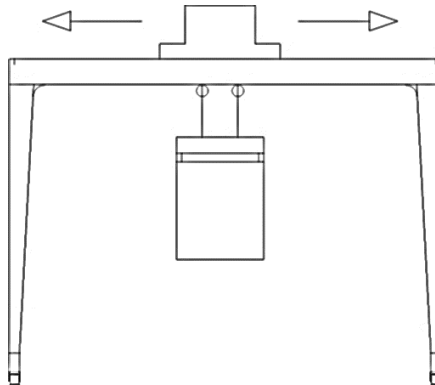


Gambar 2. 2 Skema arah gerakan hoist RTG crane

2. Gerakan transversal

Gerakan transversal ini merupakan gerakan berpindah pada arah melintang yang dilakukan oleh *trolley* di atas rel pada *girder* dengan motor elektrik sebagai penggerak utama. Gerakan ini akan berhenti jika arus listrik pada motor elektrik

diputuskan sekaligus rem digunakan.

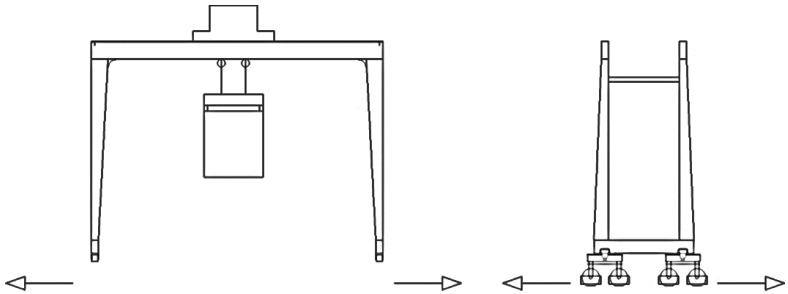


Gambar 2. 3 Skema arah gerakan trolley RTG crane

### 3. Gerakan rubber-tyred gantry

Gerakan *rubber-tyred gantry* ini disebut juga gerakan jalan *gantry* yaitu gerakan berjalan sepanjang lintasan yang umumnya telah menjadi bagian dari perencanaan lokasi. Seperti pada Gambar 2.8, perpindahan menggunakan motor elektrik yang mentransmisikan putaran melalui sistem *gear box* maupun *chain belt* ke roda ban karet. Saat berhenti arus listrik motor elektrik terputus sekaligus rem bekerja.





*Gambar 2. 4 Skema arah gerakan rubber-tyred gantry RTG crane*

## 2. Heavy Duty Module

Dikenal juga dengan sebutan multi axle trailer adalah sebuah alat angkut berbentuk trailer yang dapat digabung (modular) sesuai dengan kebutuhan barang (cargo) atau jalan yang akan dilalui. Alat jenis ini termasuk jenis alat Heavy Equipment untuk transportasi darat, kekuatan/ daya angkut dapat dilakukan dengan penambahan modul (bogi/axle).



*Gambar 2. 5 Heavy duty module bertipe 6 axle + Power pack*

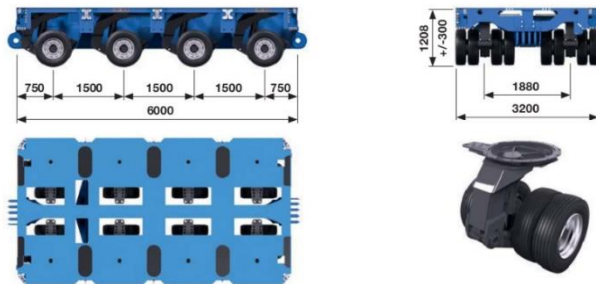
>> Cara Kerja

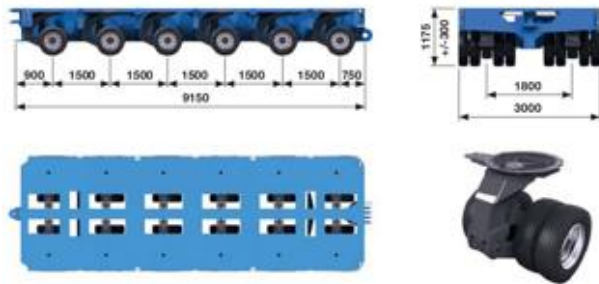
Cara kerja atau pengoprasian alat ini adalah dengan system hidrolik, setiap multi axle memiliki pompa hidrolik atau power pack untuk mengoprasikannya. Dalam pengoprasian multi axle ditarik dengan kepala trailer atau Prime Mover dan dibantu dengan seorang oprator untuk mengarahkan multi axle dan menjaga barang (cargo) dalam keadaan rata/level mengikuti kondisi jalan, untuk jenis SPMT multi axle tersebut bisa berjalan sendiri tanpa bantuan prime mover. Prinsip dasar cara kerjanya adalah : Steering dan Lifting

>> Keunggulan menggunakan Heavy duty module ini:

### 1. Daya angkut:

Daya angkut/ kekuatan multi axle tergantung dari banyaknya Axle yang digabungkan atau disusun. Untuk 1 axle multi axle memiliki daya angkut 25 ton sampai 45 ton tergantung type dan tahun pembuatan.





*Gambar 2. 6 Beberapa dimensi Heavy duty module*

## 2. Suspensi Hydraulic:

Multi axle memiliki suspensi dengan sistem hidrolik sehingga guncangan/getaran akibat jalan yang tidak rata akan teredam dengan baik, kargo yang dibawa pun akan terhindar dari kerusakan akibat getaran yang ditimbulkan akibat jalan yang rusak. Sebagai contoh Transformator (Travo) adalah jenis kargo yang sangat sensitif dengan getaran, didalamnya terdapat alat perekam getaran (Shock Watch) apabila ada getaran besar maka akan muncul tanda merah pada alat tersebut yang menunjukkan telah terjadi getaran yang besar. Selain kemampuan meredam getaran bagus, suspensi ini bisa disesuaikan dengan kondisi jalan kondisi kargo akan selalu rata/level sehingga efek limbung dari barang akan bisa dikurangi.



*Gambar 2. 7 Haevy duty module tampak depan*

### 3. Easy Transport:

Dengan berbagai jenis aksesoris pendukung dari multi axle, cargo dengan model atau jenis apapun akan mudah dimuat dengan multi axle. Dalam setiap perencanaan transportasi akan sangat menentukan penggunaan alat apa yang akan dipakai terkait dengan bentuk/dimensi kargo dan kondisi jalan, dengan multi axle akan memudahkan kesuksesan dalam perencanaan transportasi karena banyak pilihan.



*Gambar 2. 8 kendaraan yang menggunakan heavy duty module sebagai alat bantu*

#### 4. Kemampuan steering lincah

Meskipun multi axle memiliki dimensi yang panjang, akan tetapi kemampuan untuk manuver ditempat sempit pun masih bisa dilakukan dikarenakan semua axle bisa melakukan steering/belok.

#### 3. Reach Stracker

Reach Stracker adalah kendaraan yang digunakan untuk menangani container barang antar moda di terminal kecil atau pelabuhan berukuran sedang hingga besar. Reach stracker mampu mengangkat container jarak pendek dengan sangat cepat dan menemuknya di berbagai baris bergantung pada aksesnya.



*Gambar 2. 9 Alat reach starcker*

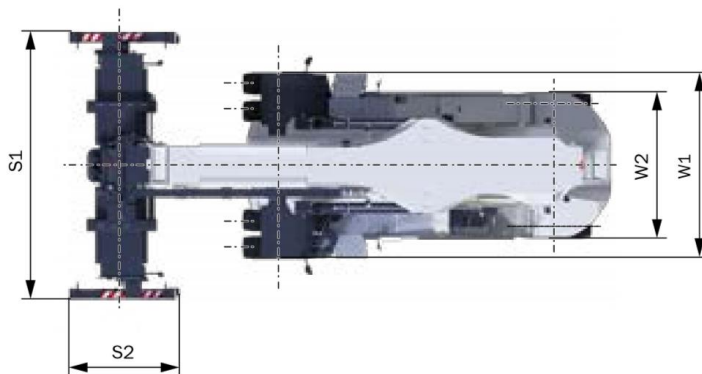
## a. Spesifikasi RS

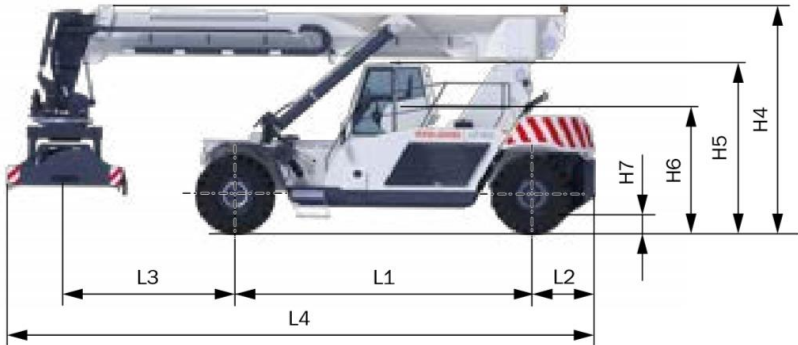
Berdasarkan brosur yang telah di dapatkan, didapatkan spesifikasi sebagai berikut:

Jenis Alat Berat	Reach Streaker
Merk	Konecranes
Model Alat Berat	R 5-31
<b>Weight (T)</b>	
Total Wieght ( Unladen, with standard tp pick spreder)	71
Axle load, fort/rear (T)	
- laden, 45 T( boom $\alpha = 45^\circ$ )	87/29
- unladen ( boom $\alpha = 45^\circ$ )	38/33
<b>Wheels and tires</b>	
Tire size	18.00-25
Rim rize	13.00-25
Number of wheels, front/ rear	4/2

*Tabel 2. 3 Spesifikasi Alat*

Detail dari alat Reach Stacker sebagai berikut:





Gambar 2. 10 detail dimensi alat

Heights	(mm)	( m )
H4 Minimum boom height	4640	4,64
H5 Cab Height	3550	3,55
H6 Seat Height	2530	2,53
H7 Ground clearance (unladen)	270	0,27
Lengths	(mm)	( m )
L1 Wheelbase	6200	6,20
L2 Rear overhang	1300	1,30
L3 Minimum distance driving axle center to load center	3580	3,58
L4 Overall length	12290	12,29
Spreader	(mm)	( m )
S1 Leght	6072	6,07
S2 Width	2400	2,40
Widths	(mm)	( m )
W1 Front	4190	4,19
W2 Rear	3345	3,35

Tabel 2. 4 Detail Reach Stacker

## >> Keunggulan Reach Stacker

Konecranes Liftace Reach Stackers dikenal dengan kualitas yang baik, desain yang kuat, dan keandalan dalam pengoperasian saat menangani kontainer atau kargo umum yang berat. Dengan Konecranes Liftace Spreaders yang tahan lama, 20 'hingga 40' kontainer ditumpuk hingga 1-over-6 kontainer tinggi-kubus tinggi. Untuk menangani kargo umum, alat berat dapat dilengkapi dengan alat pengangkat khusus. Konecranes Liftace Reach Stackers memenuhi tantangan penanganan kargo profesional dengan kapasitas pemuatan tinggi 45 t dan kecepatan kerja tinggi sambil memberikan operasi yang sederhana dan aman.

### Sekilas Liftace Konecran Mencapai Stackers

- Kecepatan kerja - produktif untuk tingkat penanganan yang efisien
- Ekonomis - konsumsi bahan bakar rendah dan biaya perawatan yang dapat diprediksi
- Sederhana - operasi dan pemeliharaan
- Teknologi terbukti - gesit, kuat dan andal
- Aman - pemantauan yang andal dan visibilitas sangat baik

### 2.2.3 Beban Gempa

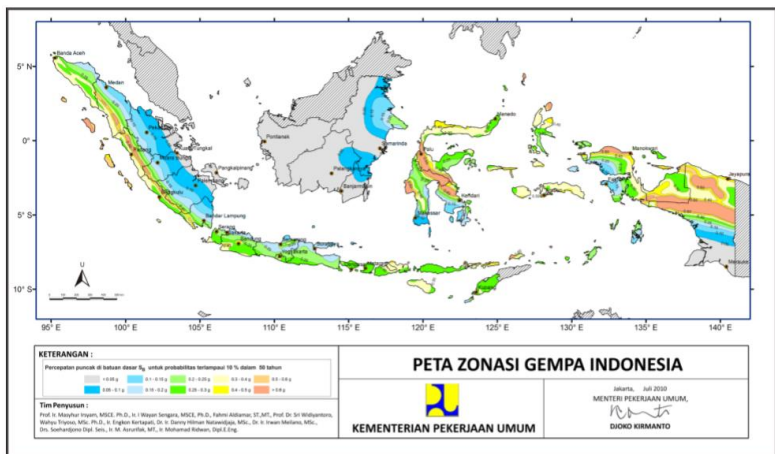
Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada struktur yang diakibatkan oleh gerakan tanah yang merupakan akibat dari gempa bumi (baik gempa tektonik atau vulkanik) yang akan memengaruhi struktur tersebut.

Berdasarkan peraturan SNI-22833-2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, perencanaan beban rencana akibat gempa minimum diperoleh dari serangkaian rumus berikut:

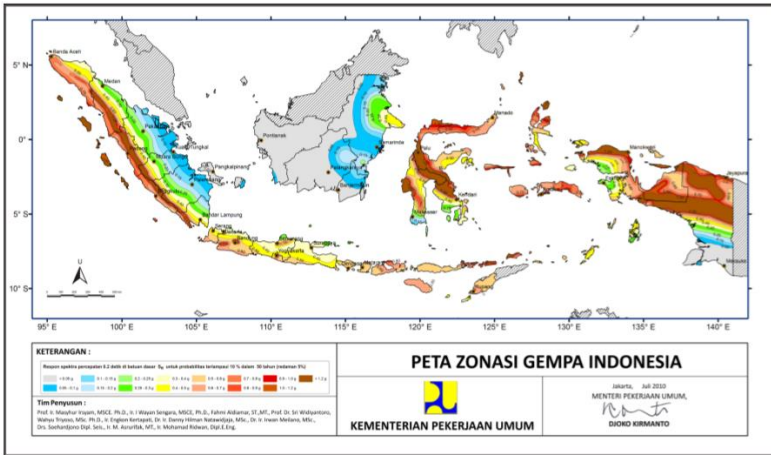


1.1 Penentuan Percepatan puncak (PGA) , respon spectra percepatan 0.2 deti ( $S_s$ ), respon spectra percepatan 1 detik ( $S_1$ ) di batuan dasar.

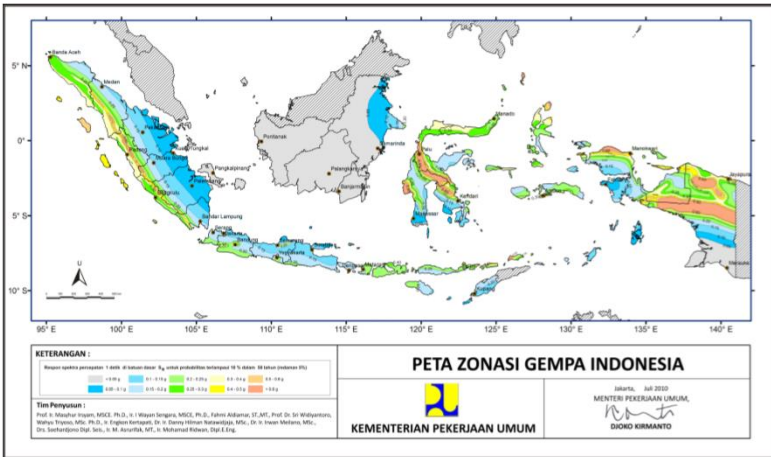
Tugas akhir ini direcnakan untuk probabilitas beban gempa terlampaui 10% dalam 50 Tahun atau periode ulang 500 tahun berdasarkan Peta Hazard Gempa Indoensia 2010 gambar 1,2 dan 3. Pada peta-peta tersebut, terdapat berbagai macam warna yang dimana setiap warna tersebut nantinya memiliki nilai PGA, $S_s$  dan  $S_1$  yang berbeda-beda sesuai daerah yang ditinjau.



Gambar 2. 11 Peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar



Gambar 2. 12 Peta respon spectra percepatan 0,2 detik di batuan dasar



Gambar 2. 13 Peta respon spectra percepatan 1,0 detik di batuan dasar

## 1.2 Penentuan kelas situs tanah

Setelah menemukan titik yang sesuai berdasarkan daerah yang ditinjau (Surabaya), maka langkah selanjutnya adalah mengklasifikasi situs, Kelas Situs nantinya untuk mengklasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perhitungan beban gempa akan digunakan data tanah SPT, yang kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata sesuai dengan persamaan SNI 2833-2016 berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{t_i}{N} \right)}$$

Keterangan:

N = nilai SPT rata-rata

ti =tebal lapisan tanah ke-i

Ni =nilai hasil uji penetrasi lapis tanah ke-i

m =jumlah lapis tanah yang ada di atas batuan dasar

Berdasarkan Pasal 5.3.1 Tabel 2 SNI 2833-2016 maka dapat ditentukan kelas situs sebagai berikut:

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$S_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq S_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $\geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3$ m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs

### 1.3 Penentuan faktor situs

Untuk penentuan respon spectra di permukaan tanah, diperlukan suatu factor amplifikasi untuk  $PGA$ ,  $S_s$  dan  $S_1$ . Faktor amplifikasi meliputi factor amplifikasi getaran terkait percepatan pada batuan dasar ( $F_{PGA}$ ), factor amplifikasi periode pendek ( $F_s$ ) dan factor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ).

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 2. 6 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ )

Tabel 2.x

Kelas situs	$S_T \leq 0.1$	$S_T = 0.2$	$S_T = 0.3$	$S_T = 0.4$	$S_T \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 2. 7 Besarnya nilai factor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ )

Keterangan:

PGA = Percepatan puncak betuan dasar

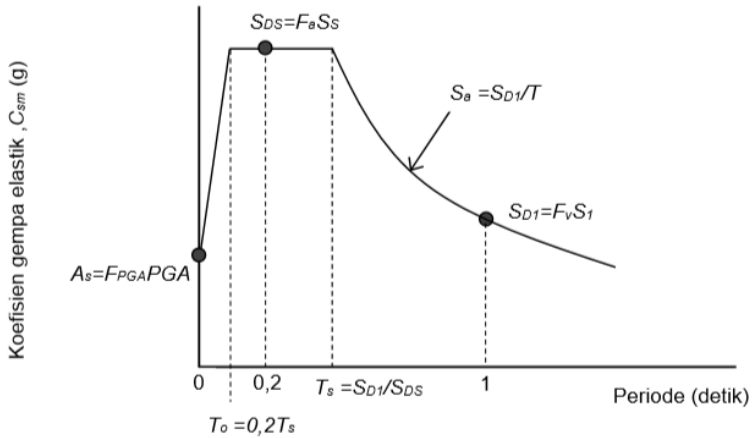
$S_s$  = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ( $T=0,2$  detik)

SS = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

$S_1$  = parameter respons spectral percepatan gempa untuk periode 1 detik

#### 1.4 Respon Spektrum Rencana

Respon spektra adalah nilai yang menggambarkan respon maksimum sistem berderajatkebebasan-tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah.



Gambar 2. 14 Spektrum rencana gempa

Perumusan respon spectra adalah sebagai berikut:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1$$

### 1.5 Penentuan Kategori kinerja seismik

Berdasarkan pasal 5.4.2 Koefisien repon gempa elastic SNI 2833-2016 sebagai berikut:

1. Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , koefisien respons gempa elastic ( $C_{sm}$ ) di dapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s$$

2. Untuk periode lebih besar dari  $T_0$ , dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , respons spectra percepatan,  $C_{sm}$  adalah sama dengan  $S_{DS}$ .

3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , koefisien respons gempa elastic ( $C_{sm}$ ) didapatkan dari persamaan berikut:

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

Keterangan:

$S_{DS}$  : nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek ( $T=0,2$  detik)

$S_{D1}$  : nilai spectra permukaan tanah pada periode 0,1 Detik

$T_0$  : 0,2 Ts

$T_s$  :  $\frac{S_{D1}}{S_{DS}}$

### 1.6 Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen elemen truktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasu sesuai SNI-2833-2016 pasal 5.8 sebagai berikut:

Gaya gempa elastis yang bekerja pada struktur jembatan harus dikombinasi sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan sebagai berikut:

- 100% gaya gempa pada arah x dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah y.
- 100% gaya gempa pada arah y dikombinasikan dengan 30% gaya gempa paa arah x.

Sehingga apabila diaplikasikan dengan memperhitungkan variasi arah maka kombinasi gaya gempa menjadi sebagai berikut:

1.  $DL + 0,3 EQ_{LL} \pm EQ_x \pm 0,3 EQ_y$
2.  $DL + 0,3 EQ_{LL} \pm EQ_y \pm 0,3 EQ_x$

Keterangan:

DL : beban mati yang bekerja (kN)

$rEQ$  : factor beban hidup kondisi gempa (0,3 untuk jembatan penting)

LL : bebanhidup yang bekerja (kN)

$EQ_x$  : beban yang bekerja pada arah x

$EQ_y$  : beban yang bekerja pada arah y

## 2.2.4 Beban Angin

### 2.2.4.1 Beban angin pada struktur (EWs)

Arah angin rencana harus diasumsikan horizontal, kecuali ditentukan lain dalam SNI 1725-2016 pasal 9.6.3. Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Pd = Pb \left( \frac{Vdz}{Vb} \right)^2$$

Keterangan:

Pb = tekanan angin dasar seperti yang ditentukan 1725-2016 dalam tabel 29

Vdz = kecepatan angin rencana pada elevasi rencana (km/jam)

Vb = kecepatan angin rencana pada elevasi 1000 mm (km/jam)

*Tabel 2. 8 Tekanan Angin Dasar*

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan balok atau gelagar.

### 2.2.4.2 Beban angin pada kendaraan (Ewi)

Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana



tekanan angin tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan. Berikut beban angin yang bekerja pada kendaraan berdasarkan sudut datangnya angin ditentukan dalam SNI 1725-2016 Tabel 31.

Tabel 2. 9 Beban angin yang bekerja pada kendaraan

Sudut	Komponen tegak lurus	Komponen sejajar
Derajat	N/mm	N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,2	0,35
45	0,96	0,47
60	0,5	0,55

### 2.3 Perencanaan Perkuatan Struktur

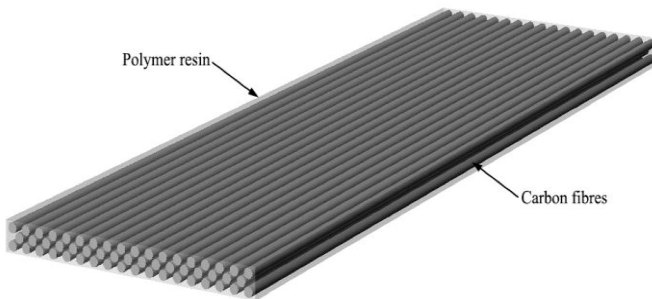
Perkuatan (*strengthening*) pada struktur bangunan adalah suatu tindakan modifikasi struktur yang sudah ataupun belum mengalami kerusakan, dengan tujuan menaikkan kekuatan atau daktilitas struktur. Ketika perkuatan akan dilakukan semua kegagalan harus dievaluasi. Memperkuat struktur sebagai lentur dapat menyebabkan kegagalan geser bahkan kapasitas beban tumpuan yang diinginkan meningkat. Hal ini juga harus dicatat bahwa tidak hanya bagian dari mode kegagalan perkuatan itu penting. Jika ada bagian penting dalam struktur diperkuat maka bagian lain juga menjadi penting. Karena perubahan kekakuan dalam sistem struktural belum ditentukan maka seluruh struktur harus diselidiki.

Perkuatan struktur dapat dilakukan dalam beberapa metode. Metode perkuatan struktur bisa dilakukan dengan cara penyelubangan dengan beton atau *concrete jacketing*,

dengan cara penyelubungan dengan baja atau *steel jacketing* dan dengan penyelubungan dengan material ringan komposit yaitu *fiber reinforced polymer* (FRP).

### **Fiber Reinforced Polymer (FRP)**

*Fiber reinforced polymer* (FRP) terbuat dari bahan yang ringan, tidak korosif dan mampu menahan kuat tarik tinggi. Ada 3 jenis FRP yang dibedakan berdasarkan serat penyusunnya, yaitu *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (serat karbon), *Glass Fiber Reinforced Polymer* (serat gelas), dan *Aramid Fiber Reinforced Polymer* (serat aramid). Serat karbon didefinisikan sebagai serat yang mengandung setidaknya 90% berat karbon. *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) serat karbon ini tidak menunjukkan korosi atau pecah pada suhu kamar. Fungsi perkuatan dengan sistem CFRP adalah untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas lentur, geser, aksial dan daktilitas. Sistem kerjanya sama dengan tulangan transversal konvensional.



Gambar 2. 15 Carbon Fiber Reinforcement Polymer

### **Keunggulan dan kelemahan FRP**

Keunggulan FRP antara lain:

1. Ringan, serat karbon adalah bahan dengan kepadatan rendah dengan kekuatan yang sangat tinggi terhadap rasio berat.
2. Kekuatan Tarik tinggi, salah satu yang terkuat dari semua serat penguat komersial ketika sampai pada ketegangan, serat karbon sangat sulit untuk diregangkan atau dibengkokkan.
3. Ekspansi termal rendah, serat karbon akan berkembang atau berkontraksi jauh lebih sedikit dalam kondisi panas atau dingin daripada bahan seperti baja atau aluminium.
4. Daya tahan yang luar biasa, serat karbon memiliki sifat kelelahan yang superior dibandingkan logam, yang berarti komponen yang terbuat dari serat karbon tidak akan aus dengan cepat dibawah tekanan penggunaan konstan.
5. Resistansi korosi, bila dibuat dengan resin yang sesuai, serat karbon adalah salah satu bahan tahan korosi yang tersedia.
6. Radiolucence, serat karbon transparan terhadap radiasi dan tidak terlihat pada sinar x, sehingga bermanfaat untuk penggunaan peralatan medis dan fasilitas.
7. Konduktivitas listrik, komposit serat karbon adalah konduktor listrik yang sangat baik.
8. Ultra-violet resistant, serat karbon bisa tahan UV dengan penggunaan resin yang tepat.

**Kelemahan FRP antara lain:**

1. Serat karbon akan pecah atau pecah saat dikompres, didorong melampaui kemampuan kekuatannya atau terkena dampak tinggi. Ini akan retak jika terkena palu. Mesin dan lubang juga bias menciptakan daerah lemah yang bias meningkatkan kemungkinan pemutusannya.
2. Biaya relatif , serat karbon adalah bahan berkualitas tinggi dengan harga yang sesuai.

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## BAB III

### METODELOGI

Metodelogi suatu perencanaan adalah tat cara atau urutan kerja suatu perhitungan perencanaan perkuatan untukmendapatkan hasil desain perkuatan struktur. Adapunuraian dan metodelogi dijelaskan sebagai berikut:

#### 3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Data Umum Bangunan
  - a. Nama Bangunan : Trestle Demaga Terminal Peti Kemas Surabaya
  - b. Lokasi : Jl. Tanjung Mutiara No1 Surabaya
  - c. Panjang Trestle : 1500 m
  - d. Lebar Trestle : 14,04 m
  - e. Pemilik : PT. Terminal Petikemas Surabaya
2. Data Gambar Perencanaan
3. Data Tanah
4. Data Bahan
  - a. Mutu Beton  
Concrete class Grade D1: 5000 Psi ( $f_c' = 34$  Mpa)  
Concrere class Grade D2: 6000 Psi ( $f_c' = 40$  Mpa)
  - b. Mutu Baja  
High Yield Reinforecement Y : Grade 500 ( $f_y=400$  Mpa;  
 $f_u= 600$  Mpa)  
Mild Steel Reinforcement R : Grade 250 ( $f_y=250$  Mpa;  
 $f_u= 400$  Mpa)

### 3.2 Survei Lapangan

Untuk menunjang data-data yang ada, survey lapangan sangat diperlukan untuk melihat kondisi eksisting dari trestle secara visual.

### 3.3 Perumusan Masalah

Belum pernah sebelumnya trestle ini dibebankan muatan yang sangat besar, yakni *rubber tyred gantry crane* yang beratnya bisa mencapai hingga 134 T. PT TPS ini telah dibangun pada tahun 1992 dengan usia jembatan tersebut dan ditambahkan akan dilaluinya RTG *Crane* ini di khawatirkan jembatannya tidak bisa memikul beban dan menyebabkan keruntuhan pada jembatan.

### 3.4 Perhitungan Pembebanan

- Beban mati
- Beban hidup
- Beban gempa
- Beban angin

### 3.5 Analisa Struktur

Analisa struktur Dalam analisis struktur untuk mengetahui kalaikan atau keamanan struktur secara keseluruhan pada trestle menggunakan peraturan dan tahapan sebagai berikut:

- a. Permodelan struktur sesuai gambar perencanaan
- b. Bangunan atas dan bangunan bawah dimodelkan dengan program bantu (SAP 2000)
  - *Pile*
  - *Cross Beam*
  - *Longitudinal Beam*
  - *Deck slab*
- c. Pembebanan mengacu pada peraturan SNI 1725 2016 tentang pembebanan pada jembatan.
- d. Menganalisa gaya dalam.

### 3.6 Perhitungan Kapasitas Struktur

- Pelat
- Balok

➤ Caping Beam

### **3.7 Evaluasi Kekuatan Struktur**

Perhitungan kapasitas elemen akibat beban dilakukan dengan program SAP 2000. Kapasitas elemen struktur dibandingkan dengan kapasitas elemen akibat beban. Jika kapasitas elemen struktur lebih besar dibandingkan dengan kapasitas elemen akibat beban maka dikatakan elemen struktur aman, sedangkan jika kapasitas elemen struktur lebih kecil dari kapasitas elemen akibat beban maka dikatakan elemen struktur tidak aman. Elemen struktur yang dinyatakan kurang atau tidak aman perlu dilakukan perbaikan atau perkuatan agar bangunan dapat berfungsi dan aman bagi kegiatan seterusnya. Perbandingan antara kapasitas penampang dengan gaya dalam maksimum yang terjadi disebut "Safety Factor/SF" dimana nilai SF harus lebih besar dari 1 (satu). Kapasitas yang perlu dianalisa adalah kapasitas akibat lentur geser maupun aksial dengan ketentuan yang ada.

### **3.8 Solusi Perkuatan**

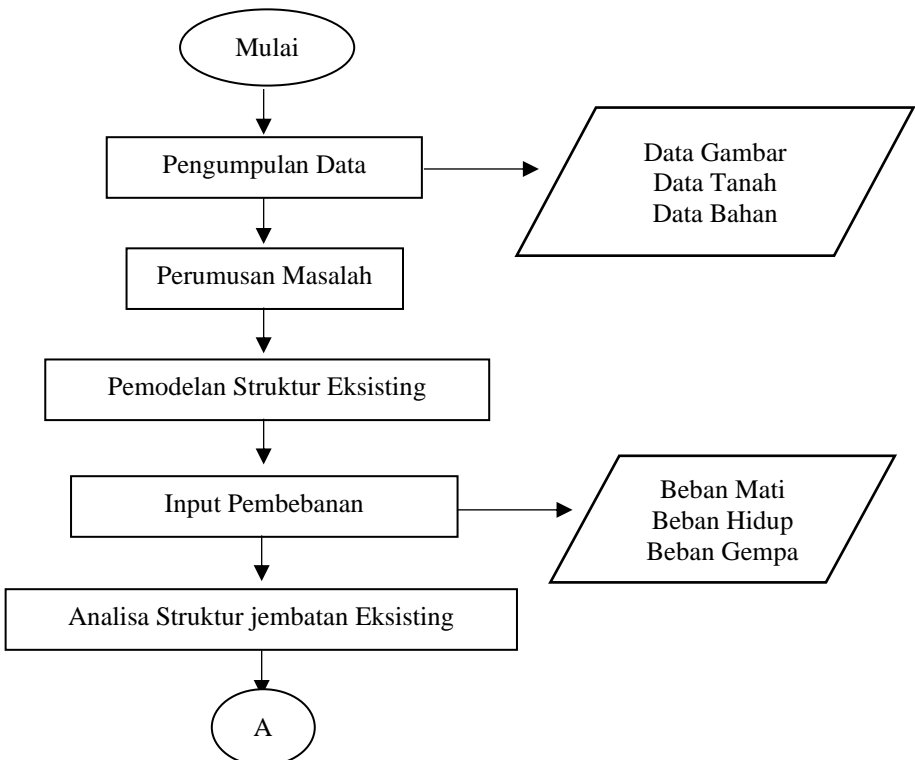
Setelah mengetahui evaluasi struktur dan penyebab kerusakan membuat solusi perbaikan dan perkuatan yang tepat. Solusi penanganan agar trestle secara struktural masih bisa berfungsi dan bisa menambah umur bangunan. Solusi yang direncanakan adalah dengan perbaikan perkuatan struktur balok dengan menggunakan CFRP. FRP adalah jenis material yang ringan, mempunyai kuat tarik yang sangat tinggi (7-10 kali lebih tinggi dari baja), dan mudah dalam pelaksanaannya di lapangan. Elemen struktur beton yang dapat diperkuat dengan FRP adalah balok, pelat, dan kolom beton bertulang. Bentuk perkuatan lain yang bisa dilakukan adalah perubahan kombinasi ketika memindahkan RTG dengan alat HDM ini. Pergantian HDM ke axle yang lebih banyak juga mampu membantu mengurangi beban yang di salurkan ke pelat lantai kendaraan.

### 3.9 Perhitungan dan Perkuatan Struktur

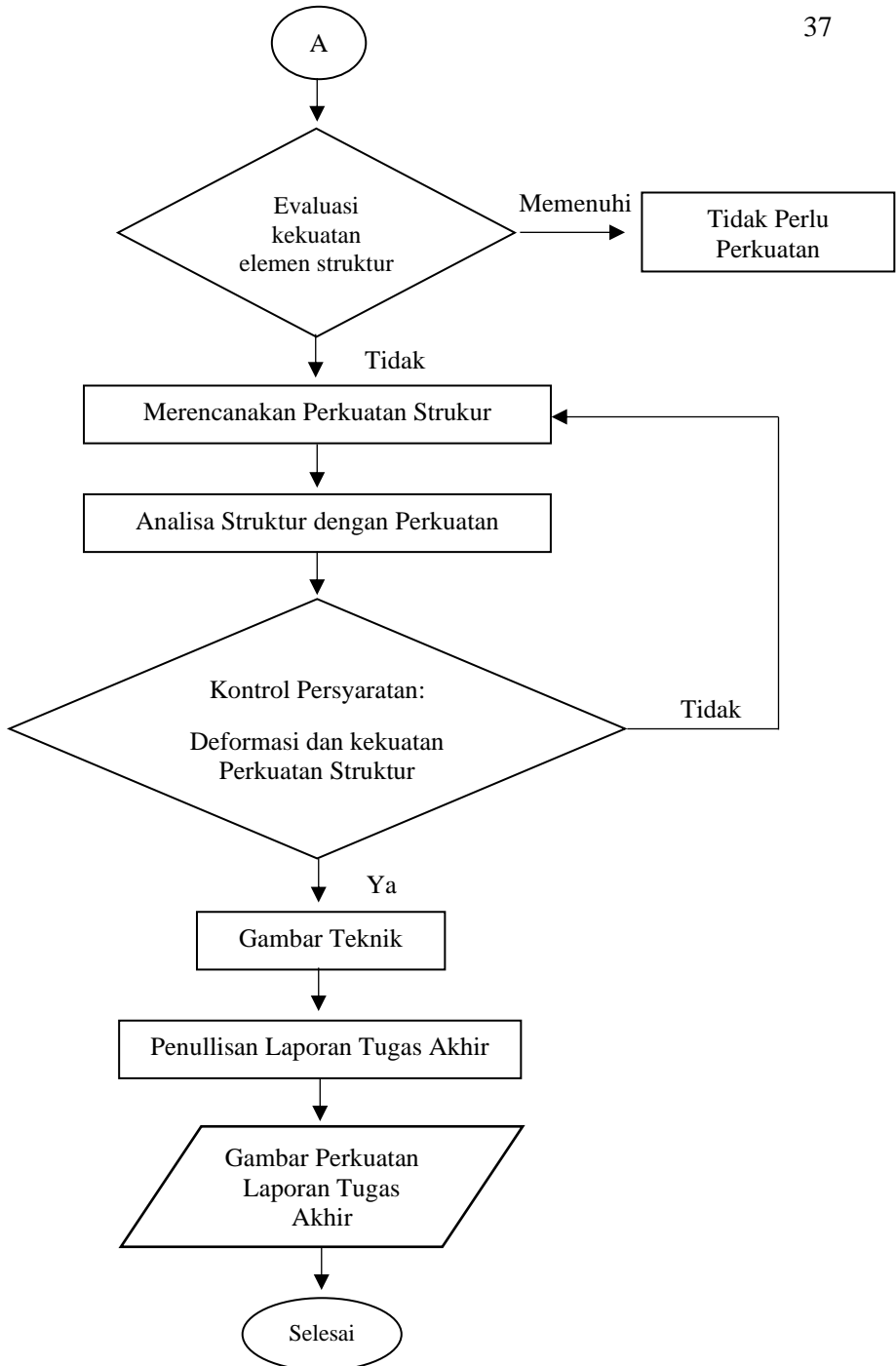
Setelah mengetahui perkuatan struktur yang akan dilaksanakan maka dilakukan perhitungan Perkuatan stuktur yang akan dilakukan.

### 3.10 Diagram Alir (*Flow Chart*) Metodologi

Adapun diagram alir (flow chart) metodologi adalah sebagai berikut







*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## **BAB IV**

### **ANALISA PEMBEBANAN**

### **DAN PEMODELAN STRUKTUR**

#### **4.1 Umum**

Pemodelan stuktur trestle terminal peti kemas Surabaya ini menggunakan SAP 2000 v14.2.2 bertujuan untuk mendapatkan gaya dalam setiap elemen struktur, yang nantinya akan dibandingkan dengan kapasitas struktur eksisting. Dengan demikian dapat diketahui perkuatan yang dibutuhkan struktur eksisting.

#### **4.2 Data Bangunan**

- a. Nama bangunan : Trestle Dermaga Terminal Petikemas Surabaya
- b. Alamat/Lokasi : Jl. Tanjung Mutiara No.1 Surabaya
- c. Fungsi : Akses keluar masuk truk petikemas menuju container yard
- d. Panjang trestle : 1500 meter
- e. Lebar trestle : 14,04 meter
- f. Pemilik : PT. Terminal Petikemas Tanjung Perak- Surabaya

#### **4.3 Pembebanan Trestle**

##### **4.3.1 Beban Mati**

Beban mati meliputi berat sendiri elemen struktur dan beban mati tambahan. Berat sendiri elemen struktur akan diperoleh dari permodelan struktur pada program SAP 2000. Sedangkan untuk rincian dari beban mati tambahan adalah sebagai berikut:

1. Berat Sendiri  
Berat Jenis Beton : 24 kN/m<sup>3</sup>

## 2. Beban Mati Tambahan

Trotoar

Pasir : 1,68 kN/m<sup>2</sup>

Paving : 1,76 kN/m<sup>2</sup>

Kerb : 4,80 kN/m<sup>2</sup>

### 4.3.2 Beban Hidup

#### 4.3.2.1 RTG + HDM

Pehitungan Beban Akibat RTG dan HDM sebagai berikut:

Berat total RTG = 134 T

Beban/kaki RTG =  $134/4 = 33,5$  T

Direncanakan RTG dibawa HDM bertipe 4 axle dengan masing-masing axle memakai 1 power pack, berikut perhitungannya:

Beban HDM 4 axle = 13,85 T

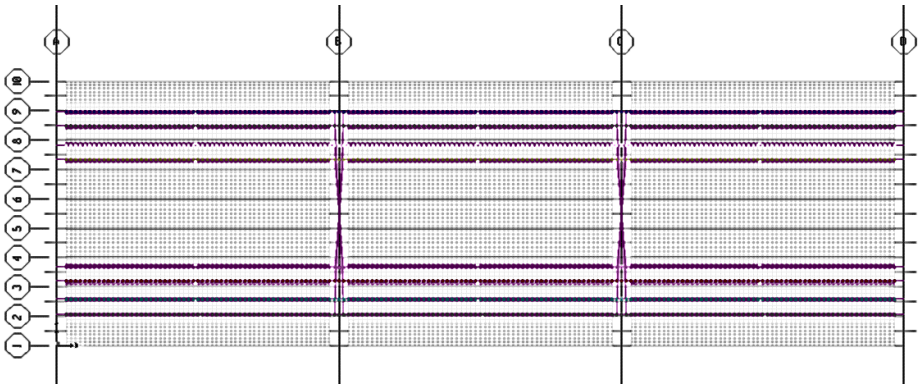
Berat power pack = 6,8 T

Total berat/kaki =  $13,85 + 6,8 = 20,65$  T

Berat/roda/HDM =  $\frac{\text{beban/kaki RTG} + \text{total berat/ HDM}}{\text{banyaknya roda}}$

$$= \frac{33,5 + 20,65}{16} = 3,38 \text{ T/roda HDM}$$

### Lane lintasan gerak akibat beban RTG+ HDM

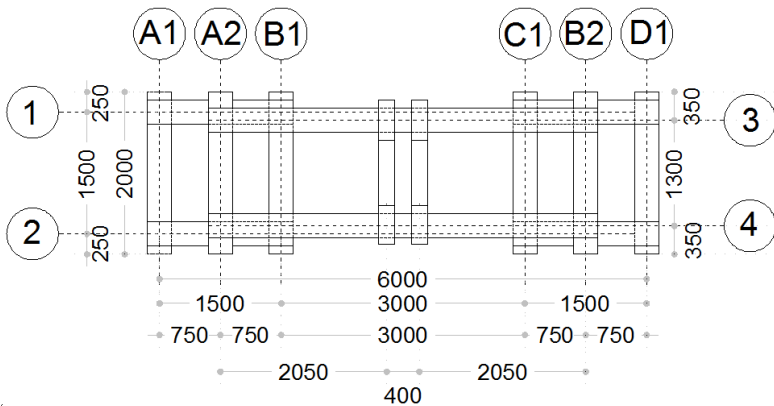


Gambar 4. 1 lintasan gerak pemindahan RTG

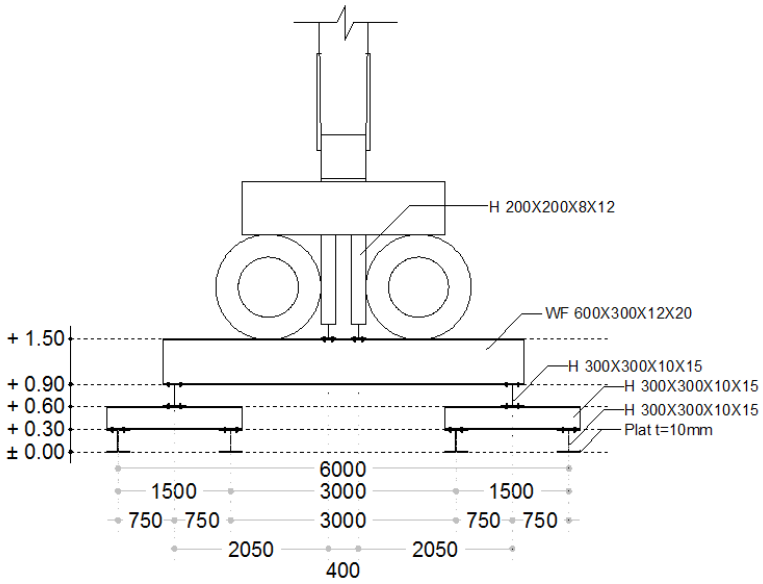
>> Konfigurasi beban akibat RTG terhadap roda terdapat pada lampiran.

>> Spreading beam akibat beban RTG

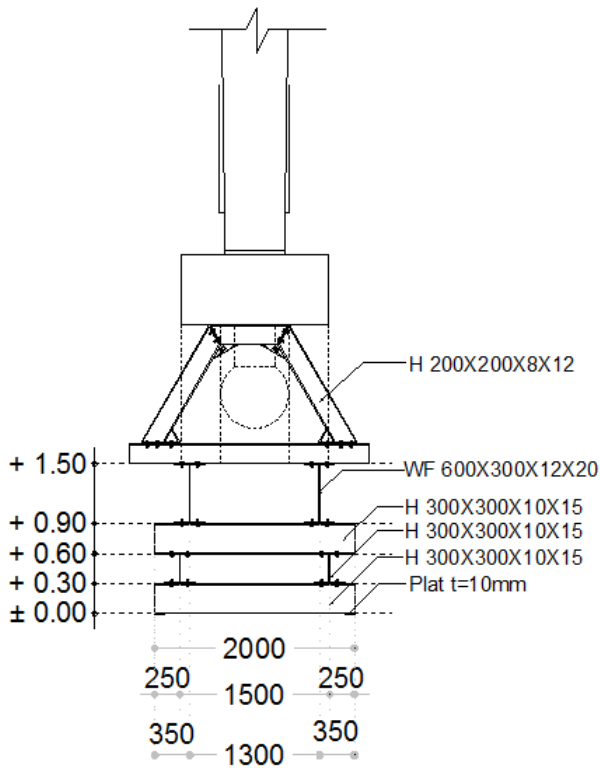
- HDM 6-Axle



Gambar 4. 2 Denah Spreading Beam



Gambar 4. 3 Tampak Samping Spreading Beam



Gambar 4. 4Tampak Samping Spreading Beam

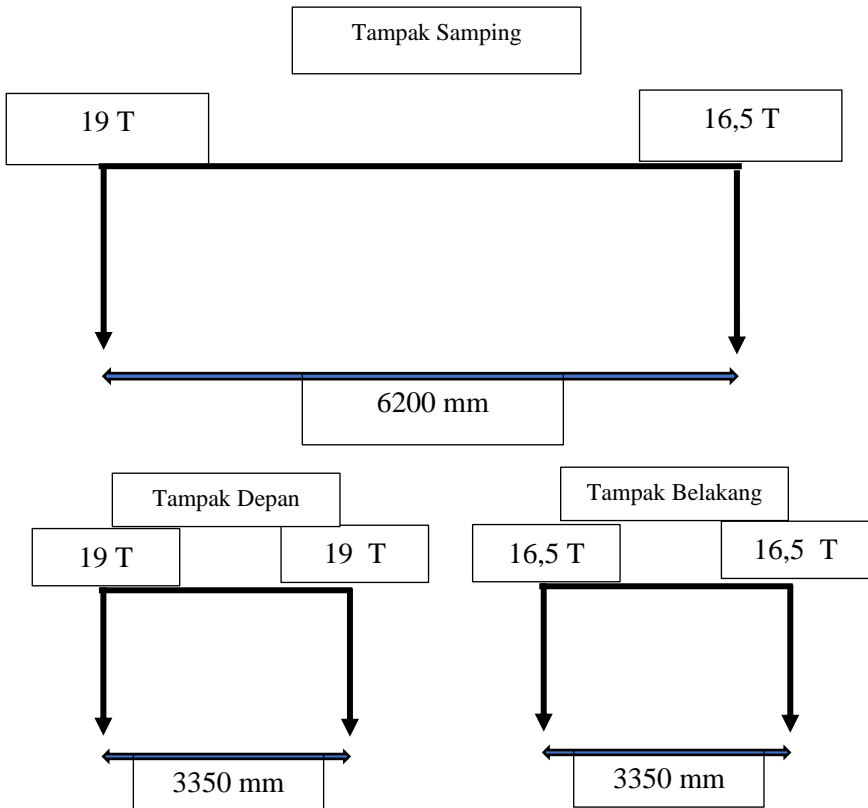
#### 4.3.2.2 Beban Reach Stacker

Perhitungan beban RS berdasarkan spesifikasi dari brosur:

- Beban untuk gandar depan = 38 T
- Jumlah roda depan = 4 roda
- Beban per roda depan = 38/4
- = 9,5 T/roda

- Beban untuk gandar belakang = 33 T
- Jumlah roda belakang = 2 roda
- Beban per roda belakang =  $33/2$
- = 16,5 T/roda

>> Konfigurasi beban akibat dilewatinya reachstacker ini sebagai berikut:

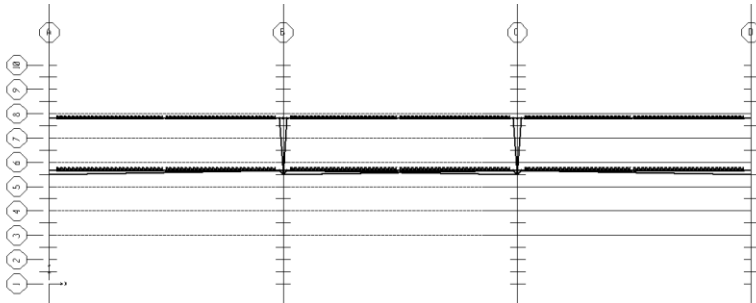


Gambar 4. 5 Konfigurasi beban RS



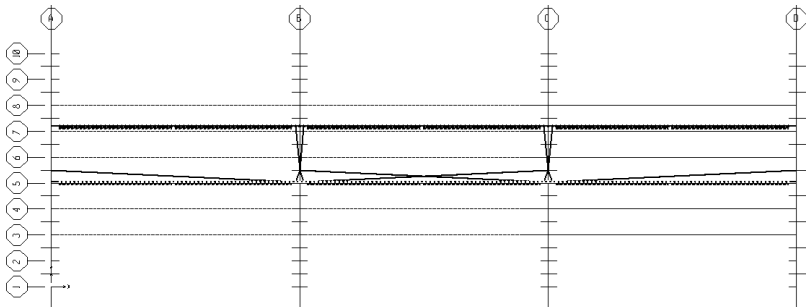
Adapun posisi perletakan beban gandar roda RS yang mungkin terjadi dalam operasional trestle adalah sebagai berikut:

Posisi 1 : 0,5 m dari tepi trotoar



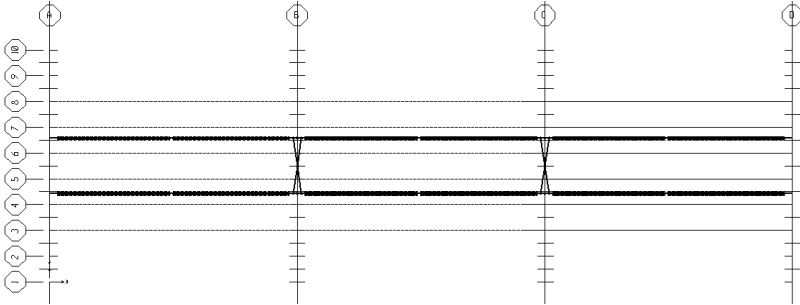
Gambar 4. 6 Posisi 1 RS

Posisi 2 : 1,5 m dari tepi trotoar



Gambar 4. 7 Posisi 2 RS

### Posisi 3 : Tepat di tengah bentang



Gambar 4. 8 Posisi 3 RS

### 4.3.3 Beban Gempa

Metode yang digunakan dalam perhitungan beban gempa ini yaitu metode analisis respon spektrum. Beban gempa diperhitungkan dengan probabilitas 10% dalam 50 tahun atau periode ulang 500 tahun berdasarkan Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 dan peraturan SNI 2833-2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, perencanaan beban rencana akibat gempa minimum ditentukan beberapa hal:

- Lokasi Trestle : Surabaya
- Fungsi Bangunan : Jembatan Penghubung demata
- Penentuan kelas situs:

Berdasarkan data tanah SPT, kelas situs dapat ditentukan menggunakan persamaan 6 SNI-2833-2016 seperti berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_i^m t_i}{\sum_i^m \left(\frac{t_i}{N}\right)}$$

$$\bar{N} = \frac{76}{37,24617} = 2,04048$$

Perhitungan diatas menunjukkan bahwa nilai SPT rata-rata pada data tanah mencapai 2,04048 , sehingga berdasarkan table, tanah tersebut masuk dalam kelas situs Tanah Lunak (SE)

Tabel 2 - Kelas situs

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air ( $w$ ) $\geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3m$ ) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan $PI > 75$ ) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35m$		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Tabel 4. 1 kelas situs

Tabel 4. 2 N-SPT Tanah

Depth (m)	Jenis tanah	ti	N-Value	ti/Ni
0		0	0	0
-1		1	1	1,00000
-2		1	1	1,00000
-3	CLAY (CH), GREY, INORGANIC, TRACE OF SAND, VERY SOFT	1	1	1,00000
-4		1	1	1,00000
-5		1	1	1,00000
-6		1	1	1,00000
-7	SAND (SP), GREY, FINE TO COARSE GRAINED, LITTLE OF GRAVEL	1	1	1,00000
-8		1	1	1,00000
-9		1	1	1,00000
-10		1	1	1,00000
-11		1	1	1,00000
-12		1	1	1,00000
-13		1	1	1,00000
-14		1	1	1,00000
-15		1	1	1,00000
-16		1	1	1,00000
-17		1	1	1,00000
-18		1	1	1,00000
-19		1	1	1,00000
-20		1	1	1,00000
-21		1	1	1,00000

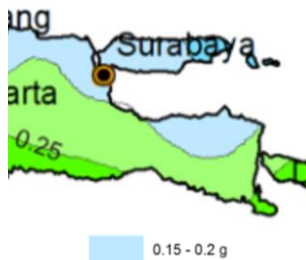
-22		1	1	1,00000
-23		1	1	1,00000
-24		1	1	1,00000
-25		1	1	1,00000
-26	CLAY (CH), GREY, INORGANIC, TRACE OF SAND, VERY SOFT TO MEDIUM	1	1	1,00000
-27		1	1	1,00000
-28		1	1	1,00000
-29		1	1	1,00000
-30		1	1	1,00000
-31		1	1	1,00000
-32		1	1	1,00000
-33		1	1	1,00000
-34		1	1	1,00000
-35		1	1	1,00000
-36		1	6	0,16667
-37		1	8	0,12500
-38		1	10	0,10000
-39		1	11	0,09091
-40		1	11	0,09091
-41		1	11	0,09091
-42		1	12	0,08333
-43		1	12	0,08333
-44		1	12	0,08333
-45		1	13	0,07692
-46		1	14	0,07143
-47		1	16	0,06250

-48		1	18	0,05556
-49		1	18	0,05556
-50		1	18	0,05556
-51		1	19	0,05263
-52	CLAY (CH), GREY, INORGANIC, TRACE OF SAND, VERY STIFF	1	19	0,05263
-53		1	21	0,04762
-54		1	22	0,04545
-55		1	22	0,04545
-56		1	22	0,04545
-57		1	22	0,04545
-58	CLAY (CH), GREY, INORGANIC, SOME OF SAND, CEMENTED AT SOME DEPTH, VERY STIFF	1	23	0,04348
-59		1	23	0,04348
-60		1	24	0,04167
-61		1	24	0,04167
-62		1	31	0,03226
-63	CLAY (CH), GREY, INORGANIC, CONSIDERABLE AMOUNT OF SAND, HARD	1	40	0,02500
-64		1	41	0,02439
-65		1	42	0,02381
-66	GRAVEL (GP), GREY CONSIDERABLE AMOUNT OF	1	43	0,02326
-67		1	42	0,02381

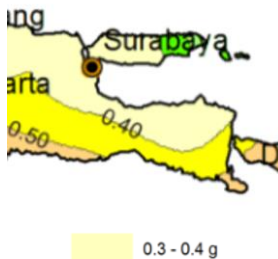
	CLAY/SILT, LITTLE OF SAND			
-68	CLAY (CH), GREY, INORGANIC, CONSIDERABLE AMOUNT OF SAND, HARD	1	41	0,02439
-69	CLAY (CH), GREY, INORGANIC, TRACE OF SAND, LITTLE OF GRAVEL AT 70.00-72.00m DEPTH, VERY STIFF TO HARD	1	40	0,02500
-70		1	35	0,02857
-71		1	30	0,03333
-72		1	24	0,04167
-73		1	25	0,04000
-74		1	27	0,03704
-75		1	29	0,03448
-76		1	31	0,03226
	<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>987</b>	<b>37,24617</b>

d. Penentuan nilai PGA

Berdasarkan gambar peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 Tahun di Surabaya adalah 0,15 g

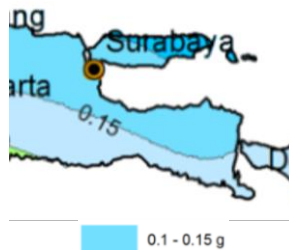


- e. Penentuan nilai  $S_s$  (respons spektra 0,2 detik)  
 Berdasarkan gambar peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar ( $S_s$ ) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun di Surabaya adalah 0,3 g



- f. Penentuan nilai  $S_1$  (respons spektra 1 detik)  
 Berdasarkan gambar peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar ( $S_1$ ) untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 Tahun di Surabaya adalah 0,1 g





- g. Penentuan koefisien situs FPGA,  $F_a$  dan  $F_v$   
 Dari peta zonasi gempa didapatkan kesimpulan nilai sabagai berikut:

$S_s$  : 0,3 g  
 $S_1$  : 0,1 g  
 PGA : 0,15 g

Kemudian mencari nilai amplifikasi untuk period 0,2 detik ( $F_a$ ) berdasarkan table berikut:

Kelas situs	PGA $\leq$ 0,1 $S_s \leq$ 0.25	PGA = 0,2 $S_s =$ 0.5	PGA = 0,3 $S_s =$ 0.75	PGA = 0,4 $S_s =$ 1.0	PGA > 0,5 $S_s \geq$ 1.25
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 4. 3 nilai amplifikasi untuk FPGA dana  $F_a$

Didapatkan nilai FPGA dan  $F_a$  dari interpolasi sebesar:

$F_a$  : 1,33  
 FPGA : 2,20

Mencari nilai factor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ ) berdasarkan table berikut:

Kelas situs	$S_T \leq 0.1$	$S_T = 0.2$	$S_T = 0.3$	$S_T = 0.4$	$S_T \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 4. 4 nilai amplifikasi  $F_v$

Didapatkan nilai  $F_v$  : 3,5

- h. Penentuan parameter spectral  $A_s$ ,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  dan koefisien respons gempa elastic  $T_0$  dan  $T_s$

Nilai  $F_a$  dan  $F_v$  selanjutnya digunakan untuk menghitung parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$ , dan untuk periode 1 detik ,  $S_{D1}$ , dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_s &= F_{PGA} \times PGA \\ &= 2,20 \times 0,15 \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,33 \times 0,3 \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= F_v \times S1 \\ &= 3,50 \times 0,1 \\ &= 0,35 \end{aligned}$$

Menentukan periode getar  $T_0$  dan  $T_s$

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,35}{0,4} \\ &= 0,1750 \end{aligned}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= \frac{0,35}{0,4}$$

$$= 0,8750$$

i. Menentukan Zona Gempa

**Tabel 5 - Zona gempa**

Koefisien percepatan ( $S_{D1}$ )	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

*Tabel 4. 5 Zona Gempa*

Dengan nilai  $0,3 < SD1 \leq 0,5$  maka termasuk dalam zona gempa 3.

j. Input beban gempa

Response Spectrum AASHTO 2007 Function Definition

**Function Name** Surabaya

Function Damping Ratio 0,05

**Parameters**

Ss, S1 and PGA from USGS - by Lat/Long

Ss, S1 and PGA from USGS - by Zip Code

Ss, S1 and PGA User Specified

Site Latitude (degrees) ?

Site Longitude (degrees) ?

Site Zip Code (5-Digits) ?

0.2 Sec Spectral Accel, Ss 0,6

1 Sec Spectral Accel, S1 0,15

Peak Ground Accel, PGA 0,15

Site Class E

Site Coefficient, Fa 1,5

Site Coefficient, Fv 3,35

Site Coefficient, Fpga 2,1

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = Fa \* Ss 0,9

SD1 = Fv \* S1 0,5025

Convert to User Defined

**Define Function**

Period	Acceleration
0	0,315
0,0372	0,51
0,0744	0,705
0,1117	0,9
0,5583	0,9
0,8	0,6281
1	0,5025
1,2	0,4198
1,4	0,3589

Add

Modify

Delete

**Function Graph**

Display Graph ( 2,3428 , 0,2168 )

OK Cancel

*Gambar 4. 9 Input Beban Gempa di SAP 2000*

## 4.5 Input Spring Constant

### 4.5.1 Konstanta Pegas (Spring Constant)

Pemodelan parameter tanah dalam program SAP 2000 pada tiang pancang baja (steel pile) menggunakan konstanta pegas. Berikut merupakan besaran konstanta pegas yang diinput pada tiang pancing baja untk setiap meternya. Perhitungan sebagai berikut:

$$E_o = 28 \times N \text{ (nilai N-SPT)}$$

$$= 28 \times 1 = 28 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_o = 0,2 \times E_o \times D^{-0,75} \text{ (D = 0,711 cm)}$$

$$= 0,2287 \text{ kg/cm}^3$$

$$K = k_o \times y^{-1,5} \text{ (y= 1 cm)}$$

$$= 0,2287 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_x = k_y = k \times D \times l_i$$

$$= 1626,131 \text{ kg/cm}$$

$$= 162613,1 \text{ kg/m}$$

$$K_v = a \times A_p \times E_p / l_i$$

$$= 21197144571 \text{ kg/m}$$

Tabel 4. 6 *Pehitungan Konstanta Pegas*

Depth (m)	N-Value	Eo = 28 N	Ko	K	kv	kx=ky
		kg/cm3	kg/cm3	kg/cm3	kg/m	kg/m
0	0	0	0	0	0	0
-1	1	28	0,22871	0,22871	2119714	162613,1
-2	1	28	0,22871	0,22871	1059857	325226,1
-3	1	28	0,22871	0,22871	706571,5	487839,2
-4	1	28	0,22871	0,22871	529928,6	650452,2
-5	1	28	0,22871	0,22871	423942,9	813065,3
-6	1	28	0,22871	0,22871	353285,7	975678,4
-7	1	28	0,22871	0,22871	302816,4	1138291
-8	1	28	0,22871	0,22871	264964,3	1300904
-9	1	28	0,22871	0,22871	235523,8	1463518
-10	1	28	0,22871	0,22871	211971,4	1626131
-11	1	28	0,22871	0,22871	192701,3	1788744
-12	1	28	0,22871	0,22871	176642,9	1951357
-13	1	28	0,22871	0,22871	163055	2113970
-14	1	28	0,22871	0,22871	151408,2	2276583
-15	1	28	0,22871	0,22871	141314,3	2439196
-16	1	28	0,22871	0,22871	132482,2	2601809
-17	1	28	0,22871	0,22871	124689,1	2764422
-18	1	28	0,22871	0,22871	117761,9	2927035
-19	1	28	0,22871	0,22871	111563,9	3089648
-20	1	28	0,22871	0,22871	105985,7	3252261
-21	1	28	0,22871	0,22871	100938,8	3414874
-22	1	28	0,22871	0,22871	96350,66	3577487
-23	1	28	0,22871	0,22871	92161,5	3740100

-24	1	28	0,22871	0,22871	88321,44	3902713
-25	1	28	0,22871	0,22871	84788,58	4065327
-26	1	28	0,22871	0,22871	81527,48	4227940
-27	1	28	0,22871	0,22871	78507,94	4390553
-28	1	28	0,22871	0,22871	75704,09	4553166
-29	1	28	0,22871	0,22871	73093,6	4715779
-30	1	28	0,22871	0,22871	70657,15	4878392
-31	1	28	0,22871	0,22871	68377,89	5041005
-32	1	28	0,22871	0,22871	66241,08	5203618
-33	1	28	0,22871	0,22871	64233,77	5366231
-34	1	28	0,22871	0,22871	62344,54	5528844
-35	1	28	0,22871	0,22871	60563,27	5691457
-36	6	168	1,372262	1,372262	58880,96	35124421
-37	8	224	1,829683	1,829683	57289,58	48133466
-38	10	280	2,287104	2,287104	55781,96	61792963
-39	11	308	2,515814	2,515814	54351,65	69761004
-40	11	308	2,515814	2,515814	52992,86	71549747
-41	11	308	2,515814	2,515814	51700,35	73338491
-42	12	336	2,744524	2,744524	50469,39	81956983
-43	12	336	2,744524	2,744524	49295,69	83908340
-44	12	336	2,744524	2,744524	48175,33	85859697
-45	13	364	2,973235	2,973235	47104,77	95128641
-46	14	392	3,201945	3,201945	46080,75	1,05E+08
-47	16	448	3,659366	3,659366	45100,31	1,22E+08
-48	18	504	4,116786	4,116786	44160,72	1,4E+08
-49	18	504	4,116786	4,116786	43259,48	1,43E+08
-50	18	504	4,116786	4,116786	42394,29	1,46E+08

-51	19	532	4,345497	4,345497	41563,03	1,58E+08
-52	19	532	4,345497	4,345497	40763,74	1,61E+08
-53	21	588	4,802917	4,802917	39994,61	1,81E+08
-54	22	616	5,031628	5,031628	39253,97	1,93E+08
-55	22	616	5,031628	5,031628	38540,26	1,97E+08
-56	22	616	5,031628	5,031628	37852,04	2E+08
-57	22	616	5,031628	5,031628	37187,97	2,04E+08
-58	23	644	5,260338	5,260338	36546,8	2,17E+08
-59	23	644	5,260338	5,260338	35927,36	2,21E+08
-60	24	672	5,489049	5,489049	35328,57	2,34E+08
-61	24	672	5,489049	5,489049	34749,42	2,38E+08
-62	31	868	7,090021	7,090021	34188,94	3,13E+08
-63	40	1120	9,148414	9,148414	33646,26	4,1E+08
-64	41	1148	9,377125	9,377125	33120,54	4,27E+08
-65	42	1176	9,605835	9,605835	32610,99	4,44E+08
-66	43	1204	9,834545	9,834545	32116,89	4,61E+08
-67	42	1176	9,605835	9,605835	31637,53	4,58E+08
-68	41	1148	9,377125	9,377125	31172,27	4,53E+08
-69	40	1120	9,148414	9,148414	30720,5	4,49E+08
-70	35	980	8,004862	8,004862	30281,64	3,98E+08
-71	30	840	6,861311	6,861311	29855,13	3,46E+08
-72	24	672	5,489049	5,489049	29440,48	2,81E+08
-73	25	700	5,717759	5,717759	29037,18	2,97E+08
-74	27	756	6,17518	6,17518	28644,79	3,25E+08
-75	29	812	6,6326	6,6326	28262,86	3,54E+08
-76	31	868	7,090021	7,090021	27890,98	3,83E+08

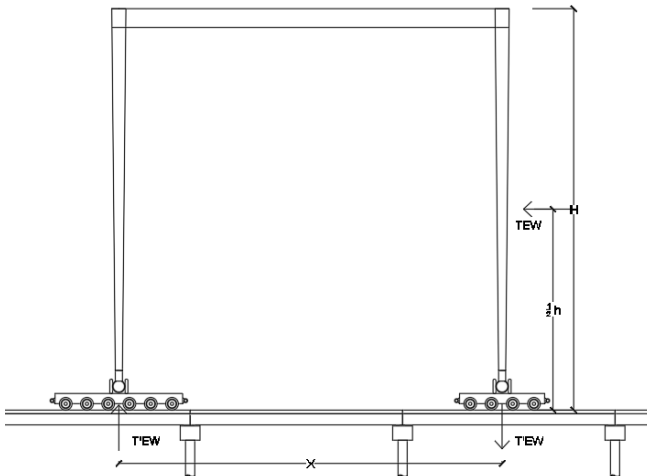
#### 4.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai SNI 1725-2016. adapun kombinasi pembebanan tersebut adalah sebagai berikut:

- 1,3 DL
- 1,3 DL + 1,8 RTG
- 1,3 DL + 1,8 RS Posisi 1
- 1,3 DL + 1,8 RS Posisi 2
- 1,3 DL + 1,8 RS Posisi 3

#### 4.7 Beban Angin

Beban angin ketika alat berat lewat baik itu RTG maupun RS juga harus diperhitungkan, dengan pembebanan maksimum akan dicari kecepatan angin yang dianggap aman untuk dilewatkan alat berat tersebut. Berikut perhitungannya.



Beban max yang dijadikan sebagai ( $T'ew$ ) = 505 kN



$$\begin{aligned}
 T'_{ew} &= \frac{0.5 h \times T_{ew}}{x} \\
 T_{ew} &= \frac{T'_{ew} \times X}{0.5 \times h} \\
 &= \frac{505 \times 8,24}{0.5 \times 23,94} \\
 &= \frac{4161,2}{11,97} \\
 &= 347,635 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan RSNI T-02-2005 pasal 7.6 perasamaan 11

$$T_{ew} = 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

$$(V_w)^2 = \frac{T_{ew}}{0,0006 \times C_w \times A_b}$$

$$(V_w)^2 = \frac{347,635}{0,0006 \times 1,2 \times 129,14}$$

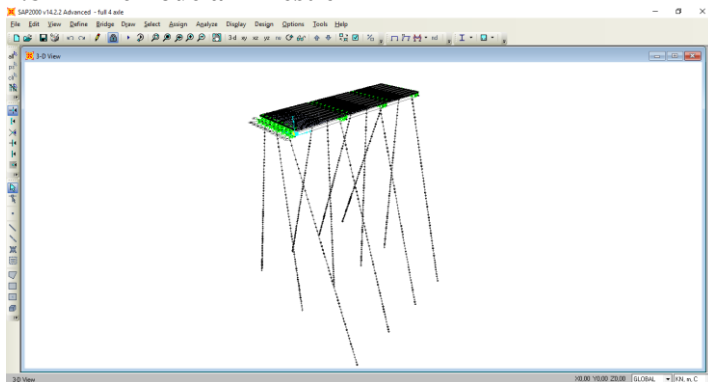
$$(V_w)^2 = \frac{347,635}{0,096855}$$

$$V_w = \sqrt{3589,23}$$

$$V_w = 59,91 \text{ m/s} \sim 60 \text{ m/s}$$

Berdasarkan hitungan tersebut, didapatkan hasil bahwa kecepatan angin yang aman untuk dilalui oleh alat berat ketika angin tidak lebih dari 60 m/s.

## 4.8 Pemodelan Trestle



*Gambar 4. 10 Pemodelan trestle pada SAP 2000*

## BAB V

### ANALISA STRUKTUR DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Perencanaan Pemindahan

Direncanakan pemindahan RTG sendiri menggunakan HDM bertipe 4 axle yang masing-masing diberi power pack untuk mengontrol setiap Gerakan dari setiap kaki RTG.

#### 5.2 Perhitungan Kapasitas

Balok tersebut telah diperkuat dengan CFRP sebelumnya, yaitu CFRP Sika CarboDur S1012 sebanyak 2 Strip. Berikut perhitungan kapasitas balok yang telah di perkuat:

##### ➤ Kapasitas Elemen Balok Yang Telah diperkuat

Balok yang telah diperkuat dengan CFRP Sika CarboDur S1012 sebanyak 2 Strip.

$$\text{Panjang balok (L)} = 14200 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar balok (b)} = 450 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi balok (h)} = 800 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut (ts)} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton (fc')} = 40 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastisitas beton (Ec)} &= 4700 \sqrt{fc'} \\ &= 4700 \cdot \sqrt{40} \\ &= 29725,41 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{Mutu Baja fyl} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{fyf} = 250 \text{ Mpa}$$

Modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) = 200000 MPa

Diameter tulangan lentur ( $D$ ) = 36 mm

Diameter tulangan geser ( $\phi$ ) = 19 mm

Faktor reduksi lentur ( $\phi$ ) = 0,8

Faktor distribusi tegangan ( $\beta_1$ ) = 0,76801983

Detail dari Sika CarboDur S1012

Tipe = Sika CarboDur S1012/160

Width ( $w_f$ ) = 100 mm

Thickness ( $t_f$ ) = 1,2 mm

Cross Section area ( $A_f$ ) = 120 mm<sup>2</sup>

Kuat Tarik FRP ( $f_{fu}$ ) = 3100 N/mm<sup>2</sup>

Regangan putus FRP ( $\psi_f$ ) = 0,01878788

Faktor reduksi FRP ( $\epsilon_{fu}$ ) = 0,85

Modulus Elastis ( $E_f$ ) = 165000 N/mm<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} d' &= t_s + \phi + D + 0,5 S \\ &= 75 + 19 + 36 + 0,5 \times 30 = 145 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 800 - 145 = 655 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan terpasang = 6 D 36

$$\begin{aligned} A_s \text{ terpasang} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 36^2 \end{aligned}$$

$$= 6109,71 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio tulangan } (\rho_s) &= \frac{A_s}{b d} \\ &= \frac{6109,71}{450 \times 655} \\ &= 0,02072846 \end{aligned}$$

Luas FRP dipasang = 1 Lapis 2 strips, lebar 100 mm, tebal 1,2 mm

$$\begin{aligned} A_{f \text{ terpasang}} &= t f (n \times w f) \\ &= 1,2 (2 \times 100) = 240 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_f = 0,00372$$

$$\begin{aligned} k &= \sqrt{\left( \left( \rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c} \right)^2 + 2 \left( \rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c} \left( \frac{d_f}{d} \right) \right) - \left( \rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c} \right) \right)} \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

<i>Exposure Conditions</i>	<i>Fiber Type</i>	<i>Environmental Reduction Factor CE</i>
<i>Interior exposure</i>	<i>Carbon</i>	0,95
	<i>Glass</i>	0,75
	<i>Aramid</i>	0,85
<i>Exterior exposure (bridges, piers, and unenclosed parking garages)</i>	<i>Carbon</i>	0,85
	<i>Glass</i>	0,65
	<i>Aramid</i>	0,75
<i>Aggressive environment (chemical plants and wastewater treatment plants)</i>	<i>Carbon</i>	0,85
	<i>Glass</i>	0,50
	<i>Aramid</i>	0,70

$$\text{CE} = 0,85$$

Berikut langkah-langkah perhitungan kapasitas Balok yang sudah diperkuat dengan Sika CarboDur 1012/160 1 lapis, 2 stip, lebar 100 mm, tebal 1,2 mm

1. Hitung kuat Tarik ultimate FRP,  $f_{fu}$  harus direduksi akibat pengaruh lingkungan

$$\begin{aligned} f_{fu} &= CE \times f_{fu}^* \\ &= 0,85 \times 3100 \\ &= 2635 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

2. Hitung regangan purus FRP,  $\epsilon_{fu}$  harus di reduksi akibat pengaruh lingkungan

$$\begin{aligned} \epsilon_{fu} &= CE \times \epsilon_{fu}^* \\ &= 0,85 \times 0,019 \\ &= 0,015969697 \end{aligned}$$

3. Perhitungan regangan beton saat pemasangan FRP, dimana beban yang bekerja adalah beton mati struktur dan beban mati tambahan pada struktur tersebut

$$MDL = 654174875 \text{ N/mm}^2$$

Momen Inersia Crack Balok

$$\begin{aligned} I_{cr} &= 0,4 \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\ &= 0,4 \times \frac{1}{12} \times 450 \times 800^3 \\ &= 7680000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{bi} &= \frac{MDL (df - kd)}{I_{cr} \times Ec} \\ &= \frac{654174875 (800 - 0,441 \times 655)}{7680000000 \times 29725,41} \\ &= 0,001463821 \end{aligned}$$

4. Tentukan regangan dimana debonding akan terjadi

$$\epsilon_{fd} \leq 0,9 \times \epsilon_{fu}$$

$$0,41 \sqrt{\frac{f_c'}{n \times E_f \times t_f}} \leq 0,9 \times 0,015969697$$

$$0,005827486 \leq 0,014372727 \quad (\text{OK})$$

5. Estimasi nilai C, tinggi garis netral

$$c = 210 \text{ mm}$$

6. Tentukan regangan efektif pada FRP

$$E\epsilon_f - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$$

$$0,03 \times \left(\frac{df-c}{c}\right) - \epsilon_{bi} \leq \epsilon_{fd}$$

$$0,082821893 \leq 0,005827486 \quad \text{(NOT OK)}$$

Karena FRP mengontrol kegagalan bagian, regangan beton pada kegagalan  $\epsilon_c$  mungkin kurang dari 0,003 dan dapat dihitung menggunakan segitiga yang serupa:

$$\epsilon_{fe} = 0,0058274486$$

$$\begin{aligned} \epsilon_c &= (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \times \left(\frac{c}{df-c}\right) \\ &= 0,002595211 \end{aligned}$$

7. Hitung regangan efektif pada baja tulangan

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \times \left(\frac{d-c}{df-c}\right) \\ &= 0,005499376 \end{aligned}$$

8. Hitung tegangan pada baja tulangan dan FRP

$$f_s \leq f_y$$

$$E_s \times \epsilon_s \leq 400$$

$$1099,8752 \leq 400$$

$$f_s = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{fe} &= E_f \times \epsilon_{fe} \\ &= 961,535 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

9. Hitung resultan gaya internal dan diperiksa keseimbangan

$$\begin{aligned} \epsilon_c' &= \frac{1,7 f_c'}{E_c} \\ &= 0,02287605 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{4 \epsilon_c' - \epsilon_c}{6 \epsilon_c' - 2 \epsilon_c} \\ &= 0,768019832 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{3 \epsilon_c' \epsilon_c - \epsilon_c^2}{3 \beta_1 \epsilon_c'^2} \\ &= 0,91854624 \end{aligned}$$

Keseimbangan gaya diverifikasi dengan memeriksa estimasi awal nilai c

$$C = \frac{A_s f_s + a_f f_{fe}}{\alpha_1 f_c' \beta_1 b}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6109,714 \times 400 + 240 \times 961,5352}{0,91854624 \times 40 \times 0,76801983 \times 450} \\
 &= 210,6307 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

10. Coba dan rubah estimasi nilai  $c$  (langkah 5) hingga nilainya mendekati keseimbangan nilai  $c$  sesuai (langkah 9)

11. Hitung kekuatan lentur komponen

*Steel contribution to bending:*

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= A_s \times f_s \times \left( d - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right) \\
 &= 902668538,4 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

*FRP contribution to bending:*

$$\begin{aligned}
 M_{nf} &= A_f \times f_{fe} \times \left( d_f - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right) \\
 &= 166005115,5 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

12. Hitung kekuatan lentur desain

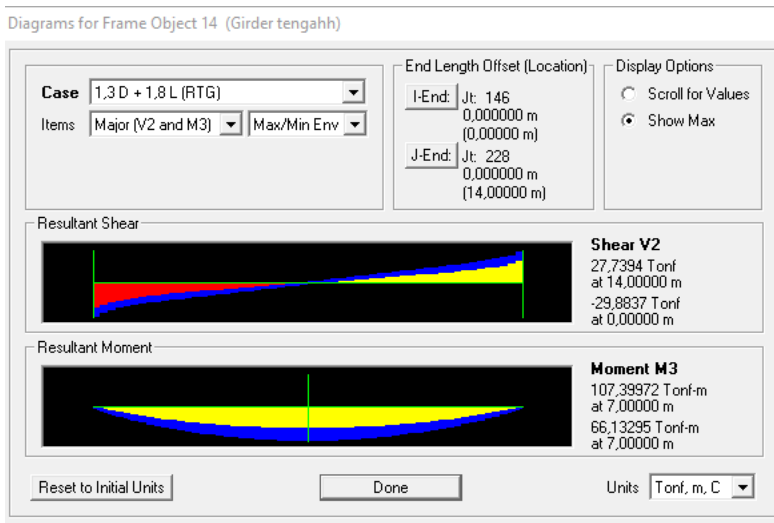
$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= \phi (M_{ns} + \psi_f M_{nf}) \\
 &= 0,8 (902668538,4 + 0,85 \times 166005115,5) \\
 &= 835.018.309,3 \text{ N.mm} \\
 &= 835.018,309 \text{ N.m} \\
 &= 85,1482 \text{ T.m}
 \end{aligned}$$

Jadi balok yang telah mengalami perkuatan dengan Sika CarboDur S1012 memiliki kapasitas menahan momen ultimate yang terjadi sebesar 85,1482 T.m



### ➤ Kapasitas Momen yang terjadi

Hasil Analisa dari SAP 2000 momen ultimate terbesar yang terjadi pada Balok T tengah akibat kombinasi 1,3 DL+ 1,8 RTG seperti terlihat pada gambar 5.1 sebesar 107,6862 Ton.m



Gambar 5. 1 Diagram output Gaya dalam Balok yang terbesar dengan kombinasi 1

Berdasarkan perhitungan kapasitas balok yang telah diperkuat dibandingkan dengan hasil Analisa SAP 2000 didapatkan hasil momen ultimate sebesar 107,6862T.m **melebihi kapasitas lentur** dari pada balok yang telah diperkuat dengan hasil kapasitas yang hanya 85,15 T.m sehingga diperlukan perkuatan agar trestle mampu dilewati oleh Beban RTG sebesar 134 T.

### 5.3 Alternatif dari Perkuatan

Perkuatan yang ditawarkan yang paling memungkinkan untuk dilakukan adalah perkuatan CFRP. Namun, pada Tugas akhir ini menawarkan alternatif lainnya dengan beberapa pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1. Penempatan perkuatan CFRP selanjutnya yang cukup sulit untuk di jangkau
2. Efisiensi waktu
3. Efisiensi biaya
4. Dirasa tidak terlalu diperlukan untuk dilakukan perkuatan hanya untuk pemindahan satu kali alat RTG.

Maka, dengan pertimbangan berikut ditawarkan solusi lainnya, yakni dengan mengubah kombinasi dari HDM yang membawa Alat RTG. Perubahan kombinasi sebagai berikut:

	Jumlah	jenis	power pack
Kombinasi 1	4	4 axle	4
Kombinasi 2	1	6 axle	1
	3	4 axle	

Perhitungan pembebanan dengan kombinasi 2:

Berat total RTG = 134 T

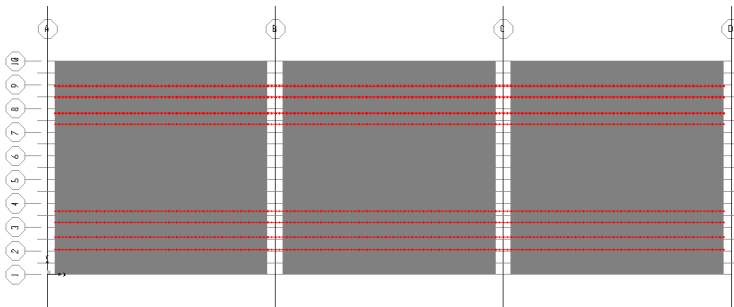
Beban/kaki RTG =  $134/4 = 33,5$  T

Direncanakan RTG dibawa HDM 1 buah bertipe 6 axle dengan 1 power pack + 3 buah HMD beripe 4 axle tanpa power pack, berikut perhitungannya:

HDM beripe 6 axle

$$\begin{aligned}
 \text{Beban HDM 6 axle} &= 20,75 \text{ T} \\
 \text{Berat power pack} &= 6,8 \text{ T} \\
 \text{Total berat/kaki} &= 20,75 + 6,8 = 27,55 \text{ T} \\
 \text{Berat/roda/HDM} &= \frac{\text{beban/kaki RTG} + \text{total berat/HDM}}{\text{banyaknya roda}} \\
 &= \frac{33,5 + 27,55}{24} = 2,5 \text{ T/roda HDM} \\
 \\
 \text{HDM beripe 4 axle} & \\
 \text{Beban HDM 4 axle} &= 13,86 \text{ T} \\
 \text{Total berat/kaki} &= 13,86 \\
 \text{Berat/roda/HDM} &= \frac{\text{beban/kaki RTG} + \text{total berat/HDM}}{\text{banyaknya roda}} \\
 &= \frac{33,5 + 13,86}{16} = 2,95 \text{ T/roda HDM}
 \end{aligned}$$

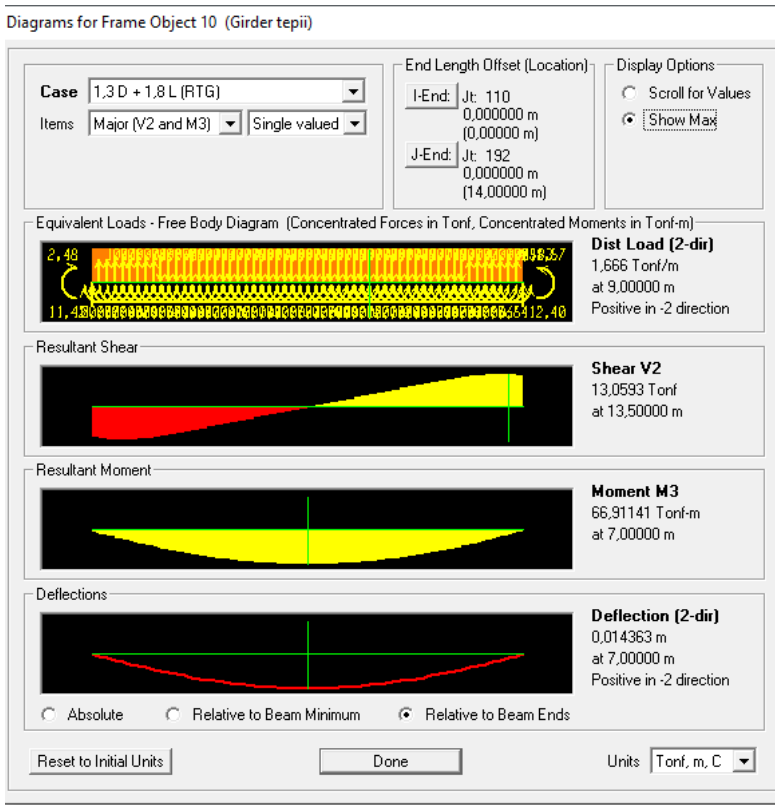
Lane lintasan gerak akibat beban RTG+ HDM



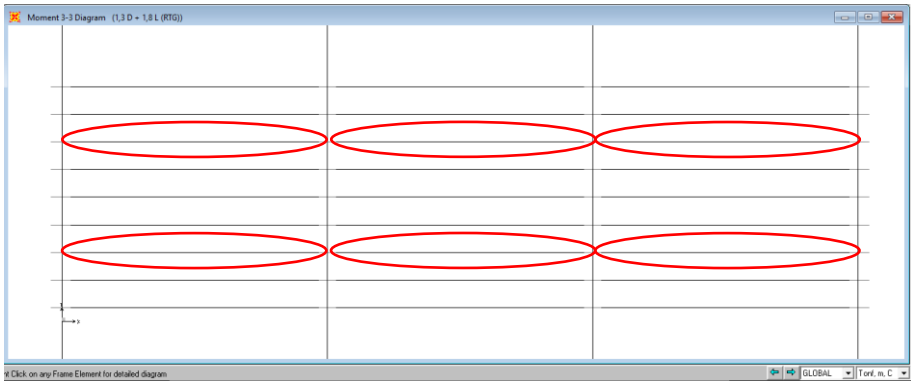
Gambar 5. 2 Gambar lintasan pemindahan alat RTG

## 5.4 Perbandingan Kapasitas

Berikut momen ultimate yang terjadi dengan menggunakan alternatif kombinasi kedua. Hasil Analisa dari SAP 2000 momen ultimate terbesar yang terjadi pada Balok T tengah akibat kombinasi 1,3 DL+ 1,8 RTG dengan kombinasi 2 seperti terlihat pada gambar 5.2 sebesar 66,91 Ton.m

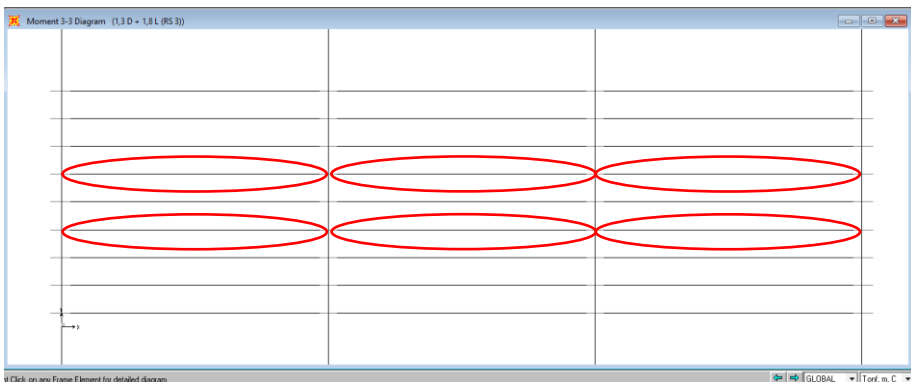


Gambar 5. 3 Diagram output Gaya dalam Balok yang terbesar dengan kombinasi 2



Gambar 5. 4 Posisi Momen Maksimum akibat beban RTG tampak atas

Berdasarkan perhitungan kapasitas balok yang telah diperkuat dibandingkan dengan hasil Analisa SAP 2000 didapatkan hasil momen ultimate sebesar 66,91 T.m **masih memenuhi kapasitas lentur** dari pada balok yang telah diperkuat dengan hasil kapasitas yang 85,15 T.m Sehingga tanpa tidak perlu dilakukan perkuatan pada struktur namun dilakukan perubahan dengan kombinasi HDM dan power packnya sehingga pemindahan Alat RTG tetap bisa terlaksana.



Gambar 5. 5 Posisi Momen Maksimum akibat beban RS tampak atas

### 5.5 Kapasitas Caping Beam

Lebar (bw)		= 1000 mm
Tinggi (h)		= 1400 mm
Tebal Selimut (ts)		= 75 mm
Diameter tul. lentur		= D 32
Diameter tul. geser		= D 12
d		= 896 mm
ø lentur		= 0,80
ø geser		= 0,75
Mutu beton	fc'	= 40 MPa
	Ec	= 29725,41 MPa
	B1	= 0,76
Mutu Baja	fyl	= 400 Mpa
	fyv	= 250 MPa
	Es	= 200000 MPa
	As	= 804,571429 mm <sup>2</sup>

### Kapasitas Lentur Elemen Caping Beam

$$\text{Tul. lentur terpasang Atas} = 8 \text{ D } 32$$

$$\text{Tul. lentur terpasang Bawah} = 6 \text{ D } 32$$

$$\text{As Pasang} = 6436,57143 \text{ mm}^2$$

$$= 4827,42857 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \times F_y$$

$$= 6437 \times 250$$

$$= 1609142,86 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0,85 f_c' b w}$$

$$= \frac{1609142,86}{0,85 \times 40 \times 1400}$$

$$= 33,81 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 f_c' b a$$

$$= 0,85 \times 40 \times 1400 \times 33,81$$

$$= 1609142,86 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \left( \frac{d-a}{2} \right)$$

$$= 1609142,86 \times \frac{896-33,81}{2}$$

$$= 1414593043 \text{ N mm}$$

$$\phi M_n = \phi \times M_n$$

$$= 0,8 \times 1414593043$$

$$= 1131674434 \text{ Nmm}$$

$$= 1131,67443 \text{ kN mm}$$

$$= 113,167443 \text{ T m}$$

### **Kapasitas Geser Elemen Caping Beam**

$$\text{Tul. geser terpasang} = 3 \text{ kaki D } 13 - 225 \text{ mm}$$

$$A_v \text{ terpasang} = 265,571429 \text{ mm}^2$$

$$V_u = \phi \times V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'c'}bw d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 1400 \times 896$$

$$= 6048772,77 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$= \frac{266 \times 250 \times 896}{225}$$

$$= 264391,111 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 6048772,77 + 264391,111$$

$$= 6313163,88 \text{ N}$$

$$\phi V_n = \phi \times V_n$$

$$= 0,75 \times 6313163,88$$

$$= 4734872,91 \text{ N}$$



$$= 473,487291 \text{ T}$$

### 5.6 Kapasitas Elemen Pelat

$$f_c' = 34 \text{ MPa}$$

$$f_y = 250 \text{ MPa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h_f = 250 \text{ mm}$$

$$t_s = 75 \text{ mm}$$

$$\Phi = 0,8$$

#### Perhitungan Kapasitas Elemen Pelat

$$\text{Tul. geser terpasang} = D16 - 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= h_f - t_s - 0.5xD \\ &= 400 - 75 - 0.5 \times 16 \\ &= 317 \text{ mm} \end{aligned}$$

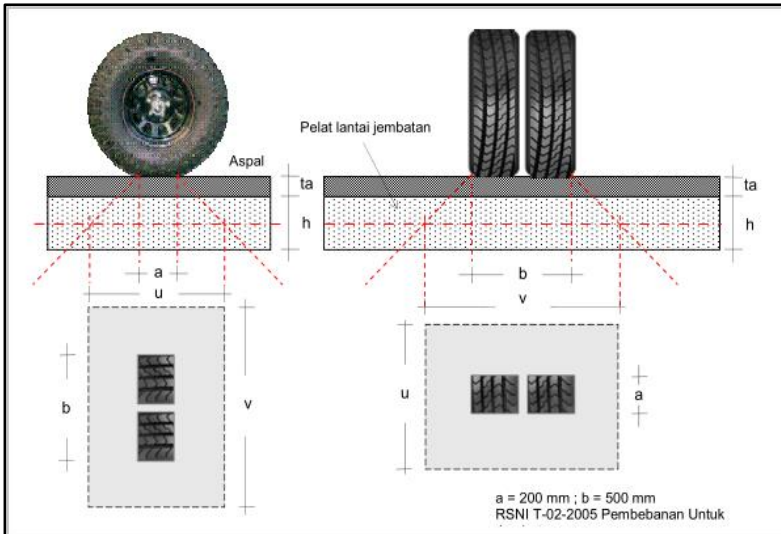
$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ &= 1005,714 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 f_c' b w} \\ &= \frac{1005,714 \times 250}{0.85 \times 34 \times 1000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8,6999 \text{ mm} \\
 \text{Mn} &= \text{As. Fy. d} - \frac{a}{2} \\
 &= 1005,714 \times 250 \times 317 - \frac{8,699951}{2} \\
 &= 79702852,79 \text{ N.mm} \\
 \phi \text{Mn} &= \phi \text{ Mn} \\
 &= 0,8 \times 79702852,79 \\
 &= 63762282,23 \text{ N.mm} \\
 &= 63,76228223 \text{ kN.mm}
 \end{aligned}$$

### 5.7 Perhitungan Geser Pons

$$\begin{aligned}
 \text{P (Beban max yg terjadi)} &= 19 \text{ T} \\
 \text{Bentang pelat (L)} &= 15000 \text{ mm} \\
 \text{Lebar pelat (b)} &= 11400 \text{ mm} \\
 \text{Tebal pelat (h)} &= 250 \text{ mm} \\
 \text{Tebal Aspal (ta)} &= 70 \text{ mm} \\
 \text{Tinggi efektif pelat} &= 167 \text{ mm} \\
 \text{Mutu beton } f_c' &= 34 \text{ MPa} \\
 \text{Modulus elastisitas beton (Ec)} &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{34} \\
 &= 27405,47 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$



Bidang penuh geser pons

$$a = 400 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} u &= a + (2 \times ta) + h \\ &= 400 + (2 \times 70) + 250 \\ &= 790 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= b + (2 \times ta) + h \\ &= 1000 + (2 \times 70) + 250 \\ &= 1390 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bo &= 2xu + 2xv \\ &= 2 \times 790 + 2 \times 1390 \end{aligned}$$

80

$$= 4360 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = b_o \times d$$

$$= 4360 \times 167$$

$$= 728120 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = ((0.17 \times f_c')^2 \times A_{\text{pons}}) / 1000$$

$$= ((0.17 \times 34)^2 \times 728120) / 1000$$

$$= 721,8 \text{ kN}$$

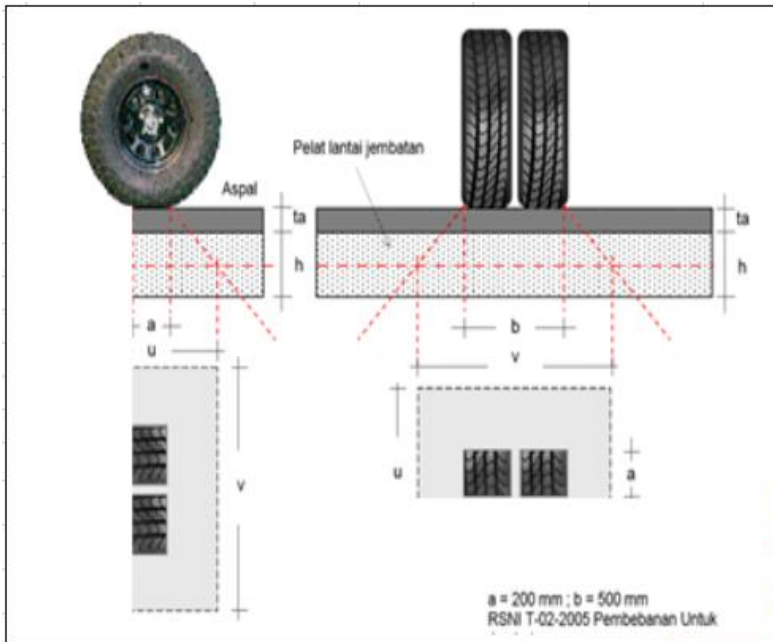
$$V_n \text{ max yang terjadi} = P \times \text{FDB}$$

$$= 190 \text{ kN} \times 30\%$$

$$= 247 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat: } V_n \text{ max yg terjadi} \leq \phi V_n$$

$$247 \text{ kN} \leq 721,8 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$



Setengah bidang geser pons

$$a = 200 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} u &= a + (2 \times ta) + h \\ &= 200 + (2 \times 70) + 250 \\ &= 590 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= b + (2 \times ta) + h \\ &= 1000 + (2 \times 70) + 250 \\ &= 1390 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$bo = 2xu + 2xv$$

$$= 2 \times 590 + 2 \times 1390$$

$$= 3960 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pons}} = b_o \times d$$

$$= 3960 \times 167$$

$$= 661320 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = ((0.17 \times f_c')^2 \times A_{\text{pons}}) / 1000$$

$$= ((0.17 \times 34)^2 \times 661320) / 1000$$

$$= 655,5 \text{ kN}$$

$$V_n \text{ max yang terjadi} = P \times \text{FDB}$$

$$= 190 \text{ kN} \times 30\%$$

$$= 247 \text{ kN}$$

Syarat:  $V_n \text{ max yg terjadi} \leq \phi V_n$

$$247 \text{ kN} \leq 655,5 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{OK}$$

>> P max yang dapat di bebaskan dan memenuhi pada kedua bidang yaitu beban roda sebesar 505 kN atau 50,5 T , karena ketika P sebesar 505 kN maka Vn nya 655,20 kN  $\leq$  655,54 kN. Jadi masih aman hingga beban 50 T.

## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kombinasi 1 ( semua 4 axle dan masing-masing power pack) dibandingkan kapasitas elemen balok didapatkan hasil.  $105,068 \text{ T.m} > 85,15 \text{ T.m}$  , momen ultimate yang terjadi melebihi kapasitas balok yang telah diperkuat.
2. Diperlukannya alternatif untuk mensiasati pemindahan RTG ini dengan pertimbangan sebagai berikut:
  - a) Penempatan perkuatan CFRP selanjutnya yang cukup sulit untuk di jangkau
  - b) Efisiensi waktu
  - c) Efisiensi biaya
  - d) Dirasa tidak terlalu diperlukan untuk dilakukan perkuatan hanya untuk pemindahan satu kali alat RTG.
3. Kombinasi 2 ( 1 HDM bertipe 6 axle dan 3 HDM bertipe 4 axle + 1 power pack). Momen yang terjadi yaitu  $66,91 \text{ T.m}$  lebih kecil dari pada kapasitas balok yang telah diperkuat sebesar  $85,15 \text{ T.m}$ . Jembatan masih mampu untuk dilakukan pemindahan alat berat RTG tanpa perlu dilakukannya perkuatan struktur.

## 6.2 Saran

Penulisan Tugas Akhir ini masih belum dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan-kekurangan di dalamnya. Saran dari penulis untuk menyempurnakan Tugas Akhir berikutnya diantaranya:

1. Perlu dilakukannya perhitungan yang teliti untuk menghindari kesalahan dapan pelaksanaan pemindahan alat berat RTG ini.
2. Perlu diperhatikannya K3 pada saat proses pemindahan alat berat RTG ini untuk menghindari kecelakaan kerja.
3. Dalam pengerjaan tugas akhir terapan, hendaknya untuk menyusun sistematika penyusunan tugas akhir terapan secara urut dan menyeluruh agar dalam pengerjaannya tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.
4. Perlunya untuk mengumpulkan data perencanaan, mulai dari gambar asitek dan struktur dari pihak pemilik data dan juga data tanah sebagai data primer dalam perencanaan perhitungan.



## DAFTAR PUSTAKA

Anon., 2010. *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum

SNI 1725, 2016. *Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

SNI 2833, 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

ACI 440.2R, 2017. *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*, Farmington Hills: American Concrete Institute Committe 440.

Panduan Pemeriksaan Jembatan, 1993. *Prosedur Pemeriksaan Jembatan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia

*“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Alfiana Alif Maulani dilahirkan di Pamekasan, 20 Oktober 1997, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SD Plus Nurul Hikmah (2004-2010), SMP Negeri 2 Pamekasan (2010-2013) dan SMA Negeri 1 Pamekasan lulus pada tahun 2016. Selanjutnya menempuh bangku perkuliahan di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS Surabaya terdaftar dengan NRP. 1011160000010.

Selama berada di Departemen Teknik Infrstruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis aktif di kegiatan kemahasiswaan di Himpunan Mahasiswa Diploma Ssipil pernah sebagai Staff Dalam Negeri pada periode 2017-2018 dan pernah menjadi Staff Dalam Negeri dalam BEM ITS periode 2018-2019. Penulis dapat dihubungi melalui id line: aamaulani atau email [alfnalfmln@gmail.com](mailto:alfnalfmln@gmail.com)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini, saya Alfiana Alif Maulani mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan, walaupun tugas akhir ini masih banyak kekurangan .
2. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan do'a dan dukungan sepanjang perjalanan selama menempuh Pendidikan Diploma, sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir terapan dengan sebaik-baiknya.
3. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo,MS. Selau dosen pembimbing pertama dalam penyusunan tugas akhir ini yang selalu membimbing saya dengan sabar sekali dan memberi wejangan-wejangan tentang kehidupan, semoga sehat selalu pak.
4. Bapak Ir. Chomaedhi, CES.Geo selaku dosen pembimbing kedua dalam penyusunan tugas akhir ini yang selalu sabar dan selalu mampu mencairkan suasana, semoga sehat selalu pak.
5. Bapak dan Ibu karyawan ITS yang telah membantu serta membimbing dalam proses administrasi selama perkuliahan
6. Mas difa, mas fadhlan dan mas huda yang selalu sabar dan selalu saya reportkan untuk menjawab kebingungan saya.
7. Bakjes, Radit, fiti, nanta, dibak, affan, nanta, nilam, kaji, uyab, dan teman-teman DS 37 lainnya yang menemani dan mewarnai hari-hari saya selama masa perkuliahan
8. Adit, elak, rofi, Edwin , dagri bem its yang menemani dan mewarnai akhir semester saya. Sedikit banyak memberikan banyak memberikan warna berbeda tentang kampus.

## **LAMPIRAN**