

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC144542

MODIFIKASI JEMBATAN KEDUNGREJO BENTANG 108 METER DARI SISTEM I GIRDER MENJADI JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA DAN METODE PELAKSANAAN

Disusun Oleh :

EKO ARISANDY YUSUF AL HAQUE

NRP. 10 111 715 000006

Dosen Pembimbing :

Ir. Chomaedhi, CES. Geo

NIP. 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing :

Afif Navir Refani, ST. MT

NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC144542

MODIFIKASI JEMBATAN KEDUGREJO BENTANG 108 METER DARI SISTEM I GIRDER MENJADI JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA DAN METODE PELAKSANAAN

Disusun Oleh :

EKO ARISANDY YUSUF AL HAQUE

NRP. 10 111 715 000006

Dosen Pembimbing 1 :

Ir. Chomaedhi, CES. Geo

NIP. 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing 2 :

Afif Navir Refani, ST. MT

NIP. 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV LANJUT JENJANG

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



FINAL PROJECT - RC144542

**MODIFICATION of KEDUNGREJO BRIDGE SPANS 108 METERS FROM
SYSTEM I GIRDER BRIDGE TO ARC-STEEL FRAME AND METHODS OF
IMPLEMENTATION**

Created by :

EKO ARISANDY YUSUF AL HAQUE

NRP. 10 111 715 000006

Conselor Lecturer 1 :

Ir. Chomaedhi, CES. Geo

NIP. 19550319 198403 1 001

Conselor Lecturer 2 :

Afif Navir Refani, ST. MT

NIP. 19840919 201504 1 001

CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT

VOCATIONAL FACULTY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR TERAPAN**

**MODIFIKASI JEMBATAN KEDUNGREJO BENTANG 108
METER DARI SISTEM I GIRDER MENJADI JEMBATAN
BUSUR RANGKA BAJA DAN METODE PALAKSANAAN**

Surabaya, 30 Juli 2018

Disusun oleh :

Mahasiswa



EKO ARISANDY Y. A

NRP. 10 111 715 00006

01 AUG 2018

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Mengetahui,

Dosen Pembimbing II

Ir. Chomaedhi, CES. Geo

NIP. 19550319 198403 1 001



Afif Navir Refani, ST. MT

NIP. 19840919 201504 1 001



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG
 TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
041523/IT2.VI.B.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 4/7/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Jembatan Kedungrejo Bentang 108 Meter Dari Sistem I Girder Menjadi Jembatan Busur Rangka Baja Dan Metode Pelaksanaan		
Nama Mahasiswa	Eko Arisandy Yusuf A.	NRP	10111715000006
Dosen Pembimbing 1	Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir Refani, ST. MT NIP 19840919 201504 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"> ○ Cek kapasitas Horizontal Tiang Pancang. Perentiran tiang dari DD Horizontal - Cek gambar posisi Perempatan Soil test - Cek abutment thal scouring ○ Cek gambar abutment thal lebar jembatan - Cek detail injekt 4. menghilangkan efek surcharge ke tanah di belakang abutment. - Jabarkan dasar dan pros. Inputan dalam argin - Jabarkan pros. analisis kompasit dan sebelum kompasit - Cek rekapitulasi Stress Pater masing 2 profil - Cek gambar 3 dan kelengkapan lainnya - Cek gambar dan hitungan argtur perletakan 	 M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - Cek lendutan dan modifikasinya. Termasuk ketegangan - Cek analisis metode pelaksanaan 	 Ir. Sukobar, MT NIP 19571201 198601 1 002
<ul style="list-style-type: none"> - - - 	 Ir. Sulchan Arifin, Meng NIP 19571119 198503 1 001
<ul style="list-style-type: none"> - - - 	- NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			-
M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001	Ir. Sukobar, MT NIP 19571201 198601 1 002	Ir. Sulchan Arifin, Meng NIP 19571119 198503 1 001	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Ir. Chomaedhi, Ces Geo
NIP 19550319 198403 1 001

Afif Navir Refani, ST. MT
NIP 19840919 201504 1 001



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. ~~100~~ ARISANDY Y.A 2
NRP : 10111715000006 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi jembatan Kedunggejo bentang 108 m dari sistem I girder menjadi rangka bujur.

Dosen Pembimbing : 1. Ir. Chomagdhji, C.E., EEO 2. Afiz Navir Rejani, ST, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan								
	11-05-2018	Kontrol kuduata dari sap gambar ritem sebarang rangka strand dipasang dua arah. bench pada melintang. Sap di end release. Kontrol profil. tebal pelat direvisikan kembali.		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
	9-06-2018	Cek jarak pengaku lateral pada box cek panti L/H. SAP dimodifikasi sesuai gambar + elevasi.		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
	9-06-2018	benahi ukuran untuk panti MAS. benahi gambar.		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
				<table border="1"> <tr> <td></td> <td>B</td> <td>C</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		B	C	K		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	B	C	K									
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**MODIFIKASI JEMBATAN KEDUNGREJO BENTANG
108 METER DARI SISTEM I GIRDER MENJADI
JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA DAN METODE
PELAKSANAAN**

Nama Mahasiswa : EKO ARISANDY YUSUF A.
NRP : 10111715000006
Departemen : Diploma IV Civil Engineering
Dosen Pembimbing : 1. Ir. CHOMAEDHI, CES. Geo
2. AFIF NAVIR REFANI, ST.MT
NIP : 1. 19550319 198403 1 001
2. 19840919 201504 1 001

ABSTRAK

Indonesia merupakan sebuah Negara berkembang yang sedang melakukan pembangunan infrastruktur secara besar-besaran. Salah satu pembangunan infrastruktur yang saat ini banyak ditemui adalah pembangunan jalan tol, dan dalam pembangunan jalan tol diperlukan pembangunan sebuah jembatan apabila daerah yang dilalui berupa sungai, lembah atau daerah dengan keadaan tanah yang sangat buruk. Contohnya adalah jembatan Kedungrejo, jembatan ini merupakan jembatan yang menghubungkan jalan tol dari satu sisi ke sisi yang lain akibat adanya sungai. Jembatan ini merupakan salah satu jembatan yang ada di proyek tol ngawi-kertosono.

Jembatan Kedungrejo direncanakan dengan bentang 108m dengan dimensi melintang lantai kendaraan adalah 25 m untuk 4 lajur 2 arah. Perhitungan pembebanan yang digunakan dalam merencanakan jembatan bening ini mengacu pada peraturan BMS 1992 dan RSNI T-02-2005 dan perhitungan kekuatan struktur mengacu pada RSNI T-03-2005 dan SNI 1729-2015. Tahapan

perencanaan jembatan dimulai dari perhitungan pelat lantai kendaraan dan trotoar, kemudian dilakukan perhitungan gelagar memanjang dan melintang. Setelah itu perhitungan struktur utama dan sekunder dihitung menggunakan bantuan program SAP 2000.

Setelah didapat hasil gaya dalam maka dapat dilakukan perhitungan untuk struktur atas dan struktur bawah jembatan. Dari hasil perhitungan modifikasi desain struktur Jembatan Kedungrejo didapat profil utama busur menggunakan profil box 1000.1000.50.50; 1200.1200.65.65; 1200.1200.170.170; 800.600.65.65; 600.600.20.20; 600.600.18.18; 1400.1400.70.70; 1400.1400.150.150. Profil WF 400.200.12.16; 300.300.12.12. Dibahas juga mengenai metode pelaksanaan Jembatan Kedungrejo dengan system struktur rangka batang metode *balanced cantilever*

Kata Kunci : Jembatan Kedungrejo, Sistem Rangka Busur.

***MODIFICATION of KEDUNGREJO BRIDGE SPANS
108 METERS FROM SYSTEM I GIRDER BRIDGE TO
ARC STEEL-FRAME AND METHODS OF
IMPLEMENTATION***

Colleger Name : EKO ARISANDY YUSUF A.
NRP : 10111715000006
Departement : Diploma IV Civil Engineering
Conselor Lecturer : 1. Ir. CHOMAEDHI, CES. Geo
2. AFIF NAVIR REFANI, ST.MT
NIP : 1. 19550319 198403 1 001
2. 19840919 201504 1 001

ABSTRACT

Indonesia is a developing country which was doing a massive infrastructure development. One of infrastructure development which is currently ubiquitous is the construction of the highway, and in the construction of the highway is required the construction of a bridge in the area undertaken in the form of a river, a valley or region with the State land very bad. An example is the Kedungrejo bridge, this bridge is a bridge that connects the highway from one side to the other due to the river. This bridge is one of the bridges that are on the paths-kertosono toll road project. Kedungrejo bridge is planned with majestic 108 m span with the transverse dimensions of the floor of the vehicle is 25 m to four lanes 2 direction. Calculation of load used in planning for this bridge a clear reference to the regulation of the BMS 1992 and RSNI T-02-2005 and calculation of the force structure refers to the RSNI T-03-2005 and SNI 1729-2015. The bridge starts from the planning stages in the calculation of the floor plate of the vehicle and the pavement, and then done the calculation gelagar lengthwise and transverse. After that the calculation of the main and secondary structures calculated using SAP 2000 program assistance. After the results obtained in the style then it can do calculations for structures up and down

the bridge structure. From the results of the calculation of Bridge structure design modifications Kedungrejo obtained the main arc of the profile using the profile box 1000.1000.50.50; 1200.1200.65.65; 1200.1200.170.170; 800.600.65.65; 600.600.20.20; 600.600.18.18; 1400.1400.70.70; 1400.1400.150.150.Profile 400.200.12.16 WF; 300.300.12.12. also Discussed about the method of implementation of the Kedungrejo Bridge with system structure frame rods balanced cantilever method.

Keywords: Kedungrejo Bridge, Bow frame system.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan YME yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir dengan judul "Modifikasi Jembatan Kedungrejo Bentang 108m Dari Sistem I Girder Menjadi Jembatan Busur Rangka Baja Dan Metode Pelaksanaan" ini berisikan tentang dasar-dasar teori dan metodologi dalam penyusunan tugas akhir.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir, yaitu :

1. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Diploma Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.
2. Bapak Ir. Chomaedhi, CES. Geo selaku dosen pembimbing I dan bapak Afif Navir Refani, ST.MT selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, saran, kritik dan bimbingan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
3. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan moril dan material serta selalu mendoakan sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Dan semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis maupun pembaca pada umumnya. Tugas Akhir ini tentunya jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik maupun saran yang membangun dari semua pihak. Terima kasih.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I <u>P</u> ENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Data Jembatan	6
1.6.1 Data Awal.....	6
1.7 Gambar Jembatan.....	7
BAB II <u>T</u> INJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Umum.....	9
2.2 Elemen Struktur Dalam Jembatan Busur	9
2.2.1 Bangunan Atas	9
2.2.2 Bangunan Bawah.....	12

2.3	Data Bahan	12
2.3.1	Beton.....	12
2.3.2	Baja.....	13
2.4	Analisa Pembebanan Struktur Jembatan	15
2.4.1	Beban Mati	15
2.4.2	Beban Hidup.....	15
2.4.3	Beban Lateral.....	20
2.5	Data Tanah.....	27
2.6	Perencanaan Bangunan Atas	28
2.6.1	Perencanaan Parapet Jembatan	28
2.6.2	Perencanaan Pelat Lantai.....	28
2.6.3	Perencanaan Rangka Utama	32
2.6.4	Perencanaan Balok Memanjang dan Melintang ..	33
2.6.5	Perencanaan Sambungan	36
2.6.6	Perencanaan Perletakan	39
2.7	Perencanaan Bangunan Bawah.....	40
2.7.1	Perencanaan Kepala Jembatan.....	40
2.7.2	Perencanaan Pondasi	44
2.7.3	Pondasi Tiang Pancang Tunggal	45
2.7.4	Pondasi Tiang Pancang Kelompok.....	48
2.7.5	Pondasi Tiang Pancang Miring.....	50
BAB III METODOLOGI		53
3.1	Pengumpulan Data.....	53

3.2	Studi Literatur.....	53
3.3	Preliminary Desain	53
3.4	Analisa Pembebanan	54
3.5	Kombinasi Beban	55
3.6	Analisa Struktur.....	56
3.7	Kontrol Kestabilan Struktur	58
3.8	Perencanaan Bangunan Bawah	59
3.9	Penggambaran Hasil Rencana	59
3.10	Flow Chart.....	61
BAB IV PERENCANAAN PARAPET DAN LANTAI		
KENDARAAN.....		
4.1	Perencanaan Parapet Jembatan.....	65
4.1.1	Analisa Pembebanan Parapet	66
4.1.2	Perhitungan Gaya Dalam.....	67
4.1.3	Perhitungan Tulangan Parapet.....	68
4.2	Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	71
4.2.1	Pembebanan.....	71
4.2.2	Perhitungan Momen	74
4.2.3	Kombinasi Beban	76
4.2.4	Penulangan Pelat Lantai	77
4.2.5	Kekuatan Pelat Lantai Terhadap Geser	82
BAB V PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN.....		
5.1	Perencanaan Gelagar Memanjang	85

5.1.1	Pembebanan.....	86
5.1.2	Perhitungan Momen	88
5.1.3	Kontrol Kekuatan Lentur.....	89
5.1.4	Kontrol Lendutan.....	90
5.1.5	Kontrol Geser	91
5.1.6	Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit) ...	93
5.1.7	Perhitungan Shear Connector	97
5.2	Perencanaan Gelagar Melintang	99
5.2.1	Pembebanan.....	99
5.2.2	Perhitungan Momen	101
5.2.3	Kontrol Kekuatan Lentur.....	104
5.2.4	Kontrol Lendutan.....	106
5.2.5	Kontrol Geser	106
5.2.6	Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit) .	109
5.2.7	Perhitungan Shear Connector	112
BAB VI KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA		115
6.1	Umum.....	115
6.2	Pembebanan.....	115
6.3	Kombinasi Pembebanan	126
6.4	Permodelan Struktur	127
6.5	Batang Penggantung	127
6.5.1	Perhitungan kabel penggantung.....	129
6.6	Batang Penggantung	131

6.6.1	Rangka Pada Jembatan Busur	132
6.6.2	Kontrol Lendutan Pada Jembatan Busur	152
6.6.3	Kontrol Stress Ratio	153
6.7	Ikatan Angin	155
6.8	Sambungan Ikatan Angin	162
6.9	Sambungan Antar Profil	175
6.9.1	Sambungan Balok Memanjang Dengan Melintang 175	
6.9.2	Sambungan Balok Melintang Dengan Box	178
6.9.3	Sambungan Las Pada Portal Akhir	179
6.9.4	Sambungan Pada Batang Penggantung	183
6.9.5	Sambungan Pada Busur	185
6.10	Perencanaan Perletakan	198
BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH		205
7.1	Perencanaan Abutment	205
7.1.1	Perencanaan Abutment	205
7.1.2	Analisis Pembebanan pada Pondasi Abutment	207
7.2	Perhitungan Gaya Aksial Tiang Bor	218
7.2.1	Perhitungan Daya Dukung Tanah	228
7.2.2	Perhitungan Efisiensi Tiang Bor	231
7.2.3	Kontrol Kekuatan Tiang Bor	232
7.2.3.1	Kontrol Terhadap Gaya Aksial Vertikal	232
7.3	Kontrol Stabilitas Guling	233

7.4	Kontrol Stabilitas Geser.....	235
7.5	Perhitungan Tiang Bor (<i>Bored pile</i>)	238
7.5.1.1	Analisis gaya dan momen bored pile.....	238
7.5.1.2	Perhitungan penulangan bored pile	250
7.6	Perhitungan Tulangan Pile Cap	253
7.7	Perhitungan Tulangan Wingwall	257
7.8	Perhitungan Tulangan Plat Injak	260
7.8.1	Analisa Plat Injak.....	260
7.8.2	Perhitungan Penulangan Plat Injak.....	262
7.9	Panjang Penyaluran	265
BAB VIII METODE PELAKSANAAN		271
8.1	Metode Pelaksanaan Jembatan Busur Baja	271
8.2	Perhitungan Kabel Penahan Pelaksanaan	283
8.2.1	Kontrol Penampang Kabel.....	287
BAB IX PENUTUP.....		289
9.1	Kesimpulan.....	289
9.2	Saran.....	291
DAFTAR PUSTAKA.....		293

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Pulau Jawa	3
Gambar 1.2 Lokasi Jembatan	3
Gambar 1.3 Gambar DED proyek	7
Gambar 2.1 Jembatan <i>Deck Arch</i>	9
Gambar 2.2 Jembatan <i>Through Arch</i>	10
Gambar 2.3 Jembatan A Half – <i>Through Arch</i>	10
Gambar 2.4 Beban "D" : BTR vs panjang dibebani	16
Gambar 2.5 Beban Garis Terpusat	17
Gambar 2.6 Beban Truk	18
Gambar 2.7 Beban Lajur D	19
Tabel 2.6 Faktor Beban Pejalan	19
Gambar 2.8 Grafik Gaya Rem.....	20
Gambar 2.9 Respon Spektrum Rencana.....	23
Gambar 2.10 Distribusi Geser Pons	28
Gambar 2.11 Robekan Baut Terhadap Plat Sambung	38
Gambar 2.12 Perletakan Sendi dapat dibuat dari konstruksi baja40	
Gambar 2.13 Perletakan Rol dapat dibuat dari konstruksi baja ..40	
Gambar 2.14 Grafik gaya rem.....	43
Gambar 2.15 Daya dukung tiang pancang	44

Gambar 2.16 Diagram perhitungan daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	46
Gambar 2.17 Definisi jarak S dalam hitungan efisiensi tiang	49
Gambar 4.1 <i>Preliminary design</i> parapet.....	65
Gambar 4.2 Lantai Kendaraan.....	71
Gambar 4.3 Distribusi Geser Pons	82
Gambar 5.1 Detail Perencanaan Gelagar.....	85
Gambar 5.2 Pembebanan beban mati	86
Gambar 5.3 Pembebanan BTR dan BGT	86
Gambar 5.4 Pembebanan Truk	87
Gambar 5.5 Distribusi Gaya pada Penampang	93
Gambar 5.6 Gelagar Komposit.....	95
Gambar 5.7 Pembebanan Gelagar Melintang	99
Gambar 5.8 Pembebanan Gelagar Melintang Setelah Komposit	102
Gambar 5.9 Pembebanan Akibat BTR dan BGT.....	102
Gambar 5.10 Pembebanan Akibat truk “T”	103
Gambar 5.11 Pembebanan Akibat truk “T”	103
Gambar 5.12 Pembebanan lajur BTR+BGT.....	107
Gambar 5.13 Distribusi Gaya pada Penampang	109
Gambar 5.14 Gelagar Komposit.....	111
Gambar 6.1 Hasil input beban pelat lantai	116
Gambar 6.2 Hasil input beban aspal.....	116

Gambar 6.3 Hasil input beban parapet	117
Gambar 6.4 Beban REM	118
Gambar 6.5 Hasil input beban angin	119
Gambar 6.6 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek (Ss)	123
Gambar 6.7 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode 1 detik (S1)	123
Gambar 6.8 Respon Spektrum Rencana.....	124
Gambar 6.10 Inout gempa pada SAP	125
Gambar 6.11 Permodelan Struktur pada SAP	127
Gambar 6.12 Kabel yang ditinjau.....	127
Gambar 6.13 Brosur Kabel yang ditinjau.....	130
Gambar 6.14 Penampang box busur batang lengkung atas	132
Gambar 6.15 Penampang box busur batang lengkung bawah...134	
Gambar 6.16 Penampang box busur batang lengkung bawah kaku	136
Gambar 6.17 Penampang box busur batang tegak portal akhir.138	
Gambar 6.18 Penampang box busur batang memanjang atas ...140	
Gambar 6.19 Penampang box busur batang memanjang bawah	142
Gambar 6.20 Penampang box busur batang pengaku tegak lengkung	144
Gambar 6.21 Penampang box busur batang pengaku miring lengkung	146

Gambar 6.22 Penampang box busur batang pengaku tegak batang memanjang busur.....	148
Gambar 6.23 Penampang box busur batang pengaku tegak batang portal akhir.....	150
Gambar 6.24 Permodelan lendutan yang terjadi.....	152
Gambar 6.25 Permodelan Stress Ratio yang terjadi	153
Gambar 6.26 Permodelan Stress Ratio yang terjadi	153
Gambar 6.27 Ikatan Angin Atas Busur	155
Gambar 6.28 Ikatan angin bawah busur	159
Gambar 6.29 Ikatan angin bawah.....	161
Gambar 6.30 Sambungan balok melintang dan memanjang	177
Gambar 6.31 Sambungan balok melintang dan box memanjang	179
Gambar 6.32 Sambungan las pada box	179
Gambar 6.33 Sambungan pada batang penggantung.....	183
Gambar 6.34 Sambungan pada busur	185
Gambar 6.35 Sambungan busur batang atas.....	186
Gambar 6.36 Sambungan busur batang bawah.....	187
Gambar 6.37 Sambungan busur batang tegak	189
Gambar 6.38 Sambungan busur batang miring	190
Gambar 6.39 Sambungan busur batang tarik.....	192
Gambar 6.40 Detail Pada Perletakan Engsel	199
Gambar 6.41 Detail Pen Engsel.....	201

Gambar 6.42 Perletakan rol.....	203
Gambar 7. 1 Perencanaan Abutment BH 47A (Sisi Kertosono)	206
Gambar 7. 2 Pembagian beban BTR dan BGT	210
Gambar 7. 3 Beban tekanan tanah aktif pada abutment	211
Gambar 7. 4 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah	213
Gambar 7. 5 Konfigurasi tiang bor.....	220
Gambar 7. 6 Konfigurasi tiang bor.....	225
Gambar 7.7 Letak titik guling pada abutment.....	234
Gambar 7.8 Konfigurasi tiang bor.....	240
Gambar 7.9 Konfigurasi tiang bor.....	244
Gambar 7.10 Grafik hasil input pCacol, hubungan antara momen dan gaya aksial	251
Gambar 7.11 Dimensi plat injak.....	261
Gambar 8.1 Pembuatan Direksi kit	271
Gambar 8.2 Pengadaan Gudang, Alat dan bahan	272
Gambar 8.3 Pembuatan pagar proyek	272
Gambar 8.4 Pengukuran awal	273
Gambar 8.5 Proses pemancangan.....	273
Gambar 8.6 Fabrikasi tulangan bored pile	274
Gambar 8.7 Fabrikasi tulangan bored pile	274
Gambar 8.8 Fabrikasi tulangan pile cap.....	274

Gambar 8.9 Fabrikasi profil jembatan	275
Gambar 8.10 Pemasangan Temporary Tower	275
Gambar 8.11 Pemasangan Traveler	276
Gambar 8.12 Pemasangan Crane.....	276
Gambar 8.13 Pemasangan segmen 1-13.....	279
Gambar 8.14 Pemasangan kabel penahan segmen 1	280
Gambar 8.15 Pemasangan segmen 2-14.....	280
Gambar 8.16 Pemasangan kabel penahan segmen 2-14	281
Gambar 8.17 Pemasangan kabel penggantung dan batang memanjang busur.....	282

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Sendiri Beton	13
Tabel 2.2 Berat Jenis Beton.....	13
Tabel 2.3 Tebal Selimut Beton Nominal.....	13
Tabel 2.4 Sifat Mekanis Baja	14
Tabel 2.5 Berat Sendiri Baja	15
Tabel 2.6 Faktor Beban Pejalan	19
Tabel 2.7 Kelas Situs.....	21
Tabel 2.8 Faktor Amplifikasi Untuk Periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA} / F_a)	22
Tabel 2.9 Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 detik (F_v)	22
Tabel 2.10 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Bangunan Bawah.....	24
Tabel 2.11 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Bangunan Antar Elemen Struktur.....	24
Tabel 2.12 Koefisien Seret (C_w).....	26
Tabel 2.13 Kecepatan Angin (V_w).....	26
Tabel 2.14 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana.....	27
Tabel 2.15 Kelas Situs.....	27
Tabel 2.16 Ukuran Minimu Las Sudut.....	39
Tabel 3.1 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas layan dan ultimate.....	56

Tabel 3.2 Kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja..	56
Tabel 4.1 Kecepatan Angin	72
Tabel 4.2 Rekapitulasi Momen Lapangan dan Tumpuan Pada Pelat	76
Tabel 4.3 Kombinasi 1 Momen Lapangan Pada Pelat.....	76
Tabel 4.4 Kombinasi 2 Momen Lapangan Pada Pelat.....	77
Tabel 4.5 Kombinasi 1 Momen Tumpuan Pada Pelat	77
Tabel 4.6 Kombinasi 2 Momen Tumpuan Pada Pelat	77
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Memanjang	87
Tabel 5.2 Garis Netral Penampang Komposit	96
Tabel 5.3 Momen Inersia Penampang	96
Tabel 5.4 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Melintang.....	101
Tabel 5.5 Garis Netral Penampang Komposit	111
Tabel 5.6 Momen Inersia Penampang	112
Tabel 6.1 Rekapitulasi Pembebanan Angin.....	120
Tabel 6.2 Rekapitulasi SPT	122
Tabel 6.3 koefisien Situs Ss.....	124
Tabel 6.4 koefisien Situs S1	124
Tabel 6.5 Kombinasi Beban	126
Tabel 6.6 Tabel Panjang Penggantung	128
Tabel 6.7 Gaya yang terjadi pada Batang Penggantung	129
Tabel 6.8 Persamaan Parabola Busur	131

Tabel 6.9 Rekapitulasi Stress Ratio.....	154
Tabel 6.10 Rekapitulasi ikatan angin atas busur	164
Tabel 6.11 Rekapitulasi ikatan angin bawah busur	170
Tabel 6.12 Rekapitulasi jumlah baut jembatan busur	193
Tabel 6.13 Tabel Untuk Menentukan Kursi Perletakan	198
Tabel 7.1 Tabel Untuk Menentukan Kursi Perletakan	207
Tabel 7.2 Tabel pembagian segmen	208
Tabel 7.3 Tabel perhitungan berat segmen.....	209
Tabel 7.4 Tabel perhitungan titik tangkap abutment.....	209
Tabel 7.5 Tabel Respon Spektrum	213
Tabel 7.6 Faktor modifikasi respon (R) untuk bangunan bawah	215
Tabel 7.7 Faktor modifikasi respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur	215
Tabel 7.8 Berat dan lengan struktur bawah	216
Tabel 7.9 Perhitungan gaya dan momen pada center poer abutment	219
Tabel 7.10 Perhitungan gaya aksial yang terjadi pada tiang bor	222
Tabel 7.11 Perhitungan gaya aksial yang terjadi pada tiang bor	226
Tabel 7.12 Perhitungan daya dukung ijin tanah untuk pondasi berdasarkan mayerhoff Ø 1m – titik bor BH 47A.....	229

Tabel 7.13 Perhitungan daya dukung ijin tanah untuk pondasi berdasarkan mayerhoff \varnothing 1m – titik bor BH 47B	230
Tabel 7.14 Resume P ijin tiang bor \varnothing 1m	233
Tabel 7.15 Berat timbunan tanah diatas pilecap.....	234
Tabel 7.16 Rekapitulasi momen penahan abutment	234
Tabel 7.17 Rekapitulasi momen guling	235
Tabel 7.18 Perhitungan gaya dan momen pada center poer abutment	238
Tabel 7.19 Perhitungan gaya aksial yang terjadi pada tiang bor	241
Tabel 7.20 Perhitungan gaya aksial yang terjadi pada tiang bor	245
Tabel 7.21 Resume kebutuhan tulangan abutment	257
Tabel 7.22 Panjang penyaluran dan base plate	269
Tabel 8.1 Berat per segmen dan sudut antara temporary ke busur	283
Tabel 8.2 Perhitungan kabel penahan busur	284
Tabel 8.3 Perhitungan kabel penahan tower dari segmen busur	284
Tabel 8.4 Perhitungan kabel penahan tower ke abutment	285
Tabel 8.5 Perhitungan kabel penahan tower ke abutment	285
Tabel 8.6 Perhitungan tarik horizontal busur terhadap tower....	286
Tabel 8.7 Kontrol penampang kabel.....	287
Tabel 8.8 Kontrol penampang kabel.....	288

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan adalah salah satu bentuk prasarana dari bangunan transportasi dimana jembatan tersebut dapat membantu alur transportasi dari suatu kota ke kota yang lain agar menjadi lebih baik atau hanya untuk membuat alur transportasi dalam suatu kota tersebut membaik.

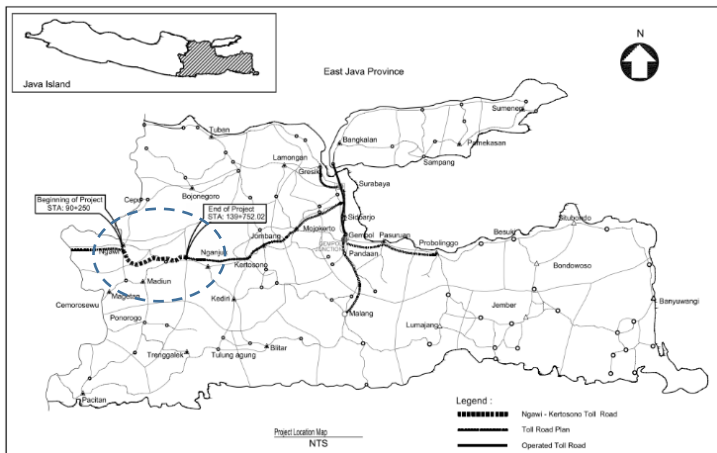
Pada saat ini masyarakat Indonesia semakin bertambah setiap harinya, seiring bertambahnya populasi masyarakat di Indonesia, maka semakin bertambah juga tuntutan prasarana untuk moda transportasi tersebut. Akhir-akhir ini pemerintah sedang gencar-gencarnya melakukan pembangunan infrastruktur sipil untuk sarana transportasi agar memudahkan masyarakat dalam beraktifitas.

Pembangunan sarana transportasi yang dilakukan oleh pemerintah salah satunya adalah pembangunan jalan tol yang menggabungkan antar provinsi pada suatu pulau tersebut. Tujuan dari pembangunan sarana tersebut adalah untuk pemerataan perekonomian pada suatu daerah agar tidak ada daerah yang tertinggal pada provinsi atau pulau tersebut.

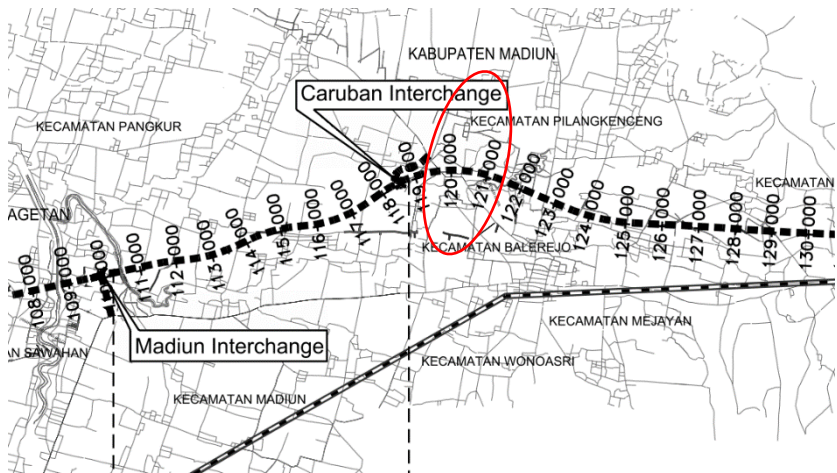
Pada pekerjaan jalan tol tersebut juga sering dibatasi oleh sungai-sungai yang memisahkan antara jalan tol yang satu dengan yang lain oleh karena itu dibangun jembatan untuk menghubungkan kedua jalan tol tersebut. Pembangunan jembatan tersebut salah satunya ada pada proyek tol Ngawi-Kertosono Sta. 121+603 – Sta. 121+710. Jembatan yang dibangun adalah jembatan precast yang

terletak di desa Kedungrejo pada Sta. 121+656 dengan bentang 108 meter dan lebar 25 meter 2/2D.

Pada Tugas Akhir ini jembatan tersebut akan direncanakan ulang menjadi jembatan busur rangka baja dengan bentang dan lebar yang sama dengan periode gempa 2500 tahun. Dipilihnya jembatan busur dengan lantai dibawah pada jembatan ini karena, pangkal jembatan tidak akan mengenai Muka Air Banjir (MAB), dan menambah nilai estetika pada jembatan tersebut. Jembatan ini memiliki bentang total 108 m dan termasuk dalam bentang efektif dari konstruksi jembatan bentang panjang untuk rangka busur yaitu antara 60 – 600 m, sehingga tidak dibutuhkan pilar untuk jembatan tersebut. Sedangkan untuk model strukturnya sendiri bertujuan mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien daripada menggunakan sistem konstruksi gelagar paralel (*D Jhonson Victor, 1980*).



Gambar 1.1 Peta Pulau Jawa



Gambar 1.2 Lokasi Jembatan

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang diangkat meliputi :

1. Bagaimana merencanakan Jembatan Kedungrejo dengan menggunakan busur rangka batang baja agar dapat menahan beban-beban yang diterimanya baik beban hidup maupun beban mati?
2. Bagaimana merencanakan metode pelaksanaan pada pembangunan perencanaan jembatan busur?
3. Bagaimana menggambarkan hasil dari desain struktur jembatan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, adapun maksud dan tujuan dari tugas pengerjaan tugas akhir ini yaitu :

1. Untuk mendapatkan perhitungan perencanaan jembatan dengan menggunakan baja
2. Untuk mendapatkan desain dan dimensi profil struktur rangka pada bangunan atas
3. Untuk mendapatkan desain dan penulangan struktur bangunan bawah
4. Untuk mendapatkan desain dan penulangan struktur pada bangunan pelengkap.
5. Untuk mendapatkan desain dari abutmen yang sesuai dengan perencanaan.
6. Untuk mendapatkan hasil gambar dari struktur yang direncanakan
7. Untuk mendapatkan metode pelaksanaan pada pembangunan perencanaan jembatan busur.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari permasalahan diatas, maka perlu adanya batasan masalah untuk mempermudah dalam penyusunan. Batas – batas permasalahan antara lain :

1. Perencanaan struktur bangunan atas jembatan.
2. Perencanaan struktur bangunan bawah jembatan dan pondasi.
3. Perencanaan sistem perletakan jembatan.
4. Perencanaan struktur bangunan pelengkap jembatan.
5. Analisa metode struktur baja pada jembatan busur
6. Tidak membahas RAB pada tugas akhir ini.

1.5 Manfaat

Dalam penyusunan tugas akhir ini, mahasiswa diharapkan mampu dan kreatif dalam menyusun tugas akhir. Penyusunan tugas akhir ini sangat bermanfaat bagi mahasiswa, institusi, dan instansi terkait. Oleh karena itu tugas akhir ini diharapkan mampu menyajikan karya yang orisinil dalam merencanakan jembatan busur serta metode pelaksanaannya. Manfaat yang diambil dari perhitungan perencanaan pada tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai proses pembelajaran mahasiswa dalam merencanakan pembangunan jembatan busur.
2. Dapat mengetahui metode pelaksanaan yang digunakan dalam pekerjaan tersebut.

1.6 Data Jembatan

1.6.1 Data Awal

a) Data Umum Perencanaan

Data – data perencanaan yang diperlukan akan diuraikan sebagai berikut :

- **Data umum jembatan**

Nama Jembatan : Jembatan Kedungrejo

Lokasi : Proyek Tol Ngawi –

Kertosono Sta. 121+656

Bentang Jembatan : 107 m

Lebar Jembatan : 25 m

- **Sistem jembatan yang digunakan**

Jembatan dengan sistem I girder prategang

b) Gambar Struktur Jembatan

- **Gambar awal**

Nama Jembatan : Jembatan Kedungrejo

Lokasi : Proyek Tol Ngawi –

Kertosono Sta. 121+656

Bentang Jembatan : 107 m

Lebar Jembatan : 25 m

Sistem yang Digunakan : Jembatan dengan sistem I Girder Prategang

- **Gambar Perubahan**

Nama Jembatan : Jembatan Kedungrejo

Lokasi : Proyek Tol Ngawi –

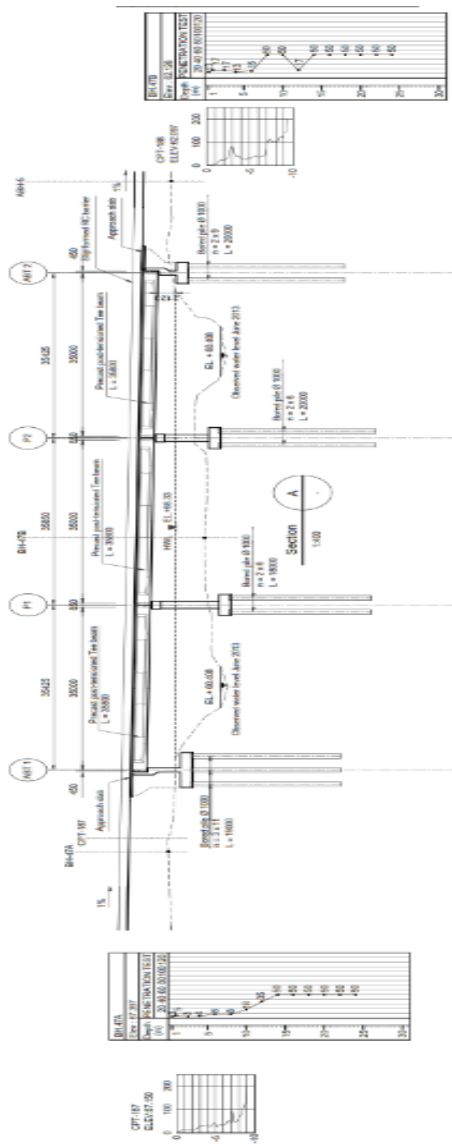
Kertosono Sta. 121+656

Bentang Jembatan : 107 m

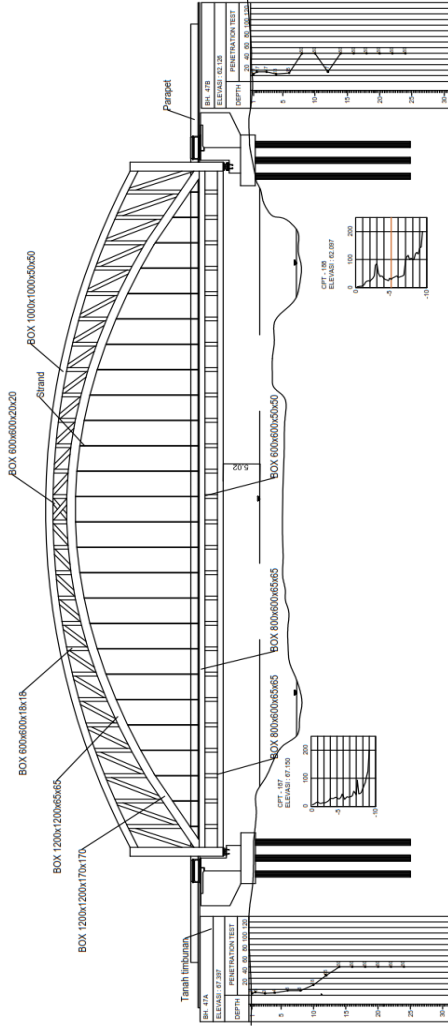
Lebar Jembatan : 25 m

Sistem yang Digunakan : Jembatan dengan sistem Busur Rangka Baja

1.7 Gambar Jembatan



Gambar 1.3 Gambar DED proyek



Gambar 1.4 Gambar DED rencana

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berguna untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan yang dimaksud adalah sungai, jurang, jalan lain. Sehingga memungkinkan kendaraan, seperti kereta api maupun pejalan kaki untuk melintas dengan lancar dan aman. Jembatan rangka busur adalah suatu struktur jembatan yang rangkanya menyerupai bentuk busur yang dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal dari bangunan atas yang bekerja.

2.2 Elemen Struktur Dalam Jembatan Busur

2.2.1 Bangunan Atas

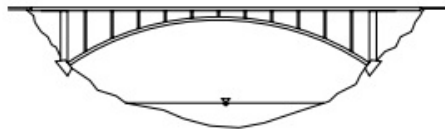
2.2.1.1 Struktur Primer

- Lantai Jembatan

Berdasarkan lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk jenis yang umum dipakai, yaitu:

• *Deck Arch*

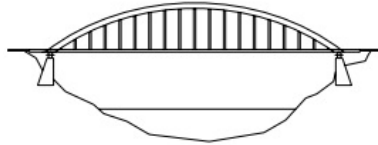
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak talntainya menopang beban lalu lintas secara langsung dan berada dibagian paling atas busur.



Gambar 2.1 Jembatan *Deck Arch*

- *Through Arch*

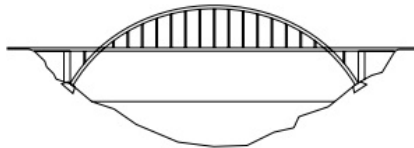
Merupakan jenis lainnya, dimana letak daripada lantai jembatan terdapat tepat di *springline* busurnya.



Gambar 2.2 Jembatan *Through Arch*

- *A Half - Through Arch*

Dimana lantai jembatan terletak di antara springline dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah



Gambar 2.3 Jembatan A Half – Through Arch

- Batang Lengkung

Batang lengkung merupakan bagian utama dari struktur jembatan ini, karena seluruh beban yang berada di sepanjang jembatan dipikul oleh komponen tersebut. Bagian struktur ini merubah gaya vertikal menjadi gaya horizontal.

- Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang merupakan komponen pada struktur jembatan yang menahan beban langsung dari plat lantai kendaraan yang letaknya arah memanjang jembatan atau tegak lurus arah aliran sungai.

- Gelagar Melintang
Gelagar melintang merupakan komponen pada struktur jembatan yang berfungsi sebagai pengikat balok atau gelagar memanjang, komponen ini terletak arah melintang arah gelagar memanjang.
- Batang Penggantung
Komponen penghubung antara dek/lantai jembatan ke rangka utama yang berfungsi sebagai pemikul gelagar utama serta melimpahkan beban-beban dan gaya-gaya yang bekerja ke rangka utama/busur

2.2.1.2 Struktur Sekunder

- Ikatan Angin
Ikatan angin berfungsi untuk memikul gaya angin yang bekerja pada struktur bangunan atas jembatan
- Ikatan Rem
Ikatan rem berfungsi untuk memikul gaya rem yang bekerja pada lantai kendaraan pada jembatan
- Sambungan
Sambungan berfungsi menghubungkan beberapa bagian yang satu dengan yang lain pada suatu konstruksi jembatan rangka. Macam-macam jenis sambungan terdiri dari :
 - Sambungan Keling
 - Sambungan Baut
 - Sambungan Las

- Perletakan

Perletakan terletak menumpu pada abutmen dan pilar. Fungsi dari perletakan sendiri adalah sebagai media menyalurkan beban dari bangunan atas ke abutmen yang kemudian diteruskan ke bagian pondasi.

2.2.2 Bangunan Bawah

- *Abutmen*

Kepala jembatan (*abutmen*) merupakan suatu bangunan /bagian dari konstruksi jembatan yang menerima beban dari bangunan atas dan tekanan tanah yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi.

- Pondasi

Pondasi adalah struktur bangunan bawah pada jembatan. Pondasi berfungsi meneruskan seluruh beban jembatan ke tanah dasar.

2.3 Data Bahan

2.3.1 Beton

1. Berdasarkan SNI T-12-2004 beton dengan kuat tekan (benda uji silinder) yang kurang dari 20 Mpa tidak dibenarkan untuk digunakan dalam pekerjaan struktur beton untuk jembatan, kecuali untuk pembeconan yang tidak dituntut persyaratan kekuatan.
2. Modulus elastisitas (E_c) untuk beton normal dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \quad \dots \text{(Persamaan 2.1)}$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan silinder beton 28 hari

Tabel 2.1 Berat Sendiri Beton

Berat sendiri KuMS	
Beton dicor	1.3

Tabel 2.2 Berat Jenis Beton

Y Beton 25 kN/m³

Sumber : RSNI T-02-2005

3. Tebal Selimut Beton

Tebal selimut beton direncanakan menurut keadaan lingkungan jembatan dan mutu beton yang digunakan, berdasarkan RSNI T-12-2004

Tabel 2.3 Tebal Selimut Beton Nominal

Klasifikasi lingkungan	Tebal selimut beton nominal [mm] untuk beton dengan kuat tekan f_c' yang tidak kurang dari				
	20 MPa	25 MPa	30 MPa	35 MPa	40 MPa
A	35	30	25	25	25
B1	(65)	45	40	35	25
B2	-	(75)	55	45	35
C	-	-	(90)	70	60

Sumber : RSNI T-12-2004

2.3.2 Baja

1. Tegangan Leleh

Sifat mekanis baja struktural menurut SNI T-03-2005 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Sifat Mekanis Baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u [MPa]	Tegangan leleh minimum, f_y [MPa]	Peregangan minimum [%]
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber : RSNI T-03-2005

Sifat-sifat mekanis baja structural lainnya untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut :

Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Angka poisson : $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$

2. Tegangan Ijin

- Tegangan ijin pada pembebanan tetap
 - Tegangan ijin tarik pada tulangan non-prategang boleh diambil dari ketentuan di bawah ini:
 - Tulangan dengan $f_y = 300 \text{ MPa}$, tidak boleh diambil melebihi 140 MPa .
 - Tulangan dengan $f_y = 400 \text{ MPa}$, atau lebih, dan anyaman kawat las (polos atau ulir), tidak boleh diambil melebihi 170 MPa .
 - Untuk tulangan lentur pada pelat satu arah yang bentangnya tidak lebih dari 4 m , tidak boleh diambil melebihi $0,50 f_y$ namun tidak lebih dari 200 MPa .

- Tegangan ijin pada pembebanan sementara
Boleh ditingkatkan 30 % dari nilai tegangan ijin pada pembebanan tetap.

Tabel 2.5 Berat Sendiri Baja

Berat Sendiri KuMS	
Baja	1.1

Sumber : RSNI T-02-2005

2.4 Analisa Pembebanan Struktur Jembatan

Pada perencanaan jembatan yang perlu diperhatikan adalah beban – beban yang terjadi pada jembatan. Beban – beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari struktur jembatan serta banyaknya tulangan yang diperlukan. Pada peraturan teknik jembatan SNI 1725-2016 dan RSNI T-03-2005 Standar Pembebanan Jembatan.

2.4.1 Beban Mati

Beban mati struktur jembatan adalah berat sendiri dari masing-masing bagian struktural jembatan dan berat mati tambahan yang berupa berat perkerasan. Masing-masing berat bagian tersebut harus dianggap sebagai aksi yang saling terkait.

2.4.2 Beban Hidup

Beban hidup pada jembatan meliputi :

1. Beban Lalu Lintas

Beban lalu-lintas untuk perencanaan struktur jembatan terdiri dari beban lajur “ D “ dan beban truk “ T “

a. Beban Lajur "D"

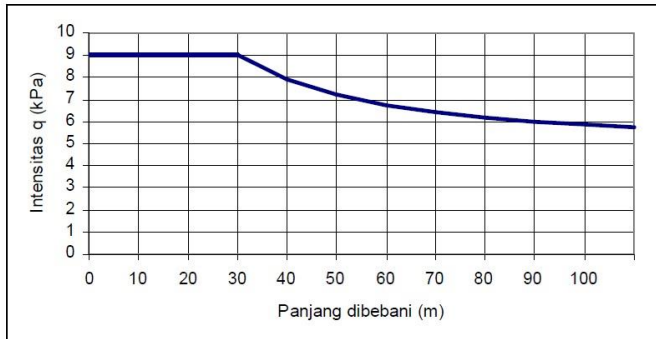
Beban lajur D bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada girder yang ekuivalen dengan iring-iringan kendaraan yang sebenarnya.

Intensitas beban D terdiri dari beban tersebar merata dan beban garis.

1) Beban Terbagi Merata (BTR = q)

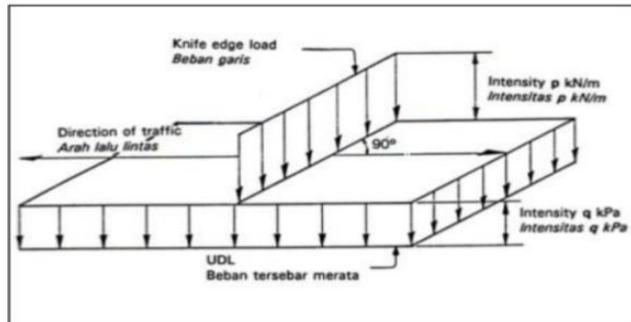
Dengan q tergantung pada panjang yang dibebani total (L) sebagai berikut:

- $q = 9,0 \text{ kN/m}^2$ (untuk $L < 30 \text{ m}$) ... (Pers. 2.2)
- $q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kN/m}^2$ (untuk $L > 30 \text{ m}$) ... (Pers. 2.3)



Gambar 2.4 Beban "D" : BTR vs panjang dibebani

- 2) Beban Garis Terpusat (BGT = P)
 Beban garis “ P “ ditetapkan sebesar 49 kN/m.

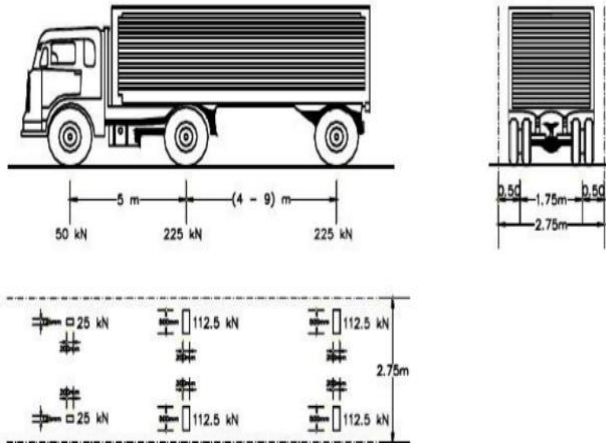


Gambar 2.5 Beban Garis Terpusat

Sumber : SNI 1725-2016

- b. Beban Truk “T”

Beban truk “T” adalah berat kendaraan tunggal dengan 3 as yang ditempatkan dengan beberapa posisi yang digunakan untuk menganalisis pelat pada lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua pembebanan bidang kontak yang dimaksud agar mewakili pengaruh roda terhadap berat kendaraan. Hanya satu truk “T” boleh ditempatkan per lajur lalu lintas rencana. Beban “ T” merupakan muatan untuk lantai kendaraan.



Gambar 2.6 Beban Truk

Sumber : SNI 1725-2016

c. Faktor Beban Dinamis

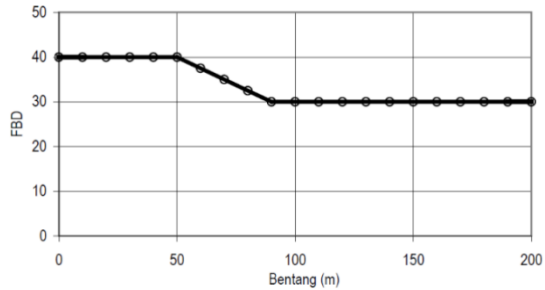
Faktor beban dinamis (DLA) berlaku pada “KEL” lajur “D” dan truk “T” sebagai simulasi kejut dari kendaraan bergerak pada struktur jembatan. Untuk truk “T” nilai DLA / faktor kejutnya adalah 30% **SNI T-02-2005 Standar Pembebanan Jembatan** digunakan untuk perhitungan beban roda pada hal. Sedangkan untuk “KEL” lajur “D” nilai dapat dilihat pada rumus

$$LE = \sqrt{L_{av} \times L_{max}} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.4)}$$

Dimana:

L_{av} = Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

L_{max} = Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus



Gambar 2.7 Beban Lajur D

Sumber : SNI 1725-2016

2. Beban Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan. Perencanaan beban diambil dari *SNI T-02-2005 Standar pembebanan Jembatan* dimana besarnya beban yang bekerja adalah $0,5 \text{ KN/m}^2$ (5 kPa).

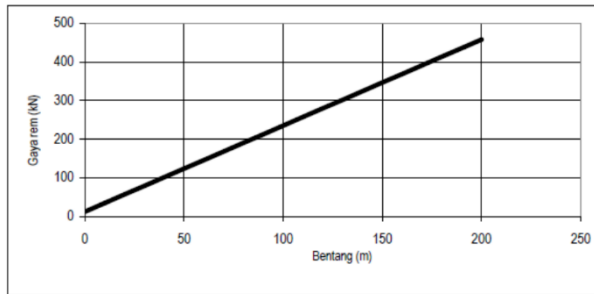
Tabel 2.6 Faktor Beban Pejalan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN	
	$K_{S;TP}$	$K_{U;TP}$
Transien	1,0	1,8

Sumber : RSNI T-03-2005

3. Gaya Rem

Gaya rem pada jembatan dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan. Gaya rem tidak tergantung pada lebar jembatan dan diberikan pada grafik untuk panjang struktur yang tertahan.



Gambar 2.8 Grafik Gaya Rem

Sumber : RSNI T-03-2005

2.4.3 Beban Lateral

1. Beban Gempa

Berdasarkan peraturan RSNI 2833:2016 Perancangan Gempa Terhadap Beban Jembatan, perencanaan beban rencana akibat gempa minimum diperoleh dari serangkaian rumus berikut:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{V_{si}} \right)} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.5)}$$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{N} \right)} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.6)}$$

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{S_{ui}} \right)} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.7)}$$

Keterangan:

$\overline{V_s}$ = nilai rata-rata cepat rambat gelombang geser

\overline{N} = hasil uji penetrasi standar

$\overline{S_u}$ = kuat geser tak terdrainase dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya

t_i = tebal lapisan tanah ke-i

V_{si} = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i

N_i = nilai hasil uji penetrasi standar lapis tanah ke-i

S_{ui} = kuat geser tak terdrainase lapis tanah ke-i

m = jumlah lapis tanah yang ada di atas batuan dasar

Hasil yang didapat dari perhitungan di atas dapat diplot kedalam table situs untuk menentukan kelas situs

Tabel 2.7 Kelas Situs

Kelas Situs	$\overline{V_s}$ (m/s)	\overline{N}	$\overline{S_u}$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\overline{V_s} \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \overline{V_s} \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \overline{V_s} \leq 750$	$\overline{N} > 50$	$\overline{S_u} \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \overline{V_s} \leq 350$	$15 \leq \overline{N} \leq 50$	$50 \leq \overline{S_u} \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\overline{V_s} < 175$	$\overline{N} < 15$	$\overline{S_u} < 50$
	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 $\overline{S_u} < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons 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 teresementasi 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

Sumber : RSNI 2833:2016

2. Penentuan Faktor Situs

Untuk penentuan respons spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik, periode pendek ($T=0,2$ detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode nol detik (FPGA), faktor amplifikasi periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v).

Tabel 2.8 Faktor Amplifikasi Untuk Periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA} / F_a)

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

Sumber : RSNi 2833:2016

Tabel 2.9 Besarnya Nilai Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 detik (F_v)

Kelas situs	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
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

Sumber : RSNi 2833:2016

Respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari system berderajat – kebebasan – tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) terendam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis,

maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spectra yang sudah disederhanakan.

Perumusan respon spectra adalah sebagai berikut:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad \dots \text{ (Persamaan 2.8)}$$

$$S_{Ds} = F_a \times S_s \quad \dots \text{ (Persamaan 2.9)}$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad \dots \text{ (Persamaan 2.10)}$$

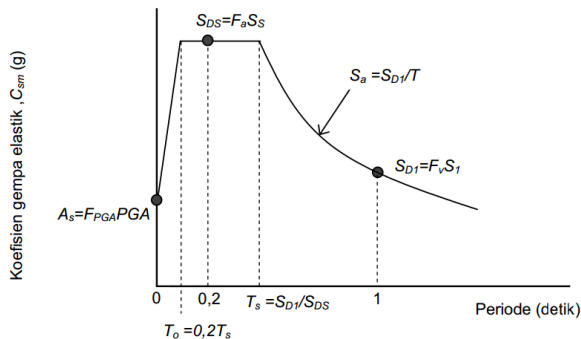
Keterangan:

PGA = percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0.2$ detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010

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

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 Respon spectrum rencana



Gambar 2.9 Respon Spektrum Rencana

Sumber : RSNI 2833:2016

3. Faktor Modifikasi Respon

Gaya gempa rencana pada bangunan bawah dan hubungan antara elemen struktur ditentukan dengan cara membagi gaya gempa elastis dengan faktor modifikasi respons (R) sesuai dengan tabel berikut

Tabel 2.10 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Bangunan Bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:

Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

Sumber : RSNI 2833:2016

Tabel 2.11 Faktor Modifikasi Respon (R) Untuk Bangunan Antar Elemen Struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Sumber : RSNI 2833:2016

4. Gaya Gempa Yang Diperkirakan

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (Csm) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian

dimodifikasi dengan factor modifikasi respons (R) dengan formulasi sebagai berikut:

$$E_q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \quad \dots \text{(Persamaan 2.11)}$$

Keterangan:

E_q = gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = koefisien respon gempa elastik pada moda getar ke-m

R = faktor modifikasi respon

W_t = berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

5. Beban Angin

Gaya angin nominal ultimate pada jembatan tergantung pada kecepatan angin rencana sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \dots \text{(Persamaan 2.12)}$$

Dimana:

V_w = kecepatan angin rencana (m/dt)

C_w = koefisien seret

A_b = Luas ekuivalen bagian samping jembatan

Tabel 2.12 Koefisien Seret (C_w)

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif: (1), (2)	
$b/d = 1.0$	2.1 (3)
$b/d = 2.0$	1.5 (3)
$b/d \geq 6.0$	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 %	

Sumber : RSNI T-02-2005

Tabel 2.13 Kecepatan Angin (V_w)

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

Sumber : RSNI T-02-2005

Dalam merencanakan jembatan harus direncanakan jumlah lajur yang disesuaikan dengan kebutuhan jembatan tersebut. Adapun jumlah lajur tersebut seperti pada RSNI T-02-2005 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.14 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n)
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25 11,3 - 15,0	2 (3) 4
Banyak arah	8,25 - 11,25 11,3 - 15,0 15,1 - 18,75 18,8 - 22,5	3 4 5 6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

Sumber : RSNI T-02-2005

2.5 Data Tanah

Data Tanah untuk pondasi sumuran dapat di desain pada kedalaman tanah tertentu, pada saat nilai $N > 50$ (tanah keras)

Tabel 2.15 Kelas Situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N}	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	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 50$
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $S_u < 25$ kPa Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : <ul style="list-style-type: none"> - 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 $H > 7.5$m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$m 		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Sumber : RSNI 2833:2016

2.6 Perencanaan Bangunan Atas

2.6.1 Perencanaan Parapet Jembatan

Pada tugas akhir ini, sandaran jembatan menggunakan parapet sebagai dinding penahan kendaraan, karena Jembatan ini merupakan bagian dari Jalan Tol Ngawi - Kertosono sehingga tidak terdapat kerb dan trotoar. Parapet direncanakan untuk menahan benturan dan menjaga kendaraan agar tidak keluar dari jembatan (fungsi kerb) sehingga beban hidup yang digunakan dalam perencanaannya adalah memakai beban hidup kerb, yaitu sebesar 15 kN.m.

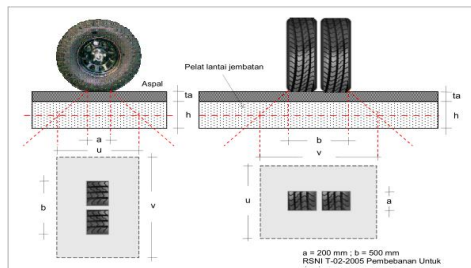
2.6.2 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s sesuai dengan SNI T-12-2004 :

$$\begin{aligned} t_s &\geq 200 \text{ mm} \\ t_s &\geq (100 + 40l) \text{ mm} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.13)} \end{aligned}$$

Keterangan :

bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter) Kontrol tebal plat rencana terhadap geser pons :



Gambar 2.10 Distribusi Geser Pons

Dimana:

$$\text{Faktor beban (Kutt)} = 1,8$$

$$\text{Faktor reduksi } (\emptyset) = 0,7$$

$$\text{Tebal aspal (ta)}$$

$$\text{Tebal plat (ts)}$$

$$\text{Lebar roda (a)}$$

$$\text{Panjang roda (b)}$$

Bidang geser pons

$$\begin{aligned} U &= a + (0,5 \times (ta + ts)) + (0,5 \times (ta + ts)) \\ &= a + ta + ts \end{aligned} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.14)}$$

$$\begin{aligned} V &= b + (0,5 \times (ta + ts)) + (0,5 \times (ta + ts)) \\ &= b + ta + ts \end{aligned} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.15)}$$

Sehingga,

$$b' = (2 \times U) + (2 \times V) \quad \dots \text{ (Persamaan 2.16)}$$

Kekuatan gaya geser plat lantai

$$V_u = \text{tekanan roda}$$

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times b_w \times d \quad \dots \text{ (Persamaan 2.17)}$$

$$\emptyset \times V_c = 0,75 \times V_c \quad \dots \text{ (Persamaan 2.18)}$$

$$\text{Kontrol, } V_u < \emptyset \times V_c \quad \dots \text{ (Persamaan 2.19)}$$

Perencanaan tulangan plat lantai

1. Beban yang terjadi pada plat

a. Beban Mati

$$- \text{ Berat plat} = ts \times 2,5 \text{ t/m}^3 \times 1 \quad \dots \text{ (Persamaan 2.20)}$$

$$- \text{ Berat aspal} = t_a \times 2,2 \text{ t/m}^3 \times 1 \quad \dots \text{ (Persamaan 2.21)}$$

$$- \text{ Air hujan} = t_{\text{air hujan}} \times 1 \text{ t/m}^3 \times 1 \quad \dots \text{ (Persamaan 2.22)}$$

b. Beban hidup

- Beban truk “T” = 112.5kN
- Dengan factor kejut (DLA = 0,3)
- Kutt = 1,8 , faktor untuk beban truk
- Total muatan : P truk = (1+ DLA) x T x Kutt

2. Penulangan lentur pada plat lantai kendaraan

- Menentukan nilai momen ultimate (Mu)
- Menentukan nilai momen nominal (Mn)

$$M_n = \frac{M_u}{\text{faktor reduksi } (\phi)} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.23)}$$

- Menentukan rasio tulangan berdasarkan SNI T-12-2004

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.24)}$$

$$\rho_b = \beta_1 \times \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \dots \text{ (Persamaan 2.25)}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \quad \dots \text{ (Persamaan 2.26)}$$

$$d = h - d' - d. \text{ tul} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.27)}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.28)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.29)}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad \dots \text{ (Persamaan 2.30)}$$

Setelah itu gunakan rasio tulangan yang sesuai,

- Menghitung luas tulangan perlu (A_{st}) dan memilih tulangan yang diperlukan.

$$A_{st_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \quad \dots \text{ (Persamaan 2.31)}$$

Dimana ρ_{pakai} diambil dari nilai yang berada di tengah-tengah antara ρ_{min} , ρ_{max} .

$$n \text{ (jml tul)} = A_{s \text{ perlu}} / \text{luas tul. Letr} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.32)}$$

Luas tulangan yang dipakai :

$$A_{st_{\text{pakai}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times n \quad \dots \text{ (Persamaan 2.33)}$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{b - (\emptyset \times nt) - (2 \times \text{decking})}{5} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.34)}$$

Jadi, tulangan lentur yang dipasang sesuai dengan yang telah dihitung

3. Tulangan pembagi

$$\text{Tulangan pembagi} = 20\% \times A_{st} \text{ tulangan pasang}$$

Tulangan bagi yang dipakai

$$\pi \times \frac{1}{4} \times \phi^2 \times \left(\frac{b}{s \text{ tulangan}} \right) \quad \dots (\text{Persamaan 2.35})$$

2.6.3 Perencanaan Rangka Utama

- Perencanaan Lengkung Busur

Untuk merencanakan jembatan dengan bentuk yang baik, dimana lantai kendaraan berada di bawah busur, menurut buku Ir. H. J. Struyk, Prof. Ir. K. H. C.W. Van Der Veen, dan Soemargono.1990. Jembatan, direncanakan :

$$f = 1/5 L \text{ sampai dengan } 1/8 L \quad \dots (\text{Persamaan 2.36})$$

$$h = 1/25 L \text{ sampai dengan } 1/45 L \quad \dots (\text{Persamaan 2.37})$$

Jika pada jembatan yang kecil tidak ada portal akhir dalam bidang vertical-vertical akhir :

$$H = 1/12 L \quad \dots (\text{Persamaan 2.38})$$

$$f = 1/6 L \text{ sampai dengan } 1/8 L \quad \dots (\text{Persamaan 2.39})$$

$$h = 1/33 L \quad \dots (\text{Persamaan 2.40})$$

Jika ada portal akhir, maka :

$$f = 1/20 L > H \quad \dots (\text{Persamaan 2.41})$$

$$h = 1/33 L \quad \dots (\text{Persamaan 2.42})$$

Dimana:

f = tinggi lengkung busur

L = panjang bentang

Panjang penggantung dicari dengan menggunakan perhitungan pendekatan persamaan sumbu geometrik.

Persamaan Parabola

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2} \quad \dots \text{(Persamaan 2.43)}$$

$$Y_n' = f - Y_n \quad \dots \text{(Persamaan 2.44)}$$

Panjang tiap segmen

$$\Delta S_n = \sqrt{(Y_n' - Y_{n-1}')^2 + \Delta X^2} \quad \dots \text{(Persamaan 2.45)}$$

2.6.4 Perencanaan Balok Memanjang dan Melintang

Dalam merencanakan balok memanjang dan melintang mengacu pada SNI T-03-2005

- Kuat nominal lentur penampang dengan pengaruh tekuk lokal
 - Penampang kompak $\lambda \leq \lambda_p$

$$M_n = M_p$$
 - Penampang tidak kompak $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)}$$
 - Penampang langsing $\lambda \leq \lambda_r$

$$M_n = M_r (\lambda_r / \lambda)^2$$
- Cek pengaruh tekuk lokal

- Cek kelangsingan sayap

$$\lambda = \frac{bf}{tf} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.46)}$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{fy}} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.47)}$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{fy - fr}} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.48)}$$

- Cek kelangsingan badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.49)}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.50)}$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{fy}} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.51)}$$

- Cek momen nominal pengaruh tekuk lateral

- Bentang Pendek $L \leq L_p$

$$M_n = M_p$$

- Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

- Bentang Panjang $L \geq L_r$

$$M_n = M_{cr} \leq M_p$$

Dimana:

$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \dots \text{ (Persamaan 2.52)}$$

$$f_l = f_y - f_r \quad \dots \text{ (Persamaan 2.53)}$$

$$L_r = r_y \left[\frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}} \quad \dots \text{(Persamaan 2.54)}$$

- Menentukan tahanan momen lentur
Momen nominal diambil yang terkecil menentukan $M_u \leq \phi \cdot M_n$

- Menentukan tahanan momen lentur

- Untuk nilai

$$\left(\frac{h}{t_w} \right) \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} ; K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h} \right)^2}$$

Tahanan geser plastis

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

- Untuk nilai

$$1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \left(\frac{h}{t_w} \right) \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}}$$

Tahanan geser elasto plastis

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \left[1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \right] \frac{1}{\left(\frac{h}{t_w} \right)}$$

- Untuk nilai

$$1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \left(\frac{h}{t_w} \right)$$

Tahanan geser plastis

$$V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot K_n \cdot E}{\left(\frac{h}{t_w} \right)^2}$$

- Kontrol Lendutan
 $(5L^2)[M_s - 0,1(M_a+M_b)]/(48EI) \quad \dots \text{ (Persamaan 2.55)}$

Dimana:

M_s = momen di tengah lapangan

M_a = momen tumpuan

M_b = momen tumpuan

Batas lendutan maksimum $L/800$

2.6.5 Perencanaan Sambungan

Konstruksi terdiri dari beberapa bagian terpisah, yang kemudian akan dihubungkan menjadi satu bagian. Salah satu cara untuk menghubungkan bagian dari konstruksi tersebut adalah dengan cara memberikan sambungan. Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las)

- Sambungan Baut
 Sambungan baut berdasarkan pada SNI 03-1729-2002 (LRFD) kekuatan satu baut ditinjau dari :
 - Kekuatan Geser

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad \dots \text{ (Persamaan 2.56)}$$

Dengan :

$r_1 = 0,5$ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0,4$ untuk baut dengan ulir pada bidang geser

f_u^b = kuat tarik baut (MPa)

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

m = jumlah bidang geser

- Kekuatan Tumpu

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad \dots \text{(Persamaan 2.57)}$$

Dengan :

d_b = diameter baut pada daerah tak berulir

t_p = tebal plat

f_u = kuat tarik putus terendah dari baut atau plat

- Kekuatan Tarik

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad \dots \text{(Persamaan 2.58)}$$

Dengan :

f_u^b = kuat tarik baut (MPa)

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_u harus memenuhi :

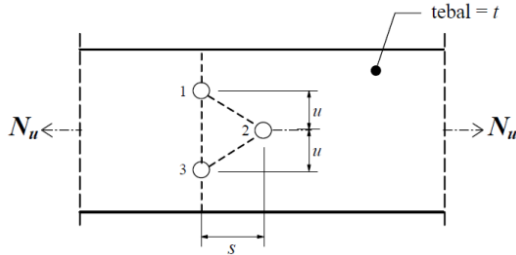
$$R_u \leq \phi \cdot R_n \quad \dots \text{(Persamaan 2.59)}$$

Dengan :

ϕ = faktor reduksi kekuatan (0,75)

R_n = kuat nominal baut (berdasarkan nilai kekuatan geser, tarik, tumpu diambil nilai terkecil)

- Tinjauan Pelat



Gambar 2.11 Robekan Baut Terhadap Plat Sambung
Sumber : RSNI T-03-2005 Gambar 1

Potongan 1-3: $A_n = A_g - ndt$

Potongan 1-2-3: $A_n = A_g - ndt + \sum \frac{s^2 t}{4u}$

Dengan :

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

t = tebal penampang (mm)

d = diameter lubang (mm)

n = banyaknya lubang dalam garis potongan

s = jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur

u = jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur

- Sambungan Las

Tabel 2.16 Ukuran Minimu Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, t [mm]	Tebal minimum las sudut, t_w [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Sumber : LRFD Tabel 7.1

Kuat rencana persatuan panjang las sudut, ditentukan sebagai berikut :

- Berdasarkan bahan las
 $\phi f R_{nw} = 0,75t_t (0,6 f_{uw}) \quad \dots \text{(Persamaan 2.60)}$
- Berdasarkan bahan dasar
 $\phi f R_{nw} = 0,75t_t (0,6 f_u) \quad \dots \text{(Persamaan 2.61)}$

Las sudut memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad \dots \text{(Persamaan 2.62)}$$

Dengan :

$\phi f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan saat fraktur

f_{uw} = tegangan tarik putus logam las (Mpa)

f_u = tegangan tarik putus bahan dasar (Mpa)

t_t = adalah tebal rencana las (mm)

2.6.6 Perencanaan Perletakan

Konstruksi perletakan harus dapat meneruskan gaya vertikal maupun horizontal yang bekerja pada jembatan kepada pondasi jembatan, untuk jenis perletakan yang sering dipakai pada jembatan antara lain :

- Perletakan Sendi

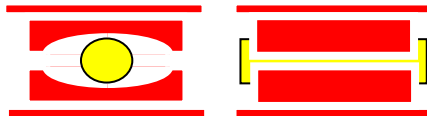
Untuk perletakan jenis sendi dipakai bila tumpuan jembatan menahan gaya vertikal dan horizontal dan tidak menahan momen sehingga rotasi pada tumpuan jenis ini dapat terjadi.



Gambar 2.12 Perletakan Sendi dapat dibuat dari konstruksi baja

- Perletakan Rol

Untuk perletakan jenis sendi dipakai bila tumpuan jembatan menahan gaya vertikal dan tidak menahan momen dan gaya horizontal sehingga rotasi dan



perubahan posisi tumpuan bidang horizontal pada tumpuan jenis ini dapat terjadi.

Gambar 2.13 Perletakan Rol dapat dibuat dari konstruksi baja

2.7 Perencanaan Bangunan Bawah

Yang termasuk bangunan bawah pada tugas akhir ini adalah abutmen dan pondasi. Dimana setiap bagian tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

2.7.1 Perencanaan Kepala Jembatan

Kepala jembatan (abutmen) merupakan suatu bangunan /bagian dari konstruksi jembatan yang menerima beban dari bangunan atas dan tekanan tanah yang selanjutnya akan

disalurkan ke pondasi. Tekanan tanah dapat berupa tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah aktif adalah tekanan yang membebani dinding penahan tanah dengan arah horizontal di bagian belakang abutmen dan besar tekanan dapat meningkat perlahan-lahan sampai mencapai harga tetap. Sedangkan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang mempunyai tegangan horizontal yang arahnya berlawanan dengan tekanan tanah aktif. Beban yang bekerja pada abutmen yaitu :

- Beban Vertikal
 - Beban dari bangunan atas
 - Berat sendiri abutmen
 - Berat pelat injak
 - Berat tanah
- Beban Horizontal
 - Tekanan tanah aktif

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots \text{(Pers. 2.63)}$$

$$K_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_v} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots \text{(Pers. 2.64)}$$

$$q_a = \lambda \times h \times K_a \quad \dots \text{(Pers. 2.65)}$$

Dimana:

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

σ_a = tegangan aktif

σ_v = tegangan arah vertikal

ϕ = sudut geser tanah

- Tekanan tanah pasif

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots \text{(Pers. 2.66)}$$

$$\frac{\sigma_p}{\sigma_v} = K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots \text{(Pers. 2.67)}$$

$$q_p = \lambda \times h \times K_a \quad \dots \text{(Pers. 2.68)}$$

Dimana:

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

σ_p = tegangan pasif

σ_v = tegangan arah vertikal

ϕ = sudut geser tanah

- Tekanan tanah akibat beban gempa (tekanan tanah dinamik)

$$\bar{\beta} = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right) \quad \dots \text{(Pers. 2.69)}$$

$$K'_a = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \bar{\beta})}{\cos^2 \theta \cos \bar{\beta} \cos(\delta + \theta + \bar{\beta}) \left\{ 1 + \left[\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \alpha - \bar{\beta})}{\cos(\delta + \theta + \bar{\beta}) \cos(\theta - \alpha)} \right]^2 \right\}^{1/2}} \quad \dots \text{(Pers. 2.70)}$$

$$P_{ae} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K'_a \quad \dots \text{(Pers. 2.71)}$$

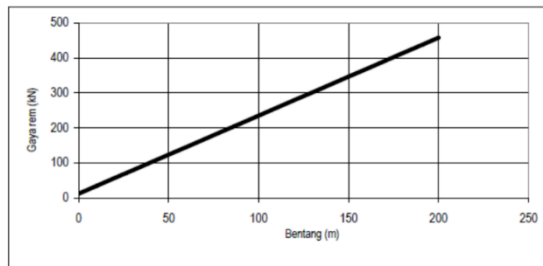
Dimana:

K_a = koefisien tekanan tanah dinamik

P_{ac} = tekanan tanah dinamik

- **Beban Rem**

Analisa beban rem berdasarakan SNI T-12-2005. Pengaruh gaya rem diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap pada semua jalur lalulintas atau menggunakan table berikut.



Gambar 2.14 Grafik gaya rem

Sumber : RSNI T-02-2005 Gambar 9

- **Gaya Gempa Bumi**

Perencanaan beban gempa untuk jembatan berdasarakan SNI 2833-2013. 50% dari beban total bangunan atas direncanakan sebagai beban gempa yang masuk pada abutmen

- **Beban Angin**

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \quad \dots \text{(Pers. 2.72)}$$

Dimana:

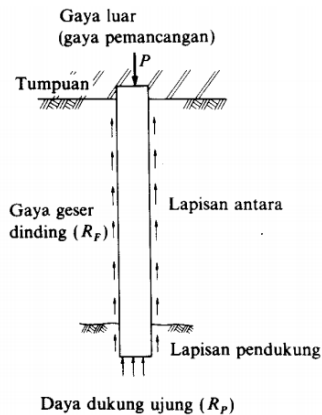
V_w = kecepatan angin rencana (m/dt)

C_w = koefisien seret

A_b = Luas ekuivalen bagian samping jembatan

2.7.2 Perencanaan Pondasi

Perencanaan pondasi yang akan digunakan harus memperhitungkan jenis tanah di lokasi tersebut. Untuk mengetahui jenis tanah maka harus memiliki data tanah yang berupa data SPT maupun data property tanah itu, untuk mengetahui letak tanah keras pada kedalaman berapa meter. Setelah mengetahui letak tanah keras maka bisa dipilih jenis pondasi yang akan digunakan, untuk letak tanah keras yang lebih dari 10 meter bisa menggunakan jenis pondasi dalam sehingga beban yang terjadi dapat disalurkan ke tanah keras.



Gambar 2.15 Daya dukung tiang pancang

Sumber : Mekanika Tanah & Teknik Pondasi(Ir. Suyono)

2.7.3 Pondasi Tiang Pancang Tunggal

Sebelum merencanakan pondasi tiang pancang, kita harus menentukan daya dukung suatu tiang. Daya dukung suatu tiang harus berdasarkan hasil data SPT di lokasi tersebut. Rumus yang digunakan untuk menentukan daya dukung suatu tiang pancang adalah :

- Gaya geser dinding tiang

$$R_f = U \times \sum (l_i \times f_i) \quad \dots \text{(Pers. 2.73)}$$

Dengan :

R_f = gaya geser dinding tiang (ton)

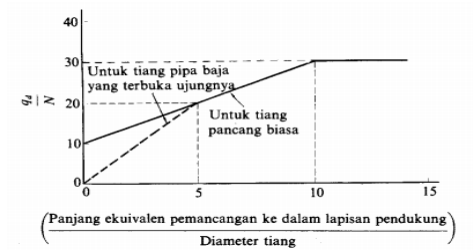
U = keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m²)

- Daya dukung ujung tiang

Untuk daya dukung terpusat tiang dapat dicari dengan table di bawah ini :



Gambar 2.16 Diagram perhitungan daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

Sumber : Mekanika Tanah & Teknik Pondasi(Ir. Suyono)

Setelah menentukan diameter tiang pancang dan panjang penetrasi tiang sampai ke lapisan pendukung sudah di dapat maka q_d dapat dicari.

$$R_p = q_d \times A \quad \dots \text{(Pers. 2.74)}$$

Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang.

Dengan :

R_p = daya dukung ujung tiang (ton)

q_d = daya dukung terpusat tiang (ton)

A = luas ujung tiang (m^2)

- Daya dukung ultimate tiang

$$R_u = R_f + R_p \quad \dots \text{(Pers. 2.75)}$$

Dengan :

R_u = daya dukung ultimate tanah pondasi (ton)

R_f = gaya geser dinding tiang (ton)

R_p = daya dukung ujung tiang (ton)

- Daya dukung ijin tiang

$$R_a = \frac{1}{n} \times (R_u - W_s) + W_s - W \quad \dots \text{(Pers. 2.76)}$$

Dengan :

R_a = daya dukung ujung tiang (ton)

R_u = daya dukung ultimate tanah pondasi (ton)

W_s = berat efektif tanah yang dipindahkan oleh tiang

W = berat efektif tiang dan tanah di dalam tiang (ton)

n = faktor keamanan

Tabel 2.27 Faktor Kemanan

	Jembatan jalan raya		Jembatan kereta api	Konstruksi pelabuhan	
	Tiang pendukung	Tiang geser	—	Tiang pendukung	Tiang geser
Beban tetap	3	4	3	Lebih besar dari 2,5	
Beban tetap + Beban sementara	—	—	2	—	
Waktu gempa	2	3	1,5 (1,2)	Lebih besar dari 1,5	Lebih besar dari 2,0

Angka dalam tanda kurung: Bila beban kereta api diperhitungkan

Sumber : Mekanika Tanah & Teknik Pondasi (Ir. Suyono)

- Daya dukung mendatar yang diijinkan

$$k = k_0 \cdot y^{-1/2} \quad \dots \text{(Pers. 2.77)}$$

$$k_0 = 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \quad \dots \text{(Pers. 2.78)}$$

$$\beta = \sqrt[4]{(k \cdot D) / 4EI} \text{ (cm}^{-1}\text{)} \quad \dots \text{(Pers. 2.79)}$$

$$H_a = \frac{\kappa \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a \quad \dots \text{(Pers. 2.80)}$$

Dengan :

k = Koefisien reaksi lapisan tanah di bawah permukaan dalam arah vertical (kg/m^3)

y = besarnya pergeseran yang akan dicari (cm)

E_0 = modulus deformasi tanah pondasi, biasanya diperkirakan dari

$E_0 = 28 N$

D = diameter tiang (cm)

EI = Kekakuan lentur dari tiang (kg/cm^{-1})

H_a = Daya dukung mendatar yang diijinkan (kg)

δ_a = besar pergeseran normal (cm)

2.7.4 Pondasi Tiang Pancang Kelompok

Perencanaan pondasi tiang pancang kelompok bertujuan untuk mendapatkan daya dukung yang lebih besar dari tiang tunggal.

$$Q_{\text{kel}} = Q_{\text{ijin 1 tiang}} \times \text{efisiensi}$$

Perhitungan efisiensi tiang menurut Converse-Labarre Formula:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90 mn'} \quad \dots \text{(Pers. 2.81)}$$

Dengan :

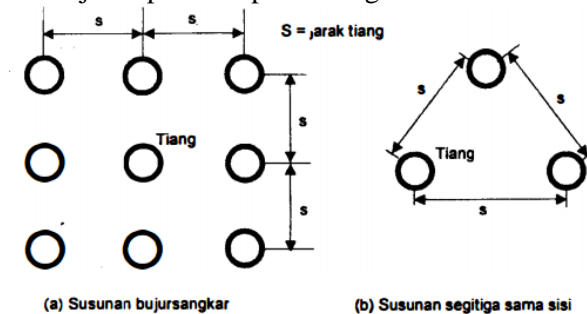
E_g = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

θ = arc $\text{tg } d/s$, dalam derajat

s = jarak pusat ke pusat tiang



Gambar 2.17 Definisi jarak S dalam hitungan efisiensi tiang
Sumber : Mekanika Tanah & Teknik Pondasi (Ir. Suyono)

Beban aksial pada tiang:

$$Q_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y x_i}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x y_i}{\Sigma y^2} \quad < Q \text{ ijin 1 tiang dalam kelompok}$$

$$M_y = e_x V \text{ dan } M_x = e_y V \quad \dots (\text{Pers. 2.82})$$

Dengan :

Q_i = beban aksial pada tiang ke- i

N = jumlah tiang

V = jumlah beban vertical yang bekerja pada pusat kelompok tiang

x, y = berturut-turut jarak tiang terhadap sumbu x dan y

M_x, M_y = momen terhadap sumbu x dan y

e_x, e_y = eksentrisitas resultan beban searah sumbu x dan y

2.7.5 Pondasi Tiang Pancang Miring

Tiang miring umumnya dipakai bila tiang dipengaruhi oleh beban lateral yang lebih dari 5 kN per tiang (Teng, 1962). Kemiringan tiang yang sering dipakai : 1H : 12V sampai 5H : 12V (H = horisontal, V = vertikal). Hitungan besarnya gaya yang bekerja pada masing-masing tiang menurut cara Culmann:

- Hitung resultan gaya-gaya yang bekerja pada tiang-tiang. Uraikan resultan gaya R menurut sumbu vertikal dan horizontal
- Hitung gaya vertikal yang terjadi pada masing-masing tiang (tiang-tiang dianggap hanya menderita gaya vertikal). Beban vertikal pada masing-masing tiang dihitung dengan persamaan

$$Q_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y}{\sum y^2} \quad \dots \text{(Pers. 2.83)}$$

$$M_x = e_y V \text{ dan } M_y = e_x V$$

Dengan :

Q_v = beban vertical pada masing-masing tiang

n = jumlah tiang

V = jumlah beban vertical yang bekerja pada pusat kelompok tiang

x, y = berturut-turut jarak tiang terhadap sumbu x dan y

M_x, M_y = momen terhadap sumbu x dan y

e_x, e_y = eksentrisitas resultan beban searah sumbu x dan y

- Masing-masing tiang dianggap mendukung beban aksial Q_1, Q_2, Q_n . Besarnya beban aksial pada tiang:

$$Q_n = \frac{Q_v}{\cos \theta} \quad \dots \text{(Pers. 2.84)}$$

Dengan :

θ = sudut antara tiang dengan garis vertikal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

- Data primer
Tidak dilakukan pengamatan langsung dilapangan

- Data sekunder
Data perencanaan yang dibutuhkan antara lain :
 - a. Gambar jembatan existing, meliputi
 - Potongan memanjang dan melintang jembatan
 - b. Data tanah

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan untuk merencanakan suatu jembatan, dengan memperolehnya dari:

- Buku-buku yang berkaitan
- Peraturan-peraturan yang berkaitan

3.3 Preliminary Desain

1. Plat lantai kendaraan (SNI T-12-2004)

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq (100 + 40l) \text{ mm}$$

2. Balok memanjang dan balok melintang

$$M_u \leq \Phi M_n$$

$$\frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \leq Z_x \cdot f_y$$

3. Batang penggantung

$f = 1/5L$ sampai dengan $1/8L$

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2}$$

Dimana :

L = Panjang Jembatan

X = Jarak antar gelagar melintang

Y_n = Panjang penggantung

4. Batang lengkung

$$\Delta S_n = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$

3.4 Analisa Pembebanan

Pembebanan pada perencanaan jembatan ini mengacu pada RSNI T-02-2005 Beban-beban meliputi:

1. Pada Pelat lantai kendaraan

Beban tetap meliputi :

- Berat sendiri pelat
- Beban mati tambahan berupa beban aspal
- Beban parapet

Beban lalu lintas adalah beban truk "T"

2. Pada Gelagar memanjang

Beban tetap meliputi :

- Berat sendiri profil gelagar memanjang
- Berat pelat lantai kendaraan
- Beban mati tambahan berupa beban aspal pada pelat

Beban lalu lintas meliputi :

- Beban Terbagi Rata (BTR)
- Beban Garis Terpusat (BGT)

3. Pada Gelagar melintang

Beban tetap meliputi :

- Berat sendiri profil gelagar melintang
- Berat dari gelagar memanjang

- Berat pelat lantai kendaraan
- Beban mati tambahan berupa beban aspal pada pelat
- Beban parapet

Beban lalu lintas meliputi :

- Beban Terbagi Rata (BTR)
- Beban Garis Terpusat (BGT)
- Beban Truk "T"

4. Pada Struktur rangka utama

Beban tetap meliputi :

- Berat sendiri profil rangka utama
- Berat dari gelagar memanjang
- Berat pelat lantai kendaraan
- Beban mati tambahan berupa beban aspal pada pelat
- Beban parapet

Beban lalu lintas meliputi :

- Beban Terbagi Rata (BTR)
- Beban Garis Terpusat (BGT)
- Beban Truk "T"

Beban lateral meliputi :

- Beban angin
- Beban gempa

3.5 Kombinasi Beban

Kombinasi pembebanan didasarkan pada ketentuan dalam SNI T-02-2005 Standar Pembebanan Jembatan yaitu :

Tabel 3.1 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas layan dan ultimate

Aksi	Kelayanan						Ultimit							
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
Aksi Permanen : Berat sendiri Beban mati tambahan Susut rangkai Pratekan Pengaruh beban tetap pelaksanaan Tekanan tanah Penurunan		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aksi Transien : Beban lajur "D" atau beban truk "T" Gaya rem atau gaya sentrifugal Beban pejalan kaki Gesekan perletakan Pengaruh suhu Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung Beban angin	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o	o		
Aksi Khusus : Gempa Beban tumbukan Pengaruh getaran Beban pelaksanaan														
						X								X

* X * berarti beban yang selalu aktif
 * O * berarti beban yang boleh dikombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.

(1) * aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL
 (2) * aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL
 (3) * aksi permanen "x" KBL + beban aktif "x" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL

Aksi permanen "x" KBU + beban aktif "x" KBU + 1 beban "o" KBL

Sumber : RSNI T-02-2005 Tabel 40

Tabel 3.2 Kombinasi beban untuk perencanaan tegangan kerja

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap	X	X	X	X	X	X	X
Beban lalu lintas	X	X	X	X	-	-	X
Pengaruh temperatur	-	X	-	X	-	-	-
Arus/hanyutan/hidro/daya apung	X	X	X	X	X	-	-
Beban angin	-	-	X	X	-	-	-
Pengaruh gempa	-	-	-	-	X	-	-
Beban tumbukan	-	-	-	-	-	-	X
Beban pelaksanaan	-	-	-	-	-	X	-
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan f_{os}	nil	25%	25%	40%	50%	30%	50%

Sumber : RSNI T-02-2005 Tabel 41

3.6 Analisa Struktur

Setelah mengetahui beban-beban yang bekerja pada struktur, maka proses selanjutnya adalah proses analisa struktur. Dalam proses analisa struktur menggunakan perhitungan yang bersumber dari peraturan yang masih berlaku. Langkah-langkah dalam analisa struktur antara lain :

1. Mutu Beton, f_c' = 35 MPa
Mutu Baja = BJ-55
2. Mendefinisikan beban yang bekerja pada struktur
3. Perhitungan pelat lantai kendaraan dan kombinasi kestabilan pelat
4. Mendefinisikan dimensi balok memanjang dan melintang yang akan digunakan
5. Mendefinisikan kombinasi pembebanan
Karena pembebanan telah dikalikan dengan faktor maka kombinasi tidak perlu lagi dikalikan dengan faktor lagi. Kombinasi pembebanan terdiri dari :
 - Kombinasi beban tetap (beban mati dan beban hidup)
 - Kombinasi beban sementara akibat angin
 - Kombinasi beban sementara akibat gempa
6. Memodelkan struktur sesuai dengan gambar rencana yang telah dibuat
7. Menginput beban gaya yang bekerja
8. Menjalankan proses analisa struktur
9. Menganalisa gaya-gaya yang bekerja, antara lain :
 - Momen
 - Geser
 - Aksial
10. Analisa joint reaction untuk perhitungan perletakan dan desain pondasi abutmen
11. Desain pondasi abutmen
Perhitungan daya dukung tiang pancang baik arah vertikal dan horizontal dihitung menggunakan metode spring constant. Perbandingan tekanan tanah aktif dan pasif biasanya kurang lebih adalah 1 : 2 – 3. Dengan metode spring constant ini akan dimodelkan perbandingan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif adalah 1 : 1, jadi kekuatan tanah pasif yang akan melawan

tekanan tanah aktif dimodelkan setara dengan kekuatan tanah aktif yang terjadi. Metode ini memodelkan keliling permukaan sepanjang tiang pancang adalah spring/pegas dan ujung tiang adalah rol. Salah satu contoh rumus yang digunakan adalah spring constant nakazawa.

- Perhitungan daya dukung vertikal

$$K_v = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75} \cdot A$$

Keterangan :

K_v : daya dukung vertikal (T/m)

E_o : 28 N (N = jumlah SPT tiap 1 m)
(kg/cm²)

D : diameter tiang pancang (cm)

A : luas permukaan tiang pancang (cm²)

- Perhitungan daya dukung horizontal

$$K = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75} \cdot y^{-0,75}$$

Keterangan :

Y : tinjauan per 1 cm

$$K_x = K_y = K \cdot D \cdot Dz$$

Keterangan :

Dz : kedalaman tinjauan (m)

3.7 Kontrol Kestabilan Struktur

Setelah mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi maka perlu diadakan pengecekan terhadap kestabilan struktur dalam menahan beban-beban yang terjadi, control tersebut meliputi :

1. Pada pelat lantai kendaraan :
 - Kontrol tebal pelat
 - Kontrol geser pons
 - Kontrol jarak antar tulangan
2. Pada balok memanjang dan melintang :

- Kontrol lentur
 - Kontrol geser
 - Kontrol lendutan
3. Pada rangka utama :
 - Kontrol kelangsingan
 - Kontrol kekuatan batang

3.8 Perencanaan Bangunan Bawah

Perencanaan bangunan bawah meliputi :

1. Perencanaan abutmen.
 - Perencanaan dimensi abutmen
 - Analisa gaya dalam yang terjadi akibat beban yang bekerja pada abutmen
 - Perencanaan tulangan abutmen
2. Perencanaan pondasi tiang pancang.
 - Perencanaan daya dukung tanah
 - Perencanaan kebutuhan tiang pancang dan konfigurasi tiang pancang
3. Perencanaan poer.
 - Perencanaan dimensi poer
 - Analisa gaya dalam yang terjadi akibat beban yang bekerja pada poer
 - Perencanaan tulangan poer
 - Kontrol geser pons

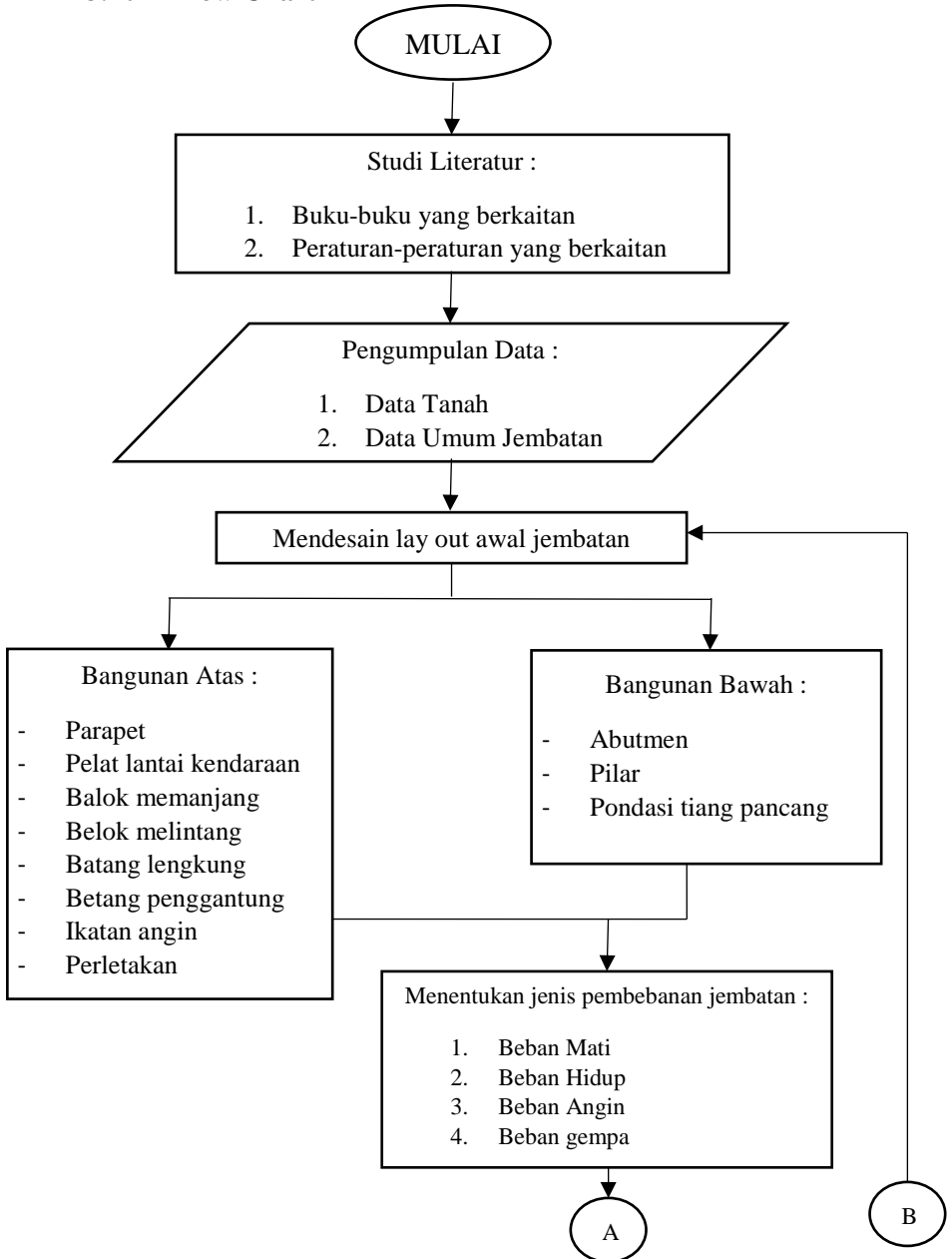
3.9 Penggambaran Hasil Rencana

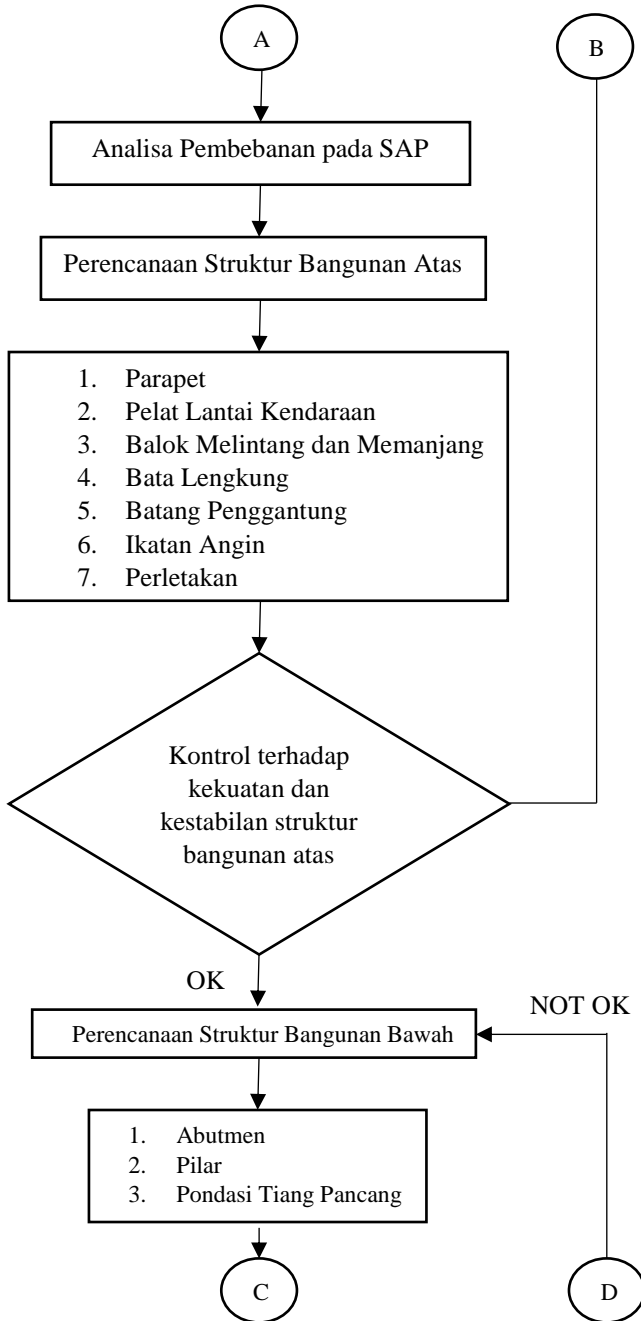
Agar desain yang dibuat lebih dimengerti, maka perlu dituangkan dalam bentuk gambar struktur. Gambar struktur meliputi :

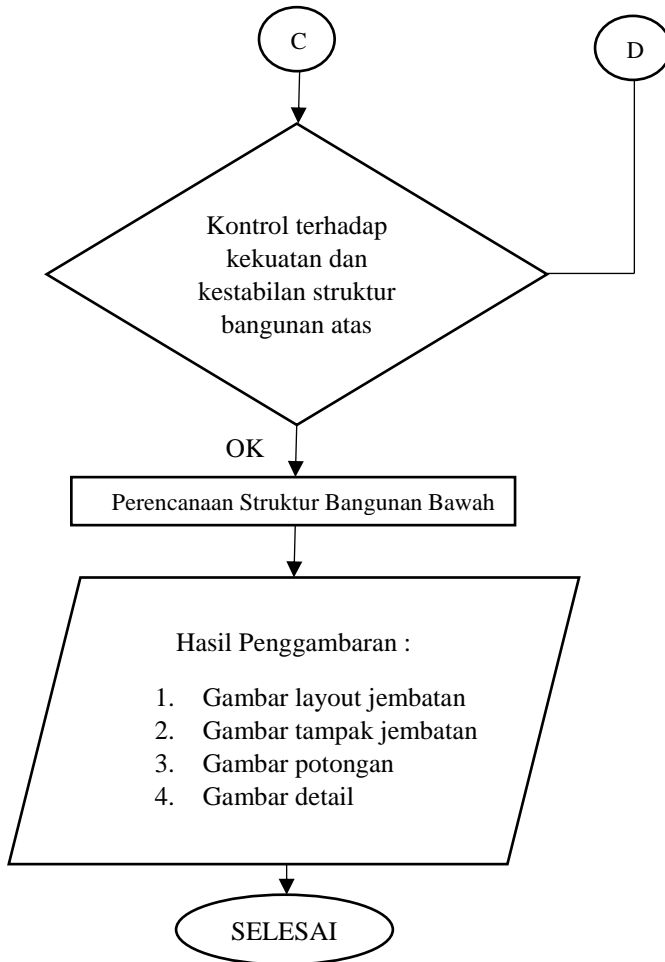
1. Gambar denah jembatan
2. Gambar potongan memanjang dan melintang jembatan
3. Gambar denah gelagar

4. Gambar detail sambungan
5. Gambar detail dan penulangan abutmen
6. Gambar denah pondasi tiang pancang

3.10 Flow Chart







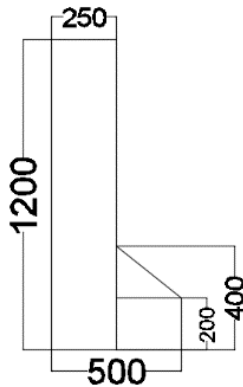
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PERENCANAAN PARAPET DAN LANTAI KENDARAAN

4.1 Perencanaan Parapet Jembatan

Pada tugas akhir terapan ini , sandaran pada jembatan menggunakan parapet sebagai dinding penahan kendaraan, karena Jembatan Ketonggo ini merupakan bagian dari jalan Tol Ngawi - Kertosono sehingga tidak memerlukan kerb dan trotoar.



Gambar 4.1 *Preliminary design* parapet
Dimensi Parapet yang direncanakan sebagai berikut :

$$h = 1200 \text{ mm}$$

$$b_1 = 250 \text{ mm}$$

$$b_2 = 500 \text{ mm}$$

4.1.1 Analisa Pembebanan Parapet

Pada Perencanaan Parapet pembebanan yang bekerja yaitu beban mati (berat sendiri parapet) dan beban hidup parapet.

1. Beban Mati

Volume parapet per meter

$$\begin{aligned} V_1 &= 0,25 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 0,30 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= (0,25 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1 \text{ m})/2 \\ &= 0,03 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= 0,25 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 0,05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

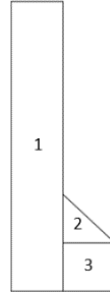
Total volume parapet

$$= 0,30 \text{ m}^3 + 0,03 \text{ m}^3 + 0,05 \text{ m}^3 = 0,375 \text{ m}^3$$

Beban mati parapet

$$= 0,375 \times 25 \times 1,3$$

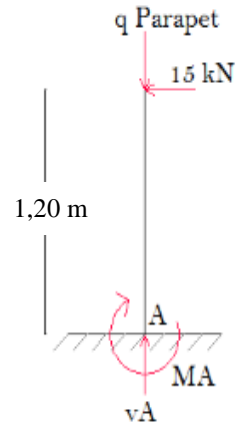
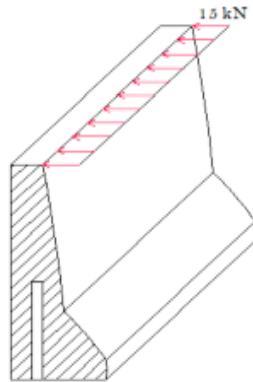
$$= 12,1875 \text{ kN/m}$$



2. Beban Hidup

Parapet direncanakan untuk menahan benturan dan menjaga kendaraan agar tidak keluar dari jembatan seperti fungsi kerb, sehingga beban hidup yang digunakan dalam perencanaannya memakai beban hidup pada kerb yaitu sebesar 15 kN/m.

4.1.2 Perhitungan Gaya Dalam



$$\begin{aligned} MA &= 15 \times H \\ &= 15 \text{ kN} \times 1,2 \text{ m} \\ &= 18 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$VA = 15 \text{ Kn}$$

$$\begin{aligned} MU &= MA \times KuTP \\ &= 18 \text{ kN} \times 1,8 \\ &= 32,4 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VU &= VA \times KuTP \\ &= 15 \text{ kN} \times 1,8 \\ &= 27 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Tulangan Parapet

Mutu beton,	f_c'	= 30	Mpa
Mutu baja tulangan,	f_y	= 400	Mpa
Decking,	d'	= 30	mm
Tebal efektif,	d	= 470	mm
Lebar yang ditinjau,	b	= 1000	mm
Faktor reduksi lentur,	ϕ	= 0,8	
Diameter tulangan lentur,	D	= 16	mm
Diameter tulangan bagi	\emptyset	= 13	mm

- Tulangan Lentur

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{32,5 \text{ kN.m}}{0,8} = 40,5 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{40,5 \times 10^6 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \times 547^2 \text{ mm}} = 0,18334 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{\beta_1 \times 0,85 \times f_c' \times 600}{f_y \times (600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 600}{400 \text{ Mpa} \times (600 + 400)} \\ &= 0,0325125 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,032513 = 0,0243844 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,6863$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,6863} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6863 \times 0,18336}{400}} \right) \\ &= 0,0004600 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 > 0,0004600 < 0,0243844$$

Maka diambil $\rho_{\min} = 0,0035$

Luas tulangan utama yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 470 \\ &= 1645 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan utama D 16

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 256 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_s \text{ pasang} \times b}{A_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{200,96 \times 1000}{1914,2} \\ &= 122,16 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan D 16 – 100 ,

($A_s = 2009,6 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Bagi

Luas tulangan bagi yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_s &= 50\% \times A_s \\ &= 50\% \times 1645 \\ &= 822,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan bagi $\emptyset 13$

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 169 \\ &= 132,665 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

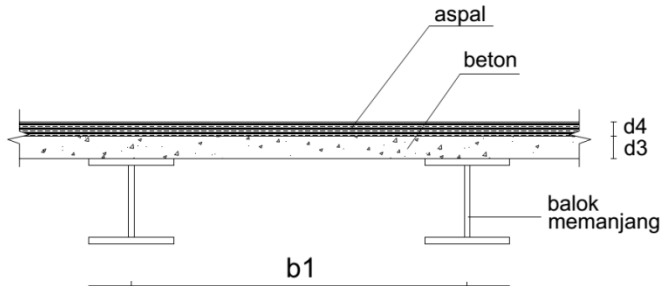
Jumlah tulangan bagi yang diperlukan

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} = \frac{822,5 \text{ mm}^2}{132,665 \text{ mm}^2} = 6,20$$

maka dipasang tulangan bagi 7 D 13

4.2 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Perencanaan plat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s , yang memenuhi ketentuan dalam *RSNI T-12-2004*



Gambar 4.2 Lantai Kendaraan

$$\begin{aligned} \text{Dimensi pelat} &= t_s \geq 100 + 40 b1 \text{ mm} \\ &= t_s \geq 100 + 40 (1,25 \text{ m}) \text{ mm} \\ &= t_s \geq 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipakai tebal pelat lantai = 150 mm

4.2.1 Pembebanan

a. Beban Mati (MS)

$$\begin{aligned} \text{Lantai jembatan} &= t_s \times \gamma_{\text{beton}} \times b \\ &= 0,15 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \\ &= 3,75 \text{ kN/m} \\ Q_{\text{MS}} &= 3,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Beban Mati Tambahan (MA)

$$\begin{aligned} \text{Aspal + Overlay} &= t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{Aspal}} \times b \\ &= 0,07 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \\ &= 1,54 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air hujan} &= t_{\text{air hujan}} \times \gamma_{\text{Air}} \times b \\ &= 0,05 \text{ m} \times 9,8 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \\ &= 0,49 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{MA} &= Q_{MA\ 1} + Q_{MA\ 2} \\
 &= 1,54 \text{ kN/m} + 0,49 \text{ kN/m} \\
 &= 2,03 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

c. Beban Hidup

- Beban Truk

Faktor beban dinamis, DLA = 30%

Beban truk, T = 112,5 kN

$$\begin{aligned}
 P_{TT} &= T \times KD \\
 &= T \times (1 + DLA) \\
 &= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3) \\
 &= 146,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Beban Angin

Koefisien seret, Cw = 1,2

Tabel 4.1 Kecepatan Angin

Keterangan	Notasi	Layan	Ultimit	Satuan
Faktor Beban	Kew	1	1,2	
Kec. Angin	Vw	30	35	m/det

Sumber : RSNI T-02-2005

Keterangan:

Kecepatan angin didapat dari tabel **RSNI T-02-2005**

hal 34, lokasi jembatan > 5 km dari pantai

Kondisi Layan

$$\begin{aligned}
 T_{ew} &= 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \\
 &= 0,0012 \times 1,2 \times (25 \text{ m/det})^2 \\
 &= 0,9 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$P_{ew} = \frac{h/2}{1,75} \times T_{ew}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2m/2}{1,75} \times 0,9 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,514 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kondisi Ultimate

$$\begin{aligned}
 T_{ew} &= 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \\
 &= 0,0012 \times 1,2 \times (30 \text{ m/det})^2 \\
 &= 1,296 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ew} &= \frac{h/2}{1,75} \times T_{ew} \\
 &= \frac{2m/2}{1,75} \times 1,296 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,741 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Pengaruh Temperatur

Faktor beban layan	= 1
Faktor beban ultimit	= 1,2
Temperatur rata-rata minimum	= 15°C
Temperatur rata-rata maksimum	= 40°C
Selisih temperatur	= (40-15)°C
	= 25 °C
Kuat tekan beton	= 30 Mpa
Modulus elastisitas (E)	= 25743 MPa
Koefisien akibat temperatur (α)	= 0,00001

Momen Inersia lantai beton

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times b \times h^3 \\
 &= 1/12 \times 1000 \text{ mm} \times (200 \text{ mm})^3 \\
 &= 666666666,7 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Momen

- a. Akibat Beban Mati (Q_{MS})
- Momen tumpuan

$$= 1/12 \times Q_{MS} \times S^2$$

$$= 1/12 \times 3,75 \text{ kN/m} \times (1,25 \text{ m})^2$$

$$= 0,488 \text{ kNm}'$$
 - Momen lapangan

$$= 1/24 \times Q_{MS} \times S^2$$

$$= 1/24 \times 3,75 \text{ kN/m} \times (1,25 \text{ m})^2$$

$$= 0,244 \text{ kNm}'$$
- b. Akibat Beban Mati Tambahan (Q_{MA})
- Momen tumpuan

$$= 5/48 \times Q_{MA} \times S^2$$

$$= 5/48 \times 2,03 \text{ kN/m} \times (1,25 \text{ m})^2$$

$$= 0,0,33 \text{ kNm}'$$
 - Momen lapangan

$$= 5/96 \times Q_{MA} \times S^2$$

$$= 5/96 \times 2,03 \text{ kN/m} \times (1,25 \text{ m})^2$$

$$= 0,17 \text{ kNm}'$$
- c. Akibat Beban Hidup
- Akibat Beban Truk (P_{TT})

Momen tumpuan

$$= 5/32 \times P_{TT} \times S$$

$$= 5/32 \times 146,3 \text{ kN/m} \times 1,25 \text{ m}$$

$$= 28,56 \text{ kN}$$

Momen lapangan

$$= 9/64 \times P_{TT} \times S$$

$$= 9/64 \times 146,3 \text{ kN/m} \times 1,25 \text{ m}$$

$$= 25,71 \text{ kN}$$

- Akibat Beban Angin (P_{EW})
 - Momen tumpuan (Ultimit)
 - $= 5/32 \times P_{EW} \times S$
 - $= 5/32 \times 0,7 \text{ kN/m} \times 1,25 \text{ m}$
 - $= 0,14 \text{ kN}$
 - Momen lapangan (Ultimit)
 - $= 9/64 \times P_{EW} \times S$
 - $= 9/64 \times 0,7 \text{ kN/m} \times 1,25 \text{ m}$
 - $= 0,13 \text{ kN}$

- Momen tumpuan (Layan)
 - $= 5/32 \times P_{EW} \times S$
 - $= 5/32 \times 0,5 \text{ kN/m} \times 1,25 \text{ m}$
 - $= 0,10 \text{ kN}$
- Momen lapangan (Layan)
 - $= 9/64 \times P_{EW} \times S$
 - $= 9/64 \times 0,5 \text{ kN/m} \times 1,25 \text{ m}$
 - $= 0,09 \text{ kN}$

- Akibat Pengaruh Temperatur (ET)
 - Momen Tumpuan
 - $= 1/4 \times \Delta T \times \alpha \times EI/h$
 - $= 1/4 \times 25^\circ\text{C} \times 0,00001 \times (1,7 \times 10^{13}/200\text{mm})$
 - $= 6,4 \text{ kNm}$
 - Momen Lapangan
 - $= 7/8 \times \Delta T \times \alpha \times EI/h$
 - $= 7/8 \times 25^\circ\text{C} \times 0,00001 \times (1,7 \times 10^{13}/200\text{mm})$
 - $= 22,53 \text{ kNm}$

4.2.3 Kombinasi Beban

Rekapitulasi momen lapangan dan tumpuan

Tabel 4.2 Rekapitulasi Momen Lapangan dan Tumpuan Pada Pelat

No	Jenis beban	Faktor Beban	Daya Layan	Keadaan Ultimate	M Lap(kNm)	M tump (kNm)
1	B. Mati	Kms	1	1,3	0,244	0,488
2	B. Mati Tambahan	Kma	1	2	0,17	0,33
3	Beban Truk	Ktt	1	2	25,71	28,56
4	Pengaruh temperatur	Ket	1	1,2	12,67	3,62
5a	Beban angin	Kew	1		0,09	0,10
5b	Beban angin	Kew		1,2	0,13	0,14

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4.3 Kombinasi 1 Momen Lapangan Pada Pelat

Kombinasi 1 Momen Lapangan

No	Jenis beban	Faktor Beban		M Lap(kNm)	Aksi	Layan		Aksi	Ultimit Mu Lap
		Layan	Ultimate			Ms Lap			
1	B. Mati	1	1,3	0,244	x KBL	0,244	x KBU	0,317	
2	B. Mati Tambahan	1	2	0,17	x KBL	0,165	x KBU	0,330	
3	Beban Truk	1	2	25,71	x KBL	25,708	x KBU	51,416	
4	Peng. temperatur	1	1,2	12,67	oKBL	12,670	o KBL	12,670	
5a	Beban angin	1		0,09					
5b	Beban angin		1,2	0,13					
					Σ	38,788	Σ	64,734	

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4.4 Kombinasi 2 Momen Lapangan Pada Pelat

Kombinasi 2 Momen Lapangan

No	Jenis beban	Faktor Beban		M Lap(kNm)	Aksi	Layan	Aksi	Ultimit
		Layan	Ultimate			Ms Lap		Mu Lap
1	B. Mati	1	1,3	0,244	x KBL	0,244	x KBU	0,317
2	B. Mati Tambahan	1	2	0,17	x KBL	0,165	x KBU	0,330
3	Beban Truk	1	2	25,71	o KBL	25,708	o KBL	25,708
4	Peng. temperatur	1	1,2	12,67	0,7KBL	8,869		
5a	Beban angin	1		0,09				
5b	Beban angin		1,2	0,13				
Σ						34,987	Σ	26,356

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4.5 Kombinasi 1 Momen Tumpuan Pada Pelat

Kombinasi 1 Momen Tumpuan

No	Jenis beban	Faktor Beban		M Tump(kNm)	Aksi	Layan	Aksi	Ultimit
		Layan	Ultimate			Ms Tum		Mu Tum
1	B. Mati	1	1,3	0,488	x KBL	0,488	x KBU	0,635
2	B. Mati Tambahan	1	2	0,33	x KBL	0,330	x KBU	0,661
3	Beban Truk	1	2	28,56	x KBL	28,564	x KBU	57,129
4	Pengaruh temperatur	1	1,2	3,62	oKBL	3,62	o KBL	3,62
5a	Beban angin	1		0,10				
5b	Beban angin		1,2	0,14				
Σ						33,003	Σ	62,045

Sumber : Analisa Perhitungan

Tabel 4.6 Kombinasi 2 Momen Tumpuan Pada Pelat

Kombinasi 2 Momen Tumpuan

No	Jenis beban	Faktor Beban		M Tump(kNm)	Aksi	Layan	Aksi	Ultimit
		Layan	Ultimate			Mu Tum		Mu Tum
1	B. Mati	1	1,3	0,488	x KBL	0,488	x KBU	0,635
2	B. Mati Tambahan	1	2	0,33	x KBL	0,330	x KBU	0,661
3	Beban Truk	1	2	28,56	o KBL	28,564	o KBL	28,564
4	Pengaruh temperatur	1	1,2	3,62	0.7KBL	2,534		
5a	Beban angin	1		0,10				
5b	Beban angin		1,2	0,14				
Σ						31,917	Σ	29,860

Sumber : Analisa Perhitungan

4.2.4 Penulangan Pelat Lantai

➤ Tulangan Lapangan

- Data :

Momen rencana = 64,734 kNm

Mutu beton $f_c' = 30$ MPa
 Mutu baja $f_y = 390$ MPa
 Tebal plat lantai rencana (T_p) = 150 mm
 Decking beton (d') = 40 mm
 Tebal efektif (d) = $h - d' = 110$ mm
 Lebar lantai yang ditinjau, $b = 1000$ mm
 Diameter tul. rencana = 19 mm
 Faktor reduksi kekuatan lentur = 0,8

- Penulangan Lentur

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{390}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{64734165,31}{0,8} \\
 &= 80917706,64 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{80917706,64}{1000 \times 110^2} \\
 &= 6,7 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

SNI T-12-2004

$\beta_1 = 0,85$ sebab $f_c' \leq 30$ MPa

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
 &= 0,034
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,0036 \\
 \rho \text{ max} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,034 \\
 &= 0,025 \\
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 6,69}{390}} \right) \\
 &= 0,020
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$
 Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}}$
 maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,020$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,020 \times 1000 \times 110 \\
 &= 2232,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan lentur digunakan **D19 - 120** ($A_s = 2362,74 \text{ mm}^2$)

- Penulangan Bagi

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 50\% \times A_s \text{ pasang} \\
 &= 50\% \times 2362,74 \text{ mm}^2 \\
 &= 1181,37 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk tulangan bagi **D13 - 110**
 ($A_s' = 1206,06 \text{ mm}^2$)

➤ Tulangan Tumpuan

- Data :

Momen rencana = 62,045 kNm

Mutu beton $f_c' = 30 \text{ MPa}$

Mutu baja $f_y = 390 \text{ MPa}$

Tebal plat lantai rencana (T_p) = 150 mm

Decking beton (d') = 40 mm

Tebal efektif (d) = $h - d' = 110$ mm

Lebar lantai yang ditinjau, $b = 1000$ mm

Diameter tul. rencana = 19 mm

Faktor reduksi kekuatan lentur = 0,8

- Penulangan Lentur

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c}$$

$$= \frac{390}{0,85 \times 30}$$

$$= 15,29$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$= \frac{62044582,95}{0,8}$$

$$= 77555728,68 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{77555728,68}{1000 \times 110^2}$$

$$= 6,41 \text{ N/mm}^2$$

SNI T-12-2004

$\beta_1 = 0,85$ sebab $f'c \leq 30$ MPa

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right)$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{390}$$

$$= 0,0036$$

$$\rho_{\text{max}} = 75\% \times \rho_{\text{balance}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 75\% \times 0,034 \\
 &= 0,025 \\
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 6,41}{390}} \right) \\
 &= 0,01928
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho \text{ min} > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ max}$
 Karena dari kontrol yang didapa $\rho \text{ perlu} > \rho \text{ min}$
 maka digunakan $\rho \text{ perlu} = 0,01928$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,01928 \times 1000 \times 110 \\
 &= 2120,38 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

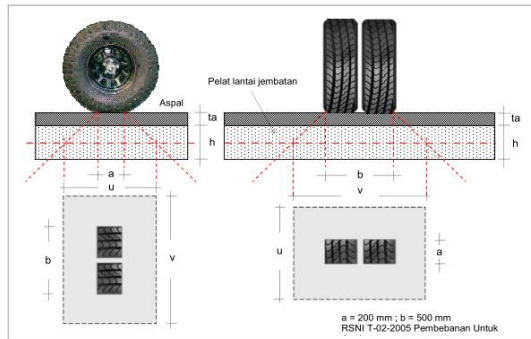
Maka untuk tulangan lentur digunakan **D19 - 120** ($A_s = 2362,74 \text{ mm}^2$)

- Penulangan Bagi

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 50\% \times A_s \text{ pasang} \\
 &= 50\% \times 2362,74 \text{ mm}^2 \\
 &= 1181,37 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk tulangan bagi **D13 - 110**
 ($A_s' = 1206,06 \text{ mm}^2$)

4.2.5 Kekuatan Pelat Lantai Terhadap Geser



Gambar 4.3 Distribusi Geser Pons

Data:

Faktor reduksi, ϕ	= 0,7
Faktor beban, K_{uTT}	= 2
Tebal aspal, t_a	= 70 mm
Tebal pelat, t_s	= 150 mm
Lebar roda, a	= 200 mm
Panjang roda, b	= 500 mm
Mutu beton, f_c'	= 30 MPa
Beban truk, P_{TT}	= 146,3 kN

Bidang geser pons

$$\begin{aligned} u &= a + 2 t_a + t_s \\ &= 200 + 140 + 150 \\ &= 490 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v &= b + 2 t_a + t_s \\ &= 500 + 140 + 150 \\ &= 790 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b' &= (2 \times u) + (2 \times v) \\ &= (2 \times 490) + (2 \times 790) \\ &= 2560 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas bidang geser pons (A_{pons})

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pons}} &= b' \times d \\
 &= 2560 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \\
 &= 384000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kekuatan nominal lantai terhadap geser tanpa tulangan geser,

$$\begin{aligned}
 V_c &= 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b' \times d \\
 &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 2760 \times 150 \\
 &= 350,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \phi V_c \\
 &= 0,7 \times 350,54 \text{ kN} \\
 &= 245,38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & > & P_{TT} \\
 245,38 \text{ kN} & > & 146,3 \text{ kN} \quad (\text{OK})
 \end{array}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

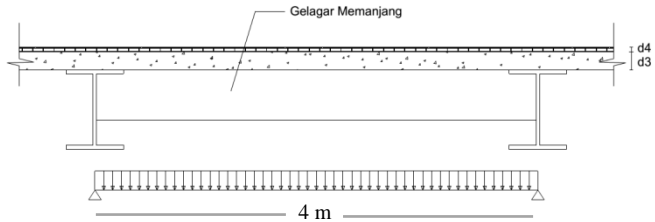
BAB V

PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN

Untuk perencanaan gelagar jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 55 dengan ketentuan sebagai berikut :

- Tegangan leleh $f_y = 410$ MPa
- Tegangan ultimate $f_u = 550$ MPa
- Modulus elastisitas $E = 200000$ MPa

5.1 Perencanaan Gelagar Memanjang



Gambar 5.1 Detail Perencanaan Gelagar

Untuk Perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi : **400 x 200 x 12 x 16**

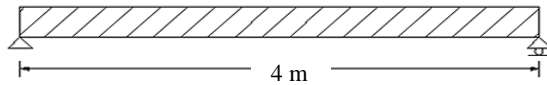
- Data-data profil :

$A_g = 109,57$	cm^2	;	$I_x = 28590$	cm^4
$b = 200$	mm	;	$I_y = 2138$	cm^4
$d = 400$	mm	;	$i_x = 16,2$	cm
$t_f = 16$	mm	;	$i_y = 4,42$	cm
$t_w = 12$	mm	;	$S_x = 1429,5$	cm^3
$W = 86$	kg/m	;	$S_y = 214$	cm^3
$Z_x = 1635$	cm^3	;	$Z_y = 333$	cm^3
$h = 328$	mm			

5.1.1 Pembebanan

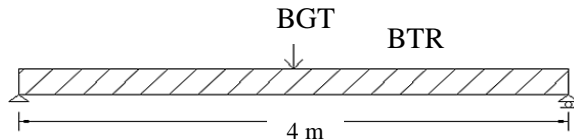
a. Beban mati

- Pelat (beton) = $B_{\text{beton}} \times b_1 \times t_{\text{pelat}}$
 = $25 \text{ kN/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$
 = $4,687 \text{ kN/m}$
- Aspal = $B_{\text{aspal}} \times b_1 \times t_{\text{aspal}}$
 = $22 \text{ kN/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \times 0,07 \text{ m}$
 = $1,925 \text{ kN/m}$
- Bekisting = $0,5 \text{ kN/m}^2 \times b_1$
 = $0,5 \text{ kN/m}^2 \times 1,25 \text{ m}$
 = $0,625 \text{ kN/m}$
- Berat profil = $0,86 \text{ kN/m}$



Gambar 5.2 Pembebanan beban mati

b. Beban hidup



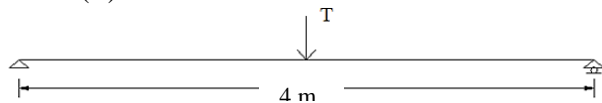
Gambar 5.3 Pembebanan BTR dan BGT

- BTR
 - BTR = Untuk $L > 30 \text{ m}$
 - $q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$
 - $q = 9.0 (0.5 + 15/108) \text{ kPa}$
 - $q = 5,75 \text{ kN/m}^2$
 - $q_{\text{BTR}} = q \times b_1$
 - $= 5,75 \text{ kN/m}^2 \times 1,25 \text{ m}$

$$= 7,1875 \text{ kN/m}$$

- BGT
DLA = 30 % untuk $L > 90 \text{ m}$
 $P_{\text{BGT}} = 49 \text{ kN/m}$
 $P = P_{\text{BGT}} (1 + \text{DLA}) \times b_1$
 $= 49 \text{ kN/m} (1 + 0,3) \times 1,25\text{m}$
 $= 79,625 \text{ kN}$

- Truk (T)



Gambar 5.4 Pembebanan Truk

$$\text{DLA} = 0,3$$

$$T = 112,5 \text{ kN (SNI 1725-2016)}$$

Menurut RSNI T-02-2005 Pasal 6.4.1 tentang besarnya beban truk “T” di tentukan:

$$T_u = T \times (1 + \text{DLA})$$

$$= 112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3)$$

$$= 146,25 \text{ kN}$$

Rekapitulasi pembebanan

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Memanjang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
Beban Mati (DL)			
Beban Pelat beton	4,68 kN/m	1,3	6,093 kN/m
Beban Aspal	1,925 kN/m	1,3	2,502 kN/m
Beban Bekisting	0,625 kN/m	1,4	0,875 kN/m
Beban sendiri profil	0,86 kN/m	1,1	0,946 kN/m
Beban Hidup (DL)			
Beban BTR	7,187 kN/m	2,0	14,375 kN/m
Beban BGT	79,625 kN	2,0	159,25 kN
Beban Truk	146,25 kN	2,0	292,5 kN

Sumber : Analisa Perhitungan

5.1.2 Perhitungan Momen

a. Akibat beban mati

$$\begin{aligned} Q_{\text{Total}} &= 6,093\text{kN/m} + 2,50\text{kN/m} + 0,88\text{kN/m} + 0,95\text{kN/m} \\ &= 10,41725 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{DL}} &= \frac{1}{8} \times Q_{\text{total}} \times \lambda^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 10,41725\text{kN/m} \times (4\text{m})^2 \\ &= 20,8345 \text{ kNm} \end{aligned}$$

b. Akibat beban hidup

- Akibat BTR dan BGT

$$\begin{aligned} M_{\text{L}} &= \frac{1}{8} \times q \times \lambda^2 + \frac{1}{4} \times P \times \lambda \\ &= \frac{1}{8} \times 14,375 \times 4^2 + \frac{1}{4} \times 159,25 \times 4 \\ &= 188 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Akibat Truk

$$M_{\text{T}} = \frac{1}{4} \times P \times \lambda = \frac{1}{4} \times 292,5 \times 4\text{m} = 292,5 \text{ kNm}$$

Karena $M_{\text{L}} < M_{\text{T}}$, maka dipakai momen akibat beban Truk yaitu sebesar $M_{\text{T}} = 292,5 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned} \text{Momen Total} &= M_{\text{DL}} + M_{\text{T}} \\ &= 20,83 \text{ kNm} + 292,5 \text{ kNm} \\ &= 313,33 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5.1.3 Kontrol Kekuatan Lentur

- Tekuk lokal (RSNI T-03-2005 ps.7.2)

➤ Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{fy - fr}} = \frac{370}{\sqrt{410 - 70}} = 20,07$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

➤ Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{400}{12} = 33,3$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{fy}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,94$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

Karena $\lambda > \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times f_y = 1635000 \times 410 \\ &= 670350000 \text{ Nmm} = 670,35 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Mu	<	ϕM_n
313,33 kNm	<	0,9 x 670,35 kNm
313,33 kNm	<	603,315 kNm OK

- Tekuk lateral (RSNI T-03-2005 ps.7.3)
Dipasang shear connector praktis sejarak 150 cm sebagai pengaku arah lateral

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

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 44,2 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{410}} = 1718,138 \text{ mm}$$

$L \leq L_p \rightarrow$ Bentang pendek

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times f_y = 1635000 \times 410 \\ &= 670350000 \text{ Nmm} = 670,35 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kapasitas momen :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,90 \times 670,35 \text{ kNm} \\ &= 603,315 \text{ kNm} > M_u = 313,33 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5.1.4 Kontrol Lendutan

Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah $L/800$.

$$\delta_{\text{ijin}} = 400/800 = 0,5 \text{ cm}$$

- Lendutan akibat beban hidup (BTR+BGT)

$$\begin{aligned} \delta_{(\text{udl} + \text{kel})} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_1 \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{7,19 \times (400)^4}{2 \times 10^6 \times 28590} + \frac{1}{48} \times \frac{7962,5 \times (400)^3}{2 \times 10^6 \times 28590} \\ &= 0,23 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Lendutan akibat beban truk

$$\begin{aligned}\delta_{(T)} &= \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{1}{48} \times \frac{14625 \times (400)^3}{2 \times 10^6 \times 28590} = 0,34 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban Truk = 0,34 cm

$$\begin{aligned}\delta_{(T)} &\leq \delta_{\text{ijin}} \\ 0,34 &\leq 0,5 \dots \text{ OK}\end{aligned}$$

5.1.5 Kontrol Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan.

a. Untuk beban hidup $(BTR+BGT)$

$$\begin{aligned}V_{a \max} &= (P \times 1) + \left(Q_L \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\ &= (159,25 \times 1) + \left(14,375 \times \frac{1}{2} \times 4 \right) \\ &= 188 \text{ kN}\end{aligned}$$

b. Untuk beban T

$$\begin{aligned}V_{a \max} &= T \times (1 + DLA) \times 1 \times LF \\ &= 112,5 \times (1 + 0,3) \times 1 \times 2 \\ &= 292,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

c. Untuk beban Qd

$$\begin{aligned} V_{a \max} &= \left(Q_d \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\ &= \left(10,417 \times \frac{1}{2} \times 4 \right) \\ &= 20,8345 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi V_a yang digunakan adalah V_a akibat beban truk sebesar 292,5 kN. Maka kuat geser sebagai berikut (RSNI T-03-2005 ps.7.8) :

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{328}{12} = 27,33$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 18,448$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{18,45 \times 2 \times 10^5}{410}} = 104,35$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,9 \times 0,6 \times 410 \times 48 \\ &= 1062,72 \text{ kN} \\ &= 1062,72 \text{ kN} \geq 292,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.1.6 Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit)

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- 1/5 bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

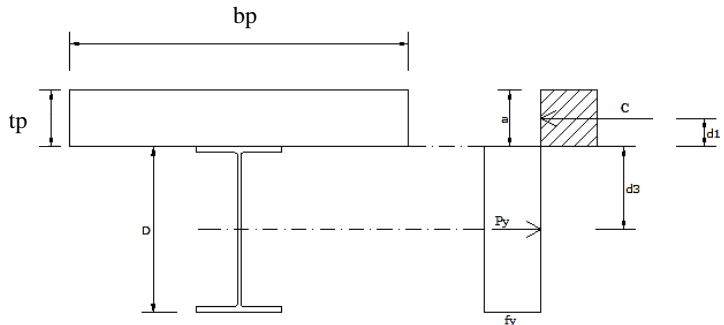
$L = 4000$ mm (panjang bentang)

$\lambda = 1,25$ m (jarak antar gelagar memanjang)

$$b_{eff} \leq \frac{L}{5} = \frac{4000}{5} = 800 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq \lambda = 1250 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil, $b_{eff} = 800$ mm



Gambar 5.5 Distribusi Gaya pada Penampang

Sumber : RSNI T-03-2005 Gambar 12

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{400}{12} = 27,33$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Menentukan garis netral :

$$A_c = b_{eff} \times t_b = 800 \times 150 = 120000 \text{ mm}^2$$

$$C_1 = A_g \times f_y = 10957 \times 410 = 4492370 \text{ N}$$

$$C_2 = 0.85 f'_c \times A_c = 0.85 \times 30 \times 120000 \\ = 3060000 \text{ N}$$

Sehingga nilai c diambil yang terkecil yaitu,

$$C_1 = 3060000 \text{ N}$$

$$a = \frac{c}{0.85 \times f'_c \times b_{eff}} = \frac{3060000 \text{ N}}{0.85 \times 30 \times 800} \\ = 150 \text{ mm}$$

karena $a = t$ maka sumbu netral berada pada plat beton.

- Kapasitas momen :

$$d_1 = t - a/2 = 150 - 150/2 = 75 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d_3 = d/2 = 400/2 = 200 \text{ mm}$$

$$p_y = A_g \times f_y = 10957 \times 410 = 4492370 \text{ N}$$

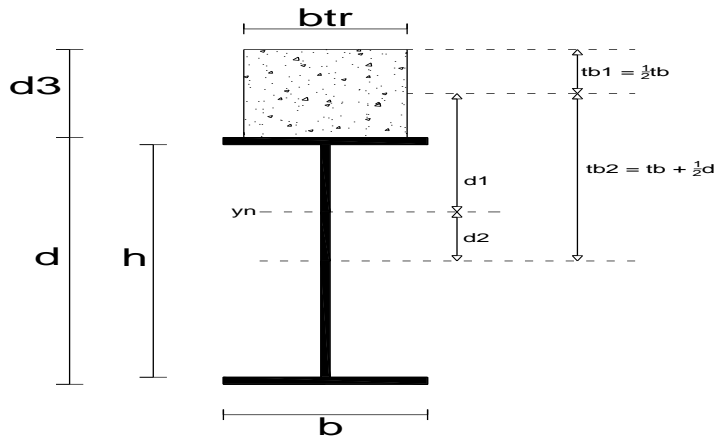
$$M_n = C (d_1 + d_2) + p_y (d_3 - d_2) \\ = 3060000 \text{ N} (75 + 0) + 4492370 \text{ N} (200 - 0) \\ = 1127974000 \text{ Nmm} \\ = 1127,974 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0.90 \times 1127,97 \text{ kNm} \\ = 1015 \text{ kNm}$$

$$= 1015 \text{ kNm} > M_u = 313,33 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

Menghitung momen inersia penampang



Gambar 5.6 Gelagar Komposit

- Menentukan nilai n

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 25743 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 7,77$$

- Luas konversi terhadap baja

$$\begin{aligned} b_{tr} &= \frac{b_{eff}}{n} \\ &= \frac{800}{7,7} \\ &= 10,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Luas total (A_{tr})

$$\begin{aligned} A_{tr} &= b_{tr} \times d_3 \\ &= 10,3 \times 15 = 154,458 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{b1} &= \frac{1}{2} \times d_3 \\ &= \frac{1}{2} \times 150 = 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{b2} &= d_3 + \left(\frac{1}{2} \times d\right) \\ &= 150 + \left(\frac{1}{2} \times 400\right) = 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Mencari garis netral

Tabel 5.2 Garis Netral Penampang Komposit

	An	Jarak serat atas ke titik berat benda (tb1, tb2)	An x yn
Beton	15445,78	75	1158433,209
Baja	10957	350	3834950
Jumlah	26402,8	-	4993383,209

Sumber : Analisa Perhitungan

$$\begin{aligned}
 Y_n &= \frac{\sum A_n \cdot Y_n}{\sum A_n} \\
 &= \frac{4993383,209}{26402,8} = 189,1 \text{ mm} \\
 d_1 &= Y_n - (1/2 \times d_3) \\
 &= 189,1 - (1/2 \times 150) = 114,12 \text{ mm} \\
 d_2 &= t_{b2} - Y_n \\
 &= 350 - 189,1 = 160,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Momen inersia penampang

Tabel 5.3 Momen Inersia Penampang

Sumber
: Analisa

	An	d	Io	Io + A d ²
Beton	15445,78	114,12	28960830	230128997,9
Baja	10957	160,9	285900000	569481133,6

Perhitungan

$$\begin{aligned}
 I_{\text{total}} &= 230128997,9 \text{ mm}^4 + 569481133,6 \text{ mm}^4 \\
 &= 799610131,6 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

5.1.7 Perhitungan Shear Connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (RSNI T-03-2005 (8.6)) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

- 600 mm
- 2 x tebal lantai
- 4 x tinggi shear connector

Untuk diameter shear connector tidak boleh melebihi :

- 1,5 x tebal plat flens bila plat memikul tegangan tarik
- 2 x tebal plat flens bila tidak terdapat tegangan tarik

Digunakan shear connector jenis paku / stud (ARCFIX *Stud Welding*) dengan data sebagai berikut:

Diameter	= 22 mm
Tinggi	= 100 mm
Asc	= 380,1 mm ²
fc'	= 30 MPa
Ec	= 25743 Mpa

Kapasitas nominal 1 stud

$$\begin{aligned}
 Q_n &= 0,5 \times Asc (fc' \times Ec)^{0,5} \\
 &= 0,5 \times Asc (fc' \times Ec)^{0,5} \\
 &= 167030,2 \text{ N} \\
 V_{ls} &= 0,55 \times 2 \times 167030,2 \text{ N} \\
 &= 183733 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja:

$$V = 292,5 \text{ kN}$$

Gaya geser persatuan panjang :

$$\begin{aligned}
 V_L &= \frac{V \times A_t \times Y_c}{I_t} \\
 &= \frac{292500 \times 154,5 \times 11,4}{79961} \\
 &= 6448,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_L &< \quad \phi V_Ls \\
 6448,1 &< 0,75 \times 183733 \\
 6448,1 &< 137800 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jumlah shear connector :

$$\begin{aligned}
 V_h &= A_g \times f_y \\
 &= 10957 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ MPa} \\
 &= 4492370 \text{ N} \\
 N &= \frac{V_h}{Q_n} \\
 &= \frac{4492370}{167030,2} \\
 &= 27 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jadi jumlah shear connector yang dibutuhkan sepanjang gelagar memanjang adalah $2 \times n = 54$ buah

Jarak antar konektor yang digunakan

$$S = \frac{400}{27} = 15 \text{ cm}$$

5.2 Perencanaan Gelagar Melintang

Untuk Perencanaan gelagar memanjang dipilih profil BOX dengan dimensi : **600x600x20x20**

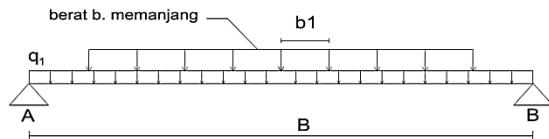
- Data-data profil :

A	= 464	cm ²	;	I _x	= 260458,7	cm ⁴
b	= 600	mm	;	I _y	= 260458,7	cm ⁴
d	= 600	mm	;	i _x	= 23,69	cm
t _f	= 20	mm	;	i _y	= 23,69	cm
t _w	= 20	mm	;	S _x	= 8681,95	cm ³
w	= 364	kg/m	;	S _y	= 8681,95	cm ³
Z _x	= 10096	cm ³	;	Z _y	= 10096	cm ³
h	= 560	mm				

5.2.1 Pembebanan

- a. Beban Mati

Sebelum komposit



Gambar 5.7 Pembebanan Gelagar Melintang

- Pelat (beton) = $B_{\text{beton}} \times \lambda \times t_{\text{pelat}}$
 $= 25 \text{ kN/m}^3 \times 4\text{m} \times 0,15 \text{ m}$
 $= 15 \text{ kN/m}$
- Balok memanjang = $W \times \lambda \times b1$
 $= 0,86 \text{ kN/m} \times 4\text{m} \times 1,25\text{m}$
 $= 4,3 \text{ kN/m}$
- Berat bekisting = $0,5 \text{ kN/m}^2 \times \lambda$
 $= 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m}$
 $= 2 \text{ kN/m}$
- Berat profil = $3,64 \text{ kN/m}$

Sesudah komposit

- Berat aspal = $B_{J_{aspal}} \times \lambda \times t_{aspal}$
 = $22 \text{ kN/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 0,07 \text{ m}$
 = $6,16 \text{ kN/m}$
- Berat parapet = $B_{J_{beton}} \times \lambda \times t_{kerb}$
 = $25 \text{ kN/m}^3 \times 4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$
 = 120 kN/m

b. Beban Hidup

- BTR
 - BTR = Untuk $L > 30 \text{ m}$
 - $q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$
 - $q = 9.0 (0.5 + 15/108) \text{ kPa}$
 - $q = 5,75 \text{ kPa}$
 - $q = 5,75 \text{ kN/m}^2$
 - $q_{BTR} = q \times \lambda$
 = $5,75 \text{ kN/m}^2 \times 4 \text{ m}$
 = 23 kN/m
 - BGT
 - DLA = 30 % untuk $L > 90 \text{ m}$
 - $P_{BGT} = 49 \text{ kN/m}$
 - $P = P_{BGT} (1 + DLA)$
 = $49 \text{ kN/m} (1 + 0,3)$
 = $63,7 \text{ kN/m}$
 - Truk
 - DLA = 0,3
 - $T = 112,5 \text{ kN (R-SNI T-02-2005)}$
- Menurut R-SNI T-02-2005 Pasal 6.4.1 tentang besarnya beban truk "T" di tentukan:
- $T_u = T \times (1 + DLA)$
 = $112,5 \text{ kN} \times (1 + 0,3)$
 = $146,25 \text{ kN}$

Rekapitulasi pembebanan

Tabel 5.4 Rekapitulasi Pembebanan Gelagar Melintang

Jenis Beban	Nilai	LF	Total
Beban Mati (Sebelum komposit)			
Balok memanjang	4,3 kN/m	1.1	4,73 kN/m
Beban profil	3,64 kN/m	1.1	4 kN/m
Beban plat	15 kN/m	1.3	19,50 kN/m
Beban bekisting	2 kN/m	1.4	2,8 kN/m
Beban Mati (Setelah komposit)			
Beban aspal	6,16 kN/m	2	12,32 kN/m
Beban parapet	120 kN/m	2	240 kN/m
Beban Hidup			
BTR	23 kN/m	2	46 kN/m
BGT	63.7 kN/m	2	127,4 kN/m
Truk	146.25 kN	2	292,5 kN

Sumber : Analisa Perhitungan

5.2.2 Perhitungan Momen

a. Beban Mati

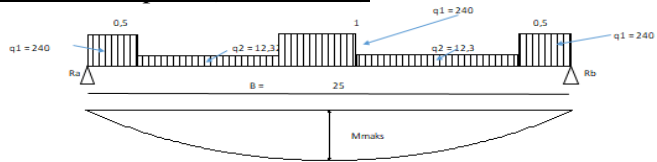
Sebelum komposit (analisa SAP)

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Total}} &= 4,73 \text{ kN/m} + 4 \text{ kN/m} + 19,50 \text{ kN/m} + 2,8 \text{ kN/m} \\
 &= 31,03 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 M_{Q1} &= 1/8 \times Q_{D1} \times B^2 \\
 &= 27,8491 \text{ kNm} \\
 V_{Q1} &= 1/2 \times Q_{D1} \times B \\
 &= 1/2 \times 31,03 \text{ kN/m} \times 25 \text{ m} \\
 &= 388 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Setelah komposit (analisa SAP)



Gambar 5.8 Pembebanan Gelagar Melintang Setelah Komposit

$$\sum M_B = 0$$

$$V_a \cdot 25 \text{ m} = (240 \text{ kN/m} \cdot 0,5 \text{ m}) \cdot 0,25 \text{ m} + (12,32 \text{ kN/m} \cdot 11,5 \text{ m}) \cdot 6,25 \text{ m}$$

$$+ (240 \text{ kN/m} \cdot 1 \text{ m}) \cdot 12,5 \text{ m} + (12,32 \text{ kN/m} \cdot 11,5 \text{ m}) \cdot 18,75 \text{ m} + (240 \text{ kN/m} \cdot 0,5 \text{ m}) \cdot 24,5 \text{ m}$$

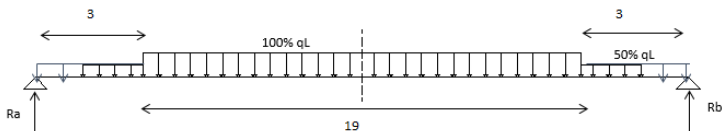
$$V_a \cdot 25 \text{ m} = 9512 \text{ kNm}$$

$$V_a = 380 \text{ kN}$$



$$M_{Q2} = 25,1962 \text{ kNm}$$

- b. Beban Hidup (analisa SAP)
- BTR + BGT



Gambar 5.9 Pembebanan Akibat BTR dan BGT

Beban "D" = Beban BTR + Beban BGT

$$= 46 \text{ kN/m} + 127,4 \text{ kN/m}$$

$$= 173,34 \text{ kN/m}$$

$$q_1 = 100\% \times D = 100\% \times 173,34 \text{ kN/m}$$

$$= 173,34 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = 50\% \times D = 50\% \times 173,34 \text{ kN/m}$$

$$= 86,70 \text{ kN/m}$$

$$V_a = V_b$$

$$= ((q_1 \times 19 \text{ m}) + (q_2 \times 6 \text{ m}))/2$$

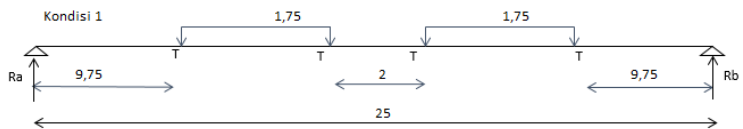
$$= ((173,34 \times 19 \text{ m}) + (86,70 \times 6 \text{ m}))/2$$

$$= 1907 \text{ kN}$$



$$M_{\max} = 179,8772 \text{ kNm}$$

- Beban truk “T” (analisa SAP)



Gambar 5.10 Pembebanan Akibat truk “T”

$$\sum M_B = 0$$

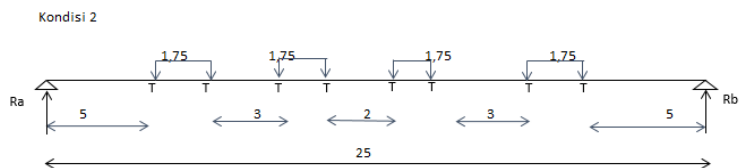
$$V_a \cdot 25 \text{ m} = (292,5 \text{ kN} \cdot 15,25 \text{ m}) + (292,5 \text{ kN} \cdot 13,5 \text{ m}) + (292,5 \text{ kN} \cdot 11,5 \text{ m}) + (292,5 \text{ kN} \cdot 9,75 \text{ m})$$

$$V_a \cdot 25 \text{ m} = 14625 \text{ kNm}$$

$$V_a = 585 \text{ kN}$$



$$M_{\max} = 130,1 \text{ kNm}$$



Gambar 5.11 Pembebanan Akibat truk “T”

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ V_a \cdot 25 \text{ m} &= (292,5 \text{ kN} \cdot 20 \text{ m}) + (292,5 \text{ kN} \cdot 18,25 \text{ m}) + \\ &\quad (292,5 \text{ kN} \cdot 15,25 \text{ m}) + (292,5 \text{ kN} \cdot 13,5 \text{ m}) + \\ &\quad (292,5 \text{ kN} \cdot 11,5 \text{ m}) + (292,5 \text{ kN} \cdot 9,75 \text{ m}) + \\ &\quad (292,5 \text{ kN} \cdot 6,75 \text{ m}) + (292,5 \text{ kN} \cdot 5 \text{ m}) \\ V_a \cdot 25 \text{ m} &= 29250 \text{ kNm} \\ V_a &= 1170 \text{ kN}\end{aligned}$$



$$M_{\max} = 175,4586 \text{ kNm}$$

Momen untuk beban hidup = 180 kNm

$$\begin{aligned}\text{Momen Total} &= 28 \text{ kNm} + 25 \text{ kNm} + 180 \text{ kNm} \\ &= 233 \text{ kNm}\end{aligned}$$

5.2.3 Kontrol Kekuatan Lentur

- Tekuk lokal (RSNI T-03-2005 ps.7.2)

➤ Sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{600}{2 \times 20} = 15$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,4$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{fy} - fr} = \frac{370}{\sqrt{410} - 70} = 20,07$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ Penampang tak kompak

➤ Badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{560}{20} = 28$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} = \frac{2550}{\sqrt{410}} = 125,94$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow$ Penampang kompak

Karena $\lambda > \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times f_y = 10096 \times 410 \\ &= 4139360000 \text{ Nmm} = 4139,36 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl} M_u & < & \phi M_n \\ 233 \text{ kNm} & < & 0,9 \times 4139,36 \text{ kNm} \\ 233 \text{ kNm} & < & 3725 \text{ kNm} \quad \text{OK} \end{array}$$

- Tekuk lateral (RSNI T-03-2005 ps.7.3)

Dipasang shear connector praktis sejarak 150 cm sebagai pengaku arah lateral

$$L = 1250 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 236,9 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{410}} = 9209 \text{ mm}$$

$L \leq L_p \rightarrow$ Bentang pendek

$$\begin{aligned} M_p = M_n &= Z_x \times f_y = 10096 \times 410 \\ &= 4139360000 \text{ Nmm} = 4139,36 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kapasitas momen :

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,90 \times 4139,36 \text{ kNm} \\ &= 3725 \text{ kNm} > M_u = 233 \text{ kNm} \end{aligned}$$

5.2.4 Kontrol Lendutan

Menurut RSNI T-03-2005 ps.4.7.2 menyatakan lendutan maksimum gelagar diatas dua tumpuan adalah $L/800$.

$$\delta_{ijin} = 2500/800 = 3,13 \text{ cm}$$

- a. Lendutan akibat beban hidup (BTR+BGT)

$$\begin{aligned} \delta_{(udl+kel)} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_L \lambda^4}{E I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{0,64 \times (2500)^4}{2 \times 10^6 \times 260459} \\ &= 0,62 \text{ cm} \end{aligned}$$

- b. Lendutan akibat beban truk

$$\begin{aligned} \delta_{(T)} &= \frac{1}{48} \times \frac{P_T \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{1}{48} \times \frac{146 \times (2500)^3}{2 \times 10^6 \times 260459} = 0,009 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai beban dari lendutan yang lebih besar yaitu akibat beban BTR+BGT = 0,62 cm

$$\begin{aligned} \delta_{(T)} &\leq \delta_{ijin} \\ 0,62 &\leq 3,13 \dots \text{ OK} \end{aligned}$$

5.2.5 Kontrol Geser

- a. Gaya geser sebelum komposit :

$$\begin{aligned} V_{aD1} &= 0,5 \times Q_{D1} \times B \\ &= 0,5 \times 31,03 \text{ kN/m} \times 25 \text{ m} \\ &= 388 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Gaya geser setelah komposit :

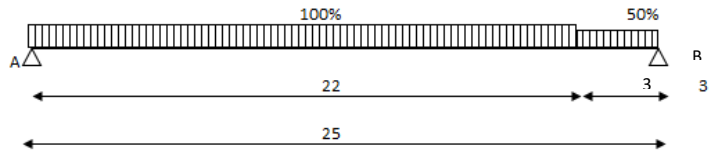
$$\sum M_B = 0$$

$$\begin{aligned} V_a \cdot 25 \text{ m} &= (240 \text{ kN/m} \cdot 0,5 \text{ m}) \cdot 0,25 \text{ m} + \\ & (12,32 \text{ kN/m} \cdot 11,5 \text{ m}) \cdot 6,25 \text{ m} + \\ & (240 \text{ kN/m} \cdot 1 \text{ m}) \cdot 12,5 \text{ m} + \\ & (12,32 \text{ kN/m} \cdot 11,5 \text{ m}) \cdot 18,75 \text{ m} + \\ & (240 \text{ kN/m} \cdot 0,5 \text{ m}) \cdot 24,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_a \cdot 25 \text{ m} = 9512 \text{ kNm}$$

$$V_a = 380 \text{ kN}$$

c. Gaya geser akibat BTR+BGT tidak simetris :



Gambar 5.12 Pembebanan lajur BTR+BGT

“D” BTR 100%	= 46 kN/m
BTR 50%	= 23 kN/m
BGT 100%	= 127,40 kN/m
BGT 50 %	= 63,70 kN/m

- Untuk BTR

$$\sum M_B = 0$$

$$\begin{aligned} V_A \cdot 25 \text{ m} &= (23 \text{ kN/m} \cdot 3 \text{ m}) \cdot 1,5 \text{ m} - \\ & (46 \text{ kN/m} \cdot 22 \text{ m}) \cdot 11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_A = -563 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$\begin{aligned} V_B \cdot 25 \text{ m} &= (46 \text{ kN/m} \cdot 22 \text{ m}) \cdot 11 \text{ m} + (23 \\ & \text{kN/m} \cdot 3 \text{ m}) \cdot 23,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_B = 510 \text{ kN}$$

- Untuk BGT

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 25 \text{ m} = (63,70 \text{ kN/m} \cdot 3\text{m}) \cdot 1,5\text{m} + (127,40 \text{ kN/m} \cdot 22\text{m}) \cdot 14\text{m}$$

$$V_A = 1558,10 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$V_B \cdot 25 \text{ m} = (127,40 \text{ kN/m} \cdot 22\text{m}) \cdot 11\text{m} + (63,70 \text{ kN/m} \cdot 3\text{m}) \cdot 23,5\text{m}$$

$$V_B = 1412,87 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } V_u &= V_{aD1} + V_{a(BTR)} + V_{a(BGT)} \\ &= 387,93\text{kN} + 563\text{kN} + 1558,10\text{kN} \end{aligned}$$

$$V_u = 1383,4 \text{ kN}$$

Jadi V_u yang digunakan sebesar 1110,8 kN. Maka kuat geser sebagai berikut (RSNI T-03-2005 ps.7.8) :

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{560}{20} = 28$$

$$K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 9,36$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{9,36 \times 2 \times 10^5}{410}} = 74,30$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{K_n \times E}{f_y}}, \text{ maka kuat geser :}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= (0,9 \times 0,6 \times 410 \times (600 \times 200)) / 1000 \\ &= 2656,8 \text{ kN} \\ &= 2656,8 \text{ kN} \geq 1383 \text{ kN} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

5.2.6 Kontrol Kekuatan Lentur (Sesudah Komposit)

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari:

- 1/5 bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Dimana:

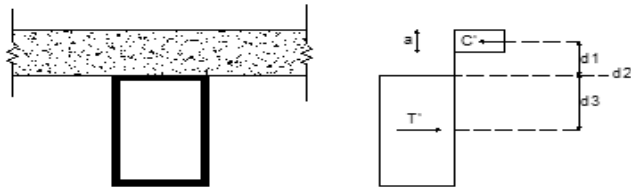
$L = 25000$ mm (panjang bentang)

$\lambda = 4$ m (jarak antar gelagar melintang)

$$b_{eff} \leq \frac{L}{5} = \frac{25000}{5} = 5000 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq \lambda = 4000 \text{ mm}$$

diambil yang terkecil, $b_{eff} = 4000$ mm



Gambar 5.13 Distribusi Gaya pada Penampang
Sumber : RSNI T-03-2005 Gambar 12

- Kontrol kriteria penampang :

$$\frac{h}{tw} = \frac{560}{20} = 28$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{penampang kompak}$$

- Menentukan garis netral :

$$A_c = b_{eff} \times t_b = 4000 \times 150 = 600000 \text{ mm}^2$$

$$C_1 = A_g \times f_y = 46400 \times 410 = 19024000 \text{ N}$$

$$C_2 = 0.85 f'_c \times A_c = 0.85 \times 30 \times 600000 \\ = 15300000 \text{ N}$$

Sehingga nilai c diambil yang terkecil yaitu,

$$C_1 = 15300000 \text{ N}$$

$$a =$$

$$\frac{c}{0.85 \times f'_c \times b_{eff}} = \frac{15300000 \text{ N}}{0.85 \times 30 \times 600000} \\ = 150 \text{ mm}$$

karena $a = t$ maka sumbu netral berada pada plat beton.

- Kapasitas momen :

$$d_1 = t - a/2 = 150 - 150/2 = 75 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm (Profil baja tidak mengalami tekan)}$$

$$d_3 = d/2 = 600/2 = 300 \text{ mm}$$

$$p_y = A_g \times f_y = 46400 \times 410 = 19024000 \text{ N}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + p_y (d_3 - d_2)$$

$$= 15300000 \text{ N} (75 + 0) + 19024000 \text{ N} (300 - 0)$$

$$= 6854700000 \text{ Nmm}$$

$$= 6854,700 \text{ kNm}$$

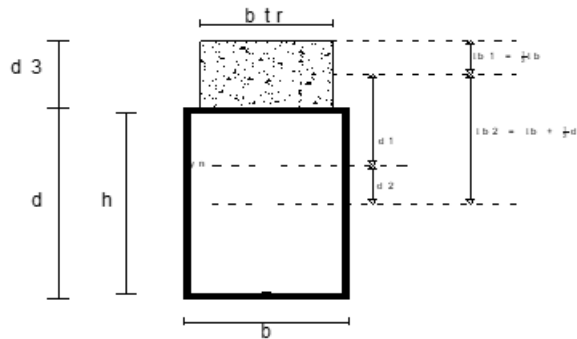
$$\phi M_n = 0,90 \times 6855 \text{ kNm}$$

$$= 6169 \text{ kNm}$$

$$= 6169 \text{ kNm} > M_u = 233 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi sesudah penampang komposit.

Menghitung momen inersia penampang



Gambar 5.14 Gelagar Komposit

- Menentukan nilai n
 - $E_s = 200000 \text{ MPa}$
 - $E_c = 25743 \text{ MPa}$
 - $$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$= 7,77$$
- Luas konversi terhadap baja
 - $$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n}$$

$$= \frac{400}{7,7}$$

$$= 51,5 \text{ cm}$$
- Luas total (A_{tr})
 - $A_{tr} = b_{tr} \times d_3$

$$= 51,5 \times 15 = 772 \text{ cm}^2$$
 - $t_{b1} = \frac{1}{2} \times d_3$

$$= \frac{1}{2} \times 150 = 75 \text{ mm}$$
 - $t_{b2} = d_3 + (\frac{1}{2} \times d)$

$$= 150 + (\frac{1}{2} \times 600) = 450 \text{ mm}$$
- Mencari garis netral

Tabel 5.5 Garis Netral Penampang Komposit

	An		An x yn
--	----	--	---------

		Jarak serat atas ke titik berat benda (tb1, tb2)	
Beton	77228,88	75	5792166,046
Baja	39750100	450	17887545000
Jumlah	39827328,9	-	17893337166

Sumber : Analisa Perhitungan

$$\begin{aligned}
 Y_n &= \frac{\sum A_n \cdot Y_n}{\sum A_n} \\
 &= \frac{17893337166}{39839827328,9} = 449,3 \text{ mm} \\
 d_1 &= Y_n - (\frac{1}{2} \times d_3) \\
 &= 449,3 - (\frac{1}{2} \times 150) = 374,27 \text{ mm} \\
 d_2 &= t_{b2} - Y_n \\
 &= 450 - 449,3 = 0,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 5.6 Momen Inersia Penampang

	An	d	Io	Io + A d ²
Beton	77228,88	374,27	144804151,1	10963038023
Baja	39750100	0,7	2604586700	2625605014

Sumber : Analisa Perhitungan

$$\begin{aligned}
 I_{\text{total}} &= 10963038023 \text{ mm}^4 + 2625605014 \text{ mm}^4 \\
 &= 13588643037 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

5.2.7 Perhitungan Shear Connector

Untuk jarak perhitungan shear connector (RSNI T-03-2005 (8.6)) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut:

- 600 mm
- 2 x tebal lantai
- 4 x tinggi shear connector

Untuk diameter shear connector tidak boleh melebihi :

- 1,5 x tebal plat flens bila plat memikul tegangan tarik
- 2 x tebal plat flens bila tidak terdapat tegangan tarik

Digunakan shear connector jenis paku / stud (ARCFIX *Stud Welding*) dengan data sebagai berikut:

Diameter	= 22 mm
Tinggi	= 100 mm
Asc	= 380,1 mm ²
fc'	= 30 MPa
Ec	= 25743 Mpa

Kapasitas nominal 1 stud

$$\begin{aligned}
 Q_n &= 0,5 \times Asc (fc' \times Ec)^{0,5} \\
 &= 0,5 \times Asc (fc' \times Ec)^{0,5} \\
 &= 167030,2 \text{ N} \\
 V_{ls} &= 0,55 \times 2 \times 167030,2 \text{ N} \\
 &= 183733 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja:

$$V = 13834,5 \text{ kN}$$

Gaya geser persatuan panjang :

$$\begin{aligned}
 V_L &= \frac{V \times A_t \times Y_c}{I_t} \\
 &= \frac{13834,5 \times 772,3 \times 37,4}{1358864,3} \\
 &= 294,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_L &< \quad \emptyset V_{ls} \\
 294,3 &< 0,75 \times 183733 \\
 294,3 &< 137800 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jumlah shear connector :

$$\begin{aligned} V_h &= A_g \times f_y \\ &= 46400 \text{ mm}^2 \times 410 \text{ MPa} \\ &= 19024000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{V_h}{Q_n} \\ &= \frac{19024000}{167030,2} \\ &= 114 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jadi jumlah shear connector yang dibutuhkan sepanjang gelagar memanjang adalah $2 \times n = 228$ buah

Jarak antar konektor yang digunakan

$$S = \frac{2500}{114} = 22 \text{ cm}$$

BAB VI

KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA

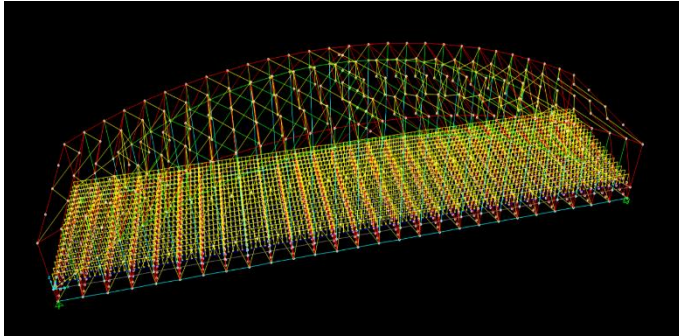
6.1 Umum

- Konstruksi pemikul utama merupakan bagian terakhir dari konstruksi bagian atas jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan kemudian diteruskan ke tumpuan.
- Pendekatan pertama bentuk geometrik busur sebagai persamaan parabola. Menurut buku Ir. H. J. Struyk, Prof. Ir. K. H. C.W. Van Der Veen, dan Soemargono.1990. Jembatan, direncanakan:
 1. $f = 1/6 L$ sampai dengan $1/8 L$
 $f = 1/6 \cdot 108 \text{ m}$ sampai dengan $1/8 \cdot 108 \text{ m}$
 $f = 18 \text{ m}$ sampai dengan 14 m
direncanakan $f = 18 \text{ m}$

6.2 Pembebanan

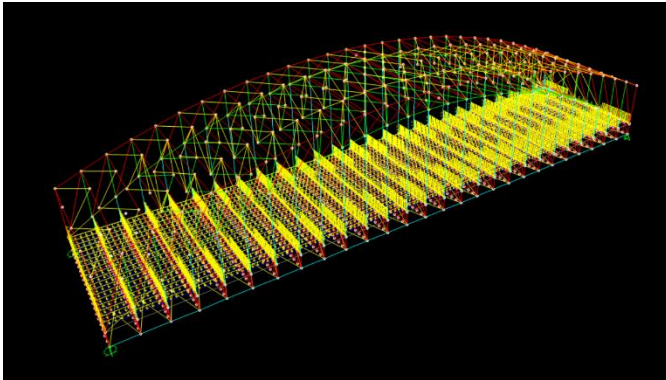
Beban yang di masukkan ke SAP untuk merencanakan konstruksi pemikul utama

1. Beban Mati
 1. Berat profil-profil sendiri (dimodelkan dalam SAP)
 2. Pelat (beton) $= B_{\text{beton}} \times b_1 \times t_{\text{pelat}}$
 $= 2500 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$
 $= 469 \text{ kg/m}$



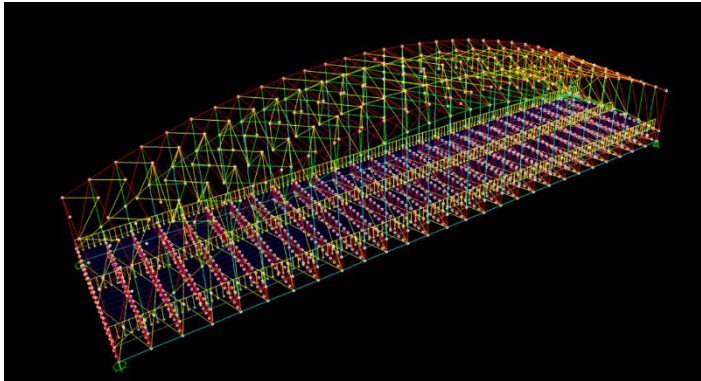
Gambar 6.1 Hasil input beban pelat lantai

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Aspal} &= B_{\text{aspal}} \times b_1 \times t_{\text{aspal}} \\
 &= 2200 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \times 0,07 \text{ m} \\
 &= 193 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.2 Hasil input beban aspal

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Parapet} &= B_{\text{beton}} \times h_{\text{parapet}} \times b_{\text{parapet}} \\
 &= 2500 \text{ kg/m}^3 \times 1,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 1500 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.3 Hasil input beban parapet

2. Beban Hidup

1. Beban Truk

Menurut SNI 1725-2016 ps. 8.4.1 tentang besarnya beban truk “T”, beban T ditentukan sebesar 112,5 kN. Untuk roda tengah dan belakang 112,5 kN = 11250 kg, Untuk roda depan 25 kN= 2500 kg

2. Beban Lajur “D”

BTR = Untuk $L > 30$ m

$$q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$$

$$q = 9.0 (0.5 + 15/108) \text{ kPa}$$

$$q = 5,75 \text{ kPa}$$

$$q = 5,75 \text{ kN/m}^2$$

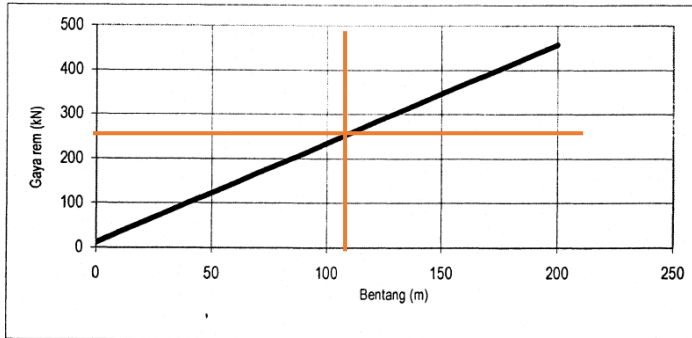
$$\text{BGT} = 49 \text{ kN/m} \times (1+\text{DLA})$$

$$= 49 \text{ kN/m} \times (1+0,3)$$

$$= 63,7 \text{ kN/m}$$

3. Beban Rem

$L = 108 \text{ m} \rightarrow 490 \text{ kN} = 49000 \text{ kg}$ (RSNI T-02-2005)



Gambar 6.4 Beban REM

4. Beban Angin

Menurut SNI T 02-2005 Pasal 7.6 gaya nominal ultimate pada bangunan atas:

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

Dimana:

C_w = Koefisien seret (SNI T 02-2005 tabel 27)
= 1,2 (bangunan atas rangka)

V_w = Kecepatan angin rencana = 35 m/s. (<5 km dari pantai)

A_b = Luas ekuivalen bagian samping jembatan (m^2)

Sedangkan gaya nominal ultimate pada kendaraan sepanjang jembatan (bekerja pada lantai kendaraan) hanya dipikul oleh ikatan angin bawah

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

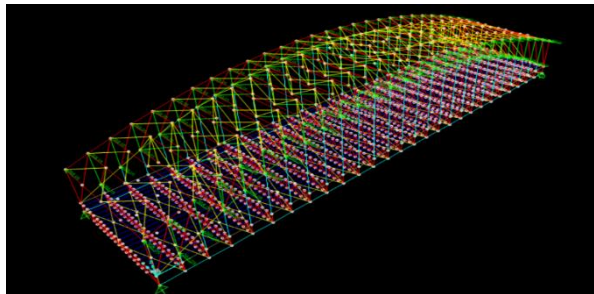
- Beban angin pada konstruksi busur (T_{EW1})

$$\begin{aligned} T_{EW1} &= 0,0006 \times C_W \times V_W^2 \times A_b \text{ busur} \\ &= 0,0006 \times 1,2 \times 35^2 \times (\Delta S_n \times \text{tinggi busur}) \\ &= 0,0006 \times 1,2 \times 1225 \times (\Delta S_n \times 0,9 \text{ m}) \\ &= 0,79 \cdot \Delta S_n \text{ kN} \end{aligned}$$
- Beban angin pada penggantung (T_{EW2})

$$\begin{aligned} T_{EW2} &= 0,0006 \times C_W \times V_W^2 \times A_b \text{ penggantung} \\ &= 0,0006 \times 1,2 \times 35^2 \times (Y_n \times D \text{ penggantung}) \\ &= 0,0006 \times 1,2 \times 1225 \times (Y_n \times 0,0953 \text{ m}) \\ &= 0,084 \cdot Y_n \text{ kN} \end{aligned}$$
- Beban hidup kendaraan (T_{EW3})

$$\begin{aligned} T_{EW3} &= 0,0012 \times C_W \times V_W^2 \times A_b \text{ kendaraan} \\ &= 0,0012 \times 1,2 \times 35^2 \times (2,5\text{m} \times 6\text{m}) \\ &= 0,0012 \times 1,2 \times 1225 \times (2,5\text{m} \times 6\text{m}) \\ &= 26,46 \text{ kN} \end{aligned}$$
- Beban hidup kendaraan (T_{EW4})

$$\begin{aligned} T_{EW4} &= 0,0006 \times C_W \times V_W^2 \times A_b \text{ lantai kendaraan} \\ &= 0,0006 \times 1,2 \times 35^2 \times (0,8\text{m} \times 4\text{m}) \\ &= 0,0006 \times 1,2 \times 1225 \times (0,8\text{m} \times 4\text{m}) \\ &= 2,82 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 6.5 Hasil input beban angin

Tabel 6.1 Rekapitulasi Pembebanan Angin

Titik	Yn	ΔS_n	Tew 1 (kN)	Tew 2 (kN)	P (kg)
1	0,00	2,38	1,89	0,00	188,7
2	2,57	4,70	3,73	0,14	380,4
3	4,94	4,60	3,65	0,28	379,0
4	7,11	4,51	3,58	0,40	377,6
5	9,09	4,42	3,51	0,51	376,2
6	10,86	4,34	3,44	0,61	374,9
7	12,44	4,27	3,39	0,70	373,5
8	13,83	4,20	3,34	0,77	372,3
9	15,01	4,15	3,29	0,84	371,2
10	16,00	4,10	3,25	0,90	370,2
11	16,79	4,06	3,22	0,94	369,3
12	17,38	4,03	3,20	0,97	368,7
13	17,78	4,01	3,18	1,00	368,3
14	17,98	4,00	3,18	1,01	368,1
15	17,98	4,00	3,18	1,01	368,1
16	17,78	4,01	3,18	1,00	368,3
17	17,38	4,03	3,20	0,97	368,7
18	16,79	4,06	3,22	0,94	369,3
19	16,00	4,10	3,25	0,90	370,2
20	15,01	4,15	3,29	0,84	371,2
21	13,83	4,20	3,34	0,77	372,3
22	12,44	4,27	3,39	0,70	373,5
23	10,86	4,34	3,44	0,61	374,9
24	9,09	4,42	3,51	0,51	376,2
25	7,11	4,51	3,58	0,40	377,6
26	4,94	4,60	3,65	0,28	379,0
27	2,57	4,70	3,73	0,14	380,4
28	0,00	2,38	1,89	0,00	188,7

Titik	Yn	Tew 2 (kN)	Tew 3 (kN)	Tew 4 (kN)	P (kg)
1	0,00	0,00	26,46	2,82	2928,2
2	2,57	0,14	26,46	2,82	2942,6
3	4,94	0,28	26,46	2,82	2955,9
4	7,11	0,40	26,46	2,82	2968,1
5	9,09	0,51	26,46	2,82	2979,1
6	10,86	0,61	26,46	2,82	2989,1
7	12,44	0,70	26,46	2,82	2997,9
8	13,83	0,77	26,46	2,82	3005,7
9	15,01	0,84	26,46	2,82	3012,3
10	16,00	0,90	26,46	2,82	3017,9
11	16,79	0,94	26,46	2,82	3022,3
12	17,38	0,97	26,46	2,82	3025,6
13	17,78	1,00	26,46	2,82	3027,8
14	17,98	1,01	26,46	2,82	3028,9
15	17,98	1,01	26,46	2,82	3028,9
16	17,78	1,00	26,46	2,82	3027,8
17	17,38	0,97	26,46	2,82	3025,6
18	16,79	0,94	26,46	2,82	3022,3
19	16,00	0,90	26,46	2,82	3017,9
20	15,01	0,84	26,46	2,82	3012,3
21	13,83	0,77	26,46	2,82	3005,7
22	12,44	0,70	26,46	2,82	2997,9
23	10,86	0,61	26,46	2,82	2989,1
24	9,09	0,51	26,46	2,82	2979,1
25	7,11	0,40	26,46	2,82	2968,1
26	4,94	0,28	26,46	2,82	2955,9
27	2,57	0,14	26,46	2,82	2942,6
28	0,00	0,00	26,46	2,82	2928,2

5. Beban Gempa

Untuk struktur jembatan ini beban gempa direncanakan dengan RSNI 2833:201X, dengan metode respon spektrum

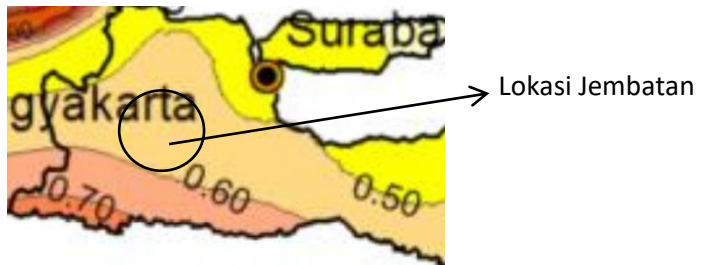
Tabel 6.2 Rekapitulasi SPT

Depth (m)	Jenis Tanah	N rata2	Grafik SPT							
			0	10	20	30	40	50	60	
0	clay	0	0							
-1	clay	13								
-2	clay	17								
-3	clay	17								
-4	clay	15								
-5	clay	14								
-6	clay	15								
-7	clay	30								
-8	clay	50								
-9	clay	50								
-10	clay	50								
-11	clay	30								
-12	clay	17								
-13	clay	30								
-14	clay	50								
-15	clay	50								
-16	clay	50								
-17	clay	50								
-18	clay	50								
-19	clay	50								
-20	clay	50								
-21	clay	50								
-22	sandy rock	50								
-23	sandy rock	50								
-24	sandy rock	50								
-25	sandy rock	50								

Penentuan kelas situs

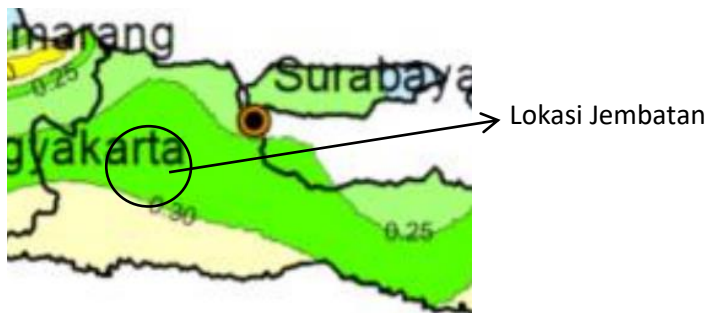
$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\sum t_i}{\sum t/n} \\
 &= \frac{24}{2,24} \\
 &= 10.5
 \end{aligned}$$

Kondisi tanah : Tanah lunak



Gambar 6.6 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode Pendek (S_s)
Sumber : RSNi 2833:2016

Percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s): 0,5 g



Gambar 6.7 Percepatan Batuan Dasar Pada Periode 1 detik (S_1)
Sumber : RSNi 2833:2016

percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) : 0,3 g
 Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran
 perioda pendek (F_a) : 1,2

Tabel 6.3 koefisien Situs Ss

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Sumber : RSNi 2833:2016

Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v) : 2,8

Tabel 6.4 koefisien Situs S1

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

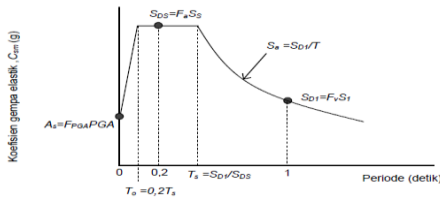
Sumber : RSNi 2833:2016

$$S_{D1} : F_v \times S_1 : 2,6 \times 0,35 = 0,91$$

$$S_{DS} : F_a \times S_s : 1,1 \times 0,75 = 0,825$$

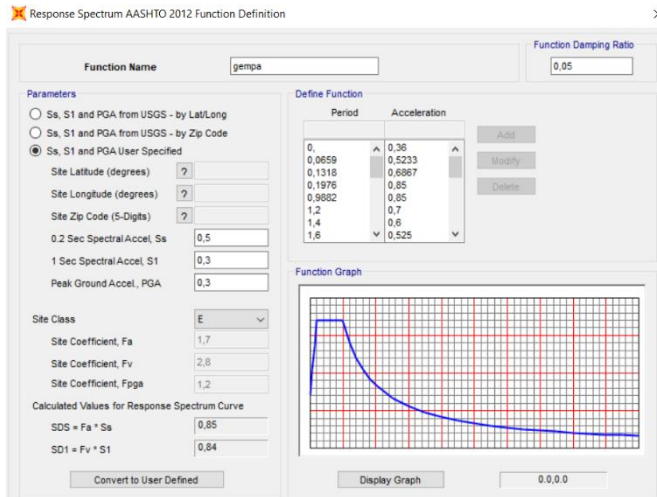
$$T_s : S_{D1}/S_{DS} : 0,91/0,825 = 1,1$$

$$T_0 : 0,2 \times T_s : 0,2 \times 1,1 = 0,22$$

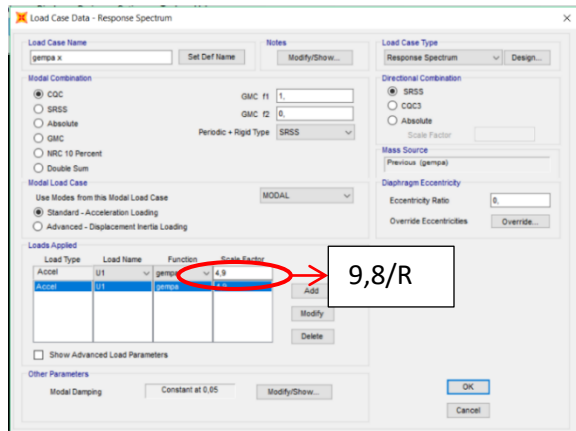


Gambar 6.8 Respon Spektrum Rencana

Sumber : RSNi 2833:2016



Gambar 6.9 Respon Spektrum pada SAP
 Koefisien R pada gempa jembatan
 RSNI Gempa Jembatan 2833:2013 pada tabel 6 , Faktor
 modifikasi respon (R) = 1



Gambar 6.10 Inout gempa pada SAP

6.3 Kombinasi Pembebanan

Tabel 6.5 Kombinasi Beban

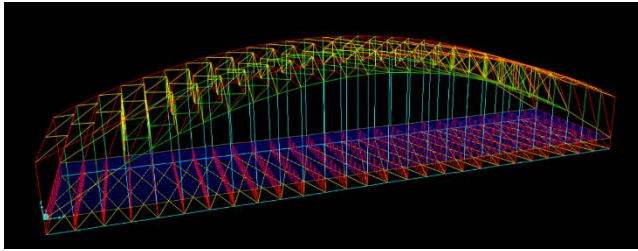
Aksi	Kelayanan						Ultimit										
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6					
Aksi Permanen :																	
Berat sendiri																	
Beban mati tambahan																	
Susut rangak	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Pratekan																	
Pengaruh beban tetap pelaksanaan																	
Tekanan tanah																	
Penurunan																	
Aksi Transien :																	
Beban lajur "D" atau beban truk "T"	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o						
Gaya rem atau gaya sentrifugal	X	o	o	o	o		X	o	o	o	o						
Beban pejalan kaki		X						X									
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o	o	o					
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o	o	o					
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	o		o	X	o	o		X	o		o						
Beban angin			o	o	X	o		o	X		o						
Aksi Khusus :																	
Gempa											X						
Beban tumbukan																	
Pengaruh getaran	X	X															
Beban pelaksanaan								X				X					
* X * berarti beban yang selalu aktif * O * berarti beban yang boleh dikombinasi dengan beban aktif, tunggal atau seperti ditunjukkan.						(1) * aksi permanen "X" KBL + beban aktif "X" KBL + 1 beban "o" KBL (2) * aksi permanen "X" KBL + beban aktif "X" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL (3) * aksi permanen "X" KBL + beban aktif "X" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL						Aksi permanen "X" KBU + beban aktif "X" KBU + 1 beban "o" KBL					

Sumber : SNI T-02-2005

Dimana : Berat sendiri (MS)
 Beban mati tambahan (MA)
 Beban lajur "D" (TD)
 Gaya rem (TB)
 Beban pejalan kaki (TP)
 Temperatur (ET)
 Baban angin (EW)
 Beban Gempa (EQ)

Kombinasi: 1). 1MS+1MA+1TD+1TB +1ET+1EW
 2). 1,1MS+1,3MA+2TD
 3). 1,1MS+1,3MA+0,3TD+1QX+0,3QY
 4). 1,1MS+1,3MA+0,3TD+0,3QX+1QY

6.4 Permodelan Struktur



Gambar 6.11 Permodelan Struktur pada SAP

6.5 Batang Penggantung

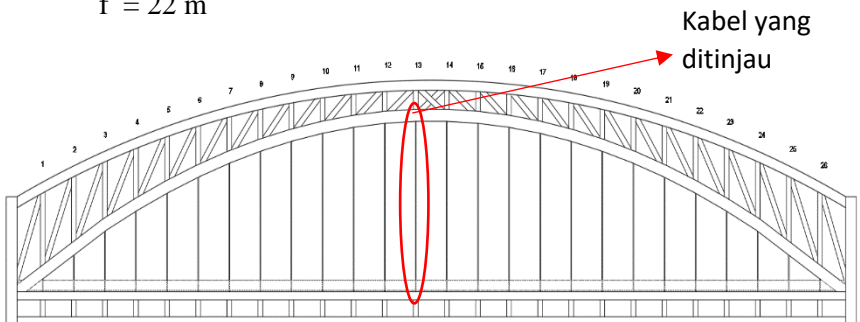
Panjang dari batang penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur

Persamaan parabola:

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2}$$

$$L = 108 \text{ m}$$

$$f = 22 \text{ m}$$



Gambar 6.12 Kabel yang ditinjau

Tabel 6.6 Tabel Panjang Penggantung

AS	X	Yn
1	0	0,0
2	4	3,1
3	8	5,9
4	12	8,5
5	16	10,9
6	20	13,0
7	24	14,9
8	28	16,6
9	32	18,0
10	36	19,2
11	40	20,1
12	44	20,9
13	48	21,3
14	52	21,6
15	56	21,6
16	60	21,3
17	64	20,9
18	68	20,1
19	72	19,2
20	76	18,0
21	80	16,6
22	84	14,9
23	88	13,0
24	92	10,9
25	96	8,5
26	100	5,9
27	104	3,1
28	108	0,0

6.5.1 Perhitungan kabel penggantung

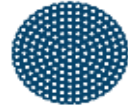
7. Hasil Output Sap

Tabel 6.7 Gaya yang terjadi pada Batang Penggantung

As	Frame	P (kN)	Yn (m)	Kontrol σ (kN/cm ²)		Kontrol Δ
				σ terjadi	σ ijin	
2	3450	1578,975	3,1	18,94	64,09	OK
3	3451	1578,468	5,9	18,93	64,09	OK
4	3452	1578,967	8,5	18,94	64,09	OK
5	3453	1579,479	10,9	18,95	64,09	OK
6	3454	1580,055	13,0	18,95	64,09	OK
7	3455	1580,611	14,9	18,96	64,09	OK
8	3456	1581,133	16,6	18,97	64,09	OK
9	3457	1581,566	18,0	18,97	64,09	OK
10	3458	1581,924	19,2	18,97	64,09	OK
11	3459	1582,202	20,1	18,98	64,09	OK
12	3460	1582,398	20,9	18,98	64,09	OK
13	3461	1582,532	21,3	18,98	64,09	OK
14	3462	1582,609	21,6	18,98	64,09	OK
15	3463	1582,609	21,6	18,98	64,09	OK
16	3464	1582,532	21,3	18,98	64,09	OK
17	3465	1582,381	20,9	18,98	64,09	OK
18	3466	1582,154	20,1	18,98	64,09	OK
19	3467	1581,849	19,2	18,97	64,09	OK
20	3468	1581,467	18,0	18,97	64,09	OK
21	3469	1581,012	16,6	18,96	64,09	OK
22	3470	1580,479	14,9	18,96	64,09	OK
23	3471	1579,887	13,0	18,95	64,09	OK
24	3472	1579,263	10,9	18,94	64,09	OK
25	3473	1578,638	8,5	18,94	64,09	OK
26	3474	1578,13	5,9	18,93	64,09	OK
27	3475	1578,201	3,1	18,93	64,09	OK

BRIDON

High-quality steel wire ropes for surface mining applications



Galvanized Structural Strand

Strand Diameter		Approx. Metallic Area		Weight Approx.		Minimum Breaking Force	
in	mm	sq. in.	sq. mm	lbs/ft	kg/m	tons (2000 lbs)	metric tons
1/2	12.7	0.15	97	0.52	0.80	15	14
5/8	15.9	0.23	148	0.82	1.20	24	22
3/4	19.1	0.34	219	1.18	1.80	34	31
7/8	22.2	0.46	297	1.61	2.40	46	42
1	25.4	0.60	387	2.10	3.10	61	55
1-1/8	28.6	0.76	490	2.66	4.00	78	71
1-1/4	31.8	0.94	606	3.28	4.90	96	87
1-3/8	34.9	1.13	729	3.97	5.90	116	105
1-1/2	38.1	1.35	871	4.73	7.00	138	125
1-5/8	41.3	1.59	1026	5.55	8.30	162	147
1-3/4	44.5	1.84	1187	6.43	9.60	188	171
1-7/8	47.6	2.11	1361	7.39	11.00	216	196
2	50.8	2.40	1548	8.40	12.50	245	222
2-1/8	54.0	2.71	1748	9.49	14.10	277	251
2-1/4	57.2	3.04	1961	10.64	15.80	310	281
2-3/8	60.3	3.38	2181	11.85	17.60	344	312
2-1/2	63.5	3.75	2419	13.13	19.50	376	341
2-5/8	66.7	4.13	2665	14.47	21.50	417	378
2-3/4	69.9	4.54	2923	15.88	23.60	462	410
2-7/8	73.0	4.96	3200	17.36	25.80	494	448
3	76.2	5.40	3484	18.90	28.10	538	486
3-1/8	79.4	5.86	3781	20.51	30.50	584	530
3-3/4	82.6	6.34	4090	22.18	33.00	625	567
3-3/8	85.7	6.83	4406	23.92	35.60	673	611
3-1/2	88.9	7.35	4742	25.73	38.30	724	657
3-5/8	92.1	7.88	5084	27.60	41.10	768	697
3-3/4	95.3	8.44	5445	29.53	43.90	822	746
3-7/8	98.4	9.01	5813	31.53	46.90	878	797
4	101.6	9.60	6194	33.60	50.00	925	839
4-1/4	108.0	10.80	6908	37.90	56.40	1040	943
4-3/8	111.1	11.50	7419	40.20	59.80	1100	998
4-1/2	114.3	11.80	7613	41.30	61.50	1140	1034
4-3/4	120.7	13.00	8387	45.50	67.70	1300	1179

Gambar 6.13 Brosur Kabel yang ditinjau

Profil kabel yang dipakai Bridon ASTM A-586

Dari hasil output sap didapatkan gaya maksimum yang terjadi pada kabel sebesar 1583 kN

Profil Kabel : D = 120,7 mm

A = 83,37 cm²

Teg. Ijin = 8220 kN

E = 168000 Mpa

Hanging Cable Strees = 65%

Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned} \sigma &= P/A && \leq \text{Teg. Ijin}/A \\ &= \frac{1583 \text{ kN}}{83,37 \text{ cm}^2} && \leq \frac{1583 \text{ kN} \times 65\%}{83,37 \text{ cm}^2} \\ &= 18,98 \text{ kN/cm}^2 && \leq 64,09 \text{ kN/cm}^2 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

6.6 Batang Penggantung

Persamaan Parabola

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L-X)}{L^2}$$

L = 108 m

f = 22 m

$$\Delta S_n = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$

Tabel 6.8 Persamaan Parabola Busur

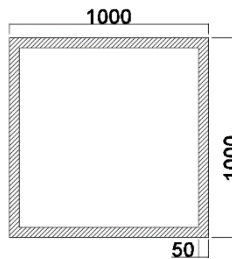
Titik	Segmen	X	Y	ΔSn
1		0	0	
	1-2			5,05
2		4	3,08	
	2-3			4,91
3		8	5,93	
	3-4			4,77
4		12	8,53	
	4-5			4,65
5		16	10,90	
	5-6			4,53
6		20	13,04	
	6-7			4,43
7		24	14,93	
	7-8			4,33

15		56	21,57	
	15-16			4,01
16		60	21,33	
	16-17			4,03
17		64	20,86	
	17-18			4,06
18		68	20,15	
	18-19			4,11
19		72	19,20	
	19-20			4,17
20		76	18,01	
	20-21			4,25
21		80	16,59	
	21-22			4,33

8		28	16,59		22		84	14,93	
	8-9			4,25		22-23			4,43
9		32	18,01		23		88	13,04	
	9-10			4,17		23-24			4,53
10		36	19,20		24		92	10,90	
	10-11			4,11		24-25			4,65
11		40	20,15		25		96	8,53	
	11-12			4,06		25-26			4,77
12		44	20,86		26		100	5,93	
	12-13			4,03		26-27			4,91
13		48	21,33		27		104	3,08	
	13-14			4,01		27-28			5,05
14		52	21,57		28		108	0,00	

6.6.1 Rangka Pada Jembatan Busur

1. Rangka Busur Batang Lengkung Atas (Tekan)



Gambar 6.14 Penampang box busur batang lengkung atas

Digunakan profil box 1000 x 1000 x 50 x 50

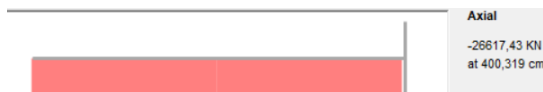
$$h = 1000 \text{ mm} \quad I_x = 2865833,3 \text{ cm}^4$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad I_y = 2865833,3 \text{ cm}^4$$

$$W = 1491,5 \text{ kg/m} \quad i_x = 38,8373 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 t_b &= 50 \quad \text{mm} & i_y &= 38,8373 \quad \text{cm} \\
 t_f &= 50 \quad \text{mm} & S_x &= 57316,67 \quad \text{cm}^3 \\
 A &= 190000 \quad \text{mm}^2 & S_y &= 57316,67 \quad \text{cm}^3 \\
 J &= 4286875 \quad \text{cm}^4 & Z_x &= 67750 \quad \text{cm}^3 \\
 Z_y &= 67750 \quad \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BJ EN 10025 : } f_u &= 550 \quad \text{MPa} \\
 F_y &= 410 \quad \text{MPa} \\
 E &= 200000 \quad \text{MPa}
 \end{aligned}$$



$$P = 26617,43 \text{ kN (Tekan) Frame 15}$$

Panjang tekuk:

$$L = 4659 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 4659 = 4659 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4659}{388,37} = 11,99 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4659}{388,37} = 11,99 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{11,99}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,17$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,172}) \cdot 190000 \cdot 410 = 76938449,97 \text{ N}$$

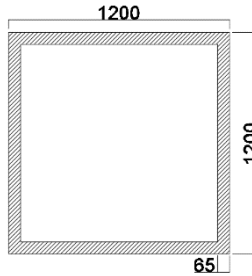
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$26617,43 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 76938449,97$$

$$26617,43 \text{ kN} \leq 6539768,2 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

2. Rangka Busur Batang Lengkung Bawah (Tekan)

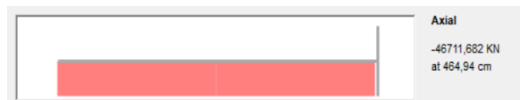


Gambar 6.15 Penampang box busur batang lengkung bawah

Digunakan profil box 1200x1200x65x65

$h = 1200 \text{ mm}$	$I_x = 4629413 \text{ cm}^4$
$b = 1200 \text{ mm}$	$I_y = 4629413 \text{ cm}^4$
$W = 2520,64 \text{ kg/m}$	$i_x = 47,19 \text{ cm}$
$t_b = 65 \text{ mm}$	$i_y = 47,19 \text{ cm}$
$t_f = 65 \text{ mm}$	$S_x = 77156,89 \text{ cm}^3$
$A = 321100 \text{ mm}^2$	$S_y = 77156,89 \text{ cm}^3$
$J = 12083720 \text{ cm}^4$	$Z_x = 90092,25 \text{ cm}^3$
$Z_y = 90092,25 \text{ cm}^3$	

BJ EN 10025 : $f_u = 550 \text{ MPa}$
 $F_y = 410 \text{ MPa}$
 $E = 200000 \text{ MPa}$



$P = 46711,68 \text{ kN (Tekan) Frame 3216}$

Panjang tekuk:

$$L = 4649,4 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 4649,4 = 4649,4 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4649,4}{471,9} = 9,85 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4649,4}{471,9} = 9,85 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{9,85}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,14$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,14^2}) \cdot 321100 \cdot 410 = 130552579 \text{ N}$$

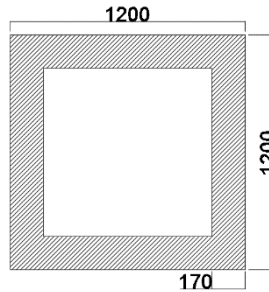
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$46711,68 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 130552579$$

$$46711,68 \text{ kN} \leq 11096969,2 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

3. Rangka Busur Batang Lengkung Bawah Kaku (Tekan)

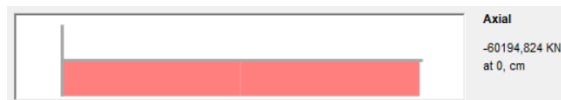


Gambar 6.16 Penampang box busur batang lengkung bawah kaku

Digunakan profil box 1200x1200x170x170

$h = 1200$ mm	$I_x = 12721599$ cm ⁴
$b = 1200$ mm	$I_y = 12721599$ cm ⁴
$W = 5498,14$ kg/m	$i_x = 42,62$ cm
$t_b = 170$ mm	$i_y = 42,62$ cm
$t_f = 170$ mm	$S_x = 212026,64$ cm ³
$A = 700400$ mm ²	$S_y = 212026,64$ cm ³
$J = 18576359$ cm ⁴	$Z_x = 272986$ cm ³
$Z_y = 272986$ cm ³	

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa
 $F_y = 410$ MPa
 $E = 200000$ Mpa



$P = 60194.82$ kN (Tekan) Frame 2385

Panjang tekuk:

$$L = 5048,61 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 5048,61 = 5048,61 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{5048,61}{426,2} = 11,85 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{5048,61}{426,2} = 11,85 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{11,85}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,17$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,17^2}) \cdot 700400 \cdot 410 = 283707064 \text{ N}$$

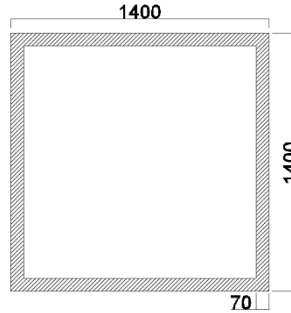
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$60194,82 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 28370706,4$$

$$60194,82 \text{ kN} \leq 24115100,4 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

4. Rangka Busur Batang Tegak Portal Akhir (Tarik)



Gambar 6.17 Penampang box busur batang tegak portal akhir

Digunakan profil box 1400x1400x70x70

$h = 1400$ mm	$I_x = 11009385$ cm ⁴
$b = 1400$ mm	$I_y = 11009385$ cm ⁴
$W = 2923,34$ kg/m	$i_x = 54,37$ cm
$t_b = 70$ mm	$i_y = 54,37$ cm
$t_f = 70$ mm	$S_x = 157276,93$ cm ³
$A = 372400$ mm ²	$S_y = 157276,93$ cm ³
$J = 16468459$ cm ⁴	$Z_x = 185906$ cm ³
$Z_y = 185906$ cm ³	

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa
 $F_y = 410$ MPa
 $E = 200000$ Mpa



$P = 1933,29$ kN (Tarik) Frame 2412

Panjang tekuk:

$L = 9000$ mm

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$L_k = k_c \times L = 1 \times 9000 = 9000$ mm

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{9000}{543,7} = 16,55 < 240 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{9000}{543,7} = 16,55 < 240 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{16,55}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,24$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,24^2}) \cdot 372400 \cdot 410 = 14911586479,7 \text{ N}$$

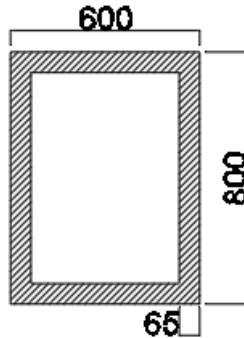
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$1933,29 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 1491158648,0$$

$$1933,29 \text{ kN} \leq 1267484850,8 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

5. Rangka Busur Batang Memanjang Atas (Tarik)

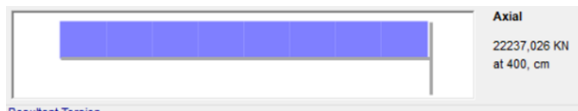


Gambar 6.18 Penampang box busur batang memanjang atas

Digunakan profil box 800x600x65x65

$h = 800$ mm	$I_x = 1382011,6$ cm ⁴
$b = 600$ mm	$I_y = 860321,6$ cm ⁴
$W = 1296,04$ kg/m	$i_x = 28,93$ cm
$t_b = 65$ mm	$i_y = 22,83$ cm
$t_f = 65$ mm	$S_x = 34550,29$ cm ³
$A = 165100$ mm ²	$S_y = 28677,39$ cm ³
$J = 1582784,8$ cm ⁴	$Z_x = 185906$ cm ³
$Z_y = 34999,25$ cm ³	

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa
 $F_y = 410$ MPa
 $E = 200000$ Mpa



$P = 22237,03$ kN (Tarik) Frame 1237

Panjang tekuk:

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 4000 = 4000 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4000}{289,3} = 13,83 < 240 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4000}{228,3} = 17,52 < 240 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{17,52}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,25$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,25^2}) \cdot 165100 \cdot 410 = 65920737,89 \text{ N}$$

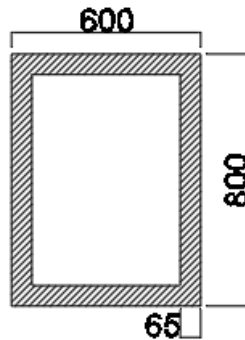
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$22237,03 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 6592073,8$$

$$22237,03 \text{ kN} \leq 5603262,7 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

6. Rangka Busur Batang Memanjang Bawah (Tarik)

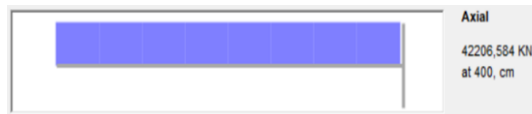


Gambar 6.19 Penampang box busur batang memanjang bawah

Digunakan profil box 800x600x65x65

$h = 800$ mm	$I_x = 1382011,6$ cm ⁴
$b = 600$ mm	$I_y = 860321,6$ cm ⁴
$W = 1296,04$ kg/m	$i_x = 28,93$ cm
$t_b = 65$ mm	$i_y = 22,83$ cm
$t_f = 65$ mm	$S_x = 34550,29$ cm ³
$A = 165100$ mm ²	$S_y = 28677,39$ cm ³
$J = 1582784,8$ cm ⁴	$Z_x = 185906$ cm ³
$Z_y = 34999,25$ cm ³	

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa
 $F_y = 410$ MPa
 $E = 200000$ Mpa



$P = 42206,584$ kN (Tarik) Frame 2130

Panjang tekuk:

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 4000 = 4000 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{4000}{289,3} = 13,83 < 240 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{4000}{228,3} = 17,52 < 240 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{17,52}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,25$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,25^2}) \cdot 165100 \cdot 410 = 65920737,89 \text{ N}$$

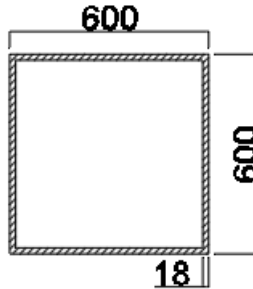
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$42206,584 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 6592073,8$$

$$42206,584 \text{ kN} \leq 5603262,7 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

7. Rangka Busur Batang Pengaku Tegak Lengkung (Tarik)



Gambar 6.20 Penampang box busur batang pengaku tegak lengkung

Digunakan profil box 600x600x18x18

$h = 600$	mm	$I_x = 236791,12$	cm^4
$b = 600$	mm	$I_y = 236791,12$	cm^4
$W = 328$	kg/m	$i_x = 23,77$	cm
$t_b = 18$	mm	$i_y = 23,77$	cm
$t_f = 18$	mm	$S_x = 7893,03$	cm^3
$A = 41904$	mm^2	$S_y = 7893,03$	cm^3
$J = 360757,3$	cm^4	$Z_x = 9148,46$	cm^3
$Z_y = 9148,46$	cm^3		

BJ EN 10025 :	$f_u = 550$	MPa
	$F_y = 410$	MPa
	$E = 200000$	Mpa



$P = 4877,22$ kN (Tarik) Frame 494

Panjang tekuk:

$$L = 6932,42 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 6932,42 = 6932,42 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{6932,42}{237,7} = 29,16 < 240 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{6932,42}{237,7} = 29,16 < 240 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{29,16}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,42$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,42^2}) \cdot 41904 \cdot 410 = 111506421 \text{ N}$$

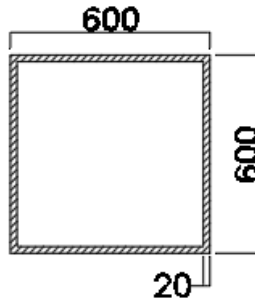
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$4877,22 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 111506421$$

$$4877,22 \text{ kN} \leq 9478045,8 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

8. Rangka Busur Batang Pengaku Miring Lengkung (Tekan)

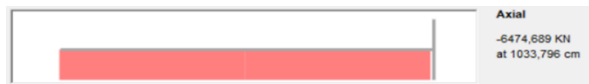


Gambar 6.21 Penampang box busur batang pengaku miring lengkung

Digunakan profil box 600x600x20x20

$h = 600$	mm	$I_x = 260458,67$	cm^4
$b = 600$	mm	$I_y = 260458,67$	cm^4
$W = 364$	kg/m	$i_x = 23,69$	cm
$t_b = 20$	mm	$i_y = 23,69$	cm
$t_f = 20$	mm	$S_x = 8681,95$	cm^3
$A = 46400$	mm^2	$S_y = 8681,95$	cm^3
$J = 397501$	cm^4	$Z_x = 9148,46$	cm^3
$Z_y = 10096$	cm^3		

BJ EN 10025 :	$f_u = 550$	MPa
	$F_y = 410$	MPa
	$E = 200000$	Mpa



$P = 6474,689$ kN (Tekan) Frame 72

Panjang tekuk:

$$L = 10338 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 10338 = 10338 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan
(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{10338}{236,9} = 43,64 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{10338}{236,9} = 43,64 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{43,64}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,63$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,63^2}) \cdot 46400 \cdot 410 = 16140749,84 \text{ N}$$

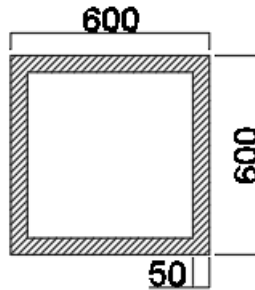
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$6474,689 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 16140749,84$$

$$6474,689 \text{ kN} \leq 1371963,7 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

9. Rangka Busur Batang Pengaku Tegak Batang Memanjang Busur (Tekan)

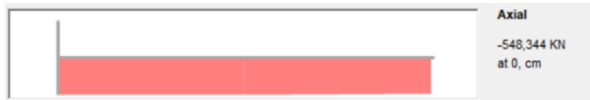


Gambar 6.22 Penampang box busur batang pengaku tegak batang memanjang busur

Digunakan profil box 600x600x50x50

$h = 600$	mm	$I_x = 559166,7$	cm ⁴
$b = 600$	mm	$I_y = 559166,7$	cm ⁴
$W = 863,5$	kg/m	$i_x = 22,55$	cm
$t_b = 50$	mm	$i_y = 22,55$	cm
$t_f = 50$	mm	$S_x = 18638,89$	cm ³
$A = 110000$	mm ²	$S_y = 18638,89$	cm ³
$J = 831875$	cm ⁴	$Z_x = 22750$	cm ³
$Z_y = 22750$	cm ³		

BJ EN 10025 :	$f_u = 550$	MPa
	$F_y = 410$	MPa
	$E = 200000$	Mpa



$P = 548,344$ kN (Tekan) Frame 139
Panjang tekuk:

$$L = 2500 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 2500 = 2500 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{2500}{225,5} = 11,09 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{6587,60}{225,5} = 11,09 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{11,09}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,16$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,16^2}) \cdot 110000 \cdot 410 = 44623954 \text{ N}$$

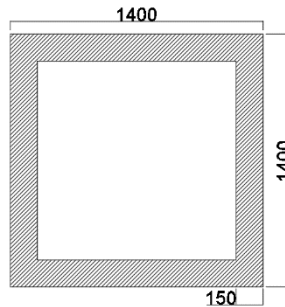
- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$548,344 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 4462395,4$$

$$548,344 \text{ kN} \leq 3793036,1 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

10. Rangka Busur Batang Pengaku Tegak Batang Portal Akhir (Tekan)



Gambar 6.23 Penampang box busur batang pengaku tegak batang portal akhir

Digunakan profil box 1400x1400x150x150

$h = 1400$ mm	$I_x = 19812500$ cm ⁴
$b = 1400$ mm	$I_y = 19812500$ cm ⁴
$W = 5887,5$ kg/m	$i_x = 51,40$ cm
$t_b = 150$ mm	$i_y = 51,40$ cm
$t_f = 150$ mm	$S_x = 283035,71$ cm ³
$A = 750000$ mm ²	$S_y = 283035,71$ cm ³
$J = 29296875$ cm ⁴	$Z_x = 353250$ cm ³
$Z_y = 353250$ cm ³	

BJ EN 10025 : $f_u = 550$ MPa
 $F_y = 410$ MPa
 $E = 200000$ Mpa



$P = 40978$ kN (Tekan) Frame 1127

Panjang tekuk:

$$L = 2500 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 2500 = 2500 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{2500}{514,0} = 4,86 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{2500}{514,0} = 4,86 < 140 \quad \text{OK}$$

$$\lambda_y > \lambda_x$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{4,86}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 0,07$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{0,07^2}) \cdot 750000 \cdot 410 = 279428838,7 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

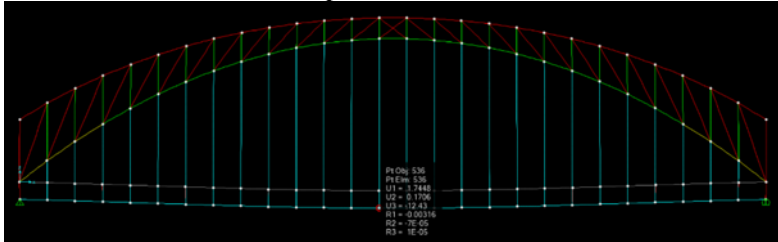
$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$40978 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 27942883,9$$

$$40978 \text{ kN} \leq 23751451,3 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

6.6.2 Kontrol Lendutan Pada Jembatan Busur

Berdasarkan analisa lendutan dengan menggunakan program bantu SAP 2000 maka didapatkan lendutan sebesar



Gambar 6.24 Permodelan lendutan yang terjadi
Sumber : Analisa permodelan

Lendutan yang terjadi = 12,43 cm

Syarat lendutan

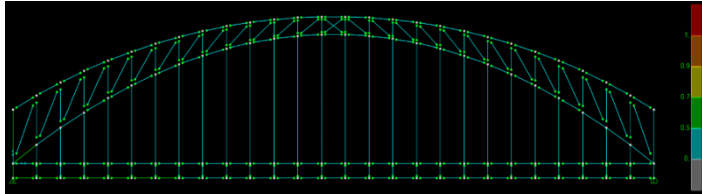
$$12,43 \text{ cm} < \frac{L}{800}$$

$$12,43 \text{ cm} < \frac{10800 \text{ cm}}{800}$$

$$12,43 \text{ cm} < 13,5 \text{ cm} \text{ (MEMENUHI)}$$

6.6.3 Kontrol Stress Ratio

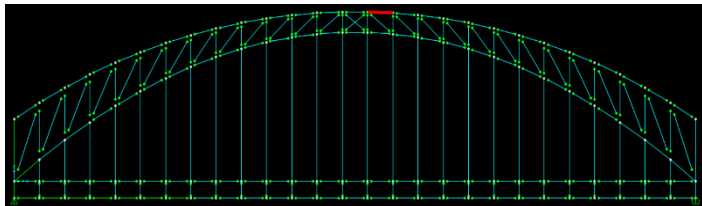
Berdasarkan analisa Stress Ratio dengan menggunakan program bantu SAP 2000 maka didapatkan hasil seperti pada gambar, apabila struktur menunjukkan warna biru berarti struktur aman dan tidak mengalami overstressed.



Gambar 6.25 Permodelan Stress Ratio yang terjadi

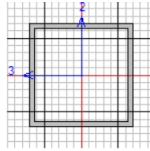
Sumber : Analisa permodelan

- Batang lengkung atas



Gambar 6.26 Permodelan Stress Ratio yang terjadi

Sumber : Analisa permodelan



Units KN, cm, C

AISC-LRFD93 STEEL SECTION CHECK
 Combo : 1,3D+0,3UDL+0,3KEL2+1EQx+0,3EQy
 Units : KN, cm, C

Frame : 15 Design Sect: box lengkung atas 1000x1000x50x50
 X Mid : 5800,000 Design Type: Brace
 Y Mid : 2500,000 Frame Type : Moment Resisting Frame
 Z Mid : 2446,923 Sect Class : Compact
 Length : 400,319 Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3
 Loc : 200,159 RLLF : 1,000

Area : 1900,000 SMajor : 57316,667 rMajor : 38,837 AVMajor: 1000,000
 IMajor : 2865933,333 SMinor : 57316,667 rMinor : 38,837 AVMinor: 1000,000
 IMinor : 2865933,333 ZMajor : 67750,000 E : 19994,798
 Ixy : 0,000 ZMinor : 67750,000 Fy : 41,000

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
200,159	-19579,798	3220,029	0,000	0,000	0,000	-11340,292

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO

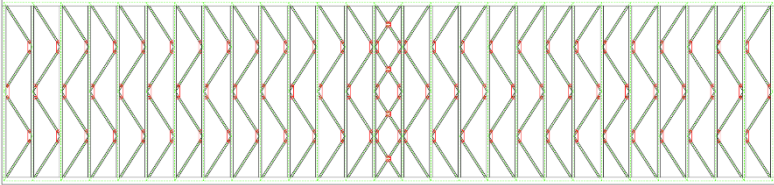
Governing Equation (H1-1a)	Total Ratio	P Ratio	SMajor Ratio	SMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1a)	0,300	= 0,298	+ 0,001	+ 0,000	0,950	OK

Tabel 6.9 Rekapitulasi Stress Ratio

No.	Frame	Profil	Section	Stress Ratio		Kontrol
				Teg. Terjadi	Teg. Ijin	
1	15	1000x1000x50x50	Batang lengkung atas	0,300	0,95	ok
2	3216	1200x1200x65x65	Batang lengkung bawah	0,336	0,95	ok
3	2385	1200x1200x170x170	Batang kaku lengkung bawah	0,551	0,95	ok
4	2412	1400 x 1400 x 70 x 70	Batang tegak portal	0,689	0,95	ok
5	494	600x600x18x18	Pengaku busur batang tegak	0,316	0,95	ok
6	72	600x600x20x20	Pengaku busur batang miring	0,477	0,95	ok
7	1237	800x600x65x65	Batang memanjang atas busur	0,308	0,95	ok
8	2130	800x600x65x65	Batang memanjang bawah busur	0,693	0,95	ok
9	139	600x600x50x50	Pengaku tegak batang memanjang busur	0,006	0,95	ok
10	1127	1400x1400x150x150	Pengaku tegak batang portal akhir	0,384	0,95	ok
11	2024	400x400x16x16	Gelagar melintang atas	0,414	0,95	ok
12	1789	600x600x16x16	Gelagar melintang tepi atas	0,588	0,95	ok
13	686	300 x 300 x 12 x 12	Rangka atas	0,695	0,95	ok
14	688	300 x 300 x 12 x 12	Rangka gelagar	0,404	0,95	ok
15	2482	2L 250 250 35	Ikatan angin atas	0,758	0,95	ok
16	2324	2L 250 250 35	Ikatan angin bawah busur	0,710	0,95	ok
17	1725	400 x 200 x 12 x 16	Batang memanjang gelagar	0,474	0,95	ok
18	2628	600x600x20x20	Batang melintang gelagar	0,426	0,95	ok
19	1890	2L 400 400 40	Ikatan angin bawah gelagar	0,624	0,95	ok
20	113	1200x900x50x50	Batang melintang gelagar portal	0,380	0,95	ok

6.7 Ikatan Angin

Bentuk konstruksi ikatan angin atas diasumsikan sebagai konstruksi rangka batang bidang. Dan yang berfungsi sebagai batang horizontal adalah konstruksi busur.

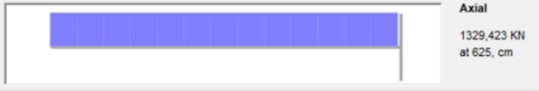


Gambar 6.27 Ikatan Angin Atas Busur

Ikatan angin atas busur untuk satu titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban P yang besarnya diambil rata-rata dari jumlah beban W (beban angin).

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

- a. Batang horizontal (Tarik)



$P = 1329,42\text{kN}$ (Tarik) Frame 2024

Profil yang dipakai : Box 400 x 400 x 16 x 16

$H = 400 \text{ mm}$	$I_x = 56200 \text{ cm}^4$
$B = 400 \text{ mm}$	$I_y = 56200 \text{ cm}^4$
$W = 187,74 \text{ kg/m}$	$i_x = 15,5 \text{ cm}$
$T_b = 16 \text{ mm}$	$i_y = 15,5 \text{ cm}$
$T_f = 16 \text{ mm}$	$S_x = 3025,14 \text{ cm}^3$
$A = 234800 \text{ mm}^2$	$S_y = 3025,14 \text{ cm}^3$
$J = 90596,97 \text{ cm}^4$	$Z_x = 2810 \text{ cm}^3$
$Z_y = 2810 \text{ cm}^3$	

BJ EN 10025 :	$f_u = 550 \text{ MPa}$
	$F_y = 410 \text{ MPa}$
	$E = 200000 \text{ Mpa}$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{400}{2 \times 16} = 12,50$$

$$\lambda_R = \frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 6250 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 6250 = 6250 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tarik
(RSNI T-03-2005 ps. 5.3.3)

$$\lambda = \frac{L_k}{r} = \frac{6250}{155} = 40,32 < 240 \text{ OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh (RSNI T-03-2005 ps.5.1)

$$\begin{aligned} \varphi N_n &= \varphi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 410 \times 234800/100 \\ &= 8664120 \text{ kg} = 86641,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\text{Asumsi } D \text{ baut} = 24 \text{ mm}$$

$$D \text{ lubang} = 26 \text{ mm}$$

$$U = 1$$

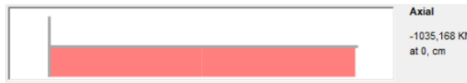
$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times tf) \\ &= 234800 - (2 \times 26 \times 16) \\ &= 233968 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 233968 \text{ mm}^2 \\ &= 233968 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi N_n &= \varphi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 550 \times 233968 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 9651180 \text{ kg} = 96511,8 \text{ kN} \\
 \phi N_n &= 86641,2 \text{ kN} \text{ (diambil nilai yang terkecil)} \\
 86641,2 \text{ kN} &> 1329,42 \text{ kN} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

b. Batang diagonal (Tekan)



$P = 1035,168 \text{ kN}$ (Tekan) Frame 2482

Profil yang dipakai : 2L 250 x 250 x 35

$$H = 250 \text{ mm} \quad I_x = 18220 \text{ cm}^4$$

$$W = 255,28 \text{ kg/m} \quad I_y = 39293,77 \text{ cm}^4$$

$$A = 325,2 \text{ cm}^2 \quad i_x = 7,50 \text{ cm}$$

$$t_b = 35 \text{ mm} \quad i_y = 11 \text{ cm}$$

$$t_f = 35 \text{ mm} \quad S_x = 1038,18 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 1534,91 \text{ cm}^3$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{b_f}{2 t_f} = \frac{250}{2 \times 35} = 3,57$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{b_f}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 7422,1 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 7422,1 = 7422,1 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan

(RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_{x_x} = \frac{L_{k_x}}{i_x} = \frac{7422,1}{75} = 99,09 \quad (\text{menentukan})$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{7422,1}{110} = 67,53$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{99,09}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 1,43$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \text{ (RSNI T-03-2005 ps. 6.2)}$$

- Kuat nominal

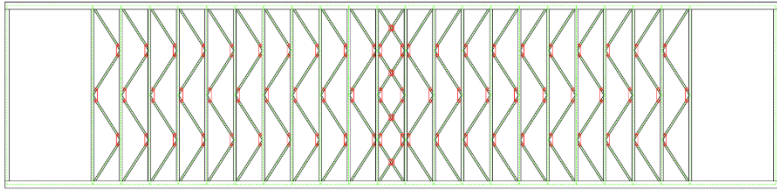
$$N_n = (0,66^{1,43^2}) \cdot 32520 \cdot 410 = 57131,68 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$1035,168 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 5713,2$$

$$1035,168 \text{ kN} \leq 4856,2 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

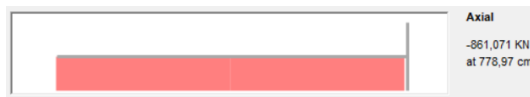


Gambar 6.28 Ikatan angin bawah busur

Ikatan angin bawah busur untuk satu titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban P yang besarnya diambil rata-rata dari jumlah beban W (beban angin).

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

a. Batang diagonal (Tekan)



$P = 861,07 \text{ kN}$ (Tekan) Frame 2324

Profil yang dipakai : 2L 250 x 250 x 35

$H = 250 \text{ mm}$ $I_x = 18220 \text{ cm}^4$

$W = 255,28 \text{ kg/m}$ $I_y = 39293,77 \text{ cm}^4$

$A = 325,2 \text{ cm}^2$ $i_x = 7,50 \text{ cm}$

$t_b = 35 \text{ mm}$ $i_y = 11 \text{ cm}$

$t_f = 35 \text{ mm}$ $S_x = 1038,18 \text{ cm}^3$

$S_y = 1534,91 \text{ cm}^3$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2t_f} = \frac{250}{2 \times 35} = 3,57$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{bf}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 7789,7 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 7789,7 = 7789,7 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{7789,7}{75} = 104,00 \quad (\text{menentukan})$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{7789,7}{110} = 70,88$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{101,85}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 1,49$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

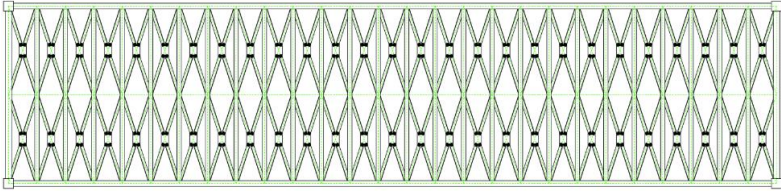
$$N_n = (0,66^{1,49^2}) \cdot 32520 \cdot 410 = 52422,29 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$861,07 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 5242,2$$

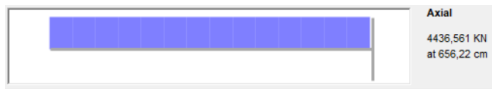
$$861,07 \text{ kN} \leq 4629,5 \text{ kN} \quad \text{OK}$$



Gambar 6.29 Ikatan angin bawah

Ikatan angin bawah untuk satu titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban P yang besarnya diambil rata-rata dari jumlah beban W (beban angin). Dari Output SAP 2000, didapatkan :

a. Batang diagonal (Tarik)



$P = 4436,915$ kN (Tarik) Frame 1890

Profil yang dipakai : 2L 400 x 400 x 40

$H = 400$ mm $I_x = 23517$ cm⁴

$W = 348,54$ kg/m $I_y = 71787,68$ cm⁴

$A = 444$ cm² $i_x = 7,3$ cm

$t_b = 40$ mm $i_y = 12,72$ cm

$t_f = 40$ mm $S_x = 2868,41$ cm³

$S_y = 1175,85$ cm³

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\frac{bf}{2t_f} = \frac{400}{2 \times 40} = 5$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\frac{bf}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Panjang tekuk:

$$L = 6562,2 \text{ mm}$$

$k_c = 1$, faktor tekuk untuk sendi-sendi

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 6562,2 = 6562,2 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan struktur tekan (RSNI T-03-2005 ps. 6.1)

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{6562,2}{73} = 90,17 \quad (\text{menentukan})$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{6562,2}{127,2} = 51,61$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{90,17}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2 \times 10^5}} = 1,30$$

Untuk nilai $\lambda_c \leq 1,5$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y \quad (\text{RSNI T-03-2005 ps. 6.2})$$

- Kuat nominal

$$N_n = (0,66^{1,30^2}) \cdot 44400 \cdot 410 = 90246,48 \text{ N}$$

- Kontrol (RSNI T-03-2005 ps.6.1)

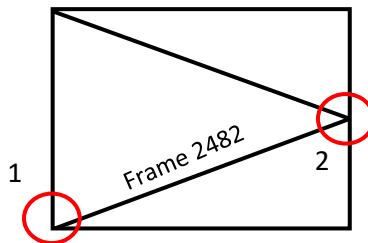
$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

$$4436,915 \text{ kN} \leq 0,85 \cdot 9024,6$$

$$4436,915 \text{ kN} \leq 9024,6 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

6.8 Sambungan Ikatan Angin

- Sambungan Ikatan Angin Atas Busur



Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$S_d = 103516,8 \text{ kg}$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \phi \times m \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg}\end{aligned}$$

2. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned}\varnothing R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg}\end{aligned}$$

3. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\varnothing R_n} = \frac{103516,8 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 7,1 \rightarrow 8 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S_1) = 1,5db s/d (4 t_p +100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 10 \text{ cm}$$

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15 t_p atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15t_p = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm} \rightarrow 15 \text{ cm}$$

Tabel 6.10 Rekapitulasi ikatan angin atas busur

No	D baut (mm)	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut				Jumlah Baut (n)	Baut Yang Digunakan
				Kuat Geser		Kuat Tumpu			
				Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)		
1	20	2693	-81224	19478	14608	19680	14760	6	6
2	20	2694	-83045	19478	14608	19680	14760	6	6
3	20	2695	-82943	19478	14608	19680	14760	6	6
4	20	2696	-81091	19478	14608	19680	14760	6	6
5	20	2697	-75546	19478	14608	19680	14760	5	6
6	20	2698	-76400	19478	14608	19680	14760	5	6
7	20	2699	-76307	19478	14608	19680	14760	5	6
8	20	2700	-75429	19478	14608	19680	14760	5	6
9	20	2701	-69264	19478	14608	19680	14760	5	6
10	20	2702	-71519	19478	14608	19680	14760	5	6
11	20	2703	-71444	19478	14608	19680	14760	5	6
12	20	2704	-69165	19478	14608	19680	14760	5	6
13	20	2705	-56214	19478	14608	19680	14760	4	4
14	20	2706	-56585	19478	14608	19680	14760	4	4
15	20	2373	-56507	19478	14608	19680	14760	4	4
16	20	2374	-56096	19478	14608	19680	14760	4	4
17	20	2375	-50679	19478	14608	19680	14760	4	4
18	20	2376	-50676	19478	14608	19680	14760	4	4
19	20	2377	-50626	19478	14608	19680	14760	4	4
20	20	2378	-50584	19478	14608	19680	14760	4	4
21	20	2379	-47080	19478	14608	19680	14760	4	4
22	20	2380	-46999	19478	14608	19680	14760	4	4
23	20	2381	-46975	19478	14608	19680	14760	4	4
24	20	2382	-47021	19478	14608	19680	14760	4	4
25	20	2383	-46001	19478	14608	19680	14760	4	4
26	20	2384	-45798	19478	14608	19680	14760	4	4
27	20	2414	-45789	19478	14608	19680	14760	4	4
28	20	2415	-45965	19478	14608	19680	14760	4	4
29	20	2416	-46986	19478	14608	19680	14760	4	4
30	20	2417	-46724	19478	14608	19680	14760	4	4

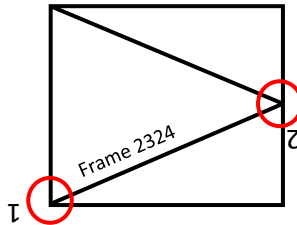
31	20	2418	-47004	19478	14608	19680	14760	4	4
32	20	2419	-47173	19478	14608	19680	14760	4	4
33	20	2420	-49077	19478	14608	19680	14760	4	4
34	20	2421	-49074	19478	14608	19680	14760	4	4
35	20	2422	-49030	19478	14608	19680	14760	4	4
36	20	2423	-49117	19478	14608	19680	14760	4	4
37	20	2424	-51370	19478	14608	19680	14760	4	4
38	20	2425	-51719	19478	14608	19680	14760	4	4
39	20	2426	-51681	19478	14608	19680	14760	4	4
40	20	2427	-51431	19478	14608	19680	14760	4	4
41	20	2428	-53640	19478	14608	19680	14760	4	4
42	20	2429	-54343	19478	14608	19680	14760	4	4
43	20	2430	-54286	19478	14608	19680	14760	4	4
44	20	2431	-53712	19478	14608	19680	14760	4	4
45	20	2432	-60251	19478	14608	19680	14760	4	6
46	20	2433	-56940	19478	14608	19680	14760	4	4
47	20	2434	-56861	19478	14608	19680	14760	4	4
48	20	2435	-60397	19478	14608	19680	14760	4	6
49	20	2436	-90068	19478	14608	19680	14760	6	8
50	20	2437	-65856	19478	14608	19680	14760	5	6
51	20	2438	-65707	19478	14608	19680	14760	4	6
52	20	2439	-90359	19478	14608	19680	14760	6	8
53	20	2440	-66314	19478	14608	19680	14760	5	6
54	20	2441	-66143	19478	14608	19680	14760	5	6
55	20	2361	-34895	19478	14608	19680	14760	4	4
56	20	2362	-34950	19478	14608	19680	14760	4	4
57	20	2363	-34963	19478	14608	19680	14760	4	4
58	20	2364	-35185	19478	14608	19680	14760	4	4
59	20	2365	-66153	19478	14608	19680	14760	5	6
60	20	2366	-66306	19478	14608	19680	14760	5	6

61	20	2367	-71835	19478	14608	19680	14760	5	6
62	20	2368	-71814	19478	14608	19680	14760	5	6
63	20	2482	-103517	19478	14608	19680	14760	7	8
64	20	2481	-33078	19478	14608	19680	14760	4	4
65	20	2480	-33118	19478	14608	19680	14760	4	4
66	20	2479	-33503	19478	14608	19680	14760	4	4
67	20	2478	-71681	19478	14608	19680	14760	5	6
68	20	2477	-71677	19478	14608	19680	14760	5	6
69	20	2476	-95163	19478	14608	19680	14760	7	8
70	20	2475	-63740	19478	14608	19680	14760	4	6
71	20	2474	-63604	19478	14608	19680	14760	4	6
72	20	2473	-95251	19478	14608	19680	14760	7	8
73	20	2472	-62160	19478	14608	19680	14760	4	6
74	20	2471	-59011	19478	14608	19680	14760	4	6
75	20	2470	-58954	19478	14608	19680	14760	4	6
76	20	2469	-62220	19478	14608	19680	14760	4	6
77	20	2468	-55428	19478	14608	19680	14760	4	4
78	20	2467	-56341	19478	14608	19680	14760	4	4
79	20	2466	-56300	19478	14608	19680	14760	4	4
80	20	2465	-55439	19478	14608	19680	14760	4	4
81	20	2464	-51964	19478	14608	19680	14760	4	4
82	20	2463	-52604	19478	14608	19680	14760	4	4
83	20	2462	-52563	19478	14608	19680	14760	4	4
84	20	2461	-51982	19478	14608	19680	14760	4	4
85	20	2460	-47018	19478	14608	19680	14760	4	4
86	20	2459	-47386	19478	14608	19680	14760	4	4
87	20	2458	-47333	19478	14608	19680	14760	4	4
88	20	2457	-47051	19478	14608	19680	14760	4	4
89	20	2456	-40387	19478	14608	19680	14760	4	4
90	20	2455	-40633	19478	14608	19680	14760	4	4

91	20	2454	-40561	19478	14608	19680	14760	4	4
92	20	2453	-40442	19478	14608	19680	14760	4	4
93	20	2452	-32229	19478	14608	19680	14760	4	4
94	20	2451	-32353	19478	14608	19680	14760	4	4
95	20	2450	-32263	19478	14608	19680	14760	4	4
96	20	2449	-32289	19478	14608	19680	14760	4	4
97	20	2448	-23380	19478	14608	19680	14760	4	4
98	20	2447	-23358	19478	14608	19680	14760	4	4
99	20	2446	-23215	19478	14608	19680	14760	4	4
100	20	2707	-23419	19478	14608	19680	14760	4	4
101	20	2708	-16437	19478	14608	19680	14760	4	4
102	20	2709	-16554	19478	14608	19680	14760	4	4
103	20	2710	-16436	19478	14608	19680	14760	4	4
104	20	2711	-16464	19478	14608	19680	14760	4	4
105	20	2712	-18095	19478	14608	19680	14760	4	4
106	20	2713	-18447	19478	14608	19680	14760	4	4
107	20	2714	-18415	19478	14608	19680	14760	4	4
108	20	2715	-18125	19478	14608	19680	14760	4	4
109	20	2716	-26663	19478	14608	19680	14760	4	4
110	20	2717	-27844	19478	14608	19680	14760	4	4
111	20	2718	-27832	19478	14608	19680	14760	4	4

Sumber : Analisa perhitungan

b. Sambungan Ikatan Angin bawah Busur



Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$$S_d = 86107,1 \text{ kg}$$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

4. Kekuatan geser

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times m \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg} \end{aligned}$$

6. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{86107,1 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 5,9 \rightarrow 6 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\text{Jarak ke tepi}(S1) = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4\text{tp}+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5 \text{ cm}$$

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15\text{tp} = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm} \rightarrow 15 \text{ cm}$$

Tabel 6.11 Rekapitulasi ikatan angin bawah busur

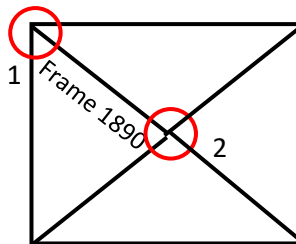
No	D baut (mm)	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut				Jumlah Baut (n)	Baut Yang Digunakan
				Kuat Geser		Kuat Tumpu			
				Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)		
112	20	2321	-68451,2	19478	14608	19680	14760	5	6
113	20	2322	-63148,4	19478	14608	19680	14760	4	6
114	20	2323	-63146,4	19478	14608	19680	14760	4	6
115	20	2324	-86107,1	19478	14608	19680	14760	6	6
116	20	2325	-67960,1	19478	14608	19680	14760	5	6
117	20	2326	-64659,1	19478	14608	19680	14760	4	6
118	20	2327	-64665,1	19478	14608	19680	14760	4	6
119	20	2328	-67987,4	19478	14608	19680	14760	5	6
120	20	2329	-58451,1	19478	14608	19680	14760	4	6
121	20	2330	-56880,6	19478	14608	19680	14760	4	4
122	20	2331	-56907,0	19478	14608	19680	14760	4	4
123	20	2332	-58451,0	19478	14608	19680	14760	4	6
124	20	2333	-47425,0	19478	14608	19680	14760	4	4
125	20	2334	-46357,8	19478	14608	19680	14760	4	4
126	20	2335	-46345,5	19478	14608	19680	14760	4	4
127	20	2336	-47410,9	19478	14608	19680	14760	4	4
128	20	2337	-36677,2	19478	14608	19680	14760	4	4
129	20	2338	-36117,6	19478	14608	19680	14760	4	4
130	20	2339	-35842,3	19478	14608	19680	14760	4	4
131	20	2340	-36457,4	19478	14608	19680	14760	4	4
132	20	2341	-27284,4	19478	14608	19680	14760	4	4
133	20	2342	-26840,9	19478	14608	19680	14760	4	4
134	20	2343	-26816,3	19478	14608	19680	14760	4	4
135	20	2344	-27243,1	19478	14608	19680	14760	4	4
136	20	2345	-19393,9	19478	14608	19680	14760	4	4
137	20	2346	-19226,6	19478	14608	19680	14760	4	4
138	20	2347	-19187,8	19478	14608	19680	14760	4	4
139	20	2348	-19361,9	19478	14608	19680	14760	4	4
140	20	2349	-13266,8	19478	14608	19680	14760	4	4
141	20	2350	-13556,1	19478	14608	19680	14760	4	4
142	20	2351	-13499,7	19478	14608	19680	14760	4	4
143	20	2352	13893,4	19478	14608	19680	14760	4	4
144	20	2353	-11209,1	19478	14608	19680	14760	4	4
145	20	2354	-11192,0	19478	14608	19680	14760	4	4

No	D baut (mm)	Frame	Nu (kg)	Sambungan Baut						
				Kuat Geser		Kuat Tumpu		Jumlah Baut (n)	Baut Yang Digunakan	
				Rn (kg)	ØRn (kg)	Rn (kg)	ØRn (kg)			
146	20	2355	-11138,3	19478	14608	19680	14760	4	4	
147	20	2356	-11245,4	19478	14608	19680	14760	4	4	
148	20	2357	-18861	19478	14608	19680	14760	4	4	
149	20	2358	-16069,1	19478	14608	19680	14760	4	4	
150	20	2359	-15941,7	19478	14608	19680	14760	4	4	
151	20	2360	-19164,1	19478	14608	19680	14760	4	4	
152	20	2257	-17431,7	19478	14608	19680	14760	4	4	
153	20	2258	-17552,6	19478	14608	19680	14760	4	4	
154	20	2259	-9685,01	19478	14608	19680	14760	4	4	
155	20	2260	-9661,09	19478	14608	19680	14760	4	4	
156	20	2261	-9734,02	19478	14608	19680	14760	4	4	
157	20	2262	-9707,22	19478	14608	19680	14760	4	4	
158	20	2263	-17825,6	19478	14608	19680	14760	4	4	
159	20	2264	-17685,1	19478	14608	19680	14760	4	4	
160	20	2312	-18193,3	19478	14608	19680	14760	4	4	
161	20	2311	-18373,8	19478	14608	19680	14760	4	4	
162	20	2310	-14303,3	19478	14608	19680	14760	4	4	
163	20	2309	-14293,4	19478	14608	19680	14760	4	4	
164	20	2308	-14231	19478	14608	19680	14760	4	4	
165	20	2307	-14294,1	19478	14608	19680	14760	4	4	
166	20	2306	-18545,6	19478	14608	19680	14760	4	4	
167	20	2305	-18386,3	19478	14608	19680	14760	4	4	
168	20	2304	-28118	19478	14608	19680	14760	4	4	
169	20	2303	-20822,8	19478	14608	19680	14760	4	4	
170	20	2302	-20772,5	19478	14608	19680	14760	4	4	
171	20	2301	-27953,2	19478	14608	19680	14760	4	4	
172	20	2300	-21906,6	19478	14608	19680	14760	4	4	
173	20	2299	-21773,3	19478	14608	19680	14760	4	4	
174	20	2298	-21800,1	19478	14608	19680	14760	4	4	
175	20	2297	-21914	19478	14608	19680	14760	4	4	
176	20	2296	23517,59	19478	14608	19680	14760	4	4	
177	20	2295	-23451,1	19478	14608	19680	14760	4	4	
178	20	2294	-23473,7	19478	14608	19680	14760	4	4	
179	20	2293	23557,2	19478	14608	19680	14760	4	4	

180	20	2292	24309,96	19478	14608	19680	14760	4	4
181	20	2291	-24677,2	19478	14608	19680	14760	4	4
182	20	2290	-24690,2	19478	14608	19680	14760	4	4
183	20	2289	24328,37	19478	14608	19680	14760	4	4
184	20	2288	-24367	19478	14608	19680	14760	4	4
185	20	2287	-25093,8	19478	14608	19680	14760	4	4
186	20	2286	-25094,1	19478	14608	19680	14760	4	4
187	20	2285	-24355,9	19478	14608	19680	14760	4	4
188	20	2284	-23721,1	19478	14608	19680	14760	4	4
189	20	2283	-24644,4	19478	14608	19680	14760	4	4
190	20	2282	-24637,9	19478	14608	19680	14760	4	4
191	20	2281	-23713,6	19478	14608	19680	14760	4	4
192	20	2280	-22293,5	19478	14608	19680	14760	4	4
193	20	2279	-23307,4	19478	14608	19680	14760	4	4
194	20	2278	-23301,8	19478	14608	19680	14760	4	4
195	20	2277	-22269,7	19478	14608	19680	14760	4	4
196	20	2276	-20393,1	19478	14608	19680	14760	4	4
197	20	2275	-21354,9	19478	14608	19680	14760	4	4
198	20	2274	-21319,6	19478	14608	19680	14760	4	4
199	20	2273	-20396,9	19478	14608	19680	14760	4	4

Sumber : Analisa perhitungan

c. Sambungan Ikatan Angin bawah



Titik simpul 1 dan 2

Sambungan batang diagonal ke plat simpul

$S_d = 443691,5 \text{ kg}$

Perencanaan:

- Pelat BJ 41 $F_y = 250 \text{ Mpa}$
 $F_u = 410 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 2 cm
- T_b baut = 145 kN

Kekuatan ijin 1 baut

7. Kekuatan geser

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times m \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 2 \times 0,5 \times 6200 \times (1/4 \times \pi \times 20^2) \\ &= 14608 \text{ kg} \end{aligned}$$

8. Kekuatan tumpu

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times f_u \times t_p \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \times 1 \\ &= 14760 \text{ kg} \end{aligned}$$

9. Jumlah baut

yang menentukan akibat geser

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{443691,5 \text{ kg}}{14608 \text{ kg}} = 30,4 \rightarrow 32 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) = $1,5 d_b$ s/d ($4 t_p + 100$) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4\text{tp}+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} +100) = 140 \text{ mm} \rightarrow 5\text{cm}$$

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15\text{tp} = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm} \rightarrow 15 \text{ cm}$$

a. Kontrol Plat

Dipakai profil L 100 x 10

$$A = 10 \times 1 = 10 \text{ cm}^2$$

$$t = 1 \text{ cm}$$

$$f_u = 410 \text{ MPa}$$

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

Kontrol kekuatan leleh (Plat)

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 10 = 22500\text{kg} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan patah (Baut)

$$\text{Asumsi } D \text{ baut} = 20 \text{ mm}$$

$$D \text{ lubang} = 22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 1000 - (2 \times 22 \times 10) \\ &= 560 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= U \times A_n \\ &= 1 \times 560 \text{ mm}^2 \\ &= 34250 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 410 \times 560 \text{ mm}^2 \\ &= 17220 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi N_n (\text{Plat}) &> \phi N_n (\text{Baut}) \\ 22500 \text{ kg} &> 17220 \text{ kg} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

e. Sambungan Plat Dengan Las

Las sudut

$$\text{Mutu logam pengisi } F_{E60xx} = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Mutu plat, } f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Persyaratan ukuran las:

$$\text{maks} = 8,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{min} &= 5 \text{ mm (buku LRFD, Tabel 7.1)} \\
 a &= 7 \text{ mm (ukuran las yang digunakan)} \\
 te &= 5 \text{ mm (tebal efektif)} \\
 \emptyset.Rn \text{ (las)} &= 0,75 \times 0,6 \times F_{E60xx} \times te \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4218 \times 0,5 \\
 &= 899,1 \text{ kg/cm} \\
 \emptyset.Rn \text{ (bahan)} &= 0,75 \times 0,6 \times F_u \times te \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 0,5 \\
 &= 874 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

Panjang las yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 L_w &= P_u / \emptyset.Rn \\
 &= 141362,9 / 874 \\
 &= 161,75 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

6.9 Sambungan Antar Profil

Sambungan menggunakan baut mutu tinggi tipe gesek yang perencanaannya berdasarkan AISC-LRFD

- Kekuatan geser baut (LRFD 13.2.2.1)

$$V_d = \emptyset \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

Keterangan :

μ = koefisien gesek yang ditentukan (=0,35)

\emptyset = lubang baut standar (=1)

m = jumlah bidang geser

T_b = tegangan tarik baut

6.9.1 Sambungan Balok Memanjang Dengan Melintang

- Data Perencanaan:
 1. Profil balok memanjang WF 400 x 200 x 12 x 16
 2. Profil balok melintang BOX 600 x 600 x 20 x 20
 3. Pelat penyambung $t = 10\text{mm}$; BJ 37
 4. D baut = 2cm ; $T_b = 145 \text{ kN}$
 5. D lubang = 2 cm + 0,2 = 2,2 cm

- Sambungan pada balok memanjang
 1. Kekuatan geser baut

$$Vd = \emptyset \times 1,13 \times \mu \times m \times Tb$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 145$$

$$= 114,7 \text{ kN}$$
 2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang.

$$Vu = 292,5 \text{ kN}$$
 3. Jumlah baut

$$n = Vu/Vd$$

$$= 292,5/114,7$$

$$= 2,6 \rightarrow 4 \text{ buah}$$
 4. Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\text{Jarak ke tepi}(S1) = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 10 \text{ mm} + 100) = 140 \text{ mm}$$

$$S1 \text{ digunakan} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 3 \text{ db s/d } 15tp \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$3 \text{ db} = 3 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 10 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$S \text{ digunakan} = 15 \text{ cm}$$

- Sambungan pada balok melintang
 1. Kekuatan geser baut

$$Vd = \emptyset \times 1,13 \times \mu \times m \times Tb$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 145$$

$$= 114,7 \text{ kN}$$
 2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar memanjang dengan melintang.

$$Vu = 1383,45 \text{ kN}$$
 3. Jumlah baut

$$n = Vu/Vd$$

$$= 1383,45/114,7$$

$$= 12,1 \rightarrow 14 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 15 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 S1 digunakan = 10 cm
 Jarak antar baut(S) = 3 db s/d 15tp atau 200mm
 $3 \text{ db} = 3 \cdot 20 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 15 \text{ mm} = 225 \text{ mm}$
 S digunakan = 20 cm

- Kontrol plat siku

- Dipakai profil L 150 x 150 x 19

$$A = 53,38 \text{ cm}^2$$

$$t = 1,9 \text{ cm}$$

Luas geser plat siku

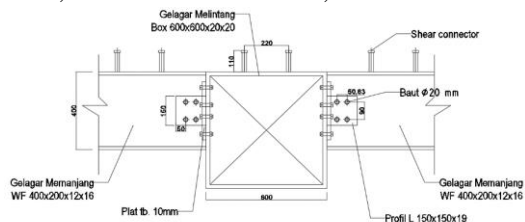
$$\begin{aligned} An_v &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 53,38 - (4 \times 2,2 \times 1,9) \\ &= 36,66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times An_v \\ &= 0,75 \times 4100 \times 36,66 \\ &= 1127,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Karena 2 siku maka:

$$\begin{aligned} 2 \cdot \phi \cdot N_n &> V_u \\ 2 \cdot 1127,3 \text{ kN} &> 1383,45 \text{ kN} \\ 2254,59 \text{ kN} &> 1383,45 \text{ kN} \quad \text{OK} \end{aligned}$$



Gambar 6.30 Sambungan balok melintang dan memanjang

6.9.2 Sambungan Balok Melintang Dengan Box

- Data Perencanaan:
 1. Profil busur BOX 800 x 600 x 65 x 65
 2. Profil balok melintang BOX 600 x 600 x 20 x 20
 3. Pelat penyambung $t = 15 \text{ mm}$; BJ 37
 4. D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 5. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm

- Sambungan pada balok melintang
 1. Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 349$$

$$= 138,03 \text{ kN}$$
 2. Gaya geser yang bekerja adalah gaya geser maksimum antara gelagar melintang dengan busur .

$$V_u = 1383,45 \text{ kN}$$
 3. Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 1383,45 / 138,03$$

$$= 10 \rightarrow 12 \text{ buah}$$
 - Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\text{Jarak ke tepi}(S_1) = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 15 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$$

$$S_1 \text{ digunakan} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak antar baut}(S) = 3 \text{ db s/d } 15tp \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$3 \text{ db} = 3 \cdot 30 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 15 \text{ mm} = 225 \text{ mm}$$

$$S \text{ digunakan} = 20 \text{ cm}$$

- Kontrol plat siku
 - Dipakai profil L 200 x 200 x 15

$$A = 57,75 \text{ cm}^2$$

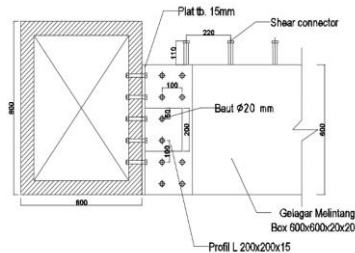
$$t = 1,5 \text{ cm}$$

- Luas geser plat siku

$$\begin{aligned} A_{nv} &= A_g - (n \times D \times t_f) \\ &= 57,75 - (3 \times 3,2 \times 1,5) \\ &= 33,75 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
- Kuat rencana

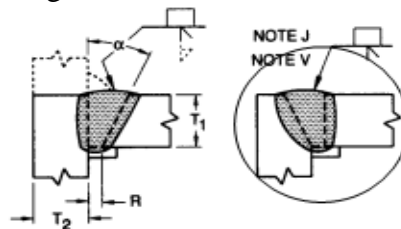
$$\begin{aligned} \phi N_n &= \phi \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 4100 \times 33,75 = 1037,8 \text{ kN} \end{aligned}$$
- Karena 2 siku maka:

$$\begin{aligned} 2 \cdot \phi \cdot N_n &> V_u \\ 2 \cdot 1037,8 \text{ kN} &> 1383,45 \text{ kN} \\ 2075,625 \text{ kN} &> 1383,45 \text{ kN} \quad \text{OK} \end{aligned}$$



Gambar 6.31 Sambungan balok melintang dan box memanjang

6.9.3 Sambungan Las Pada Portal Akhir



Gambar 6.32 Sambungan las pada box

Sambungan box menggunakan tipe sambungan pojok (Corner Joint) dengan bantuan las tumpul penetrasi penuh. Sambungan las akan dikontrol tahanan nominal nya terhadap gaya dalam yang terjadi. Berdasarkan AISC-LRFD hal 8-141.

Detail Rumus Perhitungan:

1. Panjang efektif = Total panjang yang di las
2. Tebal las = AISC-LRFD hal 140-141
3. Luas efektif = panjang efektif x tebal las
4. Mutu las (F_{E60xx}) = $60 \times 70,3 = 4218 \text{ kg/cm}^2$
5. Mutu baja box (EN 10025)
 - $t \leq 16$ $f_y = 355 \text{ MPa}$
 - $16 \leq t \leq 40$ $f_y = 345 \text{ MPa}$
 - $40 \leq t \leq 63$ $f_y = 335 \text{ Mpa}$
6. Dibebani gaya tarik dan tekan
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = $0,9 \times$ luas efektif x f_y
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = $0,9 \times$ luas efektif x f_{uw}
7. Dibebani gaya geser
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = $0,9 \times$ luas efektif x $0,6 \times f_y$
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = $0,8 \times$ luas efektif x $0,6 \times f_{uw}$

Kuat las tumpul penetrasi penuh ditetapkan sebagai berikut:

- Profil Box 1400x1400x70x70
 - $L = 9000 \text{ mm}$
 - $Ru = 1933,29 \text{ kg}$
 - Tebal las = 70 mm
 - Luas efektif = 98000 mm^2
 - Dibebani gaya tarik dan tekan
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = $3131100 \text{ kg} \geq Ru \text{ OK}$
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = $3720276 \text{ kg} \geq Ru \text{ OK}$
 - Dibebani gaya geser
 - $\emptyset.Rnw$ (bahan dasar) = $1878660 \text{ kg} \geq Ru \text{ OK}$
 - $\emptyset.Rnw$ (las) = $1984147,2 \text{ kg} \geq Ru \text{ OK}$
- Profil Box 1400x1400x150x150
 - $L = 2500 \text{ mm}$
 - $Ru = 40977,98 \text{ kg}$
 - Tebal las = 150 mm
 - Luas efektif = 210000 mm^2
 - Dibebani gaya tarik dan tekan

- | | | | |
|----------------------------------|---|----|----|
| Ø.Rnw (bahan dasar) = 6709500 kg | ≥ | Ru | OK |
| Ø.Rnw (las) = 7972020 kg | ≥ | Ru | OK |
| Dibebani gaya geser | | | |
| Ø.Rnw (bahan dasar) = 4025700 kg | ≥ | Ru | OK |
| Ø.Rnw (las) = 4251744 kg | ≥ | Ru | OK |
- Profil Box 1000x1000x50x50

L = 4659 mm			
Ru = 26617,43 kg			
Tebal las = 50 mm			
Luas efektif = 50000 mm ²			
Dibebani gaya tarik dan tekan			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 1597500 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 1898100 kg	≥	Ru	OK
Dibebani gaya geser			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 958500 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 1012320 kg	≥	Ru	OK
 - Profil Box 1200x1200x170x170

L = 5048,61 mm			
Ru = 60194,82 kg			
Tebal las = 170 mm			
Luas efektif = 204000 mm ²			
Dibebani gaya tarik dan tekan			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 6517800 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 7744248 kg	≥	Ru	OK
Dibebani gaya geser			
Ø.Rnw (bahan dasar) = 3910680 kg	≥	Ru	OK
Ø.Rnw (las) = 4130265,6 kg	≥	Ru	OK
 - Profil Box 800x600x65x65

L = 4000 mm			
Ru = 22237,03 kg			
Tebal las = 65 mm			
Luas efektif = 52000 mm ²			

Dibebani gaya tarik dan tekan

$$\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 1661400 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

$$\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 1974024 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

Dibebani gaya geser

$$\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 996840 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

$$\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 1052812,8 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

- Profil Box 800x600x65x65

$$L = 4000 \text{ mm}$$

$$Ru = 42206,58 \text{ kg}$$

$$\text{Tebal las} = 65 \text{ mm}$$

$$\text{Luas efektif} = 52316,59 \text{ mm}^2$$

Dibebani gaya tarik dan tekan

$$\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 1661400 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

$$\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 1974024 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

Dibebani gaya geser

$$\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 996840 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

$$\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 1052812,8 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

- Profil Box 1200x900x50x50

$$L = 7500 \text{ mm}$$

$$Ru = 7057,72 \text{ kg}$$

$$\text{Tebal las} = 45 \text{ mm}$$

$$\text{Luas efektif} = 54000 \text{ mm}^2$$

Dibebani gaya tarik dan tekan

$$\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 1725300 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

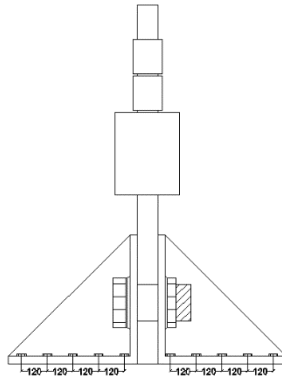
$$\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 2049948 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

Dibebani gaya geser

$$\emptyset.Rnw \text{ (bahan dasar)} = 1035180 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

$$\emptyset.Rnw \text{ (las)} = 1093305,6 \text{ kg} \geq \text{Ru OK}$$

6.9.4 Sambungan Pada Batang Penggantung



Gambar 6.33 Sambungan pada batang penggantung
 Profil kabel yang dipakai adalah Galvanized structural strand dengan $D = 120,7$ mm, system sambungannya menggunakan closed bridge sockets yang ditahan plat sambung. Gaya tarik aksial max yang diterima penggantung :

$$T = 1582,61 \text{ kN}$$

- Perencanaan:

- Pelat BJ 50 $F_y = 290 \text{ Mpa}$
 $F_u = 500 \text{ Mpa}$
- Baut A325 $F_u^b = 620 \text{ Mpa}$
- D baut rencana = 3 cm
- T_b baut = 335 kN

- Kekuatan ijin 1 baut

1. Kekuatan geser

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 1,13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 1 \times 335 \\ &= 132,49 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Jumlah baut

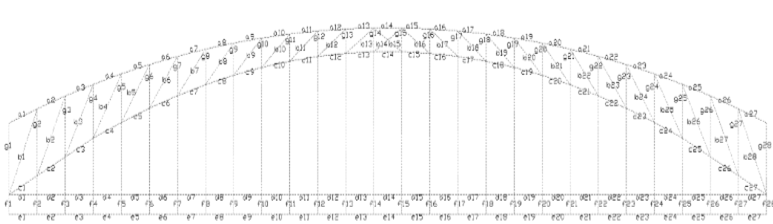
yang menentukan akibat tumpu

$$n = \frac{R_u}{\phi R_n} = \frac{1582,61 \text{ kN}}{132,5 \text{ kN}} = 11,9 \rightarrow 12 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 - Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 - 1,5 db = 1,5 . 30 mm = 45 mm
 - 4tp+100 = (4 . 25 mm +100) = 200 mm → 20cm
 - Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 - 2,5 db = 2,5 . 30 mm = 90 mm
 - 15tp = 15 . 25 mm = 375 mm →20 cm

- Kontrol plat siku
 - Dipakai profil L 450 x 25
 - Ag = 112,5 cm²
 - T = 2,5 cm
 - fu = 410 MPa
 - d socket = 17,3 cm
 - Asocket = 43,25 cm²
 - Luas geser plat siku
 - Anv = Ag - (n x D x tf) – A socket
 - = 112,5 - (2 x 3,2 x 2,5) – 43,25
 - = 53,25 cm²
 - Kuat rencana
 - Ø Nn = Ø x fu x Anv
 - = 0,75 x 3410 x 53,25
 - = 1637,4 kN
 - Karena 2 siku maka:
 - 2 . Ø . Nn > Vu
 - 2 . 1637,4 kN > 1582,6 kN
 - 3274,9 kN > 1582,6 kN OK

6.9.5 Sambungan Pada Busur



Gambar 6.34 Sambungan pada busur
Sambungan Busur Batang Atas

- Data Perencanaan:
 1. Profil busur box 1000 x 1000 x 50 x 50
 2. Profil pengaku box 600 x 600 x 18 x 18
 3. Pelat penyambung $t = 20$ mm ; BJ 50
 4. D baut = 3cm ; $T_b = 335$ N
 5. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 24622,82 \text{ kN}$$

- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

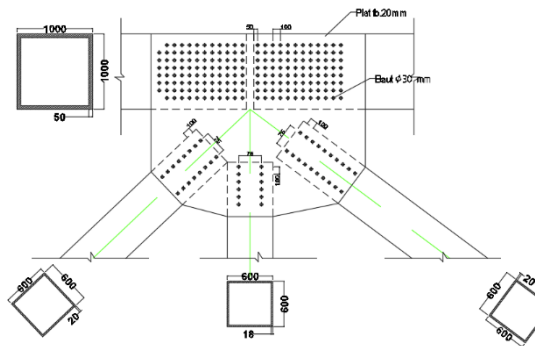
$$= 24622,82 / 265$$

$$= 92,92 \rightarrow 94 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\text{Jarak ke tepi}(S_1) = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4\text{tp}+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 $S1 \text{ digunakan} = 6 \text{ cm}$
 $\text{Jarak antar baut}(S) = 2,5 \text{ db s/d } 15\text{tp} \text{ atau } 200\text{mm}$
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15\text{tp} = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 $S \text{ digunakan} = 10\text{cm}$



Gambar 6.35 Sambungan busur batang atas

Sambungan Busur Batang Bawah

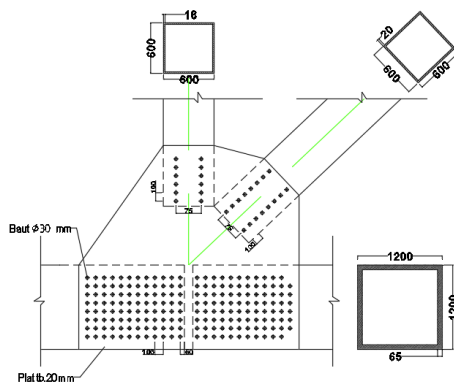
- Data Perencanaan:
 1. Profil busur box $1200 \times 1200 \times 65 \times 65$
 2. Profil pengaku busur box $600 \times 600 \times 18 \times 18$
 3. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 4. D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 5. D lubang = $3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$
- Kekuatan geser baut

$$V_d = \emptyset \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.
 $V_u = 35489,3 \text{ kN}$
- Jumlah baut
 $n = V_u / V_d$
 $= 35489,3 / 265$
 $= 133,9 \rightarrow 135 \text{ buah}$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 Jarak ke tepi (S_1) = $1,5 \text{ db}$ s/d $(4tp+100)$ atau 200 mm
 $1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$
 $4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$
 S_1 digunakan = 6 cm
 Jarak antar baut (S) = $2,5 \text{ db}$ s/d $15tp$ atau 200 mm
 $2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$
 $15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$
 S digunakan = 10 cm



Gambar 6.36 Sambungan busur batang bawah

Sambungan Busur Batang Tegak

- Data Perencanaan:
 1. Profil batang box 600 x 600 x 18 x 18
 2. Profil busur box 1000 x 1000 x 50 x 50
 3. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 4. $D \text{ baut} = 3 \text{ cm}$; $T_b = 335 \text{ kN}$
 5. $D \text{ lubang} = 3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 4464,42 \text{ kN} \quad (\text{Tengah})$$

- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 4464,42 / 265$$

$$= 16,85 \rightarrow 18 \text{ buah}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi (S_1) = $1,5 \text{ db } s/d (4tp+100)$ atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$$

S_1 (tengah) digunakan = 10 cm

S_1 (tepi) digunakan = 6 cm

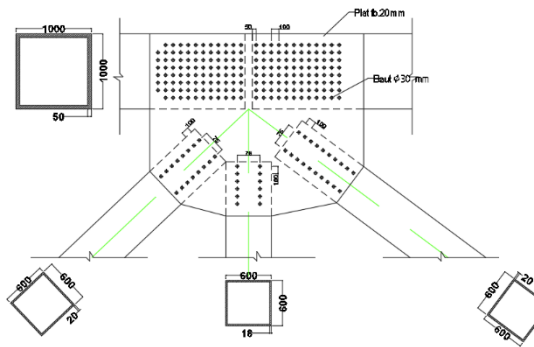
Jarak antar baut (S) = $2,5 \text{ db } s/d 15tp$ atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 75 \text{ mm}$$

$$15tp = 15 \cdot 20 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$$

S (tengah) digunakan = 10cm

S (tepi) digunakan = 10cm



Gambar 6.37 Sambungan busur batang tegak

Sambungan Busur Batang Miring

- Data Perencanaan:
 1. Profil batang box 600 x 600 x 20 x 20
 2. Profil busur box 1200x1200x65x65
 3. Pelat penyambung t = 20 mm ; BJ 50
 4. D baut = 3cm ; Tb = 335 kN
 5. D lubang = 3 cm + 0,2 = 3,2 cm

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 5976,24 \text{ kN}$$

Sambungan Busur Batang Tarik

- Data Perencanaan:
 1. Profil busur box 800 x 600 x 65 x 65
 2. Profil box 800 x 600 x 65 x 65
 3. Pelat penyambung $t = 20 \text{ mm}$; BJ 50
 4. D baut = 3cm ; $T_b = 335 \text{ kN}$
 5. D lubang = $3 \text{ cm} + 0,2 = 3,2 \text{ cm}$

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi \times 1,13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 335$$

$$= 265 \text{ kN}$$

- Desain sambungan berdasarkan gaya max yang diterima penampang busur dari out put Sap 2000.

$$V_u = 19403,664 \text{ kN}$$

- Jumlah baut

$$n = V_u / V_d$$

$$= 19403,664 / 265$$

$$= 72,80 \rightarrow 74 \text{ buah}$$

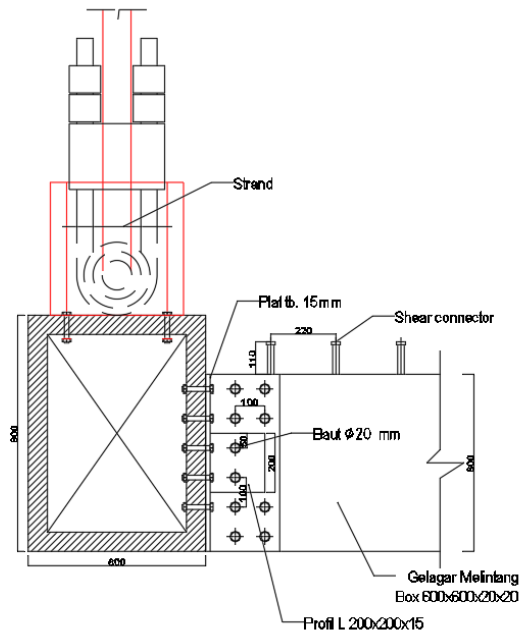
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

$$\text{Jarak ke tepi}(S_1) = 1,5db \text{ s/d } (4tp+100) \text{ atau } 200\text{mm}$$

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 45 \text{ mm}$$

$$4tp+100 = (4 \cdot 20 \text{ mm} + 100) = 160 \text{ mm}$$

$$S_1 \text{ digunakan} = 14 \text{ cm}$$



Gambar 6.39 Sambungan busur batang tarik

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 2,5 db = 2,5 . 30 mm = 75 mm
 15tp = 15 . 20 mm = 300 mm
 S digunakan = 15 cm

Tabel 6.12 Rekapitulasi jumlah baut jembatan busur

Batang	Gaya Terjadi (kN)	Kekuatan 1 Baut (kN)	P / Vd	Jumlah Baut Dibutuhkan (n)
a1	3127,09	264,99	11,80	12
a2	3995,20	264,99	15,08	16
a3	-4157,62	264,99	15,69	16
a4	-6177,90	264,99	23,31	24
a5	-8252,84	264,99	31,14	32
a6	-10504,19	264,99	39,64	40
a7	-12793,14	264,99	48,28	50
a8	-15098,87	264,99	56,98	58
a9	-17534,05	264,99	66,17	68
a10	-19869,02	264,99	74,98	76
a11	-22015,58	264,99	83,08	84
a12	-23754,83	264,99	89,65	90
a13	-24622,82	264,99	92,92	94
a14	-22961,12	264,99	86,65	88
a15	-22745,42	264,99	85,84	86
a16	-21641,79	264,99	81,67	82
a17	-20186,69	264,99	76,18	78
a18	-18541,58	264,99	69,97	70
a19	-16625,25	264,99	62,74	64
a20	-14373,08	264,99	54,24	56
a21	-11979,07	264,99	45,21	46
a22	-9398,14	264,99	35,47	36
a23	-6744,28	264,99	25,45	26
a24	-4199,17	264,99	15,85	16
a25	-2178,32	264,99	8,22	10
a26	2232,74	264,99	8,43	10
a27	1910,01	264,99	7,21	8

Batang	Gaya Terjadi (kN)	Kekuatan 1 Baut (kN)	P / Vd	Jumlah Baut Dibutuhkan (n)
b1	-3452,169	264,99	13,03	14
b2	-4595,411	264,99	17,34	18
b3	-4927,117	264,99	18,59	20
b4	-5530,88	264,99	20,87	22
b5	-5676,42	264,99	21,42	22
b6	-5698,041	264,99	21,50	22
b7	-5709,16	264,99	21,55	22
b8	-5859,542	264,99	22,11	24
b9	-5658,218	264,99	21,35	22
b10	-5401,583	264,99	20,38	22
b11	-5005,977	264,99	18,89	20
b12	-4366,53	264,99	16,48	18
b13	-3757,908	264,99	14,18	16
b14	-5122,175	264,99	19,33	20
b15	-4939,542	264,99	18,64	20
b16	-3854,352	264,99	14,55	16
b17	-4632,679	264,99	17,48	18
b18	-5169,244	264,99	19,51	20
b19	-5229,7	264,99	19,74	20
b20	-5421,542	264,99	20,46	22
b21	-5289,539	264,99	19,96	20
b22	-5122,101	264,99	19,33	20
b23	-5407,831	264,99	20,41	22
b24	-5792,177	264,99	21,86	22
b25	-5976,239	264,99	22,55	24
b26	-5265,594	264,99	19,87	20
b27	-4583,42	264,99	17,30	18
b28	-2318,846	264,99	8,75	10
c1	-44400,6	264,99	167,56	168
c2	-42346,281	264,99	159,81	160
c3	-41280,624	264,99	155,78	156
c4	-37563,06	264,99	141,76	142
c5	-34476,69	264,99	130,11	132
c6	-31357,439	264,99	118,34	120
c7	-28162,075	264,99	106,28	108
c8	-24754,733	264,99	93,42	94
c9	-21416,522	264,99	80,82	82
c10	-18131,353	264,99	68,42	70
c11	-15043,318	264,99	56,77	58
c12	-12416,423	264,99	46,86	48
c13	-10462,053	264,99	39,48	40

c14	-9237,893	264,99	34,86	36
c15	-10241,546	264,99	38,65	40
c16	-11961,648	264,99	45,14	46
c17	-14561,065	264,99	54,95	56
c18	-17927,866	264,99	67,66	68
c19	-21331,884	264,99	80,50	82
c20	-24550,22	264,99	92,65	94
c21	-27593,278	264,99	104,13	106
c22	-30200,559	264,99	113,97	114
c23	-32574,692	264,99	122,93	124
c24	-34838,976	264,99	131,48	132
c25	-37576,104	264,99	141,80	142
c26	-38409,3	264,99	144,95	146
c27	-39992,659	264,99	150,92	152
d1	19134,935	264,99	72,21	74
d2	19270,564	264,99	72,72	74
d3	19330,789	264,99	72,95	74
d4	19358,353	264,99	73,05	74
d5	19370,053	264,99	73,10	74
d6	19374,257	264,99	73,11	74
d7	19376,539	264,99	73,12	74
d8	19382,711	264,99	73,15	74
d9	19403,664	264,99	73,23	74
d10	19291,264	264,99	72,80	74
d11	19206,504	264,99	72,48	74
d12	19135,504	264,99	72,21	74
d13	19075,66	264,99	71,99	72
d14	19027,877	264,99	71,81	72
d15	18984,933	264,99	71,65	72
d16	18946,535	264,99	71,50	72
d17	18919,015	264,99	71,40	72
d18	18899,895	264,99	71,32	72
d19	18888,168	264,99	71,28	72
d20	18884,673	264,99	71,27	72
d21	18890,193	264,99	71,29	72
d22	18905,273	264,99	71,34	72
d23	18929,46	264,99	71,44	72
d24	18961,447	264,99	71,56	72
d25	19004,213	264,99	71,72	72
d26	19062,191	264,99	71,94	72
d27	19106,864	264,99	72,11	74

e1	35117,714	264,99	132,53	134
e2	33363,828	264,99	125,91	126
e3	31942,688	264,99	120,55	122
e4	30723,493	264,99	115,94	116
e5	29484,601	264,99	111,27	112
e6	28283,166	264,99	106,73	108
e7	27164,751	264,99	102,51	104
e8	26113,26	264,99	98,55	100
e9	25093,669	264,99	94,70	96
e10	24152,931	264,99	91,15	92
e11	23237,893	264,99	87,70	88
e12	22349,044	264,99	84,34	86
e13	21468,585	264,99	81,02	82
e14	20620,39	264,99	77,82	78
e15	19783,029	264,99	74,66	76
e16	18955,588	264,99	71,53	72
e17	18154,101	264,99	68,51	70
e18	17348,352	264,99	65,47	66
e19	16564,636	264,99	62,51	64
e20	15829,422	264,99	59,74	60
e21	15168,96	264,99	57,24	58
e22	14629,109	264,99	55,21	56
e23	14271,831	264,99	53,86	54
e24	14128,204	264,99	53,32	54
e25	14167,61	264,99	53,47	54
e26	14401,726	264,99	54,35	56
e27	14865,777	264,99	56,10	58
f1	1193,034	264,99	4,50	6
f2	1400,643	264,99	5,29	6
f3	1486,278	264,99	5,61	6
f4	1492,005	264,99	5,63	6
f5	1493,808	264,99	5,64	6
f6	1498,287	264,99	5,65	6
f7	1489,778	264,99	5,62	6
f8	1497,602	264,99	5,65	6
f9	1516,091	264,99	5,72	6
f10	1501,322	264,99	5,67	6
f11	1499,137	264,99	5,66	6
f12	1499,386	264,99	5,66	6
f13	1499,524	264,99	5,66	6
f14	1499,698	264,99	5,66	6

f15	1499,713	264,99	5,66	6
f16	1499,704	264,99	5,66	6
f17	1499,83	264,99	5,66	6
f18	1500,326	264,99	5,66	6
f19	1500,706	264,99	5,66	6
f20	1500,829	264,99	5,66	6
f21	1505,78	264,99	5,68	6
f22	1523,435	264,99	5,75	6
f23	1548,584	264,99	5,84	6
f24	1995,66	264,99	7,53	8
f25	1479,877	264,99	5,58	6
f26	1273	264,99	4,80	6
f27	1273	264,99	4,80	6
f28	-22921,024	264,99	86,50	88
g1	2658,516	264,99	10,03	12
g2	3622,831	264,99	13,67	14
g3	3970,433	264,99	14,98	16
g4	4379,592	264,99	16,53	18
g5	4436,532	264,99	16,74	18
g6	4414,369	264,99	16,66	18
g7	4422,494	264,99	16,69	18
g8	4418,408	264,99	16,67	18
g9	3982,56	264,99	15,03	16
g10	3729,152	264,99	14,07	16
g11	3354,803	264,99	12,66	14
g12	2946,069	264,99	11,12	12
g13	2481,217	264,99	9,36	10
g14	2865,098	264,99	10,81	12
g15	3411,531	264,99	12,87	14
g16	3683,023	264,99	13,90	14
g17	3765,065	264,99	14,21	16
g18	3689,922	264,99	13,93	14
g19	3681,968	264,99	13,90	14
g20	3733,618	264,99	14,09	16
g21	3961,084	264,99	14,95	16
g22	4280,488	264,99	16,15	18
g23	4464,42	264,99	16,85	18
g24	3938,658	264,99	14,86	16
g25	3373,34	264,99	12,73	14
g26	1594,516	264,99	6,02	8
g27	1594,516	264,99	6,02	8
g28	663,108	264,99	2,50	4

Sumber : Analisa perhitungan

6.10 Perencanaan Perletakan

Perencanaan Perletakan Sendi

Pada kontruksi jembatan Kedungrejo ini menggunakan perletakan sendi. Untuk jenis ukuran dari kursi penumpu engsel dan rol dapat ditentukan menurut cara yang diberikan oleh Multer-Breslau berdasarkan *literatur* Djembatan, Ir.H.J.Struyk.

Tabel 6.13 Tabel Untuk Menentukan Kursi Perletakan

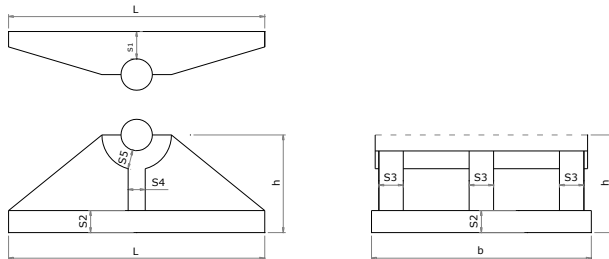
h/s_2	$b/\alpha.s_3$	W
3	4	$0,2222.a.h^2.s_3$
4	4,2	$0,2251.a.h^2.s_3$
5	4,6	$0,2286.a.h^2.s_3$
6	5	$0,2315.a.h^2.s_3$

Jika jumlah rusuk = a, maka S_2 dan S_3 dapat ditentukan dari daftar diatas. Perbandingan $\frac{h}{S_2}$ hendaknya diambil antara 3 dan 5,

sedangkan tebal $S_4 = \frac{h}{6}$ dan $S_5 = \frac{h}{4}$ sedangkan untuk mencari nilai

$$S_1 \text{ digunakan rumus } S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3P.l}{b \cdot \sigma_b}}$$

Adapun sketsa perletakan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 6.40 Detail Pada Perletakan Engsel

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi perletakan.

- H = 98573,38 kg
- V = 2791206,5 kg

Direncanakan perletakan baja

- $f_c' = 35 \text{ MPa}$ mutu beton *abutment*
- $f_y = 410 \text{ Mpa}$ mutu perletakan baja

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{f_c'} = \frac{2791206,5}{350} = 7975 \text{ cm}^2$$

Direncanakan $L = 120 \text{ cm}$, maka

$$b = \frac{F}{L} = \frac{7975}{120} = 66 \text{ cm}$$

Ambil $b = 120 \text{ cm}$

$L = 120 \text{ cm}$

Direncanakan dimensi bantalan dengan panjang (L) = 120 cm dan lebar (b) = 120 cm, serta bantalan landasan yang berbatasan langsung dengan beton. Maka ukuran – ukuran dari perletakan dapat ditentukan :

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times f_y}} = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 2791206,5 \times 120}{120 \times 4100}}$$

$$= 23 \text{ cm}$$

Ambil $S_1 = 23$ cm

$W_{\text{baja}} = M \text{ max}$

$$M_{\text{max}} = \frac{V}{2} \times \frac{2791206,5}{2} \times \frac{120}{4}$$

$$= 41868098 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{M \text{ max}}{\sigma_{\text{baja}}} = \frac{43611996}{4100} = 1063,706 \text{ cm}^3$$

a direncanakan 2 buah

dari Tabel 6.11 diambil nilai $\frac{h}{s2} = 4$, jadi $\frac{b}{a \cdot S_3} = 4.2$

dan $W = 0,2251 \text{ ah}^2 S_3$, maka:

$$S_3 = \frac{b}{a \times 4,2} = \frac{120}{3 \times 4,2} = 10 \text{ cm}$$

$$h = \frac{W}{0,2251 \times a \times S_3} = \frac{1063,706}{0,2251 \times 3 \times 10} = 13 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{h}{4} = \frac{13}{4} = 4 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{13}{6} = 3 \text{ cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{4} = \frac{13}{4} = 4 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan :

$S_1 =$ tinggi pelat penumpu atas sendi = 8 cm

$S_2 =$ tebal pelat pemumpu perletakan = 4 cm

$S_3 =$ tebal pelat penyokong Vertikal = 10 cm

$S_4 =$ tebal pelat vertikal penumpu = 3 cm

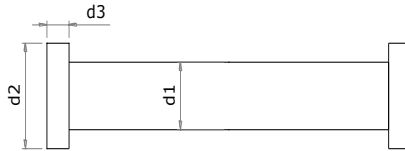
$S_5 =$ tebal pelat lengkung penumpu = 4 cm

- Perhitungan diameter engsel

Didapatkan $L = 120$ cm

$$r = 0,8 \times \frac{V}{\sigma_{baja} \times L} = 0,8 \times \frac{290746,4}{4100 \times 120} = 0,5 \text{ cm}$$

diambil, $r = 5$ cm



Gambar 6.41 Detail Pen Engsel

$$d_1 = 2.r = 2 \times 5 = 10 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times 2,5) = 10 + (2 \times 2,5) = 15 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{d_2}{4} = 4 \text{ cm}$$

- Kontrol Kekuatan Engsel

Syarat : → Engsel harus mampu menahan geser

$$(a.S_3) \cdot d_1 \cdot f_y > V$$

$$(3 \times 10) \times 10 \times 4100 > 290746,4$$

$$1171428,6 \text{ kg} > 290746,4 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

- Perhitungan Pengangkuran Sendi

$$H = 85857,665 \text{ kg}$$

Mutu baut A490

$$f_y = 825 \text{ MPa}$$

$$f_u = 1035 \text{ MPa}$$

$$d_b = 36 \text{ mm}$$

Mutu pelat BJ-55

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$t_p = 50 \text{ mm}$$

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}\phi V_d &= 0,75 \cdot m \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 3,6^2 \\ &= 79013 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})\end{aligned}$$
- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,6 \times 5 \times 5500 \\ &= 178200 \text{ kg} \\ V_d &= 79013 \text{ kg (diambil yang terkecil)}\end{aligned}$$
- Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{85857,665}{79013} = 2 \text{ baut}$$
- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)
 - Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm
 - 1,5 db = 1,5 . 36 mm = 54 mm
 - 4tp+100 = (4 . 50 mm +100) = 300 mm
 - S1 digunakan = 5,5 cm
 - Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm
 - 2,5 db = 2,5 . 36 mm = 108 mm
 - 15tp = 15 . 50 mm = 750 mm
 - S digunakan = 11cm

Perencanaan Perletakan Rol

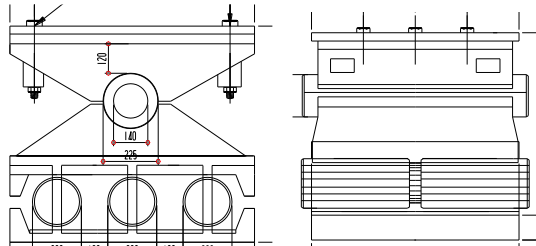
Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi perletakan.

- $V = 2893448,3 \text{ kg}$
- Direncanakan perletakan baja
- $f_c' = 35 \text{ MPa}$ mutu beton *abutment*
- $f_y = 410 \text{ Mpa}$ mutu perletakan baja
- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{f_c'} = \frac{2893448,3}{350} = 8267 \text{ cm}^2$$

$$b = \frac{F}{L} = \frac{8267}{120} = 69 \text{ cm}$$

Ambil $b = 120 \text{ cm}$
 $L = 120 \text{ cm}$



Gambar 6.42 Perletakan rol

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times V \times L}{b \times f_y}}$$

$$= 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 2893448,3 \times 120}{120 \times 4100}} = 23 \text{ cm}$$

Ambil $S_1 = 23 \text{ cm}$

- Garis tengah gelinding

Direncanakan jari-jari gelinding (r_1) = 8 cm

$$l = \frac{1}{2r_1} = 0,1$$

$$\gamma^2 = 0,75 \times 10^6 \times \frac{P \cdot l}{L}$$

$$= 0,75 \times 10^6 \times \frac{2893448,3 \cdot 0,1}{120}$$

$$= 1130253242 \text{ kg/cm}^3$$

$$d_4 = \frac{0,75 \times 10^6 \times P}{L \times \gamma^2} = \frac{0,75 \times 10^6 \times 2893448,3}{120 \times 1130253242}$$

$$= 16 \text{ cm}$$

dipakai 3 buah gelinding, maka
 $d_5 = d_4 + (2 \times 2,5) = 16 + (2 \times 2,5) = 21 \text{ cm}$
 d_6 ambil 5 cm

- Perhitungan Pengankuran Rol

$$H = 2893448,3 \text{ kg}$$

Mutu baut A490

$$f_y = 825 \text{ MPa}$$

$$f_u = 1035 \text{ MPa}$$

$$d_b = 36 \text{ mm}$$

Mutu pelat BJ-55

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$f_u = 550 \text{ MPa}$$

$$t_p = 50 \text{ mm}$$

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} \phi V_d &= 0,75 \cdot m \cdot r_1 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 10350 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 3,6^2 \\ &= 79013 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi R_d &= 0,75 \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_{up} \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,6 \times 5 \times 5500 \\ &= 178200 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_d = 79013 \text{ kg} \text{ (diambil yang terkecil)}$$

- Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{2893448,3}{79013} = 37 \text{ baut}$$

- Syarat jarak baut (RSNI T-03-2005)

Jarak ke tepi(S1) = 1,5db s/d (4tp+100) atau 200mm

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \cdot 30 \text{ mm} = 54 \text{ mm}$$

$$4t_p + 100 = (4 \cdot 50 \text{ mm} + 100) = 300 \text{ mm}$$

S1 digunakan = 5,5 cm

Jarak antar baut(S) = 2,5 db s/d 15tp atau 200mm

$$2,5 \text{ db} = 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 108 \text{ mm}$$

$$15t_p = 15 \cdot 50 \text{ mm} = 750 \text{ mm}$$

S digunakan = 11 cm

BAB VII

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

7.1 Perencanaan Abutment

Bagian dari struktur bangunan bawah jembatan berfungsi untuk menyalurkan beban – beban di atasnya, baik beban hidup maupun mati. dari bangunan atas ke pondasi jembatan dan menahan tekanan tanah serta beban – beban aksi lingkungan lainnya. Dalam perencanaan Jembatan Kedungrejo ini bangunan bawah yang dimaksud adalah Abutment dimana akan direncanakan pula elemen – elemen penyusun dan pelengkapya.

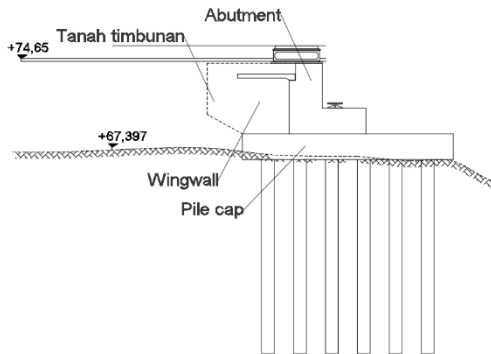
7.1.1 Perencanaan Abutment

Dalam perencanaan abutment menggunakan acuan dari peraturan BMS BDM 1992 dan BMS BDC 1992. Abutment terdiri dari beberapa elemen, yaitu pondasi, pile cap (poer), dinding abutment, longitudinal stopper, plat injak dan wing wall. Penulangan abutment direncanakan dari analisis element – elemen abutment jembatan. Analisis pembebanan atas baik beban hidup maupun mati, beban sendiri abutment, beban rem, beban angin, beban tekanan tanah aktif, tekanan tanah dinamis akibat beban gempa serta beban gempa. Berikut ini adalah analisis pembebanan serta elemen – elemen penyusun dan pelengkap abutment.

Berikut data yang diperoleh untuk perencanaan abutmen :

- Elevasi Muka Tanah Asli : + 67,397 m
- Elevasi Lantai Kerja Abutment : + 67,397 m
- Elevasi lantai Kendaraan : + 74,650 m
- Tinggi Abutment Rencana : 7,5 m

- Lebar Abutment : 25 m
- Panjang Bentang Jembatan : 108 m



Gambar 7. 1 Perencanaan Abutment BH 47A (Sisi Kertosono)

Perencanaan Abutment

Berdasarkan analisis dari data penyelidikan tanah pada abutment didapatkan nilai SPT berdasarkan titik bor BH 47A (abutmen kiri) dan BH 47B (abutmen kanan) memiliki nilai SPT yang tinggi (> 50) pada kedalaman 15 meter sehingga dipakai jenis pondasi bored pile. Deskripsi tanah BH 47A dan BH 47B pada kedalaman 0 – 6 meter terdiri dari tanah lanau berpasir dan pada kedalaman 6 – 12 meter terdiri dari lanau berlempung dan pada kedalaman 13 – 25 meter terdiri dari lanau berlempung. Dengan karakteristik jumlah pukulan yang relative besar (antara 35 – 51) pada awal – awal kedalaman untuk bisa mencapai penurunan 30cm sebagai acuan data SPT.

7.1.2 Analisis Pembebanan pada Pondasi Abutment

1. Beban Mati Bangunan Atas

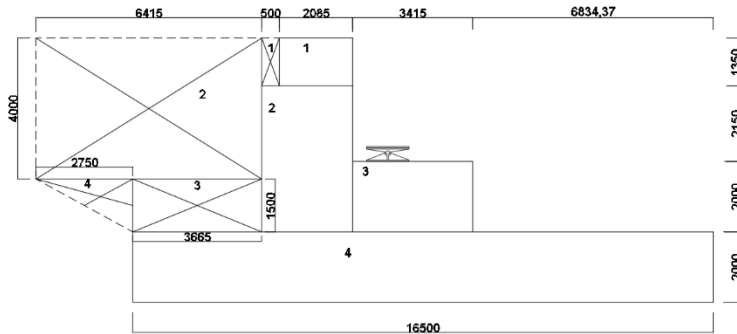
Tabel 7.1 Tabel Untuk Menentukan Kursi Perletakan

NO	Uraian	V Abt (Ton)
1	Plat lantai	0,47
2	Lapisan aspal + overlay	0,19
3	Parapet	1,25
4	Berat sendiri Bangunan atas	4351,46
Total		4353,37
Total 1/2 bangunan atas		2176,68563

2. Beban sendiri abutment

Dalam perhitungan berat sendiri abutment dibagi atas beberapa segmen dengan asumsi dimensi yang sama diterapkan untuk abutmen kiri dan abutmen kanan. Hal ini untuk memudahkan dalam analisis. Analisis berat abutment didapat dari volume per segmen dikalikan dengan berat

jenis lalu menghitung statis momen titik tangkap gaya/titik berat abutment terhadap center poer.



Gambar 7. 2 Pembagian segmen Abutment

Tabel 7.2 Tabel pembagian segmen

Abutment	b (mm)	h (mm)	b (m)	h (m)
1	2085	1350	2,09	1,35
2	2585	4150	2,59	4,15
3	3415	2000	3,42	2,00
4	16500	2000	16,50	2,00
Wingwall				
1	500	1350	0,50	1,35
2	6415	4000,00	6,42	4,00
3	3665	1500,00	3,67	1,50
4	2750	1500,00	2,75	1,50

Tabel 7.3 Tabel perhitungan berat segmen

	bidang	b (m)	h (m)	L (m)	BVb (t/m ³)	berat (ton)	x (m)	z (m)	Momen x (t·m)	Momen z (t·m)
ABUTMENT	1	2,09	1,35	25	2,4	168,89	11,29	6,83	-1906,29	-1152,64
	2	2,59	4,15	25	2,4	643,67	11,54	4,08	-7426,28	-2622,93
	3	3,42	2,00	10	2,4	163,92	8,54	3,00	-1399,47	-491,76
	4	16,50	2,00	25	2,4	1980,00	8,25	1,00	-16335,00	-1980,00
WINGWALL	1	0,50	1,35	25	2,4	40,50	12,58	6,83	-509,49	-276,41
	2	6,42	4,00	25	2,4	1539,60	16,04	6,00	-24691,34	-9237,60
	3	3,67	1,50	25	2,4	329,85	14,66	4,25	-4836,43	-1401,86
	4	2,75	1,50	25	2,4	123,75	17,41	2,50	-2154,69	-309,38
tanah belakang 1 abutment	luas = 0,6750 m ² y tanah = 18,0 t/m ³				L = 25,0 m	303,750				
tanah belakang 2 abutment	luas = 25,6600 m ² y tanah = 18,0 t/m ³				L = 25,0 m	11547,000				
tanah belakang 3 abutment	luas = 6,9975 m ² y tanah = 18,0 t/m ³				L = 25,0 m	3148,875				
tanah belakang 4 abutment	luas = 1,3125 m ² y tanah = 18,0 t/m ³				L = 25,0 m	590,625				
TOTAL						20580,42			-59258,99	-17472,59

Tabel 7.4 Tabel perhitungan titik tangkap abutment

Segmen	W . X	W . Z
Abt	Ton.m	Ton.m
1	1906,289	1152,640
2	7426,285	2622,935
3	1399,467	491,760
4	16335,000	1980,000
Ww		
1	509,490	276,413
2	24691,335	9237,600
3	4836,426	1401,863
4	2154,694	309,375
Total	27067,041	6247,335

Sehingga didapatkan titik berat atau titik tangkap gaya :

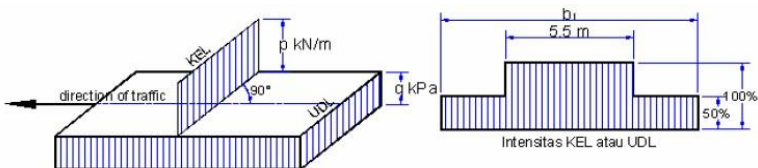
$$X = 9,2 \text{ m}$$

$$Z = 2,1 \text{ m}$$

3. Beban hidup lalu lintas

Beban lalu lintas (lajur “D”) untuk rencana bangunan bawah jembatan jalan raya terdiri dari BTR dan BGT dimana akan ditempatkan melintang pada lebar penuh dari jalan kendaraan jembatan dan menghasilkan pengaruh pada jembatan ekuivalen dengan rangkaian kendaraan sebenarnya. Jumlah total pembebanan lajur “D” yang ditempatkan tergantung pada lebar jalan kendaraan jembatan. Asumsi pembebanan BTR dan BGT seperti yang ditunjukkan dalam gambar bawah ini :

Panjang bentang span kanan jembatan (L)	: 108 m
Lebar perkerasan jembatan (b)	: 25 m
Beban BGT (P BGT)	: 4,9 T/m
Faktor beban dinamis (1 + DLA)	: 1,3
Beban BTR (q BTR)	: 0,9 T/m ²



Gambar 7. 2 Pembagian beban BTR dan BGT

Total beban BTR dan BGT

Untuk $L = 108 \text{ m} \geq 30 \text{ m}$, maka digunakan

$$q = 5,75 \text{ kPa} = 5,75 \text{ kN/m}^2$$

$$V_{BTR} = q \times s \times b = 5,75 \times 108 \times 24 = 14904 \text{ kN}$$

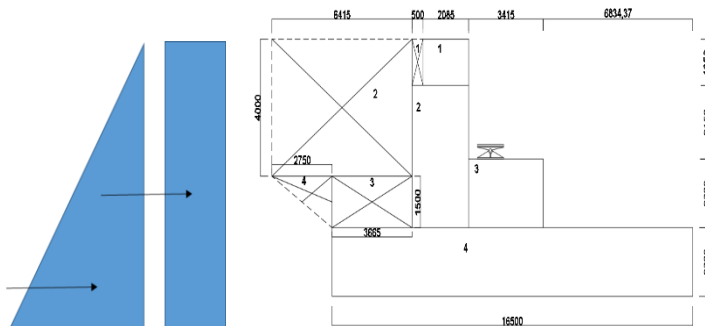
$$V_{BGT} = (1 + DLA) \times T \times L = 1,3 \times 49 \times 24 = 1528,8$$

Total babn hidup lalu lintas :

$$\begin{aligned} V_{\text{total}} &= V_{BTR} + V_{BGT} \\ &= 14904 + 1528,8 \\ &= 16433 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Beban tekanan tanah aktif

Analisis Beban tekanan tanah aktif berdasarkan RSNI T-02-2005 Pasal 5.4.2 dimana tekanan tanah dihitung berdasarkan harga nominal W_s , C , dan γ_t . Pada bagian tanah di belakang dinding abutment adanya beban tambahan yang setara dengan tanah setebal 0,60 m yang berupa beban merata ekivalen beban kendaraan pada bagian tersebut. Beban tekanan tanah akan membebani tembok penahan tanah dari kepala jembatan dengan arah horizontal, sehingga tekanan tanah ini dapat menimbulkan efek guling pada kepala jembatan.



Gambar 7. 3 Beban tekanan tanah aktif pada abutment

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi timbunan (H)} &= 5,5 \text{ m} \\
 \text{Berat jenis tanah (} \gamma \text{ t)} &= 1,8 \text{ t/m} \\
 \text{Sudut geser tanah (} \phi \text{)} &= 30^\circ \\
 \text{Lebar abutmen (} B_y \text{)} &= 25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_a &= \tan^2 (45^\circ - \phi) \\
 &= 0,33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,6 \times \gamma t \\
 &= 10,8 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Ta1}} &= q \times K_a \times H \times B_y \\
 &= 10,8 \times 0,33 \times 5,5 \times 25 \\
 &= 495 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Ta2}} &= K_a \times \gamma t \times H^2 \\
 &= 0,33 \times 1,8 \times 5,5 \\
 &= 82,5 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tot}} &= 495 + 82,5 \\
 &= 577,5 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

5. Beban gempa

Analisis beban gempa pada jembatan mengacu pada SNI Gempa 2833 – 2016. Beban gempa direncanakan dengan metode beban horisontal statis ekuivalen. Beban gempa bangunan atas yang masuk pada pilar direncanakan 50% dari span kiri dan span kanan.

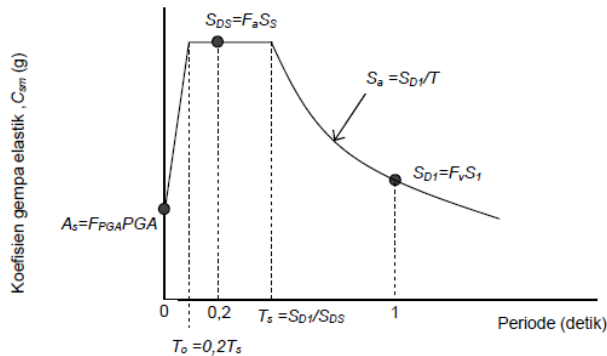
$$E_q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \quad (\text{SNI Gempa 2833-2016 Pasal 5.1})$$

Nilai Csm dan R didapatkan berdasarkan beberapa persamaan yang terdapat beberapa factor sinus gempa (F PGA, S1 dan SS) yang dimana nilainya didapatkan berdasarkan zonasi gempa di wilayah Indonesia yang ada pada halaman berikutnya. Berdasarkan PUSKIM pada daerah Kertosono dan Ngawi didapat :

Tabel 7.5 Tabel Respon Spektrum

PGA	SS (0.2)	S1 (1)	F PGA	Fa	Fv
0,3	0,5	0,3	1,2	1,2	2,8

- Menentukan respons spectrum



Gambar 7. 4 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah

Respon spectrum rencana

$$\begin{aligned}
 A_s &= F_{PGA} \times PGA \\
 &= 1,2 \times 0,3 \\
 &= 0,36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= F_a \times S_s \\
 &= 1,2 \times 0,5 \\
 &= 0,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= F_v \times S_1 \\
 &= 2,8 \times 0,3 \\
 &= 0,84
 \end{aligned}$$

- Menentukan koefisien respons gempa elastik

$$\begin{aligned}
 T &= 0,2 \\
 T_s &= \frac{SD1}{SDS} = \frac{0,84}{0,6} = 1,4 \\
 T_0 &= 0,2 \times T_s \\
 &= 0,2 \times 1,4 \\
 &= 0,28
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan bila $T_0 < T < T_s$ maka memenuhi syarat ke2

$$\begin{aligned}
 C_{sm} &= S_{ds} \\
 &= 0,6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AS &= PGA \times F_{PGA} \\
 &= 0,36
 \end{aligned}$$

- Menentukan faktor modifikasi respons (R)

Tabel 7.6 Faktor modifikasi respon (R) untuk bangunan bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Berdasarkan tabel-5 zona gempa dengan nilai $S D1 = 0,84$ maka lokasi yang ditinjau termasuk dalam zona gempa 4, dimana nilai R untuk struktur bangunan atas dan bawah ditentukan berdasarkan pasal 5.9.3.2 dengan mengambil nilai R sama dengan 1.

Tabel 7.7 Faktor modifikasi respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Data perencanaan beban gempa

$$\begin{aligned}
 C_{sm} &= 0,6 \\
 R \text{ B. Bawah} &= 2 \\
 R \text{ B. Atas} &= 1
 \end{aligned}$$

Beban Gempa Akibat B. Atas

$$\text{Eq1} = \frac{C_{sm}}{R} W_t = \frac{0,6}{2} \times 2176,7 \text{ T} = 578,38 \text{ T}$$

$$\begin{aligned} M_{Eq1} &= 578,38 \text{ T} \times 5,5 \text{ m} \\ &= 3181,07 \text{ T.m} \end{aligned}$$

Beban Gempa Akibat B. Bawah

$$Eq2 = \frac{C_{sm}}{R} W_t = \frac{0,6}{1} \times 2956,47 \text{ T} = 1571,15 \text{ T}$$

$$\begin{aligned} M_{Eq2} &= 1571,15 \text{ T} \times 2,1 \text{ m} \\ &= 3320,01 \text{ T.m} \end{aligned}$$

Tabel 7.8 Berat dan lengan struktur bawah

segmen	berat (Ton)	z (m)	momen (T.m)	M Eq2 (T.m)
1	168,89	6,83	1152,640	612,546
2	643,67	4,08	2622,935	1393,903
3	163,92	3,00	491,760	261,335
4	1980,00	1,00	1980,000	1052,229
			total	3320,012

6. Beban tekanan tanah akibat gempa

Beban tekanan tanah juga diperhitungkan bila terjadi gempa (tekanan tanah dinamis akibat gempa). Diasumsikan tembok penahan tanah adalah tembok yang fleksibel sesuai ketentuan yang terdapat pada SNI Gempa 2833 – 2013 Pasal 9.6. Berikut perhitungan tekanan tanah dinamis akibat gempa :

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis tanah (} \gamma \text{)} &= 1,8 \text{ t/m} \\ \text{Sudut geser tanah (} \phi \text{)} &= 30^\circ \\ \text{Rencana sudut tembok (} \delta \text{)} &= 20^\circ \\ \text{Sudut kemiringan timbunan (} \alpha \text{)} &= 0^\circ \\ \text{Sudut kemiringan tepi belakang tembok (} \beta \text{)} &= 0^\circ \\ \text{Koefisien tekanan tanah aktif (} K_a \text{)} &= 0,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien gempa horizontal (} K_h \text{)} &= A_s \times 0,5 \\ &= 0,5 \times 0,36 \\ &= 0,18 \end{aligned}$$

$$\text{Sudut geser tanah nominal (} \theta \text{)} = 10,204$$

Koefisien tanah dinamis

$$\begin{aligned} \pi &= \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \beta + \varphi) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2 \\ &= \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \theta - \alpha)}{\cos(\delta + \beta + \varphi) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2 \\ &= 2,674 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{AE} &= \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \alpha)}{\mu \cos\theta \cos 2\theta \cos(\delta + \beta + \varphi)} \\ &= \frac{\cos^2(\varphi - \theta - \alpha)}{\mu \cos\theta \cos 2\theta \cos(\delta + \beta + \varphi)} \\ &= 0,389 \end{aligned}$$

Perhitungan tekanan tanah dinamis akibat gempa

$$\begin{aligned} E_{AE} &= \frac{\gamma \times H^2}{2} (1 - kv) K_{AE} \\ &= \frac{1,8 \times 5,5^2}{2} (1 - 0) 0,389 \\ &= 10,596 \text{ T/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{AE} &= E_{AE} \times B_y \\ &= 10,596 \times 25 \\ &= 264,905 \text{ T} \end{aligned}$$

7. Beban Angin

Gaya angin hanya bekerja pada bangunan relatif terhadap luasan samping dari struktur bangunan atas yang menerima

beban angin, yang bekerja pada sumbu horizontal. Gaya nominal akibat angin bergantung pada kecepatan angin rencana. Beban angin yang diperhitungkan berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 adalah sebagai berikut :

$$TEW = 0,006 \times C_w \times V_w^2 \times A_b$$

- Kecepatan angin rencana (V_w) : 25 m/s
- Lebar jembatan (b) : 25,2 m
- Tinggi samping jembatan : 1,7 m
- Bentang jembatan : 24 m
- Luas 1/2 bagian samping (A_b) : 6,375 m²
- Koefisien serat (C_w) : 1,25

$$\begin{aligned} TEW &= 0,0006 \times 1,25 \times 25^2 \times 6,375 \\ &= 6,328 \text{ T} \end{aligned}$$

8. Beban rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang. Beban rem yang diperhitungkan berdasarkan RSNI T – 02 – 2005 Pasal 7.6 adalah 25% beban lajur $D H_x = 410,82$ Ton

7.2 Perhitungan Gaya Aksial Tiang Bor

Dari hasil pembebanan diatas, selanjutnya dilakukan analisis momen dan gaya. Perhitungan momen dan gaya tersebut dipusatkan pada center poer. Berikut perhitungan gaya dan momen yang berpusat pada poer, yang dijelaskan pada tabel dibawah

Tabel 7.9 Perhitungan gaya dan momen pada center poer abutment

NO	URAIAN	V	Hx	Hy	X	y	z	Mx	My
		Ton	Ton	Ton	m	m	m	Ton	m
I	Beban Tetap								
	Struktur Bangunan Atas	2176,69							
	Struktur Abutment	4990,17			9,16			45685,95	
	Tek tanah aktif 1		495,00				1,06	522,99	
II	Tek tanah aktif 2		82,50				0,70	58,11	
	Beban Hidup								
	BTR + BGT	1643,28							
	Beban Rem		410,82				5,50	2259,51	
III	Beban Angin			6,33			5,50		34,80
	Aksi lain (Gempa)								
	Eq Struktur Bangunan Atas		3181,07	3181,07			5,50	17495,89	17495,89
	Eq Abutment		3320,01	3320,01			2,75	9130,03	9130,03
	Eq Tek tanah dinamis		264,90				2,75	728,49	

Kombinasi yang dipakai untuk kekuatan pondasi adalah :

- Kombinasi 1 (D + L + Ta)

$$\begin{aligned} V_u &= 8810,14 && \text{Ton} \\ H_x &= 577,5 && \text{Ton} \\ H_y &= 0.000 && \text{Ton} \\ M_x &= 46267,05 && \text{Ton.m} \\ M_y &= 0.000 && \text{Ton.m} \end{aligned}$$

- Kombinasi 2 (D + L + Ta + TB)

$$\begin{aligned} V_u &= 8810,14 && \text{Ton} \\ H_x &= 988,32 && \text{Ton} \\ H_y &= 0.000 && \text{Ton} \\ M_x &= 48526,56 && \text{Ton.m} \\ M_y &= 0.000 && \text{Ton.m} \end{aligned}$$

- Kombinasi 3 (D + L + Ta + TB + TEW)

$$\begin{aligned} V_u &= 8810,14 && \text{Ton} \\ H_x &= 988,32 && \text{Ton} \\ H_y &= 6,328 && \text{Ton} \\ M_x &= 18224,38 && \text{Ton.m} \\ M_y &= 34,80 && \text{Ton.m} \end{aligned}$$

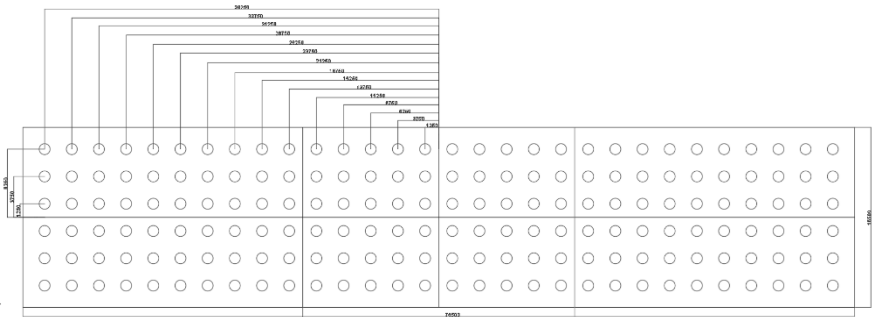
- Kombinasi 4 ($D + Ex + 30\%Ey + Taq$)

V_u	=	7156,86	Ton
H_x	=	6755,99	Ton
H_y	=	1950,33	Ton
M_x	=	27354,41	Ton.m
M_y	=	7987,78	Ton.m

- Kombinasi 5 ($D + 30\%Ex + Ey + Taq$)

V_u	=	7166,86	Ton
H_x	=	2029,80	Ton
H_y	=	6501,08	Ton
M_x	=	8206,32	Ton.m
M_y	=	26625,92	Ton.m

Konfigurasi Bored pile untuk Abt kiri:



Gambar 7. 5 Konfigurasi tiang bor

x = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)

$$= 6,25 ; 3,75 ; 1,25 \text{ m}$$

y = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

$$= 36,25 ; 33,75 ; 31,25 ; 28,75 ; 26,25 ; 23,75 ; 21,25 ; \\ 18,75 ; 16,25 ; 13,75 ; 11,25 ; 8,75 ; 6,25 ; 3,75 ; 1,25 \text{ m}$$

n = jumlah tiang

$$= 180$$

Dari kombinasi dan konfigurasi diatas, maka daya dukung per tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x \cdot x}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_y \cdot y}{\Sigma y^2}$$

P = Gaya aksial yang terjadi pada 1 tiang (T)

V = Total gaya aksial (T)

N = Jumlah tiang pancang (buah)

M_x = Momen sumbu x (T.m)

M_y = Momen sumbu y (T.m)

y = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)

x = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

Tabel 7.10 Perhitungan gaya aksial yang terjadi pada tiang bor

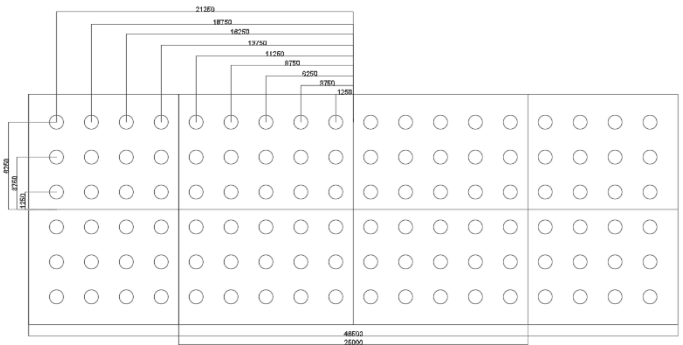
No	x m	y m	x ² m	y ² m	Komb. 1 Ton	Komb. 2 Ton	Komb. 3 Ton	Komb. 4 Ton	Komb. 5 Ton
1	6.25	36.25	39.0625	1314.0625	137.07	141.38	83.67	95.36	66.90
2	6.25	33.75	39.0625	1139.0625	137.07	141.38	83.67	95.12	66.11
3	6.25	31.25	39.0625	976.5625	137.07	141.38	83.67	94.88	65.32
4	6.25	28.75	39.0625	826.5625	137.07	141.38	83.67	94.64	64.53
5	6.25	26.25	39.0625	689.0625	137.07	141.38	83.67	94.41	63.74
6	6.25	23.75	39.0625	564.0625	137.07	141.38	83.67	94.17	62.95
7	6.25	21.25	39.0625	451.5625	137.07	141.38	83.67	93.93	62.16
8	6.25	18.75	39.0625	351.5625	137.07	141.38	83.67	93.70	61.37
9	6.25	16.25	39.0625	264.0625	137.07	141.38	83.67	93.46	60.58
10	6.25	13.75	39.0625	189.0625	137.07	141.38	83.66	93.22	59.79
11	6.25	11.25	39.0625	126.5625	137.07	141.38	83.66	92.99	59.00
12	6.25	8.75	39.0625	76.5625	137.07	141.38	83.66	92.75	58.21
13	6.25	6.25	39.0625	39.0625	137.07	141.38	83.66	92.51	57.42
14	6.25	3.75	39.0625	14.0625	137.07	141.38	83.66	92.27	56.63
15	6.25	1.25	39.0625	1.5625	137.07	141.38	83.66	92.04	55.84
16	6.25	-1.25	39.0625	1.5625	137.07	141.38	83.66	91.80	55.05
17	6.25	-3.75	39.0625	14.0625	137.07	141.38	83.66	91.56	54.26
18	6.25	-6.25	39.0625	39.0625	137.07	141.38	83.66	91.33	53.47
19	6.25	-8.75	39.0625	76.5625	137.07	141.38	83.65	91.09	52.68
20	6.25	-11.25	39.0625	126.5625	137.07	141.38	83.65	90.85	51.89
21	6.25	-13.75	39.0625	189.0625	137.07	141.38	83.65	90.62	51.10
22	6.25	-16.25	39.0625	264.0625	137.07	141.38	83.65	90.38	50.31
23	6.25	-18.75	39.0625	351.5625	137.07	141.38	83.65	90.14	49.52
24	6.25	-21.25	39.0625	451.5625	137.07	141.38	83.65	89.91	48.73
25	6.25	-23.75	39.0625	564.0625	137.07	141.38	83.65	89.67	47.94
26	6.25	-26.25	39.0625	689.0625	137.07	141.38	83.65	89.43	47.15
27	6.25	-28.75	39.0625	826.5625	137.07	141.38	83.65	89.19	46.36
28	6.25	-31.25	39.0625	976.5625	137.07	141.38	83.65	88.96	45.57
29	6.25	-33.75	39.0625	1139.0625	137.07	141.38	83.64	88.72	44.78
30	6.25	-36.25	39.0625	1314.0625	137.07	141.38	83.64	88.48	43.99
31	3.75	36.25	14.0625	1314.0625	101.82	104.40	69.79	74.51	60.65
32	3.75	33.75	14.0625	1139.0625	101.82	104.40	69.79	74.28	59.86
33	3.75	31.25	14.0625	976.5625	101.82	104.40	69.79	74.04	59.07
34	3.75	28.75	14.0625	826.5625	101.82	104.40	69.78	73.80	58.28
35	3.75	26.25	14.0625	689.0625	101.82	104.40	69.78	73.57	57.49
36	3.75	23.75	14.0625	564.0625	101.82	104.40	69.78	73.33	56.70
37	3.75	21.25	14.0625	451.5625	101.82	104.40	69.78	73.09	55.91
38	3.75	18.75	14.0625	351.5625	101.82	104.40	69.78	72.86	55.12
39	3.75	16.25	14.0625	264.0625	101.82	104.40	69.78	72.62	54.33
40	3.75	13.75	14.0625	189.0625	101.82	104.40	69.78	72.38	53.54
41	3.75	11.25	14.0625	126.5625	101.82	104.40	69.78	72.14	52.75
42	3.75	8.75	14.0625	76.5625	101.82	104.40	69.78	71.91	51.96
43	3.75	6.25	14.0625	39.0625	101.82	104.40	69.78	71.67	51.17
44	3.75	3.75	14.0625	14.0625	101.82	104.40	69.77	71.43	50.38
45	3.75	1.25	14.0625	1.5625	101.82	104.40	69.77	71.20	49.59
46	3.75	-1.25	14.0625	1.5625	101.82	104.40	69.77	70.96	48.80
47	3.75	-3.75	14.0625	14.0625	101.82	104.40	69.77	70.72	48.01
48	3.75	-6.25	14.0625	39.0625	101.82	104.40	69.77	70.49	47.22
49	3.75	-8.75	14.0625	76.5625	101.82	104.40	69.77	70.25	46.43
50	3.75	-11.25	14.0625	126.5625	101.82	104.40	69.77	70.01	45.64
51	3.75	-13.75	14.0625	189.0625	101.82	104.40	69.77	69.77	44.85
52	3.75	-16.25	14.0625	264.0625	101.82	104.40	69.77	69.54	44.06
53	3.75	-18.75	14.0625	351.5625	101.82	104.40	69.77	69.30	43.27
54	3.75	-21.25	14.0625	451.5625	101.82	104.40	69.76	69.06	42.48
55	3.75	-23.75	14.0625	564.0625	101.82	104.40	69.76	68.83	41.69
56	3.75	-26.25	14.0625	689.0625	101.82	104.40	69.76	68.59	40.90
57	3.75	-28.75	14.0625	826.5625	101.82	104.40	69.76	68.35	40.11
58	3.75	-31.25	14.0625	976.5625	101.82	104.40	69.76	68.12	39.32
59	3.75	-33.75	14.0625	1139.0625	101.82	104.40	69.76	67.88	38.53
60	3.75	-36.25	14.0625	1314.0625	101.82	104.40	69.76	67.64	37.74

61	1,25	36,25	1,5625	1314,0625	66,57	67,43	55,90	53,67	54,39
62	1,25	33,75	1,5625	1139,0625	66,57	67,43	55,90	53,44	53,60
63	1,25	31,25	1,5625	976,5625	66,57	67,43	55,90	53,20	52,81
64	1,25	28,75	1,5625	826,5625	66,57	67,43	55,90	52,96	52,02
65	1,25	26,25	1,5625	689,0625	66,57	67,43	55,90	52,72	51,23
66	1,25	23,75	1,5625	564,0625	66,57	67,43	55,90	52,49	50,45
67	1,25	21,25	1,5625	451,5625	66,57	67,43	55,90	52,25	49,66
68	1,25	18,75	1,5625	351,5625	66,57	67,43	55,90	52,01	48,87
69	1,25	16,25	1,5625	264,0625	66,57	67,43	55,89	51,78	48,08
70	1,25	13,75	1,5625	189,0625	66,57	67,43	55,89	51,54	47,29
71	1,25	11,25	1,5625	126,5625	66,57	67,43	55,89	51,30	46,50
72	1,25	8,75	1,5625	76,5625	66,57	67,43	55,89	51,07	45,71
73	1,25	6,25	1,5625	39,0625	66,57	67,43	55,89	50,83	44,92
74	1,25	3,75	1,5625	14,0625	66,57	67,43	55,89	50,59	44,13
75	1,25	1,25	1,5625	1,5625	66,57	67,43	55,89	50,36	43,34
76	1,25	-1,25	1,5625	1,5625	66,57	67,43	55,89	50,12	42,55
77	1,25	-3,75	1,5625	14,0625	66,57	67,43	55,89	49,88	41,76
78	1,25	-6,25	1,5625	39,0625	66,57	67,43	55,89	49,64	40,97
79	1,25	-8,75	1,5625	76,5625	66,57	67,43	55,88	49,41	40,18
80	1,25	-11,25	1,5625	126,5625	66,57	67,43	55,88	49,17	39,39
81	1,25	-13,75	1,5625	189,0625	66,57	67,43	55,88	48,93	38,60
82	1,25	-16,25	1,5625	264,0625	66,57	67,43	55,88	48,70	37,81
83	1,25	-18,75	1,5625	351,5625	66,57	67,43	55,88	48,46	37,02
84	1,25	-21,25	1,5625	451,5625	66,57	67,43	55,88	48,22	36,23
85	1,25	-23,75	1,5625	564,0625	66,57	67,43	55,88	47,99	35,44
86	1,25	-26,25	1,5625	689,0625	66,57	67,43	55,88	47,75	34,65
87	1,25	-28,75	1,5625	826,5625	66,57	67,43	55,88	47,51	33,86
88	1,25	-31,25	1,5625	976,5625	66,57	67,43	55,87	47,27	33,07
89	1,25	-33,75	1,5625	1139,0625	66,57	67,43	55,87	47,04	32,28
90	1,25	-36,25	1,5625	1314,0625	66,57	67,43	55,87	46,80	31,49
91	-1,25	36,25	1,5625	1314,0625	31,32	30,46	42,02	32,83	48,14
92	-1,25	33,75	1,5625	1139,0625	31,32	30,46	42,02	32,59	47,35
93	-1,25	31,25	1,5625	976,5625	31,32	30,46	42,02	32,36	46,56
94	-1,25	28,75	1,5625	826,5625	31,32	30,46	42,01	32,12	45,77
95	-1,25	26,25	1,5625	689,0625	31,32	30,46	42,01	31,88	44,98
96	-1,25	23,75	1,5625	564,0625	31,32	30,46	42,01	31,65	44,19
97	-1,25	21,25	1,5625	451,5625	31,32	30,46	42,01	31,41	43,40
98	-1,25	18,75	1,5625	351,5625	31,32	30,46	42,01	31,17	42,61
99	-1,25	16,25	1,5625	264,0625	31,32	30,46	42,01	30,94	41,82
100	-1,25	13,75	1,5625	189,0625	31,32	30,46	42,01	30,70	41,03
101	-1,25	11,25	1,5625	126,5625	31,32	30,46	42,01	30,46	40,24
102	-1,25	8,75	1,5625	76,5625	31,32	30,46	42,01	30,22	39,45
103	-1,25	6,25	1,5625	39,0625	31,32	30,46	42,01	29,99	38,66
104	-1,25	3,75	1,5625	14,0625	31,32	30,46	42,00	29,75	37,87
105	-1,25	1,25	1,5625	1,5625	31,32	30,46	42,00	29,51	37,08
106	-1,25	-1,25	1,5625	1,5625	31,32	30,46	42,00	29,28	36,29
107	-1,25	-3,75	1,5625	14,0625	31,32	30,46	42,00	29,04	35,50
108	-1,25	-6,25	1,5625	39,0625	31,32	30,46	42,00	28,80	34,72
109	-1,25	-8,75	1,5625	76,5625	31,32	30,46	42,00	28,57	33,93
110	-1,25	-11,25	1,5625	126,5625	31,32	30,46	42,00	28,33	33,14
111	-1,25	-13,75	1,5625	189,0625	31,32	30,46	42,00	28,09	32,35
112	-1,25	-16,25	1,5625	264,0625	31,32	30,46	42,00	27,86	31,56
113	-1,25	-18,75	1,5625	351,5625	31,32	30,46	41,99	27,62	30,77
114	-1,25	-21,25	1,5625	451,5625	31,32	30,46	41,99	27,38	29,98
115	-1,25	-23,75	1,5625	564,0625	31,32	30,46	41,99	27,14	29,19
116	-1,25	-26,25	1,5625	689,0625	31,32	30,46	41,99	26,91	28,40
117	-1,25	-28,75	1,5625	826,5625	31,32	30,46	41,99	26,67	27,61
118	-1,25	-31,25	1,5625	976,5625	31,32	30,46	41,99	26,43	26,82
119	-1,25	-33,75	1,5625	1139,0625	31,32	30,46	41,99	26,20	26,03
120	-1,25	-36,25	1,5625	1314,0625	31,32	30,46	41,99	25,96	25,24
121	-3,75	36,25	14,0625	1314,0625	-3,93	-6,51	28,13	11,99	41,89
122	-3,75	33,75	14,0625	1139,0625	-3,93	-6,51	28,13	11,75	41,10
123	-3,75	31,25	14,0625	976,5625	-3,93	-6,51	28,13	11,52	40,31
124	-3,75	28,75	14,0625	826,5625	-3,93	-6,51	28,13	11,28	39,52
125	-3,75	26,25	14,0625	689,0625	-3,93	-6,51	28,13	11,04	38,73
126	-3,75	23,75	14,0625	564,0625	-3,93	-6,51	28,13	10,80	37,94
127	-3,75	21,25	14,0625	451,5625	-3,93	-6,51	28,13	10,57	37,15
128	-3,75	18,75	14,0625	351,5625	-3,93	-6,51	28,13	10,33	36,36
129	-3,75	16,25	14,0625	264,0625	-3,93	-6,51	28,12	10,09	35,57
130	-3,75	13,75	14,0625	189,0625	-3,93	-6,51	28,12	9,86	34,78
131	-3,75	11,25	14,0625	126,5625	-3,93	-6,51	28,12	9,62	33,99
132	-3,75	8,75	14,0625	76,5625	-3,93	-6,51	28,12	9,38	33,20
133	-3,75	6,25	14,0625	39,0625	-3,93	-6,51	28,12	9,15	32,41
134	-3,75	3,75	14,0625	14,0625	-3,93	-6,51	28,12	8,91	31,62
135	-3,75	1,25	14,0625	1,5625	-3,93	-6,51	28,12	8,67	30,83
136	-3,75	-1,25	14,0625	1,5625	-3,93	-6,51	28,12	8,44	30,04
137	-3,75	-3,75	14,0625	14,0625	-3,93	-6,51	28,12	8,20	29,25
138	-3,75	-6,25	14,0625	39,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,96	28,46
139	-3,75	-8,75	14,0625	76,5625	-3,93	-6,51	28,11	7,72	27,67
140	-3,75	-11,25	14,0625	126,5625	-3,93	-6,51	28,11	7,49	26,88

141	-3,75	-13,75	14,0625	189,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,25	26,09
142	-3,75	-16,25	14,0625	264,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,01	25,30
143	-3,75	-18,75	14,0625	351,5625	-3,93	-6,51	28,11	6,78	24,51
144	-3,75	-21,25	14,0625	451,5625	-3,93	-6,51	28,11	6,54	23,72
145	-3,75	-23,75	14,0625	564,0625	-3,93	-6,51	28,11	6,30	22,93
146	-3,75	-26,25	14,0625	689,0625	-3,93	-6,51	28,11	6,07	22,14
147	-3,75	-28,75	14,0625	826,5625	-3,93	-6,51	28,11	5,83	21,35
148	-3,75	-31,25	14,0625	976,5625	-3,93	-6,51	28,10	5,59	20,56
149	-3,75	-33,75	14,0625	1139,0625	-3,93	-6,51	28,10	5,36	19,77
150	-3,75	-36,25	14,0625	1314,0625	-3,93	-6,51	28,10	5,12	18,99
151	-6,25	36,25	39,0625	1314,0625	-39,18	-43,49	14,25	-8,85	35,64
152	-6,25	33,75	39,0625	1139,0625	-39,18	-43,49	14,25	-9,09	34,85
153	-6,25	31,25	39,0625	976,5625	-39,18	-43,49	14,25	-9,33	34,06
154	-6,25	28,75	39,0625	826,5625	-39,18	-43,49	14,24	-9,56	33,27
155	-6,25	26,25	39,0625	689,0625	-39,18	-43,49	14,24	-9,80	32,48
156	-6,25	23,75	39,0625	564,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,04	31,69
157	-6,25	21,25	39,0625	451,5625	-39,18	-43,49	14,24	-10,27	30,90
158	-6,25	18,75	39,0625	351,5625	-39,18	-43,49	14,24	-10,51	30,11
159	-6,25	16,25	39,0625	264,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,75	29,32
160	-6,25	13,75	39,0625	189,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,98	28,53
161	-6,25	11,25	39,0625	126,5625	-39,18	-43,49	14,24	-11,22	27,74
162	-6,25	8,75	39,0625	76,5625	-39,18	-43,49	14,24	-11,46	26,95
163	-6,25	6,25	39,0625	39,0625	-39,18	-43,49	14,23	-11,70	26,16
164	-6,25	3,75	39,0625	14,0625	-39,18	-43,49	14,23	-11,93	25,37
165	-6,25	1,25	39,0625	1,5625	-39,18	-43,49	14,23	-12,17	24,58
166	-6,25	-1,25	39,0625	1,5625	-39,18	-43,49	14,23	-12,41	23,79
167	-6,25	-3,75	39,0625	14,0625	-39,18	-43,49	14,23	-12,64	23,00
168	-6,25	-6,25	39,0625	39,0625	-39,18	-43,49	14,23	-12,88	22,21
169	-6,25	-8,75	39,0625	76,5625	-39,18	-43,49	14,23	-13,12	21,42
170	-6,25	-11,25	39,0625	126,5625	-39,18	-43,49	14,23	-13,35	20,63
171	-6,25	-13,75	39,0625	189,0625	-39,18	-43,49	14,23	-13,59	19,84
172	-6,25	-16,25	39,0625	264,0625	-39,18	-43,49	14,23	-13,83	19,05
173	-6,25	-18,75	39,0625	351,5625	-39,18	-43,49	14,22	-14,06	18,26
174	-6,25	-21,25	39,0625	451,5625	-39,18	-43,49	14,22	-14,30	17,47
175	-6,25	-23,75	39,0625	564,0625	-39,18	-43,49	14,22	-14,54	16,68
176	-6,25	-26,25	39,0625	689,0625	-39,18	-43,49	14,22	-14,78	15,89
177	-6,25	-28,75	39,0625	826,5625	-39,18	-43,49	14,22	-15,01	15,10
178	-6,25	-31,25	39,0625	976,5625	-39,18	-43,49	14,22	-15,25	14,31
179	-6,25	-33,75	39,0625	1139,0625	-39,18	-43,49	14,22	-15,49	13,52
180	-6,25	-36,25	39,0625	1314,0625	-39,18	-43,49	14,22	-15,72	12,73

Dari perhitungan gaya aksial yang terjadi akibat 5 kombinasi beban pada 1 tiang bor (*bored pile*) didapatkan gaya aksial terbesar yang diterima adalah 1413,77 kN, selanjutnya gaya aksial yang harus terjadi harus lebih kecil dari daya dukung tanah.

Konfigurasi Bored pile untuk Abt kanan:



Gambar 7. 6 Konfigurasi tiang bor

x = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)

$$= 6,25 ; 3,75 ; 1,25 \text{ m}$$

y = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

$$= 21,25 ; 18,75 ; 16,25 ; 13,75 ; 11,25 ; 8,75 ; 6,25 ; 3,75 ; 1,25 \text{ m}$$

n = jumlah tiang

$$= 108$$

Dari kombinasi dan konfigurasi diatas, maka daya dukung per tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x \cdot x}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_y \cdot y}{\Sigma y^2}$$

P = Gaya aksial yang terjadi pada 1 tiang (T)

V = Total gaya aksial (T)

N = Jumlah tiang pancang (buah)

M_x = Momen sumbu x (T.m)

M_y = Momen sumbu y (T.m)
 y = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)
 x = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

Tabel 7.11 Perhitungan gaya aksial yang terjadi pada tiang bor

No	x m	y m	x ² m	y ² m	Komb. 1 Ton	Komb. 2 Ton	Komb. 3 Ton	Komb. 4 Ton	Komb. 5 Ton
1	6,25	21,25	39,0625	451,5625	137,07	141,38	83,67	93,93	62,16
2	6,25	18,75	39,0625	351,5625	137,07	141,38	83,67	93,70	61,37
3	6,25	16,25	39,0625	264,0625	137,07	141,38	83,67	93,46	60,58
4	6,25	13,75	39,0625	189,0625	137,07	141,38	83,66	93,22	59,79
5	6,25	11,25	39,0625	126,5625	137,07	141,38	83,66	92,99	59,00
6	6,25	8,75	39,0625	76,5625	137,07	141,38	83,66	92,75	58,21
7	6,25	6,25	39,0625	39,0625	137,07	141,38	83,66	92,51	57,42
8	6,25	3,75	39,0625	14,0625	137,07	141,38	83,66	92,27	56,63
9	6,25	1,25	39,0625	1,5625	137,07	141,38	83,66	92,04	55,84
10	6,25	-1,25	39,0625	1,5625	137,07	141,38	83,66	91,80	55,05
11	6,25	-3,75	39,0625	14,0625	137,07	141,38	83,66	91,56	54,26
12	6,25	-6,25	39,0625	39,0625	137,07	141,38	83,66	91,33	53,47
13	6,25	-8,75	39,0625	76,5625	137,07	141,38	83,65	91,09	52,68
14	6,25	-11,25	39,0625	126,5625	137,07	141,38	83,65	90,85	51,89
15	6,25	-13,75	39,0625	189,0625	137,07	141,38	83,65	90,62	51,10
16	6,25	-16,25	39,0625	264,0625	137,07	141,38	83,65	90,38	50,31
17	6,25	-18,75	39,0625	351,5625	137,07	141,38	83,65	90,14	49,52
18	6,25	-21,25	39,0625	451,5625	137,07	141,38	83,65	89,91	48,73
19	3,75	21,25	14,0625	451,5625	101,82	104,40	69,78	73,09	55,91
20	3,75	18,75	14,0625	351,5625	101,82	104,40	69,78	72,86	55,12
21	3,75	16,25	14,0625	264,0625	101,82	104,40	69,78	72,62	54,33
22	3,75	13,75	14,0625	189,0625	101,82	104,40	69,78	72,38	53,54
23	3,75	11,25	14,0625	126,5625	101,82	104,40	69,78	72,14	52,75
24	3,75	8,75	14,0625	76,5625	101,82	104,40	69,78	71,91	51,96
25	3,75	6,25	14,0625	39,0625	101,82	104,40	69,78	71,67	51,17
26	3,75	3,75	14,0625	14,0625	101,82	104,40	69,77	71,43	50,38
27	3,75	1,25	14,0625	1,5625	101,82	104,40	69,77	71,20	49,59
28	3,75	-1,25	14,0625	1,5625	101,82	104,40	69,77	70,96	48,80
29	3,75	-3,75	14,0625	14,0625	101,82	104,40	69,77	70,72	48,01
30	3,75	-6,25	14,0625	39,0625	101,82	104,40	69,77	70,49	47,22
31	3,75	-8,75	14,0625	76,5625	101,82	104,40	69,77	70,25	46,43
32	3,75	-11,25	14,0625	126,5625	101,82	104,40	69,77	70,01	45,64
33	3,75	-13,75	14,0625	189,0625	101,82	104,40	69,77	69,77	44,85
34	3,75	-16,25	14,0625	264,0625	101,82	104,40	69,77	69,54	44,06
35	3,75	-18,75	14,0625	351,5625	101,82	104,40	69,77	69,30	43,27
36	3,75	-21,25	14,0625	451,5625	101,82	104,40	69,76	69,06	42,48
37	1,25	21,25	1,5625	451,5625	66,57	67,43	55,90	52,25	49,66
38	1,25	18,75	1,5625	351,5625	66,57	67,43	55,90	52,01	48,87
39	1,25	16,25	1,5625	264,0625	66,57	67,43	55,89	51,78	48,08
40	1,25	13,75	1,5625	189,0625	66,57	67,43	55,89	51,54	47,29
41	1,25	11,25	1,5625	126,5625	66,57	67,43	55,89	51,30	46,50
42	1,25	8,75	1,5625	76,5625	66,57	67,43	55,89	51,07	45,71
43	1,25	6,25	1,5625	39,0625	66,57	67,43	55,89	50,83	44,92
44	1,25	3,75	1,5625	14,0625	66,57	67,43	55,89	50,59	44,13
45	1,25	1,25	1,5625	1,5625	66,57	67,43	55,89	50,36	43,34
46	1,25	-1,25	1,5625	1,5625	66,57	67,43	55,89	50,12	42,55
47	1,25	-3,75	1,5625	14,0625	66,57	67,43	55,89	49,88	41,76
48	1,25	-6,25	1,5625	39,0625	66,57	67,43	55,89	49,64	40,97
49	1,25	-8,75	1,5625	76,5625	66,57	67,43	55,88	49,41	40,18
50	1,25	-11,25	1,5625	126,5625	66,57	67,43	55,88	49,17	39,39

51	1,25	-13,75	1,5625	189,0625	66,57	67,43	55,88	48,93	38,60
52	1,25	-16,25	1,5625	264,0625	66,57	67,43	55,88	48,70	37,81
53	1,25	-18,75	1,5625	351,5625	66,57	67,43	55,88	48,46	37,02
54	1,25	-21,25	1,5625	451,5625	66,57	67,43	55,88	48,22	36,23
55	-1,25	21,25	1,5625	451,5625	31,32	30,46	42,01	31,41	43,40
56	-1,25	18,75	1,5625	351,5625	31,32	30,46	42,01	31,17	42,61
57	-1,25	16,25	1,5625	264,0625	31,32	30,46	42,01	30,94	41,82
58	-1,25	13,75	1,5625	189,0625	31,32	30,46	42,01	30,70	41,03
59	-1,25	11,25	1,5625	126,5625	31,32	30,46	42,01	30,46	40,24
60	-1,25	8,75	1,5625	76,5625	31,32	30,46	42,01	30,22	39,45
61	-1,25	6,25	1,5625	39,0625	31,32	30,46	42,01	29,99	38,66
62	-1,25	3,75	1,5625	14,0625	31,32	30,46	42,00	29,75	37,87
63	-1,25	1,25	1,5625	1,5625	31,32	30,46	42,00	29,51	37,08
64	-1,25	-1,25	1,5625	1,5625	31,32	30,46	42,00	29,28	36,29
65	-1,25	-3,75	1,5625	14,0625	31,32	30,46	42,00	29,04	35,50
66	-1,25	-6,25	1,5625	39,0625	31,32	30,46	42,00	28,80	34,72
67	-1,25	-8,75	1,5625	76,5625	31,32	30,46	42,00	28,57	33,93
68	-1,25	-11,25	1,5625	126,5625	31,32	30,46	42,00	28,33	33,14
69	-1,25	-13,75	1,5625	189,0625	31,32	30,46	42,00	28,09	32,35
70	-1,25	-16,25	1,5625	264,0625	31,32	30,46	42,00	27,86	31,56
71	-1,25	-18,75	1,5625	351,5625	31,32	30,46	41,99	27,62	30,77
72	-1,25	-21,25	1,5625	451,5625	31,32	30,46	41,99	27,38	29,98
73	-3,75	21,25	14,0625	451,5625	-3,93	-6,51	28,13	10,57	37,15
74	-3,75	18,75	14,0625	351,5625	-3,93	-6,51	28,13	10,33	36,36
75	-3,75	16,25	14,0625	264,0625	-3,93	-6,51	28,12	10,09	35,57
76	-3,75	13,75	14,0625	189,0625	-3,93	-6,51	28,12	9,86	34,78
77	-3,75	11,25	14,0625	126,5625	-3,93	-6,51	28,12	9,62	33,99
78	-3,75	8,75	14,0625	76,5625	-3,93	-6,51	28,12	9,38	33,20
79	-3,75	6,25	14,0625	39,0625	-3,93	-6,51	28,12	9,15	32,41
80	-3,75	3,75	14,0625	14,0625	-3,93	-6,51	28,12	8,91	31,62
81	-3,75	1,25	14,0625	1,5625	-3,93	-6,51	28,12	8,67	30,83
82	-3,75	-1,25	14,0625	1,5625	-3,93	-6,51	28,12	8,44	30,04
83	-3,75	-3,75	14,0625	14,0625	-3,93	-6,51	28,12	8,20	29,25
84	-3,75	-6,25	14,0625	39,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,96	28,46
85	-3,75	-8,75	14,0625	76,5625	-3,93	-6,51	28,11	7,72	27,67
86	-3,75	-11,25	14,0625	126,5625	-3,93	-6,51	28,11	7,49	26,88
87	-3,75	-13,75	14,0625	189,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,25	26,09
88	-3,75	-16,25	14,0625	264,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,01	25,30
89	-3,75	-18,75	14,0625	351,5625	-3,93	-6,51	28,11	6,78	24,51
90	-3,75	-21,25	14,0625	451,5625	-3,93	-6,51	28,11	6,54	23,72
91	-6,25	21,25	39,0625	451,5625	-39,18	-43,49	14,24	-10,27	30,90
92	-6,25	18,75	39,0625	351,5625	-39,18	-43,49	14,24	-10,51	30,11
93	-6,25	16,25	39,0625	264,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,75	29,32
94	-6,25	13,75	39,0625	189,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,98	28,53
95	-6,25	11,25	39,0625	126,5625	-39,18	-43,49	14,24	-11,22	27,74
96	-6,25	8,75	39,0625	76,5625	-39,18	-43,49	14,24	-11,46	26,95
97	-6,25	6,25	39,0625	39,0625	-39,18	-43,49	14,23	-11,70	26,16
98	-6,25	3,75	39,0625	14,0625	-39,18	-43,49	14,23	-11,93	25,37
99	-6,25	1,25	39,0625	1,5625	-39,18	-43,49	14,23	-12,17	24,58
100	-6,25	-1,25	39,0625	1,5625	-39,18	-43,49	14,23	-12,41	23,79
101	-6,25	-3,75	39,0625	14,0625	-39,18	-43,49	14,23	-12,64	23,00
102	-6,25	-6,25	39,0625	39,0625	-39,18	-43,49	14,23	-12,88	22,21
103	-6,25	-8,75	39,0625	76,5625	-39,18	-43,49	14,23	-13,12	21,42
104	-6,25	-11,25	39,0625	126,5625	-39,18	-43,49	14,23	-13,35	20,63
105	-6,25	-13,75	39,0625	189,0625	-39,18	-43,49	14,23	-13,59	19,84
106	-6,25	-16,25	39,0625	264,0625	-39,18	-43,49	14,23	-13,83	19,05
107	-6,25	-18,75	39,0625	351,5625	-39,18	-43,49	14,22	-14,06	18,26
108	-6,25	-21,25	39,0625	451,5625	-39,18	-43,49	14,22	-14,30	17,47

Dari perhitungan gaya aksial yang terjadi akibat 5 kombinasi beban pada 1 tiang bor (*bored pile*) didapatkan gaya aksial terbesar yang diterima adalah 1413,77 kN, selanjutnya gaya aksial yang harus terjadi harus lebih kecil dari daya dukung tanah.

7.2.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Dari tabel 7.10 dapat diketahui nilai maksimum (P_{max}) Gaya aksial tiang pancang akibat beban tetap (Kombinasi 1,2,3) adalah 1413,77 kN, sedangkan nilai maksimum (P_{max}) Gaya aksial tiang pancang akibat beban sementara (Kombinasi 4 dan 5) adalah 434,86 kN. Dari hasil kemampuan tiang pancang didapat hasil reaksi berupa gaya aksial tekan saja maka akan dikontrol dengan daya dukung tanah akibat tekan.

Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan tiang bor (*bored pile*) dan berdasarkan data penyelidikan tanah SPT pada titik bor BH 47A (Abutmen kiri) dan BH 47B (Abutmen kanan) Daya dukung tanah dihitung berdasarkan rumus *meyerhoff* dan *nakazawa* yang akan di tunjukan hasilnya dalam tabel 5.13 dan tabel 5.14

$$\begin{aligned}
 R_u &= q_d \cdot A_p + U \cdot \sum l_i \cdot f_i \\
 R_a &= \frac{1}{n} (R_u - W_s) + W_s - W \\
 q_d \cdot A_p &= \text{Daya dukung ujung tanah / End bearing (T)} \\
 U \cdot \sum l_i \cdot f_i &= \text{Daya dukung lekatan tanah / side friction (T)} \\
 q_d &= \text{daya dukung terpusat tiang bor (T)} \\
 A_p &= \text{Luas penampang tiang (m}^2\text{)} \\
 U &= \text{Panjang keliling tiang (m)} \\
 l_i &= \text{Tebal lapisan tanah yang ditinjau (m)} \\
 f_i &= \text{gaya geser pada selimut tiang cor} \\
 n &= \text{tanah basir } N/2 \leq 12 \text{ (T)} \\
 n &= \text{tanah kohesif } N/2 \text{ atau } C/2 \leq 12 \text{ (T)} \\
 W_s &= \text{Berat efektif tanah yang dipindahkan oleh tiang (ton)} \\
 W &= \text{Berat efektif tiang dan tanah di dalam tiang (ton)}
 \end{aligned}$$

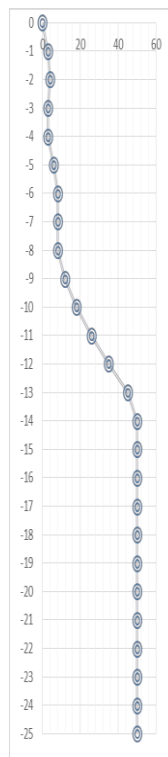
Data Perencanaan Tiang bor / bored pile :

$$\begin{aligned}
 D_{\text{bored pile}} &= 100 \text{ cm} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$A_p = 0,785 \text{ m}^2$
 $U = 3,140 \text{ m}$
 $n = 2$, untuk beban gempa
 $n = 3$, untuk beban tetap

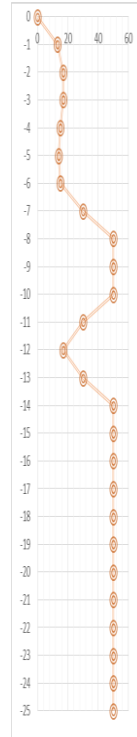
Tabel 7.12 Perhitungan daya dukung ijin tanah berdasarkan mayerhoff Ø 1m – titik bor BH 47A

Depth (m)	Tanah	N	N rata2	Qd	f _i	li. tebal	U .li. f _i	A. Qd	Ra	P = Ra / SF	
		(SPT)		(t/m2)	(t/m2)	(t/m)	(t/m)	(t/m2)	(ton)	SF = 2	SF = 3
0	c	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,26	-1,02
-1	c	3	3	9,00	1,5	1,50	1,50	7,07	6,60	2,05	1,18
-2	c	4	4	12,00	2	2,00	10,99	9,42	16,49	6,99	4,47
-3	c	3	3	9,00	1,5	1,50	15,70	7,07	16,88	7,18	4,61
-4	c	3	4	9,00	1,5	1,50	20,41	7,07	19,63	8,56	5,52
-5	c	6	6	18,00	3	3,00	29,83	14,13	34,15	15,82	10,36
-6	c	8	8	24,00	4	4,00	42,39	18,84	49,46	23,47	15,46
-7	c	8	8	24,00	4	4,00	54,95	18,84	60,05	28,77	19,00
-8	c	8	9	24,00	4	4,00	67,51	18,84	70,65	34,07	22,53
-9	c	12	12	36,00	6	6,00	86,35	28,26	96,95	47,22	31,30
-10	c	18	18	54,00	9	9,00	114,61	42,39	137,38	67,43	44,77
-11	c	26	26	78,00	12	12,00	152,29	61,23	191,93	94,71	62,96
-12	c	35	35	105,00	12	12,00	189,97	82,43	248,85	123,17	81,93
-13	c	45	44	135,00	12	12,00	227,65	105,98	308,11	152,80	101,68
-14	c	50	49	150,00	12	12,00	265,33	117,75	355,61	176,55	117,51
-15	c	50	50	150,00	12	12,00	303,01	117,75	391,32	194,41	129,42
-16	c	50	50	150,00	12	12,00	340,69	117,75	427,04	212,26	141,33
-17	c	50	50	150,00	12	12,00	378,37	117,75	462,76	230,12	153,23
-18	c	50	50	150,00	12	12,00	416,05	117,75	498,48	247,98	165,14
-19	c	50	50	150,00	12	12,00	453,73	117,75	534,19	265,84	177,04
-20	c	50	50	150,00	12	12,00	491,41	117,75	569,91	283,70	188,95
-21	c	50	50	150,00	12	12,00	529,09	117,75	600,92	299,20	199,29
-22	c	50	50	150,00	12	12,00	566,77	117,75	630,36	313,92	209,10
-23	c	50	50	150,00	12	12,00	604,45	117,75	661,36	329,43	219,43
-24	c	50	50	150,00	12	12,00	642,13	117,75	692,37	344,93	229,77
-25	c	50	50	150,00	12	300,00	679,81	117,75	723,37	360,43	239,70



Tabel 7.13 Perhitungan daya dukung ijin tanah untuk pondasi berdasarkan mayerhoff Ø 1m – titik bor BH 47B

Depth (m)	Tanah	N	N rata2	Qd	fi	li. tebal	U .li. fi	A. Qd	Ra	P = Ra / SF	
		(SPT)		(t/m2)	(t/m2)	(t/m)	(t/m)	(t/m2)	(ton)	SF = 2	SF = 3
0	c	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,26	-1,02
-1	c	13	12	39,00	6,5	6,50	6,50	30,62	35,15	16,32	10,70
-2	c	17	16	51,00	8,5	8,50	47,10	40,04	83,21	40,35	26,72
-3	c	17	17	51,00	8,5	8,50	73,79	40,04	107,94	52,71	34,96
-4	c	15	15	45,00	7,5	7,50	97,34	35,33	124,82	61,15	40,58
-5	c	14	14	42,00	7	7,00	119,32	32,97	142,48	69,99	46,47
-6	c	15	17	45,00	7,5	7,50	142,87	35,33	166,42	81,95	54,45
-7	c	30	31	90,00	12	12,00	180,55	70,65	237,46	117,48	78,13
-8	c	50	47	150,00	12	12,00	218,23	117,75	320,28	158,88	105,74
-9	c	50	50	150,00	12	12,00	255,91	117,75	356,00	176,74	117,65
-10	c	50	47	150,00	12	12,00	293,59	117,75	391,72	194,60	129,55
-11	c	30	31	90,00	12	12,00	331,27	70,65	380,33	188,91	125,76
-12	c	17	21	51,00	8,5	8,50	357,96	40,04	374,45	185,97	123,79
-13	c	30	31	90,00	12	12,00	395,64	70,65	440,78	219,13	145,91
-14	c	50	47	150,00	12	12,00	433,32	117,75	523,60	260,54	173,51
-15	c	50	50	150,00	12	12,00	471,00	117,75	559,31	278,40	185,42
-16	c	50	50	150,00	12	12,00	508,68	117,75	595,03	296,26	197,32
-17	c	50	50	150,00	12	12,00	546,36	117,75	630,75	314,12	209,23
-18	c	50	50	150,00	12	12,00	584,04	117,75	666,47	331,99	221,13
-19	c	50	50	150,00	12	12,00	621,72	117,75	702,18	349,84	233,04
-20	c	50	50	150,00	12	12,00	659,40	117,75	737,90	367,69	244,95
-21	c	50	50	150,00	12	12,00	697,08	117,75	773,62	385,55	256,85
-22	c	50	50	150,00	12	12,00	734,76	117,75	809,34	403,41	268,76
-23	c	50	50	150,00	12	12,00	772,44	117,75	845,05	421,27	280,66
-24	c	50	50	150,00	12	12,00	810,12	117,75	880,77	439,13	292,57
-25	c	50	50	150,00	12	300,00	1752,12	117,75	1820,81	909,15	605,92



7.2.2 Perhitungan Efisiensi Tiang Bor

Untuk menghitung daya dukung tiang kelompok direncanakan konfigurasi dan keefisien. Efisiensi tiang kelompok dihitung dengan rumus Seiler Keeney :

$$E_g = \left(1 - \frac{36s (m + n - 2)}{(75s^2 - 7) (m + n - 1)} \right) + \frac{0,3}{m + n}$$

m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)

n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)

s = jarak antar tiang tegak lurus sumbu x

$$E_g = \left(1 - \frac{36 \times 2,5 (6+26-2)}{(75 \times 2,5^2 - 7) (6+25)} \right) + \frac{0,3}{6+26}$$

$$E_g = \left(1 - \frac{90 (30)}{(461,75) (31)} \right) + \frac{0,3}{32}$$

$$E_g = 0,82$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung tiang} &= E_g \times \text{jumlah tiang} \times \text{DDT} \\ &= 0,82 \times 180 \times 4984,75 \\ &= 736423,63 \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi tiang} > \text{Gaya vertikal}$$

$$736423,63 \text{ kN} > 8810,14 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

7.2.3 Kontrol Kekuatan Tiang Bor

Tiang bor yang akan didesain harus memiliki kekuatan tiang yang bisa menahan gaya aksial P, momen serta geser pons. Selanjutnya dilakukan analisa dari tiang bor dengan spek beton tulangan dan diameter yang telah dipilih. Berikut spek yang dipakai :

- Diameter *Bored Pile* (D) = 1000 mm
- Decking beton (d') = 70 mm
- Mutu beton (fc') = 35 MPa
- Mutu tulangan (fy) = 390 Mpa

7.2.3.1 Kontrol Terhadap Gaya Aksial Vertikal

Daya dukung suatu tiang harus ditinjau berdasarkan kekuatan tanah tempat tiang bor yang akan di cor. Hasil daya dukung yang terendah adalah yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang

- Berdasarkan kekuatan bahan

Kekuatan tekan maximum tiang bor terhadap gaya aksial yang terjadi akibat struktur atas dan struktur bawah dihitung berdasarkan persamaan berikut

$$Pu \text{ bahan} = \frac{0,45 f_c' 10}{0,25 \pi D^2}$$

$$= \frac{0,45 \times 35 \times 10}{0,25 \pi 1000^2}$$

$$= 1237002,1 \text{ Kg}$$

$$= 1237,0021 \text{ Ton}$$

Didapatkan kekuatan tekan maximum tiang bor sebesar 1237,0 Ton sedangkan gaya aksial terjadi yang diterima tiang bor sebesar 1413,77 Ton untuk masing masing tiang bor abutmen kiri dan abutmen kanan.

- Berdasarkan daya dukung tanah

Berdasarkan analisa perhitungan daya dukung tanah (data SPT) dari perumusan *meyerhoff* dan *nakazawa* didapatkan besarnya daya dukung ijin tanah terhadap pondasi tiang bor diameter 1,0 m. Q ijin seperti yang ditabelkan berikut ini :

Tabel 7.14 Resume P ijin tiang bor Ø 1m

Data Tanah	P ijin beban sementara kN	P ijin beban tetap kN	Kedalaman (m)
BH 47A	2479,82	1651,38	25
BH 47B	2962,59	1973,23	25

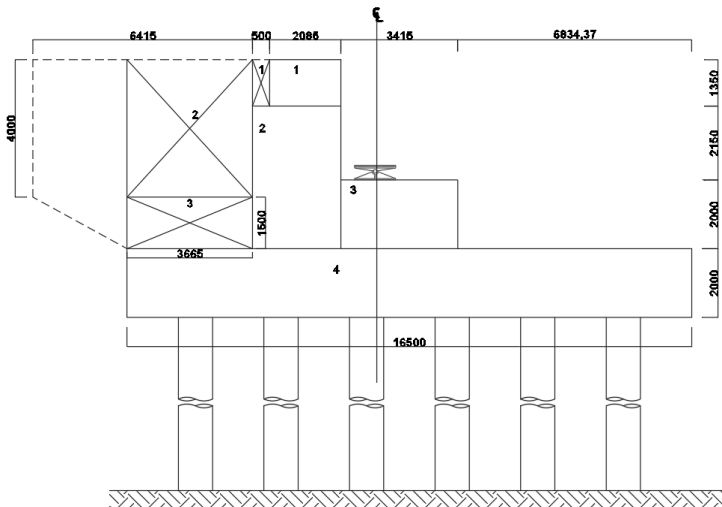
7.3 Kontrol Stabilitas Guling

Kontrol guling untuk mengetahui perbandingan besarnya gaya yang menahan abutmen dan yang mendorong / menggulingkan abutmen.

$$\frac{\Sigma \text{ Momen Penahan}}{\Sigma \text{ Momen Guling}} > 1,1$$

1. Momen penahan guling

Momen penahan merupakan jumlah total dari gaya bekerja untuk menahan abutmen agar tidak terjadi guling dan dikalikan dengan faktor ultimit dari gaya.



Gambar 7.7 Letak titik guling pada abutment

Tabel 7.15 Berat timbunan tanah diatas pilecap

Segmen	H m	B m	L m	Vol m ³	Berat kN
1	1,35	0,5	25	16,875	421,875
2	4	4,665	25	466,5	11662,5
3	1,5	4,665	25	87,46875	2186,719

Tabel 7.16 Rekapitulasi momen penahan abutment

Gaya Penahan	V	Lengan	Faktor	Momen
	kN	m	ultimit	kN.m
Bangunan Atas	2791206,5	0,05	1,3	181428,4
Beban Abutmen	49901,7	0,95	1,3	61628,6
Beban Tanah poer 1	421,875	3,39	1,25	1785,059
Beban Tanah poer 2	11662,5	5,47	1,25	79698,61
Beban Tanah poer 3	2186,71875	5,47	1,25	14943,49
			Total	339484,2

2. Momen penyebab guling

Momen penyebab guling diambil dari beban tekanan tanah akibat beban rencana kendaraan (tanah timbunan setinggi 0,6 m) dan tekanan tanah aktif akibat timbunan.

Tabel 7.17 Rekapitulasi momen guling

Gaya Guling	V	Lengan	Faktor	Momen
	kN	m	ultimit	kN.m
Bangunan Atas	2791206,5	0,05	1,3	181428,4
Beban Abutmen	49901,7	0,95	1,3	61628,6
			Total	243057

$$\frac{\Sigma \text{ Momen Penahan}}{\Sigma \text{ Momen Guling}} > 1,1$$

$$\frac{339484,2}{243057} > 1,1$$

$$1,40 > 1,1 \quad \text{OK}$$

7.4 Kontrol Stabilitas Geser

Kontrol geser abutmen dengan cara membandingkan besarnya gaya tahanan lateral ultimit dengan gaya lateral ultimit pada dinding abutment.

$$\frac{\Sigma \text{ Penahan Lateral}}{\Sigma \text{ Gaya Lateral}} > 1,2$$

1. Tahanan lateral ultimate

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri Abutmen (P)} &= 49901,70 \text{ kN} \\ \text{Sudut Geser Tanah } (\phi) &= 30^\circ \\ \text{Nilai Kohesi Tanah (Cu)} &= 5 \text{ kPa} \\ \text{Nilai Kohesi Tanah Reduksi (Cu')} &= krc \times 5 \\ &= 0,7 \times 5 \\ &= 3,5 \text{ kPa} = 3,5 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas bidang kontak efektif (Aef)} &= B. \text{ eff} \times L. \text{ eff} \\
 &= 14,32 \times 4,5 \\
 &= 64,43 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Kondisi tanah di pondasi tiang pancang abutment merupakan tanah kohesif :

$$\begin{aligned}
 R_s &= 0,4 \times A \text{ eff} \times C_u' \\
 &= 0,4 \times 64,43 \times 5 \\
 &= 128,87 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kondisi tanah timbunan di belakang abutment merupakan tanah non kohesif :

$$\begin{aligned}
 R_s &= P \times \tan \phi \\
 &= 49901,70 \text{ kN} \times 0,577 \\
 &= 28810,76 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma \text{ Penahan Gaya Lateral} &= 128,87 + 28810,76 \\
 &= 28939,63 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Gaya lateral ultimit

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman Tiang (H)} &= 5,5 \text{ m} \\
 \text{Berat jenis tanah (} \gamma \text{ t)} &= 18 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{Sudut geser tanah (} \phi \text{)} &= 30^\circ \\
 \text{Tan (} \phi \text{)} &= 0,577 \\
 \text{Sudut geser tanah yang direduksi (} \phi' \text{)} &= \tan^{-1} (K_r \cdot \phi \times \phi) \\
 &= 24,80
 \end{aligned}$$

Kondisi tanah timbunan di belakang abutment merupakan tanah non kohesif :

$$\begin{aligned}
 K_a &= \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} \\
 &= \frac{1 - 0,42}{1 + 0,42} \\
 &= \frac{0,58}{1,42} \\
 &= 0,41
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa &= \text{Tekanan lateral tanah non kohesif} \\
 &= (0.5 \times \gamma t \times H^2 \times K_a) \\
 &= 364,36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa T &= \text{Tekanan tanah akibat lapisan 0,6} \\
 &= (\gamma t \times H \times K_a) \\
 &= 4,42 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma \text{ Gaya lateral} &= 364,36 + 4,42 \\
 &= 368,78 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kondisi tanah di pondasi tiang pancang abutment merupakan tanah kohesif :

$$\begin{aligned}
 PT &= (\gamma t \times H) - (2 C_u) \\
 &= 99 - 7 \\
 &= 92 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\Sigma \text{ Penahan Lateral}}{\Sigma \text{ Gaya Lateral}} &> 1,2 \\
 \frac{28939,63}{460,78} &> 1,2 \\
 62,81 &> 1,2 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

7.5 Perhitungan Tiang Bor (*Bored pile*)

Perhitungan analisis bored pile berdasarkan beban dalam keadaan batas (ultimit). Beban yang dihitung berasal dari gaya aksial maksimum yang didapatkan dari beban tetap dan gaya horizontal berupa gaya rem, tekanan tanah aktif, tekanan tanah dinamis, gempa bangunan bawah dan atas dan beban angin.

7.5.1.1 Analisis gaya dan momen bored pile

Tabel 7.18 Perhitungan gaya dan momen pada center poer abutment

NO	URAIAN	V	Hx	Hy	X	y	z	Mx	My
		Ton	Ton	Ton	m	m	m	Ton	m
I	Beban Tetap								
	Struktur Bangunan Atas	2176,69							
	Struktur Abutment	4990,17			9,16			45685,95	
	Tek tanah aktif 1		495,00				1,06	522,99	
II	Beban Hidup								
	BTR + BGT	1643,28							
	Beban Rem		410,82				5,50	2259,51	
	Beban Angin			6,33			5,50		34,80
III	Aksi lain (Gempa)								
	Eq Struktur Bangunan Atas		3181,07	3181,07			5,50	17495,89	17495,89
	Eq Abutment		3320,01	3320,01			2,75	9130,03	9130,03
	Eq Tek tanah dinamis		264,90				2,75	728,49	

Kombinasi yang dipakai untuk kekuatan pondasi adalah :

- *Kombinasi 1 (D + L + Ta)*

$$\begin{aligned}
 V_u &= 8810,14 && \text{Ton} \\
 H_x &= 577,5 && \text{Ton} \\
 H_y &= 0.000 && \text{Ton} \\
 M_x &= 46267,05 && \text{Ton.m} \\
 M_y &= 0.000 && \text{Ton.m}
 \end{aligned}$$

- *Kombinasi 2 (D + L + Ta + TB)*

$$\begin{aligned}
 V_u &= 8810,14 && \text{Ton} \\
 H_x &= 988,32 && \text{Ton} \\
 H_y &= 0.000 && \text{Ton} \\
 M_x &= 48526,56 && \text{Ton.m} \\
 M_y &= 0.000 && \text{Ton.m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi 3 ($D + L + Ta + TB + TEW$)

Vu	=	8810,14	Ton
Hx	=	988,32	Ton
Hy	=	6,328	Ton
Mx	=	18224,38	Ton.m
My	=	34,80	Ton.m

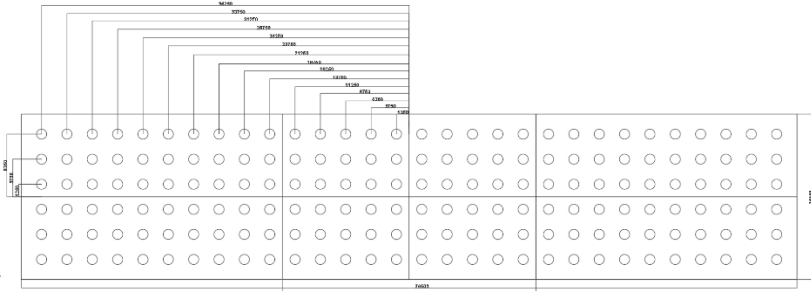
- Kombinasi 4 ($D + Ex + 30\%Ey + Taq$)

Vu	=	7156,86	Ton
Hx	=	6755,99	Ton
Hy	=	1950,33	Ton
Mx	=	27354,41	Ton.m
My	=	7987,78	Ton.m

- Kombinasi 5 ($D + 30\%Ex + Ey + Taq$)

Vu	=	7166,86	Ton
Hx	=	2029,80	Ton
Hy	=	6501,08	Ton
Mx	=	8206,32	Ton.m
My	=	26625,92	Ton.m

Konfigurasi Bored pile untuk Abt kiri:



Gambar 7.8 Konfigurasi tiang bor

x = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)

$$= 6,25 ; 3,75 ; 1,25 \text{ m}$$

y = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

$$= 36,25 ; 33,75 ; 31,25 ; 28,75 ; 26,25 ; 23,75 ; 21,25 ; \\ 18,75 ; 16,25 ; 13,75 ; 11,25 ; 8,75 ; 6,25 ; 3,75 ; 1,25 \text{ m}$$

n = jumlah tiang

$$= 180$$

Dari kombinasi dan konfigurasi diatas, maka daya dukung per tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x \cdot x}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_y \cdot y}{\Sigma y^2}$$

P = Gaya aksial yang terjadi pada 1 tiang (T)

V = Total gaya aksial (T)

N = Jumlah tiang pancang (buah)

M_x = Momen sumbu x (T.m)

M_y = Momen sumbu y (T.m)
 y = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)
 x = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

Tabel 7.19 Perhitungan gaya aksial yang terjadi pada tiang bor

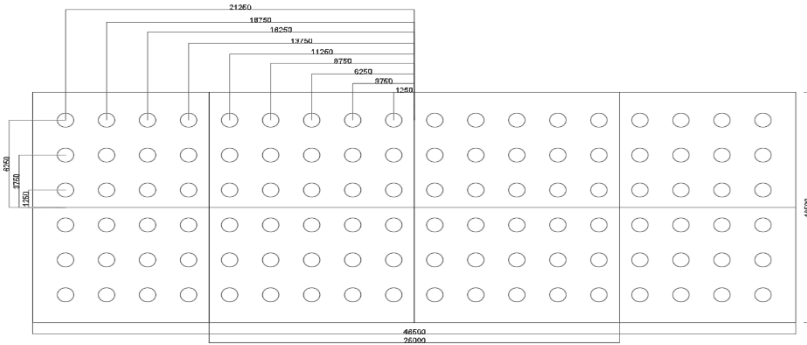
No	x m	y m	x ² m	y ² m	Komb. 1 Ton	Komb. 2 Ton	Komb. 3 Ton	Komb. 4 Ton	Komb. 5 Ton
1	6,25	36,25	39,0625	1314,0625	137,07	141,38	83,67	95,36	66,90
2	6,25	33,75	39,0625	1139,0625	137,07	141,38	83,67	95,12	66,11
3	6,25	31,25	39,0625	976,5625	137,07	141,38	83,67	94,88	65,32
4	6,25	28,75	39,0625	826,5625	137,07	141,38	83,67	94,64	64,53
5	6,25	26,25	39,0625	689,0625	137,07	141,38	83,67	94,41	63,74
6	6,25	23,75	39,0625	564,0625	137,07	141,38	83,67	94,17	62,95
7	6,25	21,25	39,0625	451,5625	137,07	141,38	83,67	93,93	62,16
8	6,25	18,75	39,0625	351,5625	137,07	141,38	83,67	93,70	61,37
9	6,25	16,25	39,0625	264,0625	137,07	141,38	83,67	93,46	60,58
10	6,25	13,75	39,0625	189,0625	137,07	141,38	83,66	93,22	59,79
11	6,25	11,25	39,0625	126,5625	137,07	141,38	83,66	92,99	59,00
12	6,25	8,75	39,0625	76,5625	137,07	141,38	83,66	92,75	58,21
13	6,25	6,25	39,0625	39,0625	137,07	141,38	83,66	92,51	57,42
14	6,25	3,75	39,0625	14,0625	137,07	141,38	83,66	92,27	56,63
15	6,25	1,25	39,0625	1,5625	137,07	141,38	83,66	92,04	55,84
16	6,25	-1,25	39,0625	1,5625	137,07	141,38	83,66	91,80	55,05
17	6,25	-3,75	39,0625	14,0625	137,07	141,38	83,66	91,56	54,26
18	6,25	-6,25	39,0625	39,0625	137,07	141,38	83,66	91,33	53,47
19	6,25	-8,75	39,0625	76,5625	137,07	141,38	83,65	91,09	52,68
20	6,25	-11,25	39,0625	126,5625	137,07	141,38	83,65	90,85	51,89
21	6,25	-13,75	39,0625	189,0625	137,07	141,38	83,65	90,62	51,10
22	6,25	-16,25	39,0625	264,0625	137,07	141,38	83,65	90,38	50,31
23	6,25	-18,75	39,0625	351,5625	137,07	141,38	83,65	90,14	49,52
24	6,25	-21,25	39,0625	451,5625	137,07	141,38	83,65	89,91	48,73
25	6,25	-23,75	39,0625	564,0625	137,07	141,38	83,65	89,67	47,94
26	6,25	-26,25	39,0625	689,0625	137,07	141,38	83,65	89,43	47,15
27	6,25	-28,75	39,0625	826,5625	137,07	141,38	83,65	89,19	46,36
28	6,25	-31,25	39,0625	976,5625	137,07	141,38	83,65	88,96	45,57
29	6,25	-33,75	39,0625	1139,0625	137,07	141,38	83,64	88,72	44,78
30	6,25	-36,25	39,0625	1314,0625	137,07	141,38	83,64	88,48	43,99
31	3,75	36,25	14,0625	1314,0625	101,82	104,40	69,79	74,51	60,65
32	3,75	33,75	14,0625	1139,0625	101,82	104,40	69,79	74,28	59,86
33	3,75	31,25	14,0625	976,5625	101,82	104,40	69,79	74,04	59,07
34	3,75	28,75	14,0625	826,5625	101,82	104,40	69,78	73,80	58,28
35	3,75	26,25	14,0625	689,0625	101,82	104,40	69,78	73,57	57,49
36	3,75	23,75	14,0625	564,0625	101,82	104,40	69,78	73,33	56,70
37	3,75	21,25	14,0625	451,5625	101,82	104,40	69,78	73,09	55,91
38	3,75	18,75	14,0625	351,5625	101,82	104,40	69,78	72,86	55,12
39	3,75	16,25	14,0625	264,0625	101,82	104,40	69,78	72,62	54,33
40	3,75	13,75	14,0625	189,0625	101,82	104,40	69,78	72,38	53,54
41	3,75	11,25	14,0625	126,5625	101,82	104,40	69,78	72,14	52,75
42	3,75	8,75	14,0625	76,5625	101,82	104,40	69,78	71,91	51,96
43	3,75	6,25	14,0625	39,0625	101,82	104,40	69,78	71,67	51,17
44	3,75	3,75	14,0625	14,0625	101,82	104,40	69,77	71,43	50,38
45	3,75	1,25	14,0625	1,5625	101,82	104,40	69,77	71,20	49,59
46	3,75	-1,25	14,0625	1,5625	101,82	104,40	69,77	70,96	48,80
47	3,75	-3,75	14,0625	14,0625	101,82	104,40	69,77	70,72	48,01
48	3,75	-6,25	14,0625	39,0625	101,82	104,40	69,77	70,49	47,22
49	3,75	-8,75	14,0625	76,5625	101,82	104,40	69,77	70,25	46,43
50	3,75	-11,25	14,0625	126,5625	101,82	104,40	69,77	70,01	45,64
51	3,75	-13,75	14,0625	189,0625	101,82	104,40	69,77	69,77	44,85
52	3,75	-16,25	14,0625	264,0625	101,82	104,40	69,77	69,54	44,06
53	3,75	-18,75	14,0625	351,5625	101,82	104,40	69,77	69,30	43,27
54	3,75	-21,25	14,0625	451,5625	101,82	104,40	69,76	69,06	42,48
55	3,75	-23,75	14,0625	564,0625	101,82	104,40	69,76	68,83	41,69
56	3,75	-26,25	14,0625	689,0625	101,82	104,40	69,76	68,59	40,90
57	3,75	-28,75	14,0625	826,5625	101,82	104,40	69,76	68,35	40,11
58	3,75	-31,25	14,0625	976,5625	101,82	104,40	69,76	68,12	39,32
59	3,75	-33,75	14,0625	1139,0625	101,82	104,40	69,76	67,88	38,53
60	3,75	-36,25	14,0625	1314,0625	101,82	104,40	69,76	67,64	37,74

61	1.25	36.25	1.5625	1314.0625	66.57	67.43	55.90	53.67	54.39
62	1.25	33.75	1.5625	1139.0625	66.57	67.43	55.90	53.44	53.60
63	1.25	31.25	1.5625	976.5625	66.57	67.43	55.90	53.20	52.81
64	1.25	28.75	1.5625	826.5625	66.57	67.43	55.90	52.96	52.02
65	1.25	26.25	1.5625	689.0625	66.57	67.43	55.90	52.72	51.23
66	1.25	23.75	1.5625	564.0625	66.57	67.43	55.90	52.49	50.45
67	1.25	21.25	1.5625	451.5625	66.57	67.43	55.90	52.25	49.66
68	1.25	18.75	1.5625	351.5625	66.57	67.43	55.90	52.01	48.87
69	1.25	16.25	1.5625	264.0625	66.57	67.43	55.89	51.78	48.08
70	1.25	13.75	1.5625	189.0625	66.57	67.43	55.89	51.54	47.29
71	1.25	11.25	1.5625	126.5625	66.57	67.43	55.89	51.30	46.50
72	1.25	8.75	1.5625	76.5625	66.57	67.43	55.89	51.07	45.71
73	1.25	6.25	1.5625	39.0625	66.57	67.43	55.89	50.83	44.92
74	1.25	3.75	1.5625	14.0625	66.57	67.43	55.89	50.59	44.13
75	1.25	1.25	1.5625	1.5625	66.57	67.43	55.89	50.36	43.34
76	1.25	-1.25	1.5625	1.5625	66.57	67.43	55.89	50.12	42.55
77	1.25	-3.75	1.5625	14.0625	66.57	67.43	55.89	49.88	41.76
78	1.25	-6.25	1.5625	39.0625	66.57	67.43	55.89	49.64	40.97
79	1.25	-8.75	1.5625	76.5625	66.57	67.43	55.88	49.41	40.18
80	1.25	-11.25	1.5625	126.5625	66.57	67.43	55.88	49.17	39.39
81	1.25	-13.75	1.5625	189.0625	66.57	67.43	55.88	48.93	38.60
82	1.25	-16.25	1.5625	264.0625	66.57	67.43	55.88	48.70	37.81
83	1.25	-18.75	1.5625	351.5625	66.57	67.43	55.88	48.46	37.02
84	1.25	-21.25	1.5625	451.5625	66.57	67.43	55.88	48.22	36.23
85	1.25	-23.75	1.5625	564.0625	66.57	67.43	55.88	47.99	35.44
86	1.25	-26.25	1.5625	689.0625	66.57	67.43	55.88	47.75	34.65
87	1.25	-28.75	1.5625	826.5625	66.57	67.43	55.88	47.51	33.86
88	1.25	-31.25	1.5625	976.5625	66.57	67.43	55.87	47.27	33.07
89	1.25	-33.75	1.5625	1139.0625	66.57	67.43	55.87	47.04	32.28
90	1.25	-36.25	1.5625	1314.0625	66.57	67.43	55.87	46.80	31.49
91	-1.25	36.25	1.5625	1314.0625	31.32	30.46	42.02	32.83	48.14
92	-1.25	33.75	1.5625	1139.0625	31.32	30.46	42.02	32.59	47.35
93	-1.25	31.25	1.5625	976.5625	31.32	30.46	42.02	32.36	46.56
94	-1.25	28.75	1.5625	826.5625	31.32	30.46	42.01	32.12	45.77
95	-1.25	26.25	1.5625	689.0625	31.32	30.46	42.01	31.88	44.98
96	-1.25	23.75	1.5625	564.0625	31.32	30.46	42.01	31.65	44.19
97	-1.25	21.25	1.5625	451.5625	31.32	30.46	42.01	31.41	43.40
98	-1.25	18.75	1.5625	351.5625	31.32	30.46	42.01	31.17	42.61
99	-1.25	16.25	1.5625	264.0625	31.32	30.46	42.01	30.94	41.82
100	-1.25	13.75	1.5625	189.0625	31.32	30.46	42.01	30.70	41.03
101	-1.25	11.25	1.5625	126.5625	31.32	30.46	42.01	30.46	40.24
102	-1.25	8.75	1.5625	76.5625	31.32	30.46	42.01	30.22	39.45
103	-1.25	6.25	1.5625	39.0625	31.32	30.46	42.01	29.99	38.66
104	-1.25	3.75	1.5625	14.0625	31.32	30.46	42.00	29.75	37.87
105	-1.25	1.25	1.5625	1.5625	31.32	30.46	42.00	29.51	37.08
106	-1.25	-1.25	1.5625	1.5625	31.32	30.46	42.00	29.28	36.29
107	-1.25	-3.75	1.5625	14.0625	31.32	30.46	42.00	29.04	35.50
108	-1.25	-6.25	1.5625	39.0625	31.32	30.46	42.00	28.80	34.72
109	-1.25	-8.75	1.5625	76.5625	31.32	30.46	42.00	28.57	33.93
110	-1.25	-11.25	1.5625	126.5625	31.32	30.46	42.00	28.33	33.14
111	-1.25	-13.75	1.5625	189.0625	31.32	30.46	42.00	28.09	32.35
112	-1.25	-16.25	1.5625	264.0625	31.32	30.46	42.00	27.86	31.56
113	-1.25	-18.75	1.5625	351.5625	31.32	30.46	41.99	27.62	30.77
114	-1.25	-21.25	1.5625	451.5625	31.32	30.46	41.99	27.38	29.98
115	-1.25	-23.75	1.5625	564.0625	31.32	30.46	41.99	27.14	29.19
116	-1.25	-26.25	1.5625	689.0625	31.32	30.46	41.99	26.91	28.40
117	-1.25	-28.75	1.5625	826.5625	31.32	30.46	41.99	26.67	27.61
118	-1.25	-31.25	1.5625	976.5625	31.32	30.46	41.99	26.43	26.82
119	-1.25	-33.75	1.5625	1139.0625	31.32	30.46	41.99	26.20	26.03
120	-1.25	-36.25	1.5625	1314.0625	31.32	30.46	41.99	25.96	25.24
121	-3.75	36.25	14.0625	1314.0625	-3.93	-6.51	28.13	11.99	41.89
122	-3.75	33.75	14.0625	1139.0625	-3.93	-6.51	28.13	11.75	41.10
123	-3.75	31.25	14.0625	976.5625	-3.93	-6.51	28.13	11.52	40.31
124	-3.75	28.75	14.0625	826.5625	-3.93	-6.51	28.13	11.28	39.52
125	-3.75	26.25	14.0625	689.0625	-3.93	-6.51	28.13	11.04	38.73
126	-3.75	23.75	14.0625	564.0625	-3.93	-6.51	28.13	10.80	37.94
127	-3.75	21.25	14.0625	451.5625	-3.93	-6.51	28.13	10.57	37.15
128	-3.75	18.75	14.0625	351.5625	-3.93	-6.51	28.13	10.33	36.36
129	-3.75	16.25	14.0625	264.0625	-3.93	-6.51	28.12	10.09	35.57
130	-3.75	13.75	14.0625	189.0625	-3.93	-6.51	28.12	9.86	34.78
131	-3.75	11.25	14.0625	126.5625	-3.93	-6.51	28.12	9.62	33.99
132	-3.75	8.75	14.0625	76.5625	-3.93	-6.51	28.12	9.38	33.20
133	-3.75	6.25	14.0625	39.0625	-3.93	-6.51	28.12	9.15	32.41
134	-3.75	3.75	14.0625	14.0625	-3.93	-6.51	28.12	8.91	31.62
135	-3.75	1.25	14.0625	1.5625	-3.93	-6.51	28.12	8.67	30.83
136	-3.75	-1.25	14.0625	1.5625	-3.93	-6.51	28.12	8.44	30.04
137	-3.75	-3.75	14.0625	14.0625	-3.93	-6.51	28.12	8.20	29.25
138	-3.75	-6.25	14.0625	39.0625	-3.93	-6.51	28.11	7.96	28.46
139	-3.75	-8.75	14.0625	76.5625	-3.93	-6.51	28.11	7.72	27.67
140	-3.75	-11.25	14.0625	126.5625	-3.93	-6.51	28.11	7.49	26.88

141	-3,75	-13,75	14,0625	189,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,25	26,09
142	-3,75	-16,25	14,0625	264,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,01	25,30
143	-3,75	-18,75	14,0625	351,5625	-3,93	-6,51	28,11	6,78	24,51
144	-3,75	-21,25	14,0625	451,5625	-3,93	-6,51	28,11	6,54	23,72
145	-3,75	-23,75	14,0625	564,0625	-3,93	-6,51	28,11	6,30	22,93
146	-3,75	-26,25	14,0625	689,0625	-3,93	-6,51	28,11	6,07	22,14
147	-3,75	-28,75	14,0625	826,5625	-3,93	-6,51	28,11	5,83	21,35
148	-3,75	-31,25	14,0625	976,5625	-3,93	-6,51	28,10	5,59	20,56
149	-3,75	-33,75	14,0625	1139,0625	-3,93	-6,51	28,10	5,36	19,77
150	-3,75	-36,25	14,0625	1314,0625	-3,93	-6,51	28,10	5,12	18,99
151	-6,25	36,25	39,0625	1314,0625	-39,18	-43,49	14,25	-8,85	35,64
152	-6,25	33,75	39,0625	1139,0625	-39,18	-43,49	14,25	-9,09	34,85
153	-6,25	31,25	39,0625	976,5625	-39,18	-43,49	14,25	-9,33	34,06
154	-6,25	28,75	39,0625	826,5625	-39,18	-43,49	14,24	-9,56	33,27
155	-6,25	26,25	39,0625	689,0625	-39,18	-43,49	14,24	-9,80	32,48
156	-6,25	23,75	39,0625	564,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,04	31,69
157	-6,25	21,25	39,0625	451,5625	-39,18	-43,49	14,24	-10,27	30,90
158	-6,25	18,75	39,0625	351,5625	-39,18	-43,49	14,24	-10,51	30,11
159	-6,25	16,25	39,0625	264,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,75	29,32
160	-6,25	13,75	39,0625	189,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,98	28,53
161	-6,25	11,25	39,0625	126,5625	-39,18	-43,49	14,24	-11,22	27,74
162	-6,25	8,75	39,0625	76,5625	-39,18	-43,49	14,24	-11,46	26,95
163	-6,25	6,25	39,0625	39,0625	-39,18	-43,49	14,23	-11,70	26,16
164	-6,25	3,75	39,0625	14,0625	-39,18	-43,49	14,23	-11,93	25,37
165	-6,25	1,25	39,0625	1,5625	-39,18	-43,49	14,23	-12,17	24,58
166	-6,25	-1,25	39,0625	1,5625	-39,18	-43,49	14,23	-12,41	23,79
167	-6,25	-3,75	39,0625	14,0625	-39,18	-43,49	14,23	-12,64	23,00
168	-6,25	-6,25	39,0625	39,0625	-39,18	-43,49	14,23	-12,88	22,21
169	-6,25	-8,75	39,0625	76,5625	-39,18	-43,49	14,23	-13,12	21,42
170	-6,25	-11,25	39,0625	126,5625	-39,18	-43,49	14,23	-13,35	20,63
171	-6,25	-13,75	39,0625	189,0625	-39,18	-43,49	14,23	-13,59	19,84
172	-6,25	-16,25	39,0625	264,0625	-39,18	-43,49	14,23	-13,83	19,05
173	-6,25	-18,75	39,0625	351,5625	-39,18	-43,49	14,22	-14,06	18,26
174	-6,25	-21,25	39,0625	451,5625	-39,18	-43,49	14,22	-14,30	17,47
175	-6,25	-23,75	39,0625	564,0625	-39,18	-43,49	14,22	-14,54	16,68
176	-6,25	-26,25	39,0625	689,0625	-39,18	-43,49	14,22	-14,78	15,89
177	-6,25	-28,75	39,0625	826,5625	-39,18	-43,49	14,22	-15,01	15,10
178	-6,25	-31,25	39,0625	976,5625	-39,18	-43,49	14,22	-15,25	14,31
179	-6,25	-33,75	39,0625	1139,0625	-39,18	-43,49	14,22	-15,49	13,52
180	-6,25	-36,25	39,0625	1314,0625	-39,18	-43,49	14,22	-15,72	12,73

Dari perhitungan gaya aksial yang terjadi akibat 5 kombinasi beban pada 1 tiang bor (*bored pile*) didapatkan gaya aksial terbesar yang diterima adalah 1413,77 kN, selanjutnya gaya aksial yang harus terjadi harus lebih kecil dari daya dukung tanah.

Konfigurasi Bored pile untuk Abt kanan:



Gambar 7.9 Konfigurasi tiang bor

x = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)

$$= 6,25 ; 3,75 ; 1,25 \text{ m}$$

y = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

$$= 21,25 ; 18,75 ; 16,25 ; 13,75 ; 11,25 ; 8,75 ; 6,25 ; 3,75 ; 1,25 \text{ m}$$

n = jumlah tiang

$$= 108$$

Dari kombinasi dan konfigurasi diatas, maka daya dukung per tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x \cdot x}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_y \cdot y}{\Sigma y^2}$$

P = Gaya aksial yang terjadi pada 1 tiang (T)

V = Total gaya aksial (T)

N = Jumlah tiang pancang (buah)

- M_x = Momen sumbu x (T.m)
 M_y = Momen sumbu y (T.m)
 y = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)
 x = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

Tabel 7.20 Perhitungan gaya aksial yang terjadi pada tiang bor

No	x m	y m	x ² m	y ² m	Komb. 1 Ton	Komb. 2 Ton	Komb. 3 Ton	Komb. 4 Ton	Komb. 5 Ton
1	6,25	21,25	39,0625	451,5625	137,07	141,38	83,67	93,93	62,16
2	6,25	18,75	39,0625	351,5625	137,07	141,38	83,67	93,70	61,37
3	6,25	16,25	39,0625	264,0625	137,07	141,38	83,67	93,46	60,58
4	6,25	13,75	39,0625	189,0625	137,07	141,38	83,66	93,22	59,79
5	6,25	11,25	39,0625	126,5625	137,07	141,38	83,66	92,99	59,00
6	6,25	8,75	39,0625	76,5625	137,07	141,38	83,66	92,75	58,21
7	6,25	6,25	39,0625	39,0625	137,07	141,38	83,66	92,51	57,42
8	6,25	3,75	39,0625	14,0625	137,07	141,38	83,66	92,27	56,63
9	6,25	1,25	39,0625	1,5625	137,07	141,38	83,66	92,04	55,84
10	6,25	-1,25	39,0625	1,5625	137,07	141,38	83,66	91,80	55,05
11	6,25	-3,75	39,0625	14,0625	137,07	141,38	83,66	91,56	54,26
12	6,25	-6,25	39,0625	39,0625	137,07	141,38	83,66	91,33	53,47
13	6,25	-8,75	39,0625	76,5625	137,07	141,38	83,65	91,09	52,68
14	6,25	-11,25	39,0625	126,5625	137,07	141,38	83,65	90,85	51,89
15	6,25	-13,75	39,0625	189,0625	137,07	141,38	83,65	90,62	51,10
16	6,25	-16,25	39,0625	264,0625	137,07	141,38	83,65	90,38	50,31
17	6,25	-18,75	39,0625	351,5625	137,07	141,38	83,65	90,14	49,52
18	6,25	-21,25	39,0625	451,5625	137,07	141,38	83,65	89,91	48,73
19	3,75	21,25	14,0625	451,5625	101,82	104,40	69,78	73,09	55,91
20	3,75	18,75	14,0625	351,5625	101,82	104,40	69,78	72,86	55,12
21	3,75	16,25	14,0625	264,0625	101,82	104,40	69,78	72,62	54,33
22	3,75	13,75	14,0625	189,0625	101,82	104,40	69,78	72,38	53,54
23	3,75	11,25	14,0625	126,5625	101,82	104,40	69,78	72,14	52,75
24	3,75	8,75	14,0625	76,5625	101,82	104,40	69,78	71,91	51,96
25	3,75	6,25	14,0625	39,0625	101,82	104,40	69,78	71,67	51,17
26	3,75	3,75	14,0625	14,0625	101,82	104,40	69,77	71,43	50,38
27	3,75	1,25	14,0625	1,5625	101,82	104,40	69,77	71,20	49,59
28	3,75	-1,25	14,0625	1,5625	101,82	104,40	69,77	70,96	48,80
29	3,75	-3,75	14,0625	14,0625	101,82	104,40	69,77	70,72	48,01
30	3,75	-6,25	14,0625	39,0625	101,82	104,40	69,77	70,49	47,22
31	3,75	-8,75	14,0625	76,5625	101,82	104,40	69,77	70,25	46,43
32	3,75	-11,25	14,0625	126,5625	101,82	104,40	69,77	70,01	45,64
33	3,75	-13,75	14,0625	189,0625	101,82	104,40	69,77	69,77	44,85
34	3,75	-16,25	14,0625	264,0625	101,82	104,40	69,77	69,54	44,06
35	3,75	-18,75	14,0625	351,5625	101,82	104,40	69,77	69,30	43,27
36	3,75	-21,25	14,0625	451,5625	101,82	104,40	69,76	69,06	42,48
37	1,25	21,25	1,5625	451,5625	66,57	67,43	55,90	52,25	49,66
38	1,25	18,75	1,5625	351,5625	66,57	67,43	55,90	52,01	48,87
39	1,25	16,25	1,5625	264,0625	66,57	67,43	55,89	51,78	48,08
40	1,25	13,75	1,5625	189,0625	66,57	67,43	55,89	51,54	47,29
41	1,25	11,25	1,5625	126,5625	66,57	67,43	55,89	51,30	46,50
42	1,25	8,75	1,5625	76,5625	66,57	67,43	55,89	51,07	45,71
43	1,25	6,25	1,5625	39,0625	66,57	67,43	55,89	50,83	44,92
44	1,25	3,75	1,5625	14,0625	66,57	67,43	55,89	50,59	44,13
45	1,25	1,25	1,5625	1,5625	66,57	67,43	55,89	50,36	43,34
46	1,25	-1,25	1,5625	1,5625	66,57	67,43	55,89	50,12	42,55
47	1,25	-3,75	1,5625	14,0625	66,57	67,43	55,89	49,88	41,76
48	1,25	-6,25	1,5625	39,0625	66,57	67,43	55,89	49,64	40,97
49	1,25	-8,75	1,5625	76,5625	66,57	67,43	55,88	49,41	40,18
50	1,25	-11,25	1,5625	126,5625	66,57	67,43	55,88	49,17	39,39

51	1,25	-13,75	1,5625	189,0625	66,57	67,43	55,88	48,93	38,60
52	1,25	-16,25	1,5625	264,0625	66,57	67,43	55,88	48,70	37,81
53	1,25	-18,75	1,5625	351,5625	66,57	67,43	55,88	48,46	37,02
54	1,25	-21,25	1,5625	451,5625	66,57	67,43	55,88	48,22	36,23
55	-1,25	21,25	1,5625	451,5625	31,32	30,46	42,01	31,41	43,40
56	-1,25	18,75	1,5625	351,5625	31,32	30,46	42,01	31,17	42,61
57	-1,25	16,25	1,5625	264,0625	31,32	30,46	42,01	30,94	41,82
58	-1,25	13,75	1,5625	189,0625	31,32	30,46	42,01	30,70	41,03
59	-1,25	11,25	1,5625	126,5625	31,32	30,46	42,01	30,46	40,24
60	-1,25	8,75	1,5625	76,5625	31,32	30,46	42,01	30,22	39,45
61	-1,25	6,25	1,5625	39,0625	31,32	30,46	42,01	29,99	38,66
62	-1,25	3,75	1,5625	14,0625	31,32	30,46	42,00	29,75	37,87
63	-1,25	1,25	1,5625	1,5625	31,32	30,46	42,00	29,51	37,08
64	-1,25	-1,25	1,5625	1,5625	31,32	30,46	42,00	29,28	36,29
65	-1,25	-3,75	1,5625	14,0625	31,32	30,46	42,00	29,04	35,50
66	-1,25	-6,25	1,5625	39,0625	31,32	30,46	42,00	28,80	34,72
67	-1,25	-8,75	1,5625	76,5625	31,32	30,46	42,00	28,57	33,93
68	-1,25	-11,25	1,5625	126,5625	31,32	30,46	42,00	28,33	33,14
69	-1,25	-13,75	1,5625	189,0625	31,32	30,46	42,00	28,09	32,35
70	-1,25	-16,25	1,5625	264,0625	31,32	30,46	42,00	27,86	31,56
71	-1,25	-18,75	1,5625	351,5625	31,32	30,46	41,99	27,62	30,77
72	-1,25	-21,25	1,5625	451,5625	31,32	30,46	41,99	27,38	29,98
73	-3,75	21,25	14,0625	451,5625	-3,93	-6,51	28,13	10,57	37,15
74	-3,75	18,75	14,0625	351,5625	-3,93	-6,51	28,13	10,33	36,36
75	-3,75	16,25	14,0625	264,0625	-3,93	-6,51	28,12	10,09	35,57
76	-3,75	13,75	14,0625	189,0625	-3,93	-6,51	28,12	9,86	34,78
77	-3,75	11,25	14,0625	126,5625	-3,93	-6,51	28,12	9,62	33,99
78	-3,75	8,75	14,0625	76,5625	-3,93	-6,51	28,12	9,38	33,20
79	-3,75	6,25	14,0625	39,0625	-3,93	-6,51	28,12	9,15	32,41
80	-3,75	3,75	14,0625	14,0625	-3,93	-6,51	28,12	8,91	31,62
81	-3,75	1,25	14,0625	1,5625	-3,93	-6,51	28,12	8,67	30,83
82	-3,75	-1,25	14,0625	1,5625	-3,93	-6,51	28,12	8,44	30,04
83	-3,75	-3,75	14,0625	14,0625	-3,93	-6,51	28,12	8,20	29,25
84	-3,75	-6,25	14,0625	39,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,96	28,46
85	-3,75	-8,75	14,0625	76,5625	-3,93	-6,51	28,11	7,72	27,67
86	-3,75	-11,25	14,0625	126,5625	-3,93	-6,51	28,11	7,49	26,88
87	-3,75	-13,75	14,0625	189,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,25	26,09
88	-3,75	-16,25	14,0625	264,0625	-3,93	-6,51	28,11	7,01	25,30
89	-3,75	-18,75	14,0625	351,5625	-3,93	-6,51	28,11	6,78	24,51
90	-3,75	-21,25	14,0625	451,5625	-3,93	-6,51	28,11	6,54	23,72
91	-6,25	21,25	39,0625	451,5625	-39,18	-43,49	14,24	-10,27	30,90
92	-6,25	18,75	39,0625	351,5625	-39,18	-43,49	14,24	-10,51	30,11
93	-6,25	16,25	39,0625	264,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,75	29,32
94	-6,25	13,75	39,0625	189,0625	-39,18	-43,49	14,24	-10,98	28,53
95	-6,25	11,25	39,0625	126,5625	-39,18	-43,49	14,24	-11,22	27,74
96	-6,25	8,75	39,0625	76,5625	-39,18	-43,49	14,24	-11,46	26,95
97	-6,25	6,25	39,0625	39,0625	-39,18	-43,49	14,23	-11,70	26,16
98	-6,25	3,75	39,0625	14,0625	-39,18	-43,49	14,23	-11,93	25,37
99	-6,25	1,25	39,0625	1,5625	-39,18	-43,49	14,23	-12,17	24,58
100	-6,25	-1,25	39,0625	1,5625	-39,18	-43,49	14,23	-12,41	23,79
101	-6,25	-3,75	39,0625	14,0625	-39,18	-43,49	14,23	-12,64	23,00
102	-6,25	-6,25	39,0625	39,0625	-39,18	-43,49	14,23	-12,88	22,21
103	-6,25	-8,75	39,0625	76,5625	-39,18	-43,49	14,23	-13,12	21,42
104	-6,25	-11,25	39,0625	126,5625	-39,18	-43,49	14,23	-13,35	20,63
105	-6,25	-13,75	39,0625	189,0625	-39,18	-43,49	14,23	-13,59	19,84
106	-6,25	-16,25	39,0625	264,0625	-39,18	-43,49	14,23	-13,83	19,05
107	-6,25	-18,75	39,0625	351,5625	-39,18	-43,49	14,22	-14,06	18,26
108	-6,25	-21,25	39,0625	451,5625	-39,18	-43,49	14,22	-14,30	17,47

Dari perhitungan gaya aksial yang terjadi akibat 5 kombinasi beban pada 1 tiang bor (*bored pile*) didapatkan gaya aksial terbesar yang diterima adalah 1413,77 kN, selanjutnya gaya aksial yang harus terjadi harus lebih kecil dari daya dukung tanah.

1. Gaya horizontal (V)

$$\begin{aligned}
 H_x &= \text{Beban Rem} + \text{Gempa Bang. Atas} + \text{Gempa} \\
 &\quad \text{Abutment} + \text{Tek. Tanah Dinamis Gempa} \\
 &= 410,82 + 3181,07 + 3320,01 + 264,91 \\
 &= 71768,08 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_x &= \text{Beban Gempa Struktur Atas} + \text{Gempa Abutmen} \\
 &\quad + \text{Beban Angin} \\
 &= 3181,07 + 3320,01 + 6,33 \\
 &= 65074,11 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya horizontal

$$\begin{aligned}
 H &= \sqrt{H_x^2 + H_y^2} \\
 &= \sqrt{71768,08^2 + 65074,11^2} \\
 &= 96877,74 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tiang Abt. kiri:

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a$$

k = Koefisien reaksi lapisan tanah dibawah permukaan dalam arah vertikal (kg/m³)

D = Diameter tiang (cm) = 100 cm

δ_a = Besarnya pergeseran normal (cm) = 1 cm

y = Besarnya pergeseran yang akan dicari (cm) = 1 cm

E = 25743

$k = k_0 \cdot y^{-1/2}$

$k_0 = 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4}$

$E_0 = 28N$ (N diambil rata-rata dari percobaan penetrasi standar (SPT) ambil kedalaman sekitar 10m dari muka tanah)

$$E_0 = 28 \times \left(\frac{3 + 4 + 3 + 3 + 6 + 8 + 8 + 8 + 12 + 18}{10} \right)$$

$$E_0 = 204,40$$

$$I = \frac{1}{64} \pi D^4 = 4908738,52$$

$$\begin{aligned} k &= 0,2 \times E_0 \times D^{-3/4} \times y^{-1/2} \\ &= 0,2 \times 204,40 \times 100^{-3/4} \times 1^{-1/2} \\ &= 1,29 \end{aligned}$$

$$\beta = \sqrt[4]{(k \cdot D) / 4EI}$$

$$\beta = \sqrt[4]{(1,29 \cdot 100) / (4 \cdot 25743 \cdot 4908738,52)} = 0,002$$

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta a$$

$$H_a = \frac{1,29 \cdot 100}{0,002} \cdot 1$$

$$H_a = 53,969 \text{ Ton}$$

$$H \text{ per tiang} = \frac{H}{\text{Jumlah tiang}}$$

$$\begin{aligned} H \text{ per tiang} &= \frac{96877,74}{180} \\ &= 53,821 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$H_a > H \text{ per tiang} \quad \text{OK}$$

Daya dukung ijin tiang Abt. kanan:

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a$$

k = Koefisien reaksi lapisan tanah dibawah permukaan dalam arah vertikal (kg/m³)

D = Diameter tiang (cm) = 100 cm

δ_a = Besarnya pergeseran normal (cm) = 1 cm

y = Besarnya pergeseran yang akan dicari (cm) = 1 cm

E = 25743

$k = k_0 \cdot y^{-1/2}$

$k_0 = 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4}$

$E_0 = 28N$ (N diambil rata-rata dari percobaan penetrasi standar (SPT) ambil kedalaman sekitar 5m dari muka tanah)

$$E_0 = 28 \times \left(\frac{13 + 17 + 17 + 15 + 14}{5} \right)$$

$E_0 = 425,60$

$$I = \frac{1}{64} \pi D^4 = 4908738,52$$

$$\begin{aligned} k &= 0,2 \times E_0 \times D^{-3/4} \times y^{-1/2} \\ &= 0,2 \times 425,60 \times 100^{-3/4} \times 1^{-1/2} \\ &= 2,69 \end{aligned}$$

$$\beta = \sqrt[4]{(k \cdot D) / 4EI}$$

$$\beta = \sqrt[4]{(2,69 \cdot 100) / (4 \cdot 25743 \cdot 4908738,52)} = 0,003$$

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a$$

$$H_a = \frac{2,69 \cdot 100}{0,003} \cdot 1$$

$$H_a = 93,549 \text{ Ton}$$

$$H \text{ per tiang} = \frac{H}{\text{Jumlah tiang}}$$

$$H \text{ per tiang} = \frac{96877,74}{108}$$

$$= 89,702 \text{ ton}$$

$$H_a > H_{\text{per tiang}} \quad \text{OK}$$

2. Momen tiang bor (M)

$$M_n = 0,2079 \frac{H}{2\beta}$$

$$= 0,2079 \frac{141376,75}{2 \times 0,0025}$$

$$= 11795555,37 \text{ kg.cm}$$

$$= 1179,55 \text{ kN.m}$$

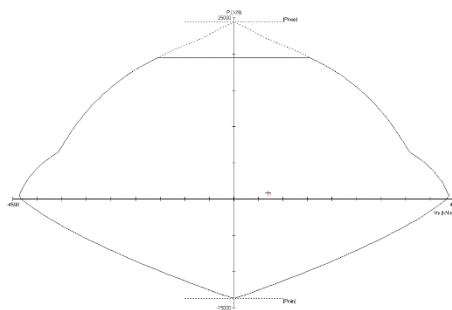
7.5.1.2 Perhitungan penulangan bored pile

- *Penulangan lentur*

Rekapitulasi gaya pada bored pile :

P	= 1413,77	kN	fc'	= 35	MPa
V	= 538,21	kN	D	= 1000	mm
M	= 1179,56	kN.m	L	= 25000	mm
k	= 1,5		d'	= 70	mm
Pu	= 2120,65	kN	d	= 930	mm
Vu	= 807,31	kN	fy	= 390	MPa
Mu	= 1769,33	kN.m			

dilakukan input gaya dan spek yang dipakai untuk tiang bor pada program pcaCol, sehingga didapatkan grafik pada gambar berikut :



Gambar 7.10 Grafik hasil input pCacol, hubungan antara momen dan gaya aksial

Tulangan pakai : 45 D 32 ($A_s = 251,2 \text{ mm}^2$) dengan rasio tulangan 4,69%

- *Penulangan geser*

Cek kekuatan geser beton

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{35} 1000 \times 25000 \\ &= 23417815,81 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= \frac{B \cdot D}{3} \\ &= \frac{950000}{3} \\ &= 316666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek kondisi geser

1. $V_u < 0.5 \times \phi \times V_c$
 $807314,5 < 8196235,53$ ok
2. $0.5 \times \phi \times V_c < V_u < \phi \times V_c$
 $8196235,533 > 2599996,0 < 16392471,07$ not ok
3. $\phi \times V_c < V_u < \phi (V_c + V_s \text{ min})$

$$16614137,73 > 2599996,0 < 16614137,73 \text{ not ok}$$

$$4. \phi (V_c + V_s \min) < V_u < \phi (V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} b_w d)$$

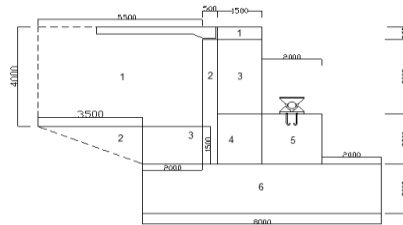
$$16614137,73 > 2599996,0 < 17703868,75 \text{ not ok}$$

$$5. \phi (V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} b_w d) < V_u < \phi (V_c + 2/3 \sqrt{f_c'} b_w d)$$

$$17703868,75 > 2599996,0 < 19015266,44 \text{ not ok}$$

Didapatkan dari perhitungan diatas masuk pada kondisi 1 Maka dipasang tulangan geser praktis $\emptyset 14 - 150$

7.6 Perhitungan Tulangan Pile Cap



Tulangan Pile Cap (segmen 4)

Untuk momen pada Pile Cap didapat dari analisa abutment

- Tulangan Arah Vertikal

$$M_u = 1980000000 \text{ Nmm}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$D \text{ tulangan} = 32 \text{ mm}$$

$$h = 2000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = h - d' - D \text{ tulangan}$$

$$= 2000 - 50 - 32$$

$$= 1918 \text{ mm}$$

$$= 1,9 \text{ m}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{1980000000}{0,8} \\
 &= 2475000000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{2475000000}{1000 \times 1918^2} \\
 &= 0,673 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
 &= 0,037
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,037 \\
 &= 0,028
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,673}{390}} \right) \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan $\rho_{\min} = 0,004$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,004 \times 1000 \times 1918 \\ &= 6885,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D32- 100** ($A_s = 8042 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Arah Horizontal

$$\begin{aligned} M_u &= 16335000000 \text{ Nmm} \\ f_c' &= 35 \text{ MPa} \\ f_y &= 390 \text{ MPa} \\ D \text{ tulangan} &= 32 \text{ mm} \\ h &= 2000 \text{ mm} \\ d' &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' - D \text{ tulangan} \\ &= 2000 - 50 - 32 \\ &= 1893 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{16335000000}{0,8} \\ &= 20418750000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{20418750000}{1000 \times 1918^2} \\ &= 5,698 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'}}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,037\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,004\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 75\% \times 0,037 \\ &= 0,028\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 5,698}{390}} \right) \\ &= 0,017\end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,017$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,017 \times 1000 \times 1873 \\ &= 31404,2 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D57- 80** ($A_s = 31897 \text{ mm}^2$)

Tabel 7.21 Resume kebutuhan tulangan abutment

Letak	Tulangan	As (perlu)	As (terpasang)	Tulangan (terpasang)
		(mm ²)	(mm ²)	
1	Tulangan Vertikal	7190,3	8042	D 32 - 100
	Tulangan Horizontal	7190,3	8042	D 32 - 100
2	Tulangan Vertikal	9092,8	10723	D 32 - 75
	Tulangan Horizontal	10723,3	10723	D 32 - 75
3	Tulangan Vertikal	11964,6	12373	D 32 - 65
	Tulangan Horizontal	11964,6	12373	D 32 - 65
4	Tulangan Vertikal	6885,1	8042	D 32 - 100
	Tulangan Horizontal	31404,2	31897	D 57 - 80

7.7 Perhitungan Tulangan Wingwall

Untuk momen pada Wingwall didapat dari analisa abutment

- Tulangan Arah Vertikal

$$Mu = 2764125 \text{ Nmm}$$

$$fc' = 35 \text{ MPa}$$

$$fy = 390 \text{ MPa}$$

$$D \text{ tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = h - d' - D \text{ tulangan}$$

$$= 500 - 50 - 16$$

$$= 434 \text{ mm}$$

$$= 0,434 \text{ m}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'}$$

$$= \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$= \frac{2764125}{0,8}$$

$$= 3455156,25 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{3455156,3}{1000 \times 434^2} \\
 &= 0,018 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
 &= 0,037
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,037 \\
 &= 0,028
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,018}{390}} \right) \\
 &= 0,000047
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$

Karena dari kontrol yang didapa $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$ maka digunakan

$\rho_{\text{min}} = 0,004$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,004 \times 1000 \times 434 \\
 &= 1557,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D16 - 100** ($A_s = 2011 \text{ mm}^2$)

- Tulangan Arah Horizontal

$$M_u = 5094900 \text{ Nmm}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$D \text{ tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' - D \text{ tulangan} \\ &= 500 - 50 - 16 \\ &= 434 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85 \times 35} = 13,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{5094900}{0,8} \\ &= 6368625 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{6368625}{1000 \times 434^2} \\ &= 0,034 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ balance} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,037 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,004 \\
 \rho \text{ max} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,037 \\
 &= 0,028 \\
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,1} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,034}{390}} \right) \\
 &= 0,000087
 \end{aligned}$$

Kontrol, $\rho \text{ min} > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$ maka digunakan $\rho \text{ min} = 0,004$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,004 \times 1000 \times 434 \\
 &= 1557,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan arah vertikal digunakan **D16 - 100** ($A_s = 2011 \text{ mm}^2$)

7.8 Perhitungan Tulangan Plat Injak

Pelat injak merupakan konstruksi yang terletak menempel pada abutment, dengan ditumpu pada satu sisi oleh konsol abutment. Fungsi pelat injak adalah mencegah terjadinya penurunan pada oprit jembatan.

7.8.1 Analisa Plat Injak

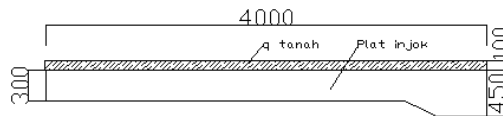
Konstruksi pelat injak jembatan ini direncanakan terbuat dari beton bertulang dengan mutu beton $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan tulangan yang dipasang adalah tulangan dengan mutu $f_{sy} = 400 \text{ Mpa}$.

Menurut BMS, BDM.....Hal 3.31.Dimensi permulaan untuk pelat injak pada pondasi sumuran adalah:

- Panjang dapat diambil sebesar 3000 mm
- Tebal sebesar 300 mm

Direncanakan:

- Panjang (l) = 4500 mm
- Tinggi (h) = 300 mm
- Lebar (b) = 1000 mm
- h tanah = 100 mm



Gambar 7.10 Dimensi plat injak

Perhitungan momen plat injak

1. Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 1 \times 0,3 \times 25 = 7,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2. Beban Mati Tambahan

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal} &= b \times h \times \gamma_{\text{aspal}} \\ &= 1 \times 0,07 \times 22 = 1,54 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat hujan} &= b \times h \times \gamma_{\text{hujan}} \\ &= 1 \times 0,07 \times 10 = 0,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Beban Tanah

$$\begin{aligned} q_{\text{tanah}} &= b \times h \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 1 \times 0,1 \times 17,8 = 1,78 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4. Beban Hidup (BTR)

BTR = Untuk $L < 30 \text{ m}$

$$q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$q = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 q_{BTR} &= q \times b1 \\
 &= 9 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} \\
 &= 9 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Kombinasi Beban

NO	AKSI/BEBAN	BEBAN (kN)	LENGAN (m)	MOMEN (kNm)	FAKTOR BEBAN	KOMBINASI (kNm)
1	Berat sendiri	7,5	2,25	16,875	1,3	21,94
2	Beban Mati Tambahan	2,24	2,25	5,04	2	10,08
3	q tanah	1,78	2,25	4,005	1,25	5,01
5	qBTR	9,00	2,25	20,25	1,8	36,45
						73,47

Sumber: Analisa Perhitungan

7.8.2 Perhitungan Penulangan Plat Injak

Penulangan Plat Injak

- Data
 - Mu = 73473750 Nmm
 - fc' = 30 MPa
 - fy = 390 MPa
 - D tul. lentur = 13 mm
 - Ø tul. bagi = 10 mm
 - h = 300 mm
 - d' = 40 mm

- Penulangan lentur

$$\begin{aligned}
 d &= h - d' - D \text{ tul. lentur} - (0,5 \times \emptyset \text{ tul. bagi}) \\
 &= 300 - 40 - 13 - (0,5 \times 10) \\
 &= 242 \text{ mm} \\
 &= 0,242 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{390}{0,85 \times 30} \\
 &= 15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\emptyset} \\
 &= \frac{73473750}{0,8} \\
 &= 91842187,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{91842187,5}{1000 \times 242^2} \\
 &= 1,568 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{390} \times \left(\frac{600}{600 + 390} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,03$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,004
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{max}} &= 75\% \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 75\% \times 0,03 \\
 &= 0,025
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,568}{390}} \right) \\ &= 0,0042\end{aligned}$$

Kontrol, $\rho \text{ min} > \rho \text{ perlu} > \rho \text{ max}$

Karena dari kontrol yang didapat $\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$ maka digunakan $\rho \text{ min} = 0,0042$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0042 \times 1000 \times 242 \\ &= 1005 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka untuk tulangan lentur digunakan **D12 - 100**
($A_s = 1131 \text{ mm}^2$)

- Penulangan bagi

$$\begin{aligned}A_s' &= 50\% \times A_s \text{ pasang} \\ &= 50\% \times 1131 \text{ mm}^2 \\ &= 565,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Direncanakan untuk tulangan bagi **Ø10 - 100** ($A_s' = 785 \text{ mm}^2$)

7.9 Panjang Penyaluran

Kontrol Geser Pada Kolom Abutment

Perhitungan control geser pons 1 arah pada kolom abutment adalah sebagai berikut:

$V = 264,905$ Ton (Out Put SAP 2000)

Direncanakan :

b kolom = 2590 mm

d kolom = 25000 mm

f_c' beton = 35 MPa

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot B \cdot d' \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 2590 \text{ mm} \cdot 25000 \text{ mm} \\ &= 65121248,2 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontroling :

$$\begin{aligned} V_U &\leq \phi \cdot V_c \\ 264904,97 \text{ N} &\leq 0,77 \cdot 65121248,2 \text{ N} \\ 264904,97 \text{ N} &< 50143361,1 \text{ N} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate

Diketahui data rencana sebagai berikut:

D tiang	= 1000 mm
D. tul. penyaluran	= 32 mm
Tinggi pile cap (h)	= 2000 mm
Cover (d)	= 70 mm
d efektif	= 1914 mm
f_c'	= 35 MPa
f_y	= 390 MPa
ϕ	= 0,7
P (tekan)	= 1413767,47 N (Perhitungan Abutment)
P (tarik)	= 434863,51 N (Perhitungan Abutment)

a. Kontrol Kekuatan Beton Dalam Tiang

$$\begin{aligned}
 P \text{ (beton dalam tiang)} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \varphi \cdot f_c' \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 1000^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 35 \\
 &= 16355916,75 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ (beton dalam tiang)} &> P \text{ (tekan)} \\
 16355916,75 \text{ N} &> 1413767,47 \text{ N} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

b. Kontrol Geser Pons Pile Cap

Keliling bidang geser

$$\begin{aligned}
 b_o &= \pi \cdot (d_{\text{tiang}} + d_{\text{efektif}}) \\
 &= \pi \cdot (1000 + 1914) = 9155 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek bidang geser

$$\beta = 5,1$$

$$\begin{aligned}
 \varphi \cdot V_c &= 0,17 \cdot (1+2/\beta) \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,17 \cdot (1+2/5,1) \cdot \sqrt{35} \cdot 9155 \cdot 1914 \cdot 0,6 \\
 &= 24584292,91 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varphi \cdot V_c &= 0,083 \cdot (a \cdot d / b + 2) \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,083 \cdot (40 \cdot 1914 / 9155 + 2) \cdot \sqrt{35} \cdot 9155 \cdot 1914 \cdot 0,6 \\
 &= 89161896,08 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varphi \cdot V_c &= 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \cdot 0,6 \\
 &= 0,33 \cdot \sqrt{35} \cdot 9155 \cdot 1914 \cdot 0,6 = 34553665,21 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Diambil $\varphi \cdot V_c$ terkecil

$$\begin{aligned}
 \varphi \cdot V_c &> P \text{ (tekan)} \\
 14750576 \text{ N} &> 1413767,47 \text{ N} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

c. Tulangan Dari Tiang ke Struktur Atas

$$A_s \text{ (perlu)} \cdot f_y \text{ (tulangan)} = \frac{P}{\varphi}$$

$$A_s \text{ (perlu)} = \frac{P \text{ (tarik)}}{\varphi \cdot f_y \text{ (tulangan)}}$$

$$A_s \text{ (perlu)} = \frac{434863,5117}{0,7 \cdot 390} = 1593 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 10.13.7.3)

“Batang tulangan longitudinal yang berada dalam spiral tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas neto penampang beton”

$$\begin{aligned} \text{As (perlu)} &= 0,01 \times \text{luas neto penampang beton} \\ &= 0,01 \times 785000 \\ &= 7854,0 \text{ mm}^2 \text{ (Menentukan)} \end{aligned}$$

Jadi dipasang 10 D 32 (As = 7881,6 mm²)

d. Panjang Penyaluran

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 12.3), Panjang penyaluran dalam kondisi tekan dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L_{dh} &= db \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \\ &= 32 \frac{0,24 \cdot 390}{1 \cdot \sqrt{35}} = 506,28 \text{ mm} \end{aligned}$$

dan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} 0,004 \cdot db \cdot f_y &= 0,004 \cdot 32 \cdot 390 \\ &= 499,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran kondisi tekan = 600 mm

Menurut SNI 2847 – 2013 (Pasal 12.2), Panjang penyaluran dalam kondisi tarik dihitung sesuai persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L_{dh} &= db \frac{f_y \cdot \alpha \cdot \beta}{1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \lambda} \\ &= 32 \frac{390 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot \sqrt{35} \cdot 1} = 1266 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang penyaluran kondisi tekan = 1266 mm

Sehingga dipakai panjang = 1300 mm

e. Kebutuhan Base Plate

Pada tiang pancang 900 mm diketahui data perencanaan sebagai berikut:

D tiang	= 1000 mm	BJ beton	= 2500 kg/m ³
T plat	= 10 mm	BJ baja	= 7850 kg/m ³

$$L = 1500 \text{ mm}$$

$$Fe = 1600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tegangan ijin pengait A307 dengan mutu normal)}$$

Maka;

Berat yang dipikul oleh base plate adalah

$$P = A \cdot (T \text{ plat} \cdot BJ \text{ baja} + BJ \text{ beton} \cdot L)$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot (1)^2 \cdot (0,01 \cdot 7850 + 2500 \cdot 1,5)$$

$$= 3006,9 \text{ kg} = 3 \text{ ton}$$

Perhitungan pengait base plate:

$$A = P / Fe$$

$$= 3006,9 / 1600$$

$$= 1,879 \text{ cm}^2 = 187,93 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan 4 pengait, Maka A_s tiap pengait adalah:

$$A_s = 187,93 \text{ mm}^2 / 4 = 47,0 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai pengait 4 $\emptyset 8$ (A_s tiap pengait = $50,3 \text{ mm}^2$)

f. Jarak Shear Ring

Direncanakan menggunakan shear ring dengan D 13

$$S \cdot \sqrt{f_c'} \cdot 1/6 \cdot \pi \cdot Dd < 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{sr} \cdot \pi \cdot Dd$$

$$S < (0,85 \cdot 35 \cdot 25) / \sqrt{35} \cdot 6$$

$$S = 965 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan sengkang D12-100

g. Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan menggunakan las E_{60xxx} dengan $\sigma = 422 \text{ MPa}$

Ketebalan las direncanakan 5mm

Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan las} = \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma$$

$$= (\pi \cdot 1914 \text{ mm}) \cdot 5 \text{ mm} \cdot 422 \text{ MPa}$$

$$= 12687447,6 \text{ N}$$

Syarat,

Kekuatan las > P(tekan)

$$12687447,6 \text{ N} > 1413767,47 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

Tabel 7.22 Panjang penyaluran dan base plate

Letak	Diameter Tiang (mm)	Diameter Tulangan	Diameter Spiral (mm)	Panjang Penyaluran	Base Plate
Abutment (1)	1000	9,8 D 32	Ø 12 - 100	1300	4 Ø 8
Abutment (2)	1000	9,8 D 32	Ø 12 - 100	1300	4 Ø 8

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII METODE PELAKSANAAN

8.1 Metode Pelaksanaan Jembatan Busur Box Baja

Metode pelaksanaan jembatan busur box baja yang menghubungkan Jalan Tol Kertosono dan Ngawi akan direncanakan dengan metode Balanced Kantilever dengan mengandalkan tarikan kabel yang dihubungkan ke temporary tower, serta pemasangan menggunakan alat bantu tower crane. Adapun tahapan pekerjaannya antara lain:

1. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi pembuatan direksi kit, pengadaan gudang dan peralatan, pembuatan pagar proyek, pengukuran awal untuk mencari ketepatan letal dan elevasi muka tanah.



Gambar 8.1 Pembuatan Direksi kit



Gambar 8.2 Pengadaan Gudang, Alat dan bahan



Gambar 8.3 Pembuatan pagar proyek



Gambar 8.4 Pengukuran awal

2. Pekerjaan Struktur Bawah

Pembangunan jembatan dimulai dari tahapan struktur bawah, dimulai dari pemancangan, penulangan abutmen dan pilar, pemasangan bekisting dan pengecoran. Pastikan struktur bawah sudah dalam keadaan baik



Gambar 8.5 Proses pemancangan



Gambar 8.6 Fabrikasi tulangan bored pile



Gambar 8.7 Fabrikasi tulangan bored pile



Gambar 8.8 Fabrikasi tulangan pile cap

3. Pekerjaan Pabrikasi Gelagar

Pekerjaan persiapan gelagar-gelagar baja, meliputi pekerjaan pelapisan cat anti karat (*Galvanizing*), pemotongan dan pembengkokan baja sesuai dengan kebutuhan, serta pembautan tiap segmen gelagar.



Gambar 8.9 Fabrikasi profil jembatan

4. Pemasangan Temporary Tower

Berfungsi sebagai alat bantu untuk menahan berat gelagar tiap segmen jembatan serta mempermudah pada pekerjaan pembautan, pengelasan pada segmen baja.



Gambar 8.10 Pemasangan Temporary Tower

5. Pemasangan Traveler

Berfungsi meletakkan segmen jembatan sesuai dengan posisinya, pemasangan traveler diawali dengan pemasangan kabel di bagian atas temporary toweryang nantinya digunakan sebagai alas berjalannya traveler



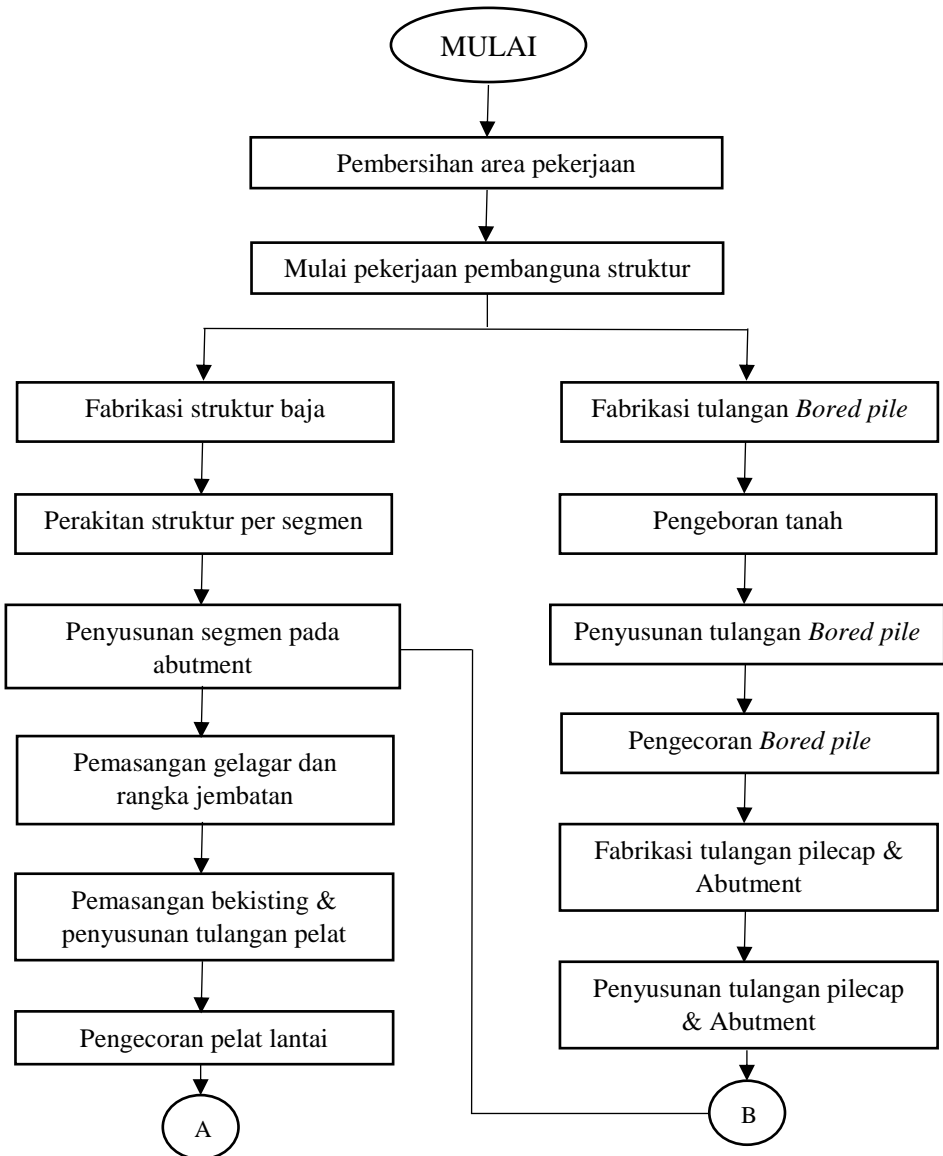
Gambar 8.11 Pemasangan Traveler

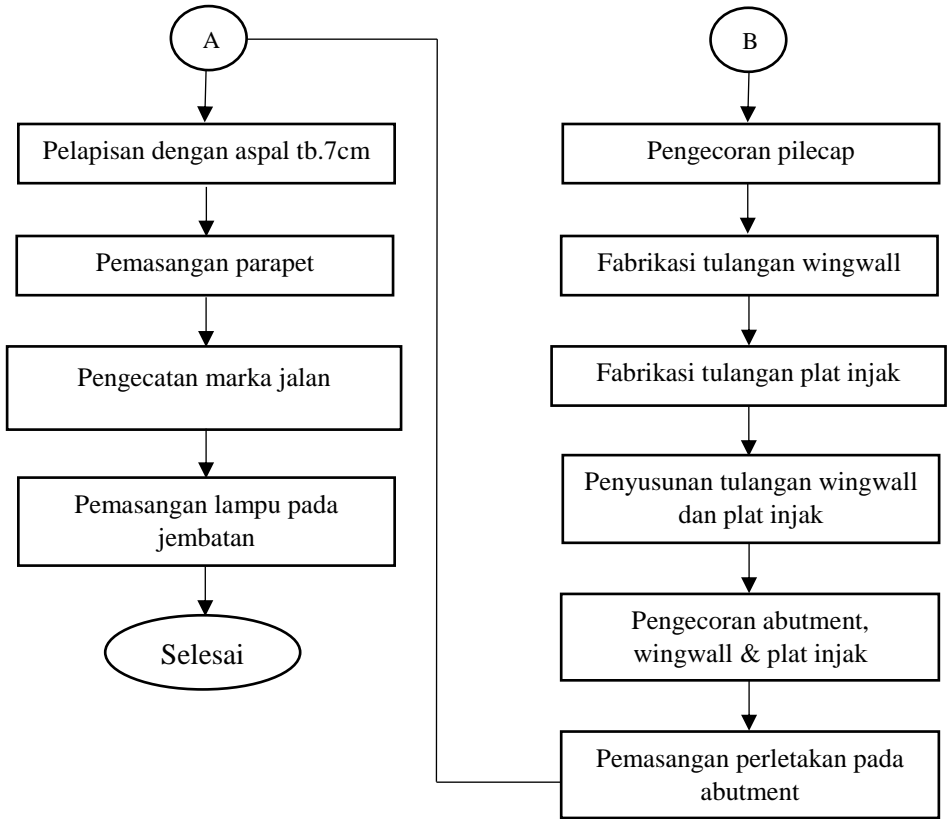
6. Pemasangan Crane

Berfungsi sebagai pengangkat setiap segmen jembatan menuju ke traveler untuk nantinya memposisikan segmen jembatan sesuai dengan posisinya.



Gambar 8.12 Pemasangan Crane



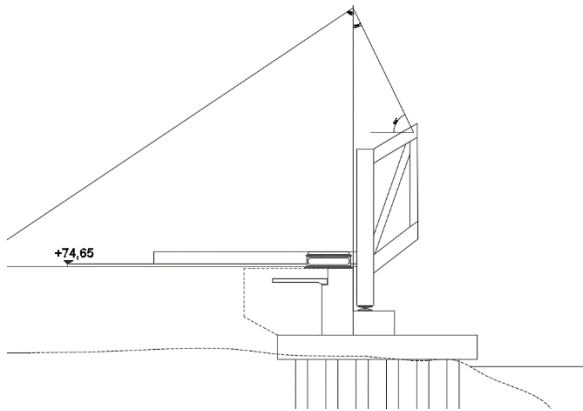


7. Pemasangan Frame

Adapun pemasangan frame dibagi menjadi beberapa segmen, antara lain:

- Segmen 1 - 13

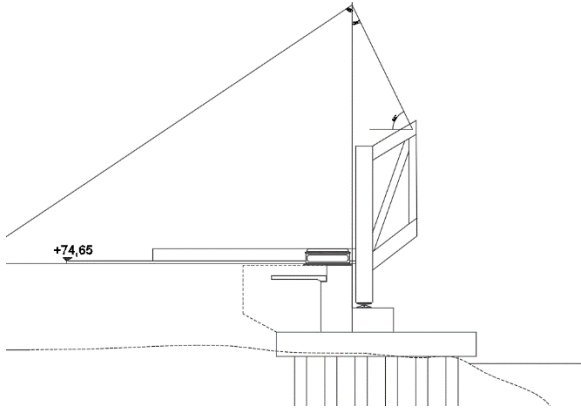
Pemasangan segmen 1 - 13 jembatan sepanjang $\lambda = 4$ m, jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi alat dan bahan diangkut menggunakan crawler crane.



Gambar 8.13 Pemasangan segmen 1-13

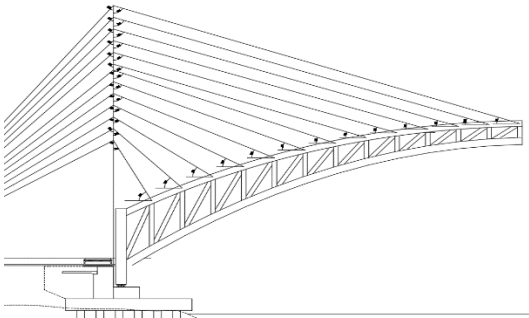
- Pemasangan Kabel Penahan Segmen 1

Setelah Busur terangkat kemudian busur disesuaikan dengan posisinya, disaat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower, yang 1 di kaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur



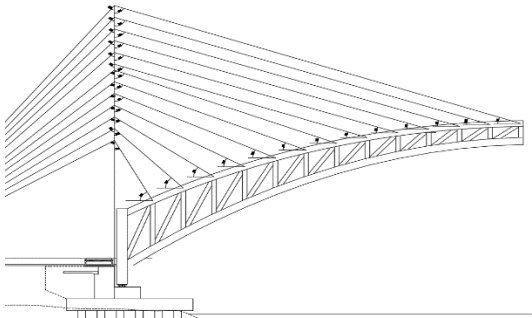
Gambar 8.14 Pemasangan kabel penahan segmen 1

- Segmen 2-14
Pemasangan segmen 2-14 jembatan yang masing-masing sepanjang $\lambda = 4$ m, jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi alat dan bahan menggunakan crane. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari disisi darat.



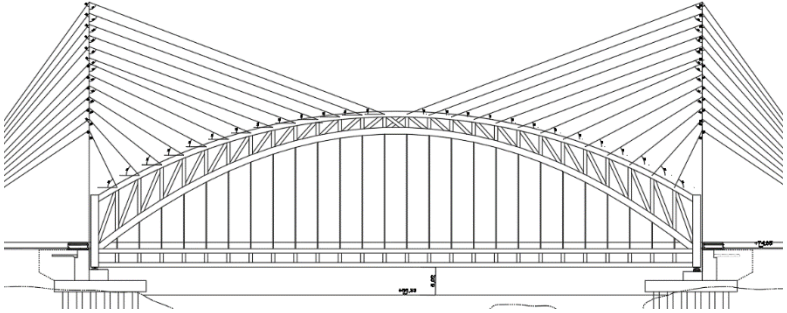
Gambar 8.15 Pemasangan segmen 2-14

- Pemasangan Kabel Penahan Segmen 2 - 14
Setelah Busur terangkat kemudian busur disesuaikan dengan posisinya, disaat yang bersamaan tiap segmen jembatan dipasang 2 kabel penahan jembatan, masing-masing kabel di pasang di temporary tower dan yang 1 di kaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur



Gambar 8.16 Pemasangan kabel penahan segmen 2-14

- Pemasangan Kabel Penggantung Dan Gelagar Memanjang
Setelah dilakukan pekerjaan pemasangan frame, kemudian dilanjutkan pemasangan batang penggantung dan gelagar memanjang
- Pemasangan Gelagar Melintang Dan Ikatan Angin Bawah
Setelah dilakukan pemasangan kabel penggantung jembatan dan gelagar memanjang, kemudian dilanjutkan pemasangan gelagar melintang jembatan dan ikatan angin bawah



Gambar 8.17 Pemasangan kabel penggantung dan batang memanjang busur

- Pengecoran Plat Lantai Dan Pekerjaan Finishing
Setelah pekerjaan perakitan elemen rangka jembatan kemudian dilakukan pekerjaan pembuatan bekisting, pengecoran plat lantai jembatan, pengaspalan, serta pekerjaan finishing seperti pembuatan marka jalan, pemasangan lampu sepanjang jembatan, dan pemasangan tiang sandaran.
- Pelapasan Temporary Tower

8.2 Perhitungan Kabel Penahan Pelaksanaan

1 Kabel Pamahan Busur Per Segmen

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ Q &- Pu \sin \theta = 0 \\ Pu \text{ busur} &= Q / \sin \theta \end{aligned}$$

2 Kabel Penahan Temporary Tower Dari Segmen Busur

$$Vu = Pu \text{ busur} \times \cos \theta$$

3 Kabel Penahan Temporary Tower ke Penahan Poer

$$Pu \text{ temporary tower ke poer} = Vu / \cos \theta$$

4 Kabel Penahan Temporary Tower ke Panahan Poer

Gaya Vertikal Poer

$$Pu \text{ poer gaya vertikal} = Pu \text{ temporary tower ke poer} \times \cos \theta$$

Gaya Horizontal Poer

$$Pu \text{ poer gaya horizontal} = Pu \text{ temporary tower ke poer} \times \sin \theta$$

Tabel 8.1 Berat per segmen dan sudut antara temporary ke busur

Nomor Segmen	Berat (Ton)	Sudut busur ke kabel (°)	Sudut temporary tower ke busur (°)	Sudut temporary tower ke
Segmen 1	336,02	64	26	59
Segmen 2	165,74	48	42	55
Segmen 3	163,12	38	52	51
Segmen 4	146,57	32	58	49
Segmen 5	144,77	28	62	47
Segmen 6	143,03	25	65	45
Segmen 7	141,54	23	67	44
Segmen 8	140,18	21	69	43
Segmen 9	139,05	20	70	41
Segmen 10	138,07	20	70	40
Segmen 11	137,30	20	70	38
Segmen 12	136,71	20	70	37
Segmen 13	136,33	20	69	36
Segmen 14	198,45	21	68	

Tabel 8.2 Perhitungan kabel penahan busur

Nomor Segemen	Berat (Ton)	Sudut busur ke kabel (°)	Pu busur (Ton)
Segmen 1	336,0	64	373,9
Segmen 2	165,7	48	223,0
Segmen 3	163,1	38	265,0
Segmen 4	146,6	32	276,6
Segmen 5	144,8	28	308,4
Segmen 6	143,0	25	338,4
Segmen 7	141,5	23	362,2
Segmen 8	140,2	21	391,2
Segmen 9	139,0	20	406,5
Segmen 10	138,1	20	403,7
Segmen 11	137,3	20	401,4
Segmen 12	136,7	20	399,7
Segmen 13	136,3	20	398,6
Segmen 14	198,4	21	553,7

Tabel 8.3 Perhitungan kabel penahan tower dari segmen busur

Nomor Segemen	Pu busur (Ton)	Sudut temporary tower ke busur (°)	Vu (Ton)
Segmen 1	373,9	26	336,0
Segmen 2	223,0	42	165,7
Segmen 3	265,0	52	163,1
Segmen 4	276,6	58	146,6
Segmen 5	308,4	62	144,8
Segmen 6	338,4	65	143,0
Segmen 7	362,2	67	141,5
Segmen 8	391,2	69	140,2
Segmen 9	406,5	70	139,0
Segmen 10	403,7	70	138,1
Segmen 11	401,4	70	137,3
Segmen 12	399,7	70	136,7
Segmen 13	398,6	69	142,8
Segmen 14	553,7	68	207,4

Tabel 8.4 Perhitungan kabel penahan tower ke abutment

Nomor Segemen	Vu (Ton)	tower ke abutment (°)	Pu temporary tower ke abutment (Ton)
Segmen 1	336,0	59	652,4
Segmen 2	165,7	55	289,0
Segmen 3	163,1	51	259,2
Segmen 4	146,6	49	223,4
Segmen 5	144,8	47	212,3
Segmen 6	143,0	45	202,3
Segmen 7	141,5	44	196,8
Segmen 8	140,2	43	191,7
Segmen 9	139,0	41	184,2
Segmen 10	138,1	40	180,2
Segmen 11	137,3	38	174,2
Segmen 12	136,7	37	171,2
Segmen 13	142,8	36	176,6
Segmen 14	207,4	0	207,4

Tabel 8.5 Perhitungan kabel penahan tower ke abutment

Nomor Segemen	Pu busur (Ton)	tower ke abutment (°)	Vu (Ton)
Segmen 1	652,4	59	559,2
Segmen 2	289,0	55	236,7
Segmen 3	259,2	51	201,4
Segmen 4	223,4	49	168,6
Segmen 5	212,3	47	155,2
Segmen 6	202,3	45	143,0
Segmen 7	196,8	44	136,7
Segmen 8	191,7	43	130,7
Segmen 9	184,2	41	120,9
Segmen 10	180,2	40	115,9
Segmen 11	174,2	38	107,3
Segmen 12	171,2	37	103,0
Segmen 13	176,6	36	103,8
	Jumlah		2282,5

Tabel 8.6 Perhitungan tarik horizontal busur terhadap tower

Nomor Segmen	Vu (Ton)	Sudut kabel ke temporary tower	Pu temporary tower ke abutment (Ton)
Segmen 1	373,9	26	336,0
Segmen 2	223,0	42	165,7
Segmen 3	265,0	52	163,1
Segmen 4	276,6	58	146,6
Segmen 5	308,4	62	144,8
Segmen 6	338,4	65	143,0
Segmen 7	362,2	67	141,5
Segmen 8	391,2	69	140,2
Segmen 9	406,5	70	139,0
Segmen 10	403,7	70	138,1
Segmen 11	401,4	70	137,3
Segmen 12	399,7	70	136,7
Segmen 13	398,6	69	142,8
Segmen 14	553,7	68	207,4
Jumlah			2282,4

Hasil selisih antara perhitungan pada tabel 8.5 dengan tabel 8.6 harus mendekati nol.

$$\Sigma Vu \text{ kabel penahan} - \Sigma Vu \text{ tarik horizontal} = 2282,5 - 2282,4 = 0,1$$

8.2.1 Kontrol Penampang Kabel

Kontrol Penampang Cable:

Dimensi kabel ATM B-416

E = 168000 MPa

D = 80 mm

As = 3670 mm²

Pn = 3580 kN

Tabel 8.7 Kontrol penampang kabel

Frame	Pu	n kabel	Asc	Pn		Kontrol
	(Kn)	Jumlah strand		Teg. Terjadi	Teg. Ijin	
Berat 1 Segmen	3360,2	1	3670,0	0,9	1,0	OK
Berat 2 Segmen	1657,4	1	3670,0	0,5	1,0	OK
Berat 3 Segmen	1631,2	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 4 Segmen	1465,7	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 5 Segmen	1447,7	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 6 Segmen	1430,3	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 7 Segmen	1415,4	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 8 Segmen	1401,8	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 9 Segmen	1390,5	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 10 Segmen	1380,7	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 11 Segmen	1373,0	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 12 Segmen	1367,1	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 13 Segmen	1363,3	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Berat 14 Segmen	1984,5	1	3670,0	0,5	1,0	OK

Kontrol Penampang Cable dari tower ke abutment:

Dimensi

kabel ATM B-416

E = 160000 MPa

D = 110 mm

As = 6950 mm²

Pn = 6760 kN

Tabel 8.8 Kontrol penampang kabel

Frame	Pu (Kn)	n kabel Jumlah strand	Asc	Pn		Kontrol
				Teg. Terjad	Teg. Ijin	
Gaya Kabel 1	6524,2	1	3670,0	0,9	1,0	OK
Gaya Kabel 2	2889,6	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Gaya Kabel 3	2592,0	1	3670,0	0,4	1,0	OK
Gaya Kabel 4	2234,2	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 5	2122,7	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 6	2022,8	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 7	1967,6	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 8	1916,8	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 9	1842,4	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 10	1802,4	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 11	1742,3	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 12	1711,8	1	3670,0	0,2	1,0	OK
Gaya Kabel 13	1765,7	1	3670,0	0,3	1,0	OK
Gaya Kabel 14	2074,4	1	3670,0	0,3	1,0	OK

6. Batang penggantung

Profil yang dipakai Galvanized Structural Strand (BRIDON)
ASTM A-586 dengan D= 120,7 mm

7. Struktur utama

Mutu: Box = EN10025

WF = BJ 55

Pada jembatan busur bentang 108 m

- Rangka batang lrgkung atas, Box 1000x1000x50
- Rangka batang lengkung bawah, Box 1200x1200x65x65
- Rangka batang lengkung bawah kaku, Box
1200x1200x170x170
- Rangka batang pengaku tegak, Box 600x600x18
- Rangka batang pengaku miring, Box 600x600x20x20
- Batang tarik memanjang atas, Box 800x600x65x65
- Batang tarik memanjang bawah, Box 800x600x65x65
- Batang pengaku memanjang, Box 600x600x50x50
- Pengaku rangka atas, WF 300x300x12x12
- Pengaku rangka bawah, WF 300x300x12x12
- Batang tegak portal akhir, Box 1400x1400x70x70
- Batang tegak pengaku portal akhir, Box
1400x1400x150x150
- Gelagar memanjang, WF 400x200x12x16
- Gelagar melintang, Box 600x600x20x20
- Gelagar melintang tepi, Box 1200x900x50x50

8. Ikatan angin atas

Mutu: 2L = BJ 55

WF = BJ 55

Pada jembatan busur bentang 108 m

- Ikatan angin atas, 2L 250x250x35
- Ikatan angin bawah, 2L 250x250x35
- Ikatan angin bawah gelagar, 2L 400x400x40

9. Perletakan berupa perletakan sendi dan rol baja
10. Abutment jembatan memiliki tinggi dinding abutment = 5,5m dan lebar = 2m dengan lebar poer = 16,5m dan tebal = 2m. Mutu beton yang digunakan adalah $f_c' = 35$ MPa.
11. Pondasi struktur menggunakan bored pile dengan diameter 100 cm yang memiliki kedalaman 18m (Abutment 1) dan 16m (Abutment 2) sesuai dengan penyelidikan tanah SPT (Standard Penetration Test). Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan 180 buah (Abutment 1) dan 108 buah (Abutment 2)
12. Metode pelaksanaan yang digunakan adalah metode balanced cantilever dengan mengandalkan tarikan kabel yang dihubungkan ke temporary tower

9.2 Saran

Alangkah baiknya jika perletakan pada jembatan Kedungrejo coba direncanakan menggunakan perletakan pot bearing ataupun Lead Rubber Bearing (LRB), dan apabila jembatan ini terealisasi mohon untuk dicek elevasi timbunan pada jalan tersebut. Apabila terjadi scouring pada daerah abutment maka solusinya bisa ditanggul dengan menggunakan bronjong atau pemasangan sheetpile.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia (RSNI T-02-2005) : *Tata Cara Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya*
- Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia (RSNI T-03-2005) : *Perencanaan stuktur baja untuk jembatan*
- Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia (RSNI T-12-2004) : *Perencanaan stuktur beton untuk jembatan*
- Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia (RSNI 2833:201X) : *Perencanaan jembatan terhadap beban gempa*
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (Bridge Management System dan Bridge Design Manual)*.
- M Das, Braja. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta, Pradnya Paramita
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan metode LRFD*. Jakarta, Erlangga.
- Sunggono, kh. 1995, *Buku Teknik Sipil*. Bandung, Nova
- Struyk, H. J dan K.H.C.W van der Veen. 1995. *Jembatan*. Diterjemahkan oleh Soemargono. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 1994. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : Pradnya Paramita

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Eko Arisandy Yusuf Al Haque, dilahirkan di Jakarta pada tanggal 14 maret 1996, anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal yang ditempuh antara lain : Sekolah Dasar Negeri Gelam 2 Sidoarjo, dilanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Candi, dan dilanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Muhammadiyah 2 Sidoarjo lulus pada tahun 2014. Penulis mengikuti ujian masuk program studi D-III Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014 dan diterima di Program Studi Diploma-III teknik sipil, departemen teknik infrastruktur sipil, Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 3114030098 dengan mengambil jurusan bangunan transportasi. Lalu penulis mengikuti ujian masuk program studi D-IV Lanjut Jenjang Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2017 dan diterima di Program Studi Diploma-IV Lanjut Jenjang, departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 10111715000006 dengan mengambil jurusan bangunan transportasi.