



TUGAS AKHIR - RC144542

DESAIN ULANG JEMBATAN BOLONG DI KABUPATEN MAMUJU PROVINSI SULAWESI BARAT DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR BUSUR BETON BERTULANG

Achmad Purwanto
NRP 3114040607

Dosen Pembimbing 1:
Ir. Chomaedhi, CES. Geo
NIP 19550319.198403.1.001

Dosen Pembimbing 2:
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP 19600105.1980031.1.003

PROGRAM STUDI DIPLOMA 4 TEKNIK SIPIL
BIDANG STUDI BANGUNAN TRANSPORTASI
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RC144542

REDESIGN BOLONG BRIDGE IN MAMUJU DISTRICT WEST SULAWESI WITH USING ARCH REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Achmad Purwanto
NRP 3114040607

Preceptor Lecture 1:
Ir. Chomaedhi, CES. Geo
NIP 19550319.198403.1.001

Preceptor Lecture 2:
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS
NIP 19600105.1980031.1.003

DIPLOMA 4 CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
TRANSPORTATION CONSTRUCTION DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2016

**DESAIN ULANG JEMBATAN BOLONG DI KABUPATEN
MAMUJU PROVINSI SULAWESI BARAT DENGAN
MENGUNAKAN STRUKTUR BUSUR BETON
BERTULANG**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada Bidang Studi D-IV Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Oleh :

Mahasiswa



ACHMAD PURWANTO

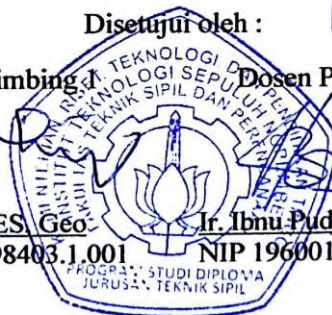
NRP. 3114 040 607

Disetujui oleh : **01 AUG 2016**

Dosen Pembimbing 1 **Dosen Pembimbing 2**



Ir. Chomaedhi, CES, Geo **Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS**
NIP. 19550319.198403.1.001 **NIP 19600105.1980031.1.003**



**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMUAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Achmad Purwanto
Nrp : 3119 040 607
Jurusan / Fak. : DIV Sipil / FTSP
Alamat Kontak : Jl. Mayar Sambong 105D
a. Email : poc.sullivan88@gmail.com
b. Telp/HP : 085347911893

Menyatakan bahwa semua yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusif Royalti Free Right*) kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul:

DESAIN ULANG JEMBATAN BOLONG DI KABUPATEN MAMUJU PROVINSI
SULAWESI BARAT DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR BUNN BETON
BERTULANG

Dengan Hal Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.


Dibuat di : Surabaya
Pada tanggal : 27-07-2016
Yang menyatakan,

Dosen Pembimbing 1 _____ Dosen pembimbing 2 _____


Ir. chonaedhi

F. Bayu Pudji R., M.S.

NIP. 19550319 1971031001 19600105 1980051001


Achmad Purwanto

Nrp 3119 040 607

KETERANGAN:

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan ke bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi

**DESAIN ULANG JEMBATAN BOLONG DI KABUPATEN
MAMUJU PROVINSI SULAWESI BARAT DENGAN
MENGUNAKAN STRUKTUR BUSUR BETON
BERTULANG**

Nama mahasiswa : Achmad Purwanto
NRP : 3114.040.607
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.

Abstrak

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan alur transportasi melintasi rintangan yang ada tanpa menutupinya. Rintangan bisa berupa sungai, jurang, ruas jalan tidak sebidang dan lain sebagainya. Sehingga memungkinkan kendaraan, kereta api maupun pejalan kaki melintas dengan lancar dan aman. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini Jembatan Bolong didesain ulang menggunakan busur beton bertulang dengan lantai kendaraan diatas (Deck Arch) yang melintasi sungai Takandeang, Kabupaten Mamuju dengan bentang total 100 m. Metode dipilih karena dengan metode ini dimungkinkan untuk jembatan bentang panjang dengan pilar

yang tidak mengganggu aliran sungai. Dari segi estetika jembatan dengan metode ini juga lebih indah

Peraturan pembebanan yang dipakai untuk merencanakan jembatan ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) T-02-2005, T-12-2004, dan Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS) 1992 yang merupakan pedoman peraturan untuk merencanakan sebuah jembatan. Adanya peraturan pembebanan dimaksudkan untuk memberikan saran dalam perencanaan jembatan yang dapat menjamin tingkat keamanan dan tingkat penghematan yang dapat diterima struktur jembatan.

Perencanaan tahap awal adalah perhitungan lantai kendaraan dan trotoar kemudian dilakukan perencanaan gelagar memanjang, melintang dan perencanaan kolom. Selanjutnya tahap perhitungan konstruksi pemikul utama dan konstruksi sekunder dilakukan dengan menghitung beban – beban yang bekerja, kemudian dianalisa menggunakan program SAP2000. Setelah didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja dilakukan perhitungan kontrol tegangan. Memasuki tahap akhir dari perencanaan struktur atas dilakukan perhitungan dimensi perletakan dan dilanjutkan analisa perhitungan struktur bangunan bawah jembatan. Dari hasil perencanaan didapatkan profil dan dimensi yang dipakai pada jembatan.

Kata kunci : *Jembatan busur beton bertulang*

REDESIGN BOLONG BRIDGE IN MAMUJU DISTRICT WEST SULAWESI WITH USING ARCH REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Name Student : Achmad Purwanto
NRP : 3114.040.607
Major : Civil Engineering
Preceptor Lecture 1 : Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
Preceptor Lecture 2 : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.

Abstract

Bridge is a structure that serves to connect the flow of transport across the barrier without covering it. Barriers can include rivers, ravines, roads do not plot and so forth. Allowing the vehicle, trains and pedestrians passed smoothly and safely. In the preparation of this Final Bolong Bridge redesigned using reinforced concrete arc above the vehicle floor (Deck Arch) crossing the river Takandeang, Mamuju with a total span 100 m. Methods chosen because with this method it is possible for long-span bridge with pillars that do not interfere with the flow of the river. In terms of aesthetics the bridge with this method is also more beautiful.

The loading regulation refers to Indonesian National Standart (SNI) T-02-2005, T-12-2004 and Bridge Design Manual

Bridge Management System (BMS). 1992 which guidelines to planning a bridge. Imposition of the regulation is intended to provide an advice in the planning of the bridge that can guarantee the security and economy level that can be accepted the structure of the bridge.

The first step of design is calculation of vehicle floor and sidewalk then design the lengthwise and transverse of girder and also the shear connector calculation. The next step is the calculation of construction the main bearer and for the secondary construction can be done by calculating the loads of existing and the analyzed using SAP 2000. After receiving the forces continued tension control. In the final step of structure planning, calculating dimension of placement and then analyzing the lower structure of bridge (abutments and pillars. From the result of the planning will get the dimensions and profiles for the bridge.

Key words : Arch Reinforced Concrete

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR ASISTENSI	
LEMBAR REVISI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian	5

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori	7
2.2. Struktur Jembatan Busur	7
2.2.1. Bagian-bagian Jembatan Rangka Busur	7
2.2.2. Berdasarkan Penampang Busur	10
2.3. Kriteria Desain Jembatan Beton Bertulang	10
2.3.1. Peraturan yang digunakan	10
2.3.2. Pembebanan	10
2.4. Perencanaan Bangunan Atas	28
2.4.1. Perencanaan Sandaran	28
2.4.2. Perencanaan Kerb	32
2.4.3. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	32
2.4.4. Perencanaan Balok	34

2.4.5. Perencanaan Kolom	36
2.4.6. Perencanaan Struktur Busur	37
2.5. Perencanaan Bangunan Bawah.....	38
2.5.1. Abutment	38
2.5.2. Pilar	49
2.6. Perencanaan Perletakan	53
2.6.1. Tahapan Perencanaan Perletakan Elastomer	53
2.6.2. Pemilihan Perletakan	54

BAB III

METODOLOGI

3.1. Tujuan Metodologi	57
3.2. Studi Literatur	57
3.3. Pengumpulan data.....	58
3.4. Perencanaan Bangunan Atas.....	58
3.5. Perencanaan Bangunan Bawah.....	58
3.6. Penggambaran.....	59
3.7. Bagan Alir.....	60

BAB IV

PERENCANAAN BANGUNAN ATAS

4.1. Perencanaan Pipa Sandaran	63
4.1.1. Dasar Perencanaan.....	63
4.1.2. Analisa Pembebanan	63
4.1.3. Analisa Gaya Dalam.....	64
4.1.4. Perhitungan Momen Pipa Sandaran	65
4.1.5. Kontrol Tegangan Pipa Sandaran	65
4.2. Perencanaan Tiang Sandaran	65
4.2.1. Dasar Perencanaan.....	66
4.2.2. Analisa Gaya Dalam.....	66
4.2.3. Penulangan Tiang Sandaran	66
4.3. Perencanaan Kerb	68
4.3.1. Analisa Pembebanan	68
4.3.2. Penulangan Kerb	68
4.4. Perencanaan Pelat Lantai Kendarann	70

4.4.1. Dasar Perencanaan	70
4.4.2. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan bentang 17,5	72
4.4.3. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan bentang 65..	76
4.5. Perencanaan Balok	79
4.5.1. Balok Memanjang (BM1)	79
4.5.2. Balok Melintang Atas (BM2).....	84
4.5.3. Balok Melintang Atas(BM3).....	90
4.5.4. Balok Memanjang (BM4)	96
4.5.5. Balok Memanjang (BM5)	100
4.5.6. Balok Melintang Bawah (BM6).....	105
4.5.7. Balok Melintang (BM7)	111
4.5.8. Rekapitulasi Perhitungan Balok	116
4.6. Perencanaan Kolom.....	120
4.6.1. Kolom P1.....	120
4.6.2. Kolom C1	122
4.6.3. Kolom C2	124
4.6.4. Kolom C3	127
4.6.5. Kolom C4.....	129
4.6.6. Rekapitulasi Perhitungan Kolom.....	131
4.7. Perencanaan Gelagar Busur	134

BAB V

PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH

5.1. Perencanaan Abutment1	137
5.1.1. Desain Dimensi Abutment	137
5.1.2. Perencanaan Pondasi Abutment	138
5.1.3. Perencanaan Poer (pile cap)	156
5.1.4. Perencanaan Dinding Abutment.....	160
5.1.5. Perencanaan Longitudinal Stopper.....	163
5.1.6. Perencanaan Lateral Stopper	166
5.1.7. Perencanaan Korbelt.....	169
5.1.8. Perencanaan Pelat Injak.....	172
5.1.9. Perencanaan Wingwall	175
5.1.10. Penulangan Pondasi Bored Pile Abutment	179
5.2. Perencanaan Pilar	182

5.2.1. Desain Dimensi Pilar	182
5.2.2. Perencanaan Pondasi Pilar.....	183
5.2.3. Perencanaan Poer (pilecap)	199
5.2.4. Perencanaan Korbelt.....	203
5.2.5. Penulangan Pondasi Bored Pile Pilar	206

BAB VI

PERENCANAAN PERLETAKAN

6.1. Dasar Perencanaan.....	211
6.2. Pembebanan.....	211
6.2.1. Gaya Vertikal.....	211
6.2.2. Gaya Horizontal.....	213
6.3. Rekapitulasi Gaya Vertikal dan Horizontal	214
6.4. Perencanaan Perletakan	214
6.5. Kontrol Perletakan.....	216

BAB VII PENUTUP

7.1. Kesimpulan.....	219
7.2. Saran	220

DAFTAR PUSTAKA	227
-----------------------------	------------

BIODATA PENULIS	229
------------------------------	------------

LAMPIRAN	230
-----------------------	------------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Berat isi untuk beban mati	11
Tabel 2.2.	Koefisien geser dasar (C).....	22
Tabel 2.3.	Faktor kepentingan (I).....	22
Tabel 2.4.	Faktor tipe bangunan (S).....	23
Tabel 2.5.	Kelas situs tanah	23
Tabel 2.6.	Hasil perhitungan <i>Respond Spectrum</i>	25
Tabel 2.7.	Koefisien Seret (Cw).....	28
Tabel 2.8.	Kecepatan Angin.....	28
Tabel 2.9.	Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayanan dan ultimit	29
Tabel 2.10.	Data Pipa Sandaran	30
Tabel 2.11.	Faktor Beban untuk Sandaran	30
Tabel 2.12.	Spesifikasi Bahan untuk Sandaran	30
Tabel 4.1.	Data Pipa Sandaran	63
Tabel 4.2.	Faktor Beban untuk Sandaran	64
Tabel 4.3.	Spesifikasi Bahan Untuk Sandaran	64
Tabel 4.4.	Rekapitulasi Tulangan Balok BM1	116
Tabel 4.5.	Rekapitulasi Tulangan Balok BM2.....	117
Tabel 4.6.	Rekapitulasi Tulangan Balok BM3.....	117
Tabel 4.7.	Rekapitulasi Tulangan Balok BM4.....	118
Tabel 4.8.	Rekapitulasi Tulangan Balok BM5.....	118
Tabel 4.9.	Rekapitulasi Tulangan Balok BM6.....	119
Tabel 4.10.	Rekapitulasi Tulangan Balok BM7.....	119
Tabel 4.11.	Rekapitulasi Tulangan Kolom P1	131
Tabel 4.12.	Rekapitulasi Tulangan Kolom C1	132
Tabel 4.13.	Rekapitulasi Tulangan Kolom C2.....	132
Tabel 4.14.	Rekapitulasi Tulangan Kolom C3.....	133
Tabel 4.15.	Rekapitulasi Tulangan Kolom C4.....	133
Tabel 4.16.	Rekapitulasi Tulangan Gelagar Busur	136
Tabel 5.1.	Beban mati bangunan atas.....	138
Tabel 5.2.	Berat sendiri abutment	139
Tabel 5.3.	Perhitungan gaya aksial tiang bor untuk beban Kerja.....	144

Tabel 5.4.	Perhitungan gaya aksial tiang bor untuk beban ultimate	144
Tabel 5.5.	Momen kerja yang terjadi pada center poer.....	147
Tabel 5.6.	Momen ultimate yang terjadi pada center poer...	147
Tabel 5.7.	Kombinasi beban untuk pondasi Abutment	148
Tabel 5.8.	Perhitungan kemampuan gaya aksial per tiang...	150
Tabel 5.9.	Perhitungan gaya geser dinding tiang	152
Tabel 5.10.	Perhitungan reaksi tiang bor	156
Tabel 5.11.	Perhitungan momen poer	157
Tabel 5.12.	Perhitungan Gaya dan Momen pada dinding Abutment	160
Tabel 5.13.	Perhitungan Gaya dan Momen pada Longitudinal Stopper	164
Tabel 5.14.	Perhitungan Gaya dan Momen pada Lateral Stopper	167
Tabel 5.15.	Perhitungan Gaya dan Momen pada Korbel	170
Tabel 5.16.	Perhitungan Gaya dan Momen pada Pelat Injak.	172
Tabel 5.17.	Perhitungan Gaya dan Momen keadaan normal.	175
Tabel 5.18.	Perhitungan Gaya dan Momen keadaan gempa..	176
Tabel 5.19.	Rekapitulasi Tulangan Bored Pile Abutment	181
Tabel 5.20.	Beban mati bangunan atas gelagar 17,5 m.....	183
Tabel 5.21.	Beban mati bangunan atas gelagar 65 m.....	183
Tabel 5.22.	Berat sendiri pilar.....	185
Tabel 5.23.	Perhitungan gaya aksial tiang bor untuk beban Kerja	188
Tabel 5.24.	Perhitungan gaya aksial tiang bor untuk beban ultimate	189
Tabel 5.25.	Momen kerja yang terjadi pada center poer.....	190
Tabel 5.26.	Momen ultimate yang terjadi pada center poer...	190
Tabel 5.27.	Kombinasi beban untuk pondasi Pilar	191
Tabel 5.28.	Perhitungan kemampuan gaya aksial per tiang...	193
Tabel 5.29.	Perhitungan gaya geser dinding tiang	196
Tabel 5.30.	Perhitungan reaksi tiang bor	200
Tabel 5.31.	Perhitungan momen poer	200
Tabel 5.32.	Perhitungan Gaya dan Momen pada Korbel	204

Tabel 5.33.	Rekapitulasi Tulangan Bored Pile Pilar	209
Tabel 6.1.	Rekapitulasi gaya vertikal dan horizontal.....	214
Tabel 7.1.	Hasil kelas situs tanah.....	221
Tabel 7.2.	Faktor amplikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (FPGA/Fa).....	223
Tabel 7.3.	Faktor amplikasi untuk periode 1 detik (Fv).....	224
Tabel 7.4.	Hasil perhitungan respons gempa	225
Tabel 7.5.	Zona Gempa.....	226

„Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Lokasi Jembatan Bolong	2
Gambar 1.2.	Peta Situasi Jembatan Bolong	3
Gambar 1.3.	Potongan Memanjang Jembatan Lama	3
Gambar 1.4.	Potongan Memanjang Jembatan Rencana.....	4
Gambar 2.1.	Jembatan tipe Deck Arch	8
Gambar 2.2.	Jembatan tipe Through Arch	8
Gambar 2.3.	Jembatan tipe a Half Through Arch	9
Gambar 2.4.	Susunan Pembebanan Jembatan.....	13
Gambar 2.5.	Beban Lajur “D”	14
Gambar 2.6.	Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang	15
Gambar 2.7.	Pembebanan Truk “T”.....	16
Gambar 2.8.	Faktor beban dinamis untuk KEL untuk pembe- banan Lajur “D”	16
Gambar 2.9.	Pembebanan untuk Pejalan Kaki.....	17
Gambar 2.10.	Beban Rem	17
Gambar 2.11.	Arah Gaya Tekanan Aktif	18
Gambar 2.12.	Hubungan ϕ dan N – SPT.....	19
Gambar 2.13.	Gaya Lateral Tekanan Tanah Akibat Gempa...	19
Gambar 2.14.	S_s , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R).....	21
Gambar 2.15.	S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R).....	21
Gambar 2.16.	PGA, Gempa maksimum yang dipertimbang- kan rata-rata geometrik (MCE_G)	22
Gambar 2.17.	Grafik Respond Spectrum	26
Gambar 2.18.	Grafik untuk kolom dengan tulangan pada dua sisi.....	31
Gambar 2.19.	Perletakan Elastomer Bearing	54
Gambar 4.1.	Pemodelan Tiang Sandaran.....	65
Gambar 4.2.	Tulangan Tiang Sandaran.....	68
Gambar 4.3.	Penulangan pada Kerb.....	70
Gambar 4.4.	Posisi roda pada pelat lantai kendaraan.....	70
Gambar 4.5.	Penyebaran Beban Roda Pada Posisi A	71

Gambar 4.6.	Penyebaran Beban Roda Pada Posisi B.....	71
Gambar 4.7.	Penyebaran Beban Roda Pada Posisi C.....	72
Gambar 4.8.	Hasil diagram interaksi kolom P1 dari PCA Co1	121
Gambar 4.9.	Hasil diagram interaksi kolom C1 dari PCA Co1	123
Gambar 4.10.	Hasil diagram interaksi kolom C1 dari PCA Co1	125
Gambar 4.11.	Hasil diagram interaksi kolom C1 dari PCA Co1	128
Gambar 4.12.	Hasil diagram interaksi kolom C1 dari PCA Co1	130
Gambar 4.13.	Hasil diagram interaksi kolom C1 dari PCA Co1	135
Gambar 5.1.	Tampak Samping Abutment.....	137
Gambar 5.2.	Tampak Melintang Abutment.....	139
Gambar 5.3.	Pembebanan Lalu Lintas	140
Gambar 5.4.	Beban tekanan tanah aktif pada abutment Jembatan.....	141
Gambar 5.5.	Pembebanan pada Abutment	146
Gambar 5.6.	Konfigurasi tiang bor Abutment.....	149
Gambar 5.7.	Diagram daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	151
Gambar 5.8.	Analisa Gaya dan Momen pada Poer	156
Gambar 5.9.	Analisis Pembebanan pada dinding Abutment.....	160
Gambar 5.10.	Analisis Pembebanan pada Longitudinal Stopper	163
Gambar 5.11.	Analisis Pembebanan pada Lateral Stopper	166
Gambar 5.12.	Analisis Pembebanan pada Korbel.....	169
Gambar 5.13.	Analisis Pembebanan pada Wingwall akibat berat sendiri	175
Gambar 5.14.	Analisis Pembebanan pada Wingwall akibat tekanan tanah aktif.....	175
Gambar 5.15.	Penampang Tiang Bored Pile.....	178

Gambar 5.16. Hasil diagram interaksi Bored Pile dari PCA Col	180
Gambar 5.17. Tampak Saming Pilar	182
Gambar 5.18. Tampak Melintang Pilar	184
Gambar 5.19. Pembebanan Lalu Lintas	185
Gambar 5.20. Konfigurasi tiang bor Pilar	192
Gambar 5.21. Diagram daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	195
Gambar 5.22. Analisa Gaya dan Momen pada Poer	199
Gambar 5.23. Analisis Pembebanan pada Korbek	203
Gambar 5.24. Penampang Tiang Bored Pile	206
Gambar 5.25. Hasil diagram interaksi Bored Pile dari PCA Col	207
Gambar 7.1. Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	222
Gambar 7.2. Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	222
Gambar 7.3. Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	223
Gambar 7.4. Grafik Respond Spektrum gempa	226

„Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan ulang struktur busur beton jembatan Bolong di Kabupaten Mamuju, yang merupakan akses yang menghubungkan kota Mamuju dan Kota Majene yang dapat meningkatkan pelayanan jalan dan mempermudah akses antar kota. Selain untuk kegiatan perekonomian, juga meningkatkan distribusi barang dan jasa. Semakin banyak kegiatan yang dilakukan maka semakin diperlukan sarana yang baik untuk kelancaran kegiatan. Oleh karena itu perlu akses jembatan penghubung antar kota yang perlu dioptimalkan.

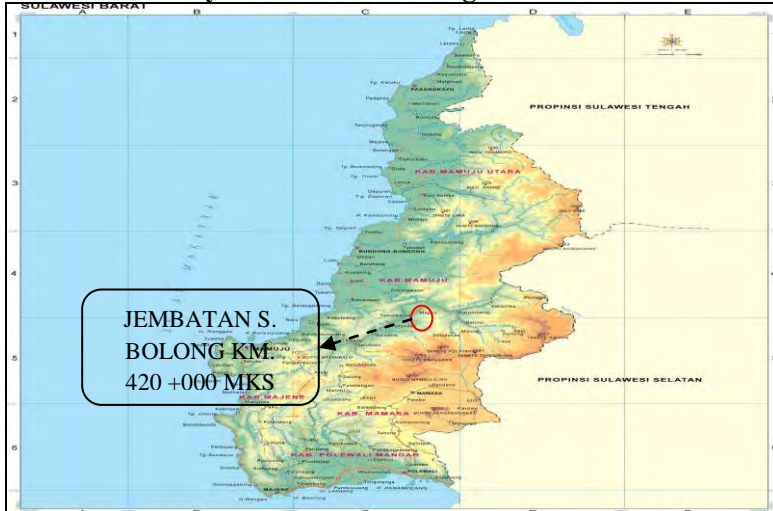
Jembatan Bolong terletak di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat adalah proyek pembangunan jembatan dari Pemerintah Provinsi Sulawesi Barat Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga. Pada desain awal jembatan, jembatan didesain menggunakan busur pelat beton bertulang dengan pilar berbentuk dinding penuh yang memiliki bentang total 100 meter dengan struktur pondasi memakai bored pile.

Pada tugas akhir ini jembatan bolong didesain ulang menggunakan struktur busur beton bertulang dengan struktur busurnya menggunakan gelagar box beton bertulang dengan pilar berbentuk kolom majemuk. Melihat dari kondisi existing dan keadaan tebing yang cukup stabil serta kondisi tanah yang keras pada lokasi tersebut dan jembatan busur juga memiliki nilai lebih dalam bentuk arsitekturalnya. Kelebihan dari struktur jembatan struktur busur beton bertulang yaitu dapat mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju abutment yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak ke samping ketika menahan beban akibat berat sendiri dan beban lalu lintas, setiap bagian pelengkung menerima gaya tekan sehingga jembatan pelengkung harus terdiri dari material yang tahan terhadap gaya tekan. Dalam struktur Jembatan Bolong Kabupaten Mamuju direncanakan terdiri dari dua jenis struktur dengan

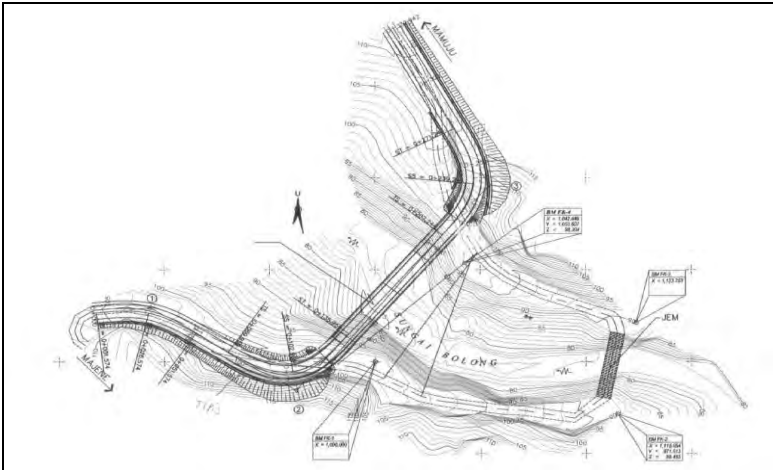
bentang total 100 m. Tipe bangunan atas jembatan yaitu untuk bentang 17.5 m digunakan Balok struktur beton bertulang untuk kedua sisi jembatan dan untuk bentang tengahnya menggunakan Balok busur beton bertulang dengan panjang 65 m dengan metode tersebut dapat digunakan untuk bentang yang panjang, serta dapat dapat menghilangkan kebutuhan pilar jembatan yang berada di sungai sehingga penampang basah sungai tidak berkurang selain itu jembatan busur juga memiliki nilai lebih dalam bentuk arsitekturalnya.

Untuk mempelajari lebih lanjut tentang struktur busur beton bertulang, maka dalam rangka penyelesaian tugas akhir penulis memutuskan untuk mengangkat judul tugas akhir **“DESAIN ULANG JEMBATAN BOLONG DI KABUPATEN MAMUJU PROVINSI SULAWESI BARAT DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR BUSUR BETON BERTULANG”**.

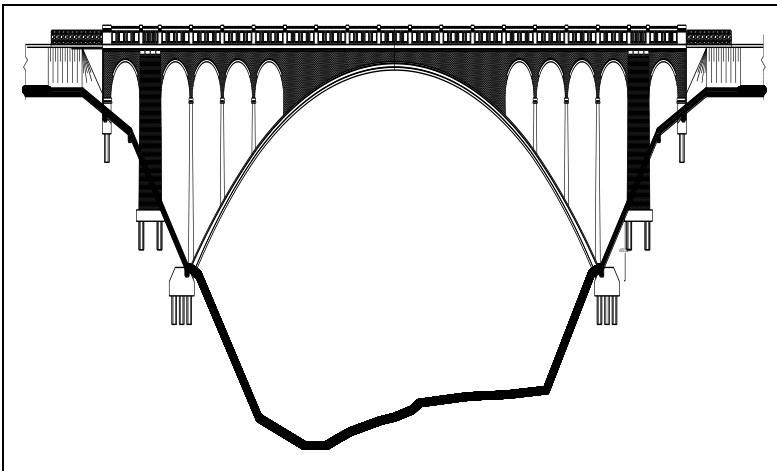
Peta Lokasi Proyek Jembatan Bolong



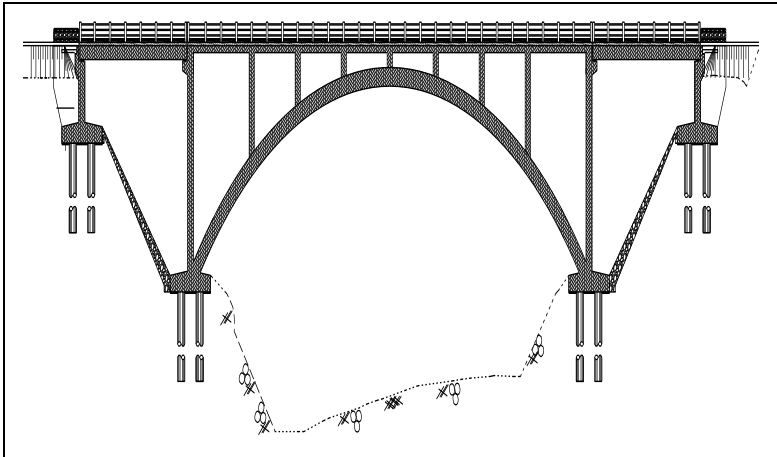
Gambar 1.1 Peta Lokasi Jembatan Bolong



Gambar 1.2 Peta Situasi Jembatan Bolong



Gambar 1.3 Potongan Memanjang Jembatan Lama



Gambar 1.4 Potongan Memanjang Jembatan Rencana

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perencanaan jembatan Bolong ini, rumusan masalah yang akan ditinjau adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan struktur Jembatan Bolong dengan sistem busur beton bertulang?
2. Bagaimana mendesain jembatan dengan sistem busur beton bertulang?
3. Bagaimana menentukan jenis pembebanan yang akan digunakan dalam desain?
4. Bagaimana merencanakan bangunan bawah jembatan?
5. Bagaimana menggambarkan hasil bentuk desain dan analisa struktur jembatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Perencanaan Jembatan Bolong Kabupaten Mamuju ini bertujuan untuk :

1. Merencanakan struktur Jembatan Bolong dengan sistem busur beton bertulang.
2. Mengetahui desain jembatan sistem busur beton bertulang.

3. Menentukan jenis pembebanan yang akan digunakan.
4. Merencanakan bangunan bawah jembatan.
5. Menggambarkan hasil bentuk desain dan analisa struktur jembatan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang dibahas tugas akhir, maka diperlukan pembatasan masalah di antaranya :

1. Perencanaan hanya ditinjau dari aspek teknis saja dan tidak dilakukan analisa dari segi biaya maupun waktu.
2. Tidak memperhitungkan kondisi beban pada waktu pelaksanaan dan bangunan pelengkap jembatan.
3. Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat perencanaan Jembatan Bolong dengan sistem busur beton bertulang di Kabupaten Mamuju Provinsi diharapkan bermanfaat :

1. Bagi masyarakat, khususnya pengguna jembatan Bolong dapat memudahkan akses menuju antar kota Mamuju dan Kota Majene.
2. Sebagai referensi dalam merencanakan suatu jembatan dengan sistem Busur Beton Bertulang.

„Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Jembatan merupakan bagian dari jalan raya dan merupakan konstruksi bangunan yang bertujuan untuk menghubungkan antara jalan yang satu dengan yang lain melalui suatu rintangan yang lebih rendah dari permukaan jembatan tersebut baik itu sungai, danau, lembah ataupun jurang. Untuk menopang suatu jembatan diperlukan bagian-bagian jembatan yang terdiri dari bangunan atas (sandaran, kerb, pelat lantai, kendaraan, balok) dan bangunan bawah (Pilar,abutment) harus kuat tidak terjadi kerusakan pada saat dioperasikannya jembatan (Struyk, dkk. 1995). Jembatan merupakan suatu struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya.

2.2 Struktur Jembatan Busur

Kelebihan utama dari jembatan busur adalah adanya gaya tekan yang mendominasi gaya pada jembatan busur, oleh karena teknologi beton, baja maupun komposit semakin maju pada penggunaan material tersebut dapat mengurangi bobot jembatan dan meningkatkan panjang lantai jembatan (Zhong Liu dkk, Journal Bridge Engineering, 2002).

2.2.1 Bagian-bagian Jembatan Rangka Busur

1. Deck atau lantai kendaraan bagian ini yang menerima langsung beban lalu lintas dan melindungi terhadap keausan. Untuk konstruksi jembatan biasanya deck menggunakan pelat dari beton bertulang atau pelat baja. Berdasarkan letak lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk jenis yang umum dipakai, yaitu :

a. *Deck Arch*

Gambar 2.1 Jembatan tipe Deck Arch

Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya menopang beban lalu lintas secara langsung dan berada pada bagian paling atas busur.

b. *Through Arch*

Gambar 2.2 Jembatan tipe Through Arch

Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya berada tepat di springline busurnya.

c. *A half-Through Arch*



Gambar 2.3 Jembatan tipe A half – Through Arch

Salah satu jenis jembatan busur dimana lantai kendaraannya berada di antara springline dan bagian busur jembatan atau di tengah-tengah.

2. Batang Lengkung merupakan bagian dari struktur yang memikul beban di sepanjang jembatan.
3. Abutment dan pilar merupakan struktur bagian bawah jembatan yang berfungsi menyangga deck langsung ke tebing atau tepi sungai dan menyalurkan beban-beban yang diterima oleh deck ke bagian pondasi.
4. Pondasi untuk abutment dan pilar, bisa berupa tiang pancang dan bore pile.
5. Approach bridge berfungsi untuk menghubungkan jembatan terhadap jalan.

2.2.2 Berdasarkan penampang busur

Berdasarkan jenis penampang busurnya, konstruksi busur dapat dibagi menjadi :

1. Dinding penuh
2. Box
3. Rangka

2.3 Krteria Desain Jembatan Beton Bertulang

2.3.1 Peraturan yang digunakan

Dalam perencanaan perhitungan pada Jembatan Bolong Kabupaten Sulawesi Barat dengan Sistem Busur Beton Bertulang digunakan acuan/pedoman sebagai berikut :

1. *Bridge Design Manual (BMS - 1992)*
2. *Bridge Design Code (BMS – 1992)*
3. Standar Pembebanan Jembatan (*RSNI T 02 2005*)
4. Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (*RSNI T 04 2005*)
5. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (*PPTJ (BMS – 1992)*)
6. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton (*SNI 03 - 2847 - 2002*)
7. Disain Beton Bertulang (Chu Kia Wang)
8. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (*Kazuto Nakazawa*)

2.3.2 Pembebanan

Pada perencanaan sebuah jembatan yang perlu diperhatikan adalah beban-beban yang terjadi pada jembatan. Beban-beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari struktur akan mempengaruhi banyaknya dimensi dari struktur jembatan serta banyaknya tulangan yang akan digunakan. Pada peraturan SNI T 02 2005 aksi beban digolongkan berdasarkan :

2.3.2.1 Beban Mati

Beban mati struktur jembatan adalah berat sendiri dari masing-masing bagian struktural jembatan. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang tidak terpisahkan.

Tabel 2.1 Berat isi untuk beban mati (KN/m³)

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Masa (kg/m ³)
1	Campuran aluminium	26.7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2240
3	Besi tuang	71.0	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2320
6	Aspal beton	22.0	2240
7	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
8	Beton	22.0-25.0	2240-2560
9	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
10	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
11	Timbal	111	11 400
12	Lempung lepas	12.5	1280
13	Batu pasangan	23.5	2400
14	Neoprin	11.3	1150
15	Pasir kering	15.7-17.2	1600-1760
16	Pasir basah	18.0-18.8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17.2	1760
18	Baja	77.0	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11.0	1120
21	Air mumi	9.8	1000
22	Air garam	10.0	1025
23	Besi tempa	75.5	7680

2.3.2.2 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

2.3.2.3 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 gelagar dengan iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Intensitas beban D terdiri dari beban tersebar merata dan beban garis.

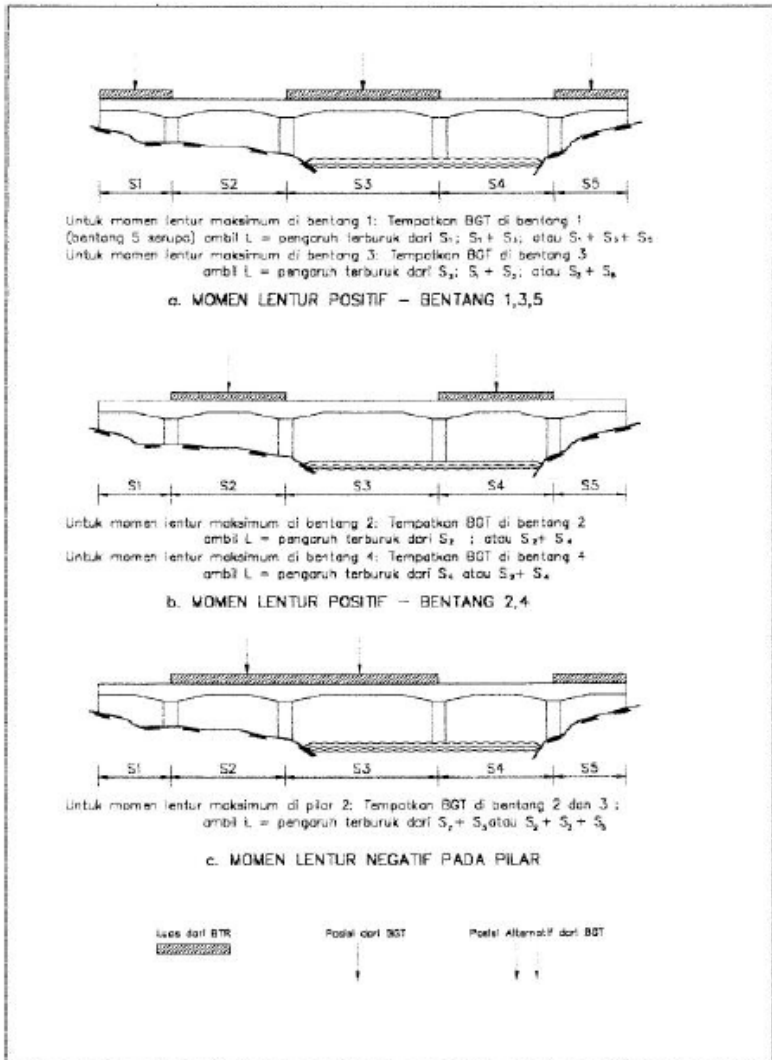
1. Beban tersebar merata ($UDL = q$)

Besarnya beban tersebar merata q adalah $9,0 \text{ KN/m}^2$ (untuk $L < 30 \text{ m}$), apabila $L > 30 \text{ m}$, maka rumus yang digunakan, yaitu :

$$q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ KN/m}^2 \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

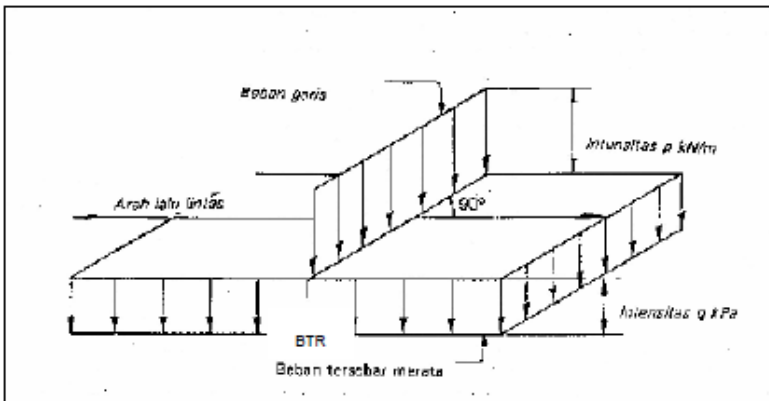
L adalah panjang bentang jembatan.



Gambar 2.4 Susunan Pembebanan “D”

2. Beban garis (KEL)

Beban garis (KEL) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, KEL kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya. Ini bisa dilihat dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Beban Lajur "D"

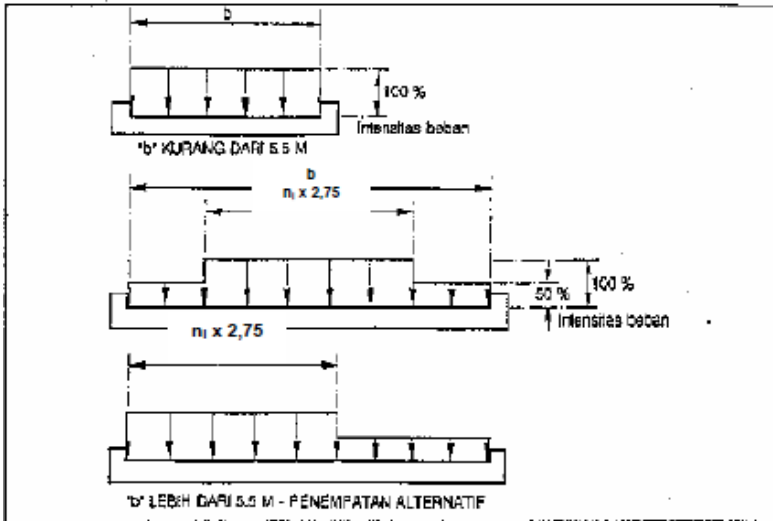
3. Penyebaran beban "D" pada arah melintang

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen UDL dan KEL dari beban "D" pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 %.
- b. Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar $n_l \times 2,75 q$ kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar $n_l \times 2,75 p$

kN, kedua-duanya bekerja berupa strip pada jalur selebar $n_l \times 2,75$ m.

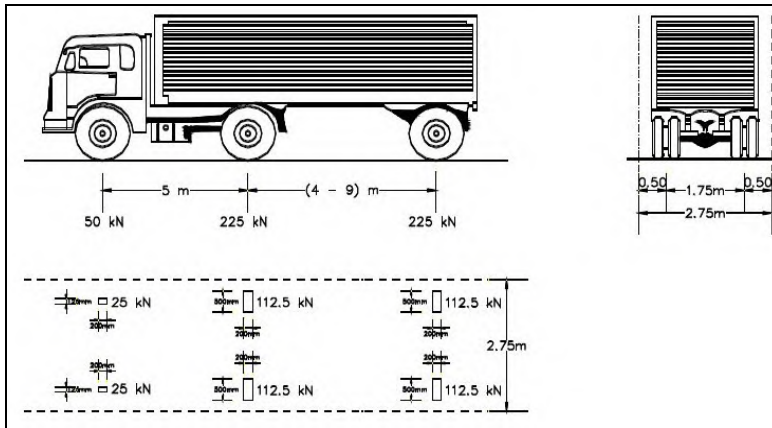
c. lajur lalu lintas rencana yang membentuk strip ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban "D" tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50 %. Susunan pembebanan ini bisa dilihat dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Penyebaran pembebanan pada arah melintang

b. Beban Truk "T"

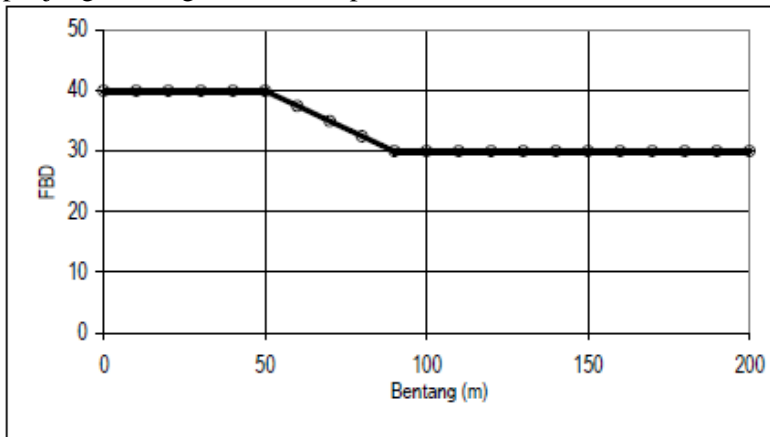
Beban truk "T" adalah berat satu kendaraan dengan 3 as yang di tempatkan pada bebarapa posisi yang digunakan untuk menganalisa pelat jalur lalu-lintas.



Gambar 2.7 Pembebanan truk “T”

c. Faktor Pembesaran Dinamis

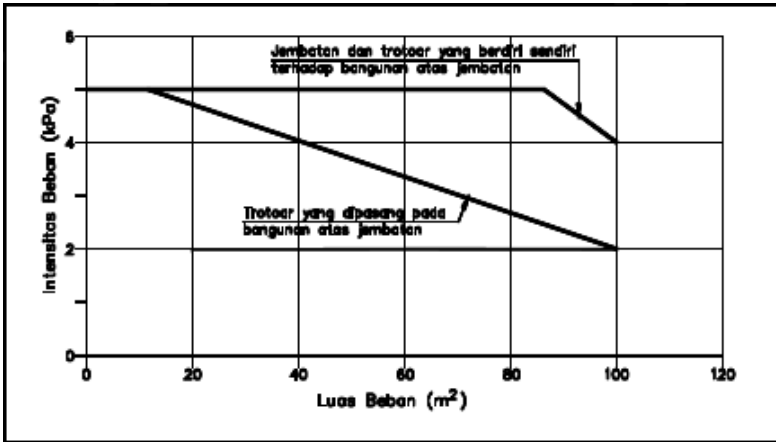
Untuk pembebanan "D": FBD merupakan fungsi dari panjang bentang ekuivalen seperti tercantum dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.8 Faktor beban dinamis untuk KEL untuk pembebanan lajur “D”

2.3.2.4 Beban Pejalan Kaki

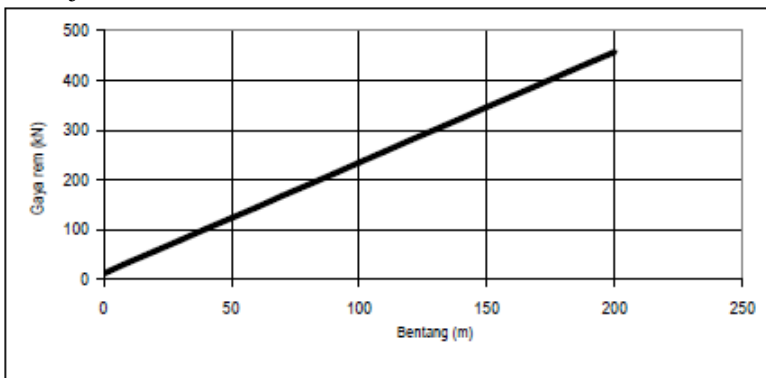
Beban pejalan kaki dipengaruhi oleh luasan total daerah pejalan kaki yang direncanakan. Besarnya beban yang bekerja adalah $0,5 \text{ KN/m}^2$.



Gambar 2.9 Pembebanan untuk pejalan kaki

2.3.2.5 Beban Rem

Pengaruh pengereman kendaraan diperhitungkan dalam analisis jembatan dimana gaya tersebut bekerja pada permukaan lantai jembatan.

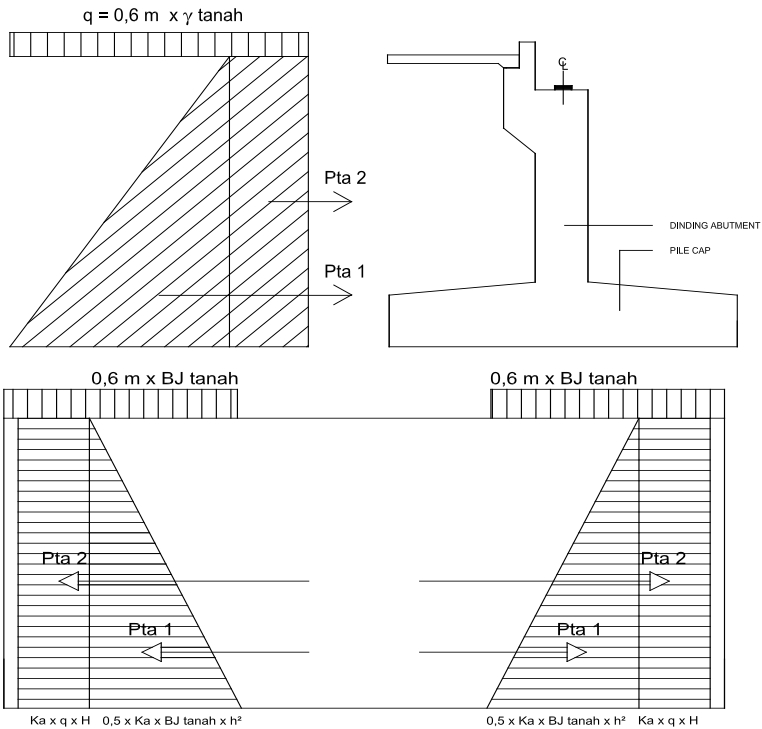


Gambar 2.10 Beban rem

2.3.2.6 Tekanan Tanah

1. Tekanan Tanah Aktif

Tekanan tanah aktif merupakan tekanan tanah yang membebani dinding penahan tanah dengan arah horizontal. Apabila dinding penahan tanah digerakkan ke arah tanah isian di bagian belakang, maka tekanan tanah akan meningkat perlahan sampai mencapai harga tetap. Tekanan tanah pasif mempunyai tegangan horizontal yang arahnya berlawanan dengan tekanan tanah aktif. Pada tanah dibagian belakang dinding penahan harus diperhitungkan ada beban tambahan yang bekerja akibat beban lalu lintas setara dengan tanah setebal 0,6 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut (RSNI T 02 2005).



Gambar 2.11 Arah gaya tekanan aktif

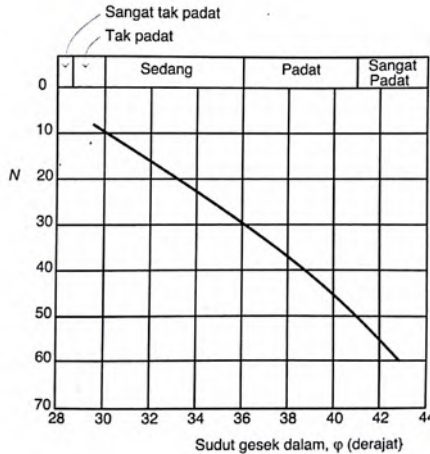
Tekanan tanah aktif dihitung berdasarkan (Analisis dan Perencanaan Fondasi II) dan (RSNI T 02 2005).

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$q = \gamma t \times 0,6 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$T_{a1} = \frac{1}{2} \times \gamma t \times K_a \times h^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

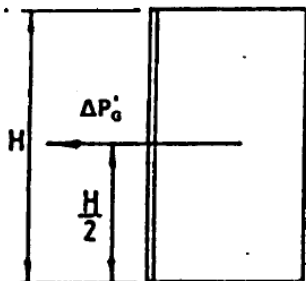
$$T_{a2} = K_a \times q \times h \dots\dots\dots (2.5)$$



Gambar 2.12 Hubungan ϕ dan N – SPT (Peck et al., 1974)

2. Tekanan Tanah Dinamis

Kepala jembatan harus direncanakan agar mampu menahan beban tekanan tanah dinamis akibat gempa (BMS, BDC A-22).



Gambar 2.13 Gaya lateral Tekanan Tanah Akibat Gempa

$$K_{ag}^* = \frac{\cos^2(\phi' - \beta - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \beta \cos(\delta' + \beta + \theta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta') \sin(\phi' - \alpha - \theta)}{\cos(\delta' + \beta + \theta) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

α = sudut kemiringan dari urugan
 β = sudut kemiringan tepi belakang tembok, diukur terhadap vertikal

δ' = rencana sudut geser tembok
 θ = rencana sudut geser dalam dari tanah
 θ = koefisien gempa diberikan oleh :
 $\theta = \tan^{-1} K_h \dots\dots\dots (2.7)$

$\Delta K_{AG} = K_{AG} - K_A \dots\dots\dots (2.8)$

dimana :

K_A = koefisien tekanan tanah aktif
 K_{AG} = koefisien tekanan tanah aktif dinamik, diberikan oleh :

$$\Delta P_G = \frac{w \cdot H^2}{2} \Delta K_{aG} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana :

w = satuan berat isi tanah
 H = tinggi tembok
 ΔK_{AG} = tambahan koefisien tekanan tanah dinamik, diberikan oleh :
 ΔP_G = gaya tekanan tanah dinamik

2.3.2.7 Beban Gempa

Pembebanan gempa dihitung berdasarkan SNI 1726 2012, yaitu :

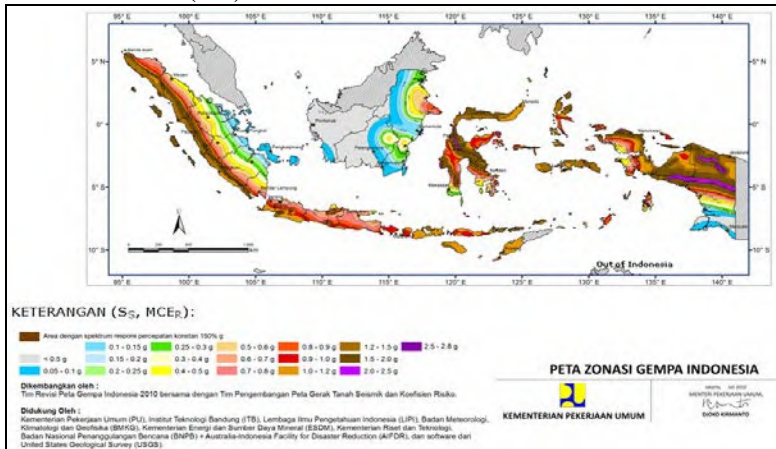
$$V = C_s W_t \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana :

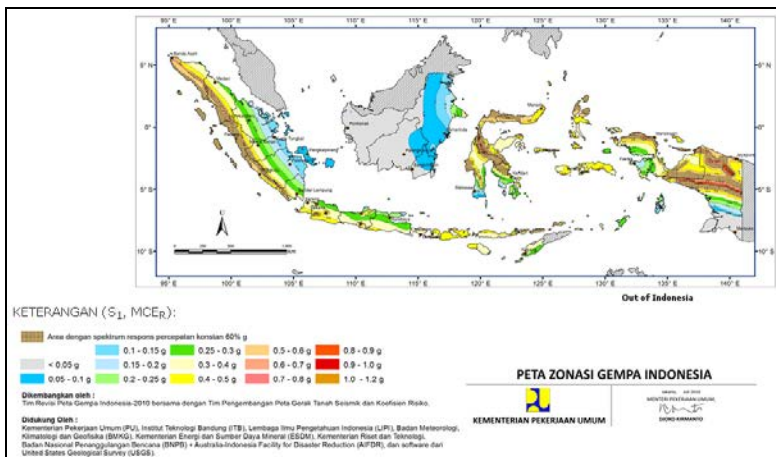
V = Beban geser dasar seismik (ton)
 C_s = Koefisien respons seismik dengan syarat berikut;
 $C_s = S_{DS}/(R/I)$
 $= 0,833 / (6.1)$
 $= 0,14$
 I = Faktor kepentingan; 1

R = Faktor reduksi gempa; 6

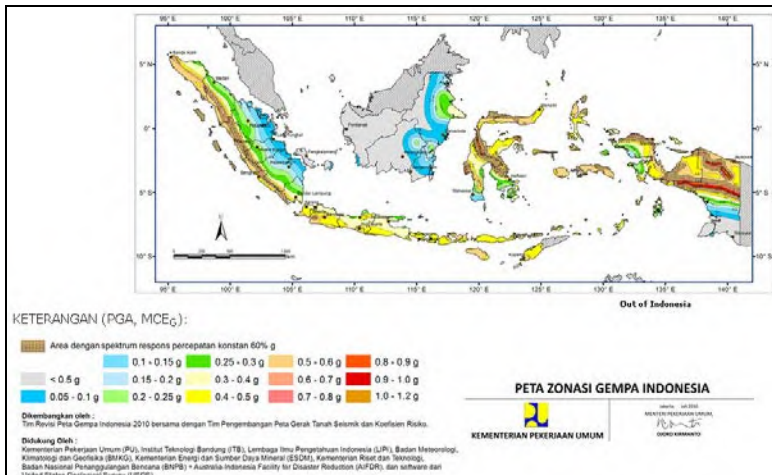
W_T = Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (ton)



Gambar 2.14 S_S , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)



Gambar 2.15 S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)



Gambar 2.16 PGA, Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCE_G)

Tabel 2.2 Koefisien geser dasar (C)

Daerah Gempa (1)	Koefisien Geser Dasar C		
	Tanah Teguh (2)	Tanah Sedang (2)	Tanah Lunak (2)
1	0,20	0,23	0,23
2	0,17	0,21	0,21
3	0,14	0,18	0,18
4	0,10	0,15	0,15
5	0,07	0,12	0,12
6	0,06	0,06	0,07

Tabel 2.3 Faktor kepentingan (I)

1. Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif.	1,2
2. Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi.	1,0
3. Jembatan sementara (misal: <i>Bailey</i>) dan jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi sesuai dengan pasal 6.5.	0,8

Tabel 2.4 Faktor tipe bangunan (S)

Tipe Jembatan (1)	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Bertulang atau Baja	Jembatan dengan Daerah Sendi Beton Prategang	
		Prategang Parsial (2)	Prategang Penuh (2)
Tipe A (3)	1,0 F	1,15 F	1,3 F
Tipe B (3)	1,0 F	1,15 F	1,3 F
Tipe C	3,0	3,0	3,0
CATATAN (1)	Jembatan mungkin mempunyai tipe bangunan yang berbeda pada arah melintang dan memanjang, dan tipe bangunan yang sesuai harus digunakan untuk masing-masing arah.		
CATATAN (2)	Yang dimaksud dalam tabel ini, beton prategang parsial mempunyai prapenegangan yang cukup untuk kira-kira mengimbangi pengaruh dari beban tetap rencana dan selebihnya diimbangi oleh tulangan biasa. Beton prategang penuh mempunyai prapenegangan yang cukup untuk mengimbangi pengaruh beban total rencana.		
CATATAN (3)	<p>F = Faktor perangkaan $= 1,25 - 0,025 n$; $F \geq 1,00$</p> <p>n = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral pada masing-masing bagian monolit dari jembatan yang berdiri sendiri-sendiri (misalnya : bagian-bagian yang dipisahkan oleh sambungan siar muai yang memberikan keleluasan untuk bergerak dalam arah lateral secara sendiri-sendiri)</p>		
CATATAN (4)	<p>Tipe A : jembatan daktail (bangunan atas bersatu dengan bangunan bawah)</p> <p>Tipe B : jembatan daktail (bangunan atas terpisah dengan bangunan bawah)</p> <p>Tipe C : jembatan tidak daktail (tanpa sendi plastis)</p>		

Tabel 2.5 Kelas Situs Tanah

Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, \bar{v}_s (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata \bar{N}	Kuat geser niralir rata-rata \bar{S}_u (kPa)
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$, $w_n \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Khusus untuk *Respond Spectrum* gempa dihitung berdasarkan SNI 1726 2012, yaitu :

$$S_{ms} = F_a \times S_s \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$S_{m1} = F_v \times S1 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$S_{ds} = 2/3 \times S_{ms} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

$$S_{d1} = 2/3 \times S_{m1} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

$$T_o = 0,20 \times S_{d1} / S_{ds} \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$T_s = S_{d1} / S_{ds} \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

$$S_a = S_{d1} / T \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana :

S_{ms} = Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek

S_{m1} = Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik

F_a = Faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

F_v = Faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik

S_s = Parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

$S1$ = Parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik

S_{ds} = Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek

S_{d1} = Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik

T_o = Spektrum respons desain untuk periode lebih kecil

T_s = Spektrum respons desain untuk periode lebih besar

T = Periode getar fundamental struktur

Tabel 2.6 Hasil perhitungan *Respond Spectrum*

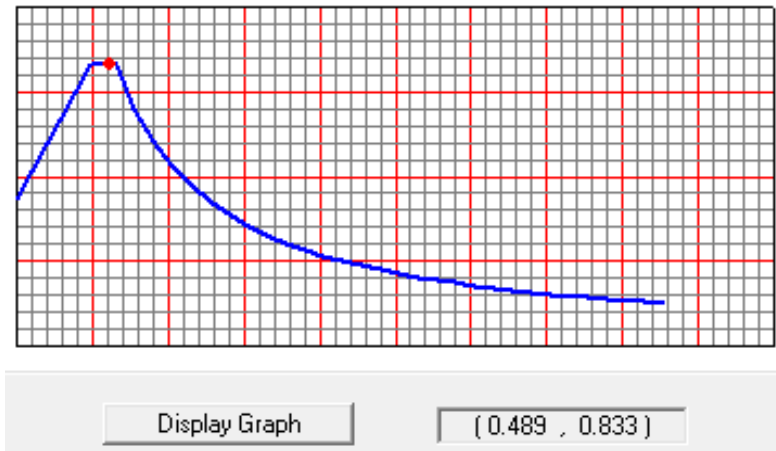
Menentukan Ss & S1			
Ss		1.250	g
S1		0.500	g
Menentukan Fa & Fv (Tanah Keras)			
Fa		1.000	
Fv		1.300	
Menentukan Sms & Sm1			
Sms	Fa x Ss	1.250	g
Sm1	Fv x S1	0.650	g
Menentukan Sds & Sd1			
Sds	$2/3 \times Sms$	0.833	g

Lanjutan tabel Hasil perhitungan *Respond Spectrum*

Sd1	$2/3 \times Sm1$	0.433	g
Menentukan To & Ts			
To	$0,20 \times Sd1 / Sds$	0.385	g
Ts	$Sd1 / Sds$	0.520	g
Menggambar Grafik Respon Spektrum Desain			
Sa	$Sds \times (0,40 + 0,60 \times (T/To))$		
Sa	Sd1/T		
T	T	Sa	
(detik)	(detik)	(g)	
0	0	0.433	
To	0.385	0.833	
Ts	0.520	0.833	
Ts + 0.10	0.620	0.699	
Ts + 0.20	0.720	0.602	
Ts + 0.30	0.820	0.528	
Ts + 0.40	0.920	0.471	

Lanjutan tabel Hasil perhitungan *Respond Spectrum*

Ts + 0.50	1.020	0.425
Ts + 0.60	1.120	0.387
Ts + 0.70	1.220	0.355
Ts + 0.80	1.320	0.328
Ts + 0.90	1.420	0.305
Ts + 1.00	1.520	0.285
Ts + 1.10	1.620	0.267
Ts + 1.20	1.720	0.252
Ts + 1.30	1.820	0.238
Ts + 1.40	1.920	0.226
Ts + 1.50	2.020	0.215
Ts + 1.60	2.120	0.204
Ts + 1.70	2.220	0.195
Ts + 1.80	2.320	0.187
Ts + 1.90	2.420	0.179
Ts + 2.10	2.520	0.172
Ts + 2.20	2.620	0.165
Ts + 2.30	2.720	0.159
Ts + 2.40	2.820	0.154
Ts + 2.50	2.920	0.148
Ts + 2.60	3.020	0.143
Ts + 2.70	3.120	0.139
Ts + 2.80	3.220	0.135
Ts + 2.90	3.320	0.131
Ts + 3.00	3.420	0.127



Gambar 2.17 Grafik Respond Spectrum

2.3.2.8 Beban Angin

Beban angin dapat dihitung berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia. Luas bidang tangkap yang diperhitungkan pada struktur jembatan sangat bergantung pada karakteristik geometrik jalan. Beban angin diperhitungkan berdasarkan RSNI T 02 2005 adalah sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (ton)} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

V_w = kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_w = koefisien seret lihat tabel 2.5

A_b = luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

Kecepatan angin rencana harus diambil seperti yang diberikan dalam tabel 2.6

Tabel 2.7 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 %	

Tabel 2.8 Kecepatan Angin

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

2.3.2.9 Kombinasi Beban

Kombinasi pembebanan didasarkan pada ketentuan dalam peraturan Jembatan (RSNI T 02 2005), yaitu terdiri atas :

- a. Kombinasi beban layan
- b. Kombinasi beban ultimit

Tabel 2.9 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayanan dan ultimit

Aksi	Kelayanan						Ultimit						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Aksi Permanen :													
Berat sendiri													
Beban mati tambahan													
Susut rangk	X	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			
Beban pejalan kaki		X						X					
Gesekan perletakan	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Pengaruh suhu	o	o	X	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Aliran / hanyutan / batang kayu dan hidrostatik / apung	o		o	X	o	o	o		X	o		o	
Beban angin			o	o	X	o	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 "o" KBL + beban aktif "o" KBL + 1 beban "o" KBL (2) = aksi permanen "o" KBL + beban aktif "o" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,7 beban "o" KBL (3) = aksi permanen "o" KBL + beban aktif "o" KBL + 1 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL + 0,5 beban "o" KBL						Aksi permanen "o" KBL + beban aktif "o" KBL + 1 beban "o" KBL						

2.4 Perencanaan Bangunan Atas

2.4.1 Perencanaan Sandaran

Perencanaan sandaran ini diperhitungkan berdasarkan RSNI T 02 2005 hal 56, bahwa sandaran untuk pejalan kaki direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya laya yaitu $W = 0,75 \text{ KN/m}$, dimana beban bekerja secara bersamaan dengan arah menyilang dan secara arah vertikal pada masing-masing sandaran, tidak ada faktor ultimate untuk sandaran.

2.4.1.1 Perencanaan Pipa Sandaran

Berdasarkan buku Teknik Sipil karangan Ir. Sunggono kh perencanaan tiang sandaran menggunakan pipa dengan diameter 76,3 mm dengan data sebagai berikut :

Tabel 2.10 Data Pipa Sandaran

DATA PIPA		
Diameter	76.3	mm
Tebal	4	mm
Luas	9.085	mm ²
Berat	7.13	Kg/m
Momen Inersia	59.5	cm ⁴
Jari-jari inersia	2.6	cm
Momen lawan	15.6	cm

Tabel 2.11 Faktor Beban untuk Sandaran

TABEL FAKTOR BEBAN		
Notasi Faktor Beban	Keterangan	Faktor Beban ULS
Berat Sendiri (P_{MS})	Baja	1.1
	Beton pracetak	1.2
Beban Pejalan kaki (T_{TP})		1.8

Tabel 2.12 Spesifikasi Bahan untuk Sandaran

TABEL BERAT BAHAN		
Bahan Jembatan	Berat Sendiri	Satuan
Beton Massa (cor)	2.4	t/m ³
Beton Bartulang (cor)	2.5	t/m ³

1. Analisa Gaya Dalam

Beban hidup sandaran 75 kg/m dan jarak antar tiang sandaran (L) = 2,5 m.

2. Perhitungan Momen Pipa Sandaran

Dalam perhitungan momen pipa sandaran terbagi atas dua yaitu :

- d. Momen arah vertikal (M_v)
 e. Momen arah horizontal (M_h)
 3. Kontrol Tegangan Pipa Sandaran

$$\sigma_{\text{Total}} = \sigma_v + \sigma_h \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana :

$$\sigma_v = \text{tegangan arah vertikal } M_v / w \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_h = \text{tegangan arah horizontal } M_h / w \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

2.4.1.2 Perencanaan Tiang Sandaran

Tiang sandaran direncanakan dengan dimensi 200 x 300 x 1500 mm dengan faktor reduksi kekuatan 0,9.

1. Analisa Gaya Dalam

Beban yang diperhitungkan pada tiang sandaran yaitu :

- a. Beban Mati terdiri dari berat sendiri dan berat pipa
 b. Beban Hidup terdiri dari gaya aksial vertikal dan horizontal yaitu sebesar 0,75 KN/m.

2. Penulangan Tiang Sandaran

Penulangan tiang sandaran diperhitungkan berdasarkan Dasar Perencanaan Beton Bertulang karangan Gideon dan SNI 03 2847 2002 yaitu:

a. Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan lentur untuk mencari nilai ρ menggunakan diagram interaksi

$$\frac{Pu}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \dots\dots\dots (2.20)$$

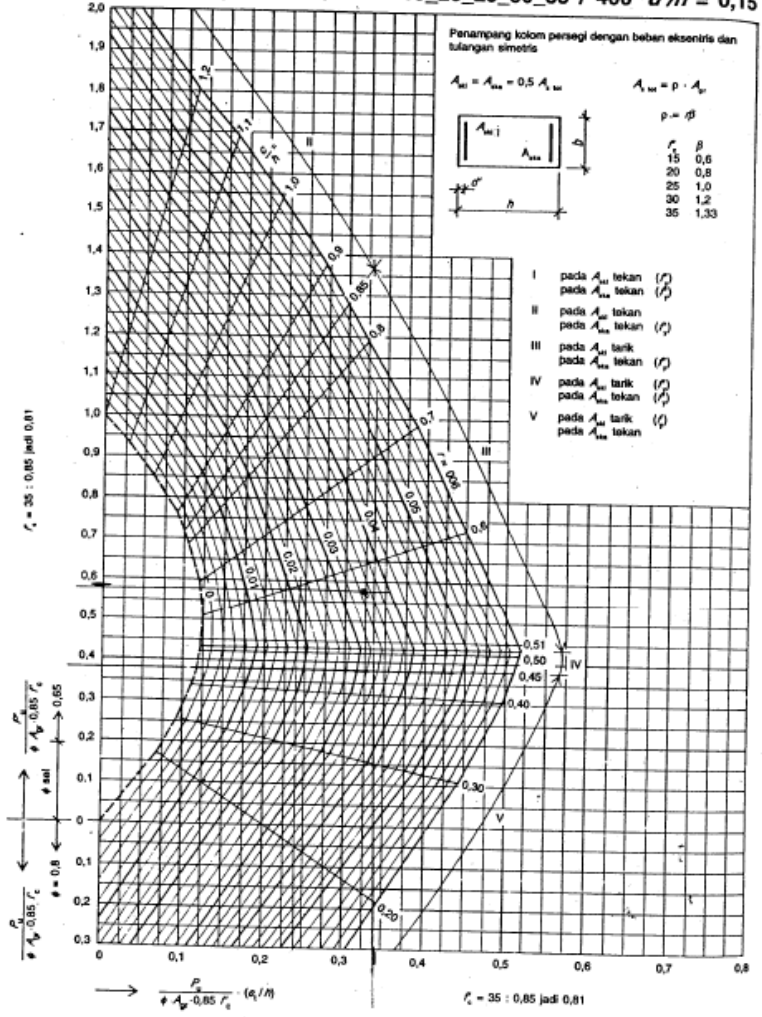
$$\frac{Pu}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \left(\frac{et}{h} \right) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$Ast = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.22)$$

dimana :

$$et = Mu / Pu$$

15_20_25_30_35 / 400 $d'/h = 0,15$



Gambar 2.18 Grafik untuk kolom dengan tulangan pada dua sisi

b. Tulangan Geser

Kontrol tulangan geser

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

$V_u \leq \emptyset \cdot V_c$ maka tidak perlu tulangan geser

$V_u > \emptyset \cdot V_c$ maka perlu tulangan geser

2.4.2 Perencanaan Kerb

2.4.2.1 Analisa Pembebanan

Beban yang diperhitungkan yaitu beban hidup sebesar 15 KN/m yang mengacu pada RSNI T 02 2005.

2.4.2.2 Penulangan Kerb

Dalam perhitungan penulangan kerb mengacu pada SNI 03 2847 2002 dan Disain Beton Bertulang karangan Chu Kia Wang yaitu sebagai berikut :

a. Tulangan Lentur

$$p_{min} = 1,4 / f_y \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

$$p_b = \left(\frac{0,5 x f_c' x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

$$p_{max} = 0,75 x p_b \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

$$m = f_y / 0,85 x f_c' \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

$$R_n = M_n / b x d^2 \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

$$p_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2mxR_n}{f_y} \right)} \right) \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$A_{st} = \rho x b x d$$

b. Tulangan Geser

$$A_{st} = 20\% x (\rho x b x d) \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

2.4.3 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

2.4.3.1 Analisis Roda

Anallisis roda mengacu pada SNI 03 2847 2002 dan RSNI T 02 2005 yaitu sebagai berikut :

$$\emptyset.1/6.\sqrt{f^c} \text{ c. ks} \dots\dots\dots (2.31)$$

dimana :

ks = keliling selimut beton bidang geser

$$T_{TT}.P(1 +DLA) \dots\dots\dots (2.32)$$

Kontrol, $\emptyset.1/6.\sqrt{f^c} \text{ c. ks} \geq T_{TT}.P(1 +DLA)$

2.4.3.2 Analisa Pembebanan

Beban yang diperhitungkan yaitu :

- a. Beban Mati
- b. Beban Hidup

2.4.3.3 Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Lentur

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y$$

$$\rho_b = \left(\frac{0.5 x f_c' x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 x \rho_b$$

$$m = f_y / 0,85 x f^c$$

$$R_n = M_n / b x d^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2mxR_n}{f_y} \right)} \right)$$

$$A_{st} = \rho x b x d$$

b. Cek kekuatan nominal

Cek kekuatan nominal didasarkan pada buku Disain

Beton Bertulang karangan Chu Kia Wang, hal 58.

$$T = \text{Aspakai} x f_y \dots\dots\dots (2.33)$$

$$a = T / \beta_1 \cdot 1000 \cdot f^c \dots\dots\dots (2.34)$$

$$M_a = 0,8 \cdot T (d - a/2) \dots\dots\dots (2.35)$$

Kontrol, $M_a > M_u$

c. Tulangan Pembagi

$$A_{st} = 20\% x (\rho x b x d)$$

2.4.4 Perencanaan Balok

Data rencana dalam perencanaan Balok yaitu :

f_c'	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
f_y	= 390 Mpa
γ_{beton}	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ torsi	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)

2.4.4.1 Analisa Gaya Dalam

Hasil analisa gaya dalam didapatkan dari hasil output SAP2000 yang terdiri dari :

- Momen
- Geser
- Torsi

2.4.4.2 Perhitungan Tulangan

- Tulangan Lapangan

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,5x f_c' x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 x \rho_b$$

$$R_n = M_n / b x d^2$$

$$\rho = \frac{0,85x f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.R_n}{0,85x f_c'}} \right)$$

- Luas tulangan lapangan tarik

$$A_{st} = \rho x b x d$$

Kontrol, $\phi M_n \geq M_u$ didasarkan pada buku Disain Beton Bertulang karangan Chu Kia Wang, hal 44.

$$a = f_y \cdot A_{st} / 0,85 \cdot f_c' \cdot b \dots\dots\dots (2.36)$$

$$M_n = (A_{st} \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \dots\dots\dots (2.37)$$

b. Luas tulangan lapangan tekan

$$A_{st} = \delta \cdot \rho \times b \times d$$

dimana :

$$A_{s'} = 0,4 \times (\rho \times b \times d) \dots\dots\dots (2.38)$$

2. Tulangan Lapangan

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,5 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$R_n = M_n / b \times d^2$$

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

c. Luas tulangan lapangan tekan

$$A_{st} = \rho \times b \times d$$

Kontrol, $\phi M_n \geq M_u$

$$a = f_y \cdot A_{sperlu} / 0,85 \cdot f_c' \cdot b$$

$$M_n = (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2)$$

d. Luas tulangan lapangan tarik

$$A_{st} = \delta \cdot \rho \times b \times d$$

3. Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser didasarkan pada BMS, BMD 1992 yaitu sebagai berikut :

$$V_{u_{max}} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.39)$$

$$\phi V_c = \phi \times V_{u_{max}} \dots\dots\dots (2.40)$$

kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \left(A_{st} \times f_c' / b_w \times d \right)^{0,5} \dots\dots (2.41)$$

dimana :

$$\beta_1 = d/2000$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{u_{min}} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.42)$$

$V_{umin} \times \phi > V_u$, tidak perlu tulangan geser

$V_{u\min} \times \phi < V_u$, perlu tulangan geser

$$V_{us} = V_u / \phi - V_{uc} \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

4. Tulangan Torsi

Perhitungan tulangan torsi didasarkan pada BMS, BMD 1992 yaitu sebagai berikut :

$$T_{u\text{ maks}} = 0,2 f'c J_t \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

dimana :

$$J_t = 0,4 x^2 \cdot y \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

Kontrol, $T_u \leq \phi T_{u\text{ maks}}$, Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$T_{uc} = J_t (0,3 \sqrt{f'c}) \quad \dots\dots\dots (2.47)$$

Keperluan tulangan

$$T_u > 0,25 \phi T_{uc}$$

Luas sangkar tulangan A_t dan keliling U_t

$$A_{sw}/\text{sperlu} = (T_u / \phi) / 2 \cdot f_y \cdot A_t \quad \dots\dots\dots (2.48)$$

$$A_{sw}/\text{smin} = 0,2 y_1 / f_y \quad \dots\dots\dots (2.49)$$

Periksa $s <$ jarak antara maksimum S_{maks}

$$S_{\text{maks}} \leq 0,12 \cdot U_t \text{ atau } 300$$

Kontrol ($A_{sw}/s \geq A_{sw}/\text{smin}$)

$$A_{s\text{min}} = 0,2 y_1 U_t / f_y$$

2.4.5 Perencanaan Kolom

Data rencana dalam perencanaan Kolom yaitu :

$$f'c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{decking} = 50 \text{ mm}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\gamma \text{ beton} = 2,5 \text{ t/m}^3$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\phi \text{ lentur} = 0,9 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)}$$

$$\phi \text{ geser} = 0,75 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)}$$

2.4.5.1 Analisa Gaya Dalam

Hasil analisa gaya dalam didapatkan dari hasil output SAP2000 yang terdiri dari :

1. Aksial
2. Momen
3. Geser
4. Torsi

2.4.5.2 Perhitungan Tulangan

1. Tulangan Lentur
Perhitungan tulangan kolom menggunakan aplikasi PCA Col yang input bebannya dari hasil analisa SAP2000.

2. Tulangan Geser
Perhitungan tulangan geser didasarkan pada BMS, BMD 1992 yaitu sebagai berikut :

$$V_{u \max} = 0,2 \times f'c \times bw \times d$$

$$\phi Vc = \phi \times V_{u \max}$$

kontrol, $V_u \leq \phi Vc$, Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times bw \times d \left(A_{st} \times f_c / bw \times d \right)^{0,5}$$

dimana :

$$\beta_1 = d/2000$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{u \min} = V_{uc} + 0,6 \times bw \times d$$

$V_{u \min} \times \phi > V_u$, tidak perlu tulangan geser

$V_{u \min} \times \phi < V_u$, perlu tulangan geser

$$V_{us} = V_u / \phi - V_{uc}$$

$$A_{sv} = (V_{us} \times s) / (f_y \times d)$$

2.4.6 Perencanaan Struktur Busur

Data rencana dalam perencanaan Struktur Busur yaitu :

$$f'c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{decking} = 50 \text{ mm}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\gamma \text{ beton} = 2,5 \text{ t/m}^3$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\phi \text{ lentur} = 0,9 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)}$$

$$\phi \text{ geser} = 0,75 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)}$$

2.4.6.1 Analisa Gaya Dalam

Hasil analisa gaya dalam didapatkan dari hasil output SAP2000 yang terdiri dari :

1. Aksial
2. Momen
3. Geser
4. Torsi

2.4.6.2 Perhitungan Tulangan

1. Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan kolom menggunakan aplikasi PCA Col yang input bebannya dari hasil analisa SAP2000.

2. Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser didasarkan pada BMS, BMD 1992 yaitu sebagai berikut :

$$V_{u \max} = 0,2 \times f'c \times bw \times d$$

$$\phi Vc = \phi \times V_{u \max}$$

kontrol, $V_u \leq \phi Vc$, Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times bw \times d (A_{st} \times f'c / bw \times d)^{0,5}$$

dimana :

$$\beta_1 = d/2000$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{u \min} = V_{uc} + 0,6 \times bw \times d$$

$V_{u \min} \times \phi > V_u$, tidak perlu tulangan geser

$V_{u \min} \times \phi < V_u$, perlu tulangan geser

$$V_{us} = V_u / \phi - V_{uc}$$

$$A_{sv} = (V_{us} \times s) / (f_y \times d)$$

2.5 Perencanaan Bangunan Bawah

Perencanaan struktur bangunan bawah berdasarkan literatur RSNI T 02 2005, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (Kazuto Nakazawa) dan BMS BDC 1992,.

2.5.1 Abutment

2.5.1.1 Pembebanan

Pembebanan dalam abutment yaitu terdiri dari :

1. Beban mati bangunan atas
2. Berat sendiri abutment
3. Beban hidup lalu lintas
4. Beban tekanan tanah aktif
5. Beban tekanan tanah dinamis akibat gempa
6. Beban gempa
7. Beban angin
8. Beban Rem

2.5.1.2 Gaya Aksial Tiang Bor

Gaya aksial tiang bor terdiri dari 4 kombinasi beban yaitu :

1. Kombinasi 1 (DL + LL + Ta)
2. Kombinasi 2 (DL + LL + Ta + Tew)
3. Kombinasi 3 (DL+LL+Ta+Eqx+30%Eqy)
4. Kombinasi 4 (DL+LL+Ta+30%Eqx+Eqy)

2.5.1.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang

Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan tiang bor yang berdiameter 1,2 m dan berdasarkan data penyelidikan tanah SPT pada titik bor. Daya dukung tanah dihitung berdasarkan rumus *Kazuto Nakazawa*, yaitu :

$$R_u = 1/n (R_p + R_f) \\ = 1/n [(q_d \cdot A) + (U \cdot \sum l_i \cdot f_i)] \dots\dots\dots (2.50)$$

Dimana,

Ra = Daya dukung tanah yang diizinkan (ton)

n = Faktor Keamanan

Rp = Daya dukung terpusat tiang (ton)

qd = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m²)

U = Panjang keliling tiang (m)

li = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (m)

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^3)

2.5.1.4 Perhitungan Efisiensi Tiang Bor

$$\eta = \frac{2[(m-1).s + (n-1).s] + \pi D}{\pi D.m.n}$$

Dimana :

η = koefisien efisiensi kelompok tiang bor

D = diameter tiang bor (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)

n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)

2.5.1.5 Kontrol Kekuatan Tiang Bor

1. Kontrol terhadap gaya aksial vertikal

- Berdasarkan kekuatan bahan

$$\sigma_b = 0,33 \times f'c \quad \dots\dots\dots (2.51)$$

$$F = \sigma_b \times A \quad \dots\dots\dots (2.52)$$

Kontrol, $F > P_{maks}$

- Berdasarkan daya dukung tanah

Kontrol,

Pijin tetap $> P_{maks}$

Pijin sementara $> P_{maks}$

2. Kontrol terhadap beban horizontal

$$k = 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \quad \dots\dots\dots (2.53)$$

$$E_0 = 28 \cdot N \quad \dots\dots\dots (2.54)$$

$$\beta = 4 \sqrt{\frac{kxD}{4xE_0I}} \quad \dots\dots\dots (2.55)$$

$$E = 4700 \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (2.56)$$

$$I = \pi/64 \cdot D^4 \quad \dots\dots\dots (2.57)$$

$$l_m \dots\dots = \pi/2\beta \quad \dots\dots\dots (2.58)$$

$$H_a = \frac{k \cdot D \cdot \delta}{\beta} \quad \dots\dots\dots (2.59)$$

dimana :

- k = koefisien reaksi lapisan tanah di bawah permukaan dalam arah vertikal (kg/m^3)
 D = diameter tiang (cm)
 E_0 = modulus deformasi tanah pondasi (28N, nilai N diambil N_{SPT} rata-rata sampai pada kedalaman tiang bor masuk dalam tanah)
 β = nilai karakteristik tiang
 E = modulus elastisitas beton
 L_m = Panjang penjepitan untuk tiang yang kepala tiang tidak berputar dan tenggelam ke tanah
 H_a = daya dukung mendatar yang diizinkan (kg)
 H ijin untuk beban tetap yaitu $H_a / 3$ dengan $SF = 3$, sedangkan H ijin untuk beban sementara yaitu $H_a / 2$ dengan $SF = 2$.

2.5.1.6 Perencanaan Poer (PileCap)

- Perhitungan tulangan utama

$$M_n = M_u / \phi$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600 + f_y)$$

$$\rho_{\text{min}} = 1/4 f_y$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

apabila $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan rumus untuk mencari $\rho_{\text{min}2}$ yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{\text{perlu}}$

$$\rho_{\text{min}2} = 1,333 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

- Tulangan Bagi

$$A_s = 20\% \times A_s \text{ perlu}$$

- Kontrol geser ponds

$$b_w = \text{keliling bor} + \text{tebal poer}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d'$$

$$V_u = P_{\text{maks}} / 0,75$$

$$\text{Kontrol, } V_u < V_c$$

- Kontrol geser

$$V_u \max = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$\emptyset \cdot V_c = \emptyset \cdot V_u \max$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$

$$\beta_1 = d/2000 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$

$$V_{us} = V_u / \emptyset - V_{uc}$$

- Perhitungan tulangan geser

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

2.5.1.7 Perencanaan Dinding Abutment

- Perhitungan tulangan utama

$$M_n = M_u / \emptyset$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600 + f_y)$$

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

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot x f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x f_c'}} \right)$$

apabila $\rho_{min} < \rho_{perlu} > \rho_{maks}$, maka digunakan rumus untuk

mencari ρ_{min2} yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{perlu}$

$$\rho_{min2} = 1,333 \times \rho_{perlu}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

- Kontrol geser ponds

b_w = keliling bor + tebal poer

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d'$$

$$V_u = P_{maks} / 0,75$$

Kontrol, $V_u < V_c$

- Kontrol geser

$$V_u \max = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$\emptyset.Vc = \emptyset . Vu \text{ max}$$

$$\text{Kontrol, } Vu \leq \emptyset.Vc$$

$$\beta_1 = d/2000 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$Vuc = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times bw \times d (Ast \times fc' / bw \times d)^{0,5}$$

$$Vumin = Vuc + 0,6 \times bw \times d$$

$$\text{Kontrol, } Vumin \times \emptyset < Vu$$

$$Vus = Vu / \emptyset - Vuc$$

- Perhitungan tulangan geser

$$Asv = (Vuc \times s) / (fy \times d)$$

2.5.1.8 Perencanaan Longitudinal Stopper

- Perhitungan tulangan utama

$$Mn = Mu / \emptyset$$

$$Rn = Mn / b.d^2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot fc' / fy \times \beta_1 (600/600+fy)$$

$$\rho_{min} = 1/4 fy$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85xfc'}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.Rn}{0,85xfc'}} \right)$$

apabila $\rho_{min} < \rho_{perlu} > \rho_{maks}$, maka digunakan rumus untuk mencari ρ_{min2} yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{perlu}$

$$\rho_{min2} = 1,333 \times \rho_{perlu}$$

$$As = \rho \times b \times d$$

- Kontrol geser ponds

$$bw = \text{keliling bor} + \text{tebal poer}$$

$$Vc = 1/6 \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d'$$

$$Vu = Pmaks / 0,75$$

$$\text{Kontrol, } Vu < Vc$$

- Kontrol geser

$$Vu \text{ max} = 0,2 \times fc' \times bw \times d$$

$$\emptyset.Vc = \emptyset . Vu \text{ max}$$

$$\text{Kontrol, } Vu \leq \emptyset.Vc$$

$$\begin{aligned}\beta_1 &= d/2000 \leq 1,1 \\ \beta_2 &= 1 \\ \beta_3 &= 1 \\ V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \text{ (Ast} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5} \\ V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ \text{Kontrol, } V_{umin} \times \emptyset &< V_u \\ V_{us} &= V_u / \emptyset - V_{uc} \\ - \text{ Perhitungan tulangan geser} \\ A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)\end{aligned}$$

2.5.1.9 Perencanaan Lateral Stopper

$$\begin{aligned}- \text{ Perhitungan tulangan utama} \\ M_n &= M_u / \emptyset \\ R_n &= M_n / b \cdot d^2 \\ \rho_b &= 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 \text{ (600/600+f}_y) \\ \rho_{min} &= 1/4 f_y \\ \rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ \rho_{perlu} &= \frac{0,85 \cdot x f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x f_c'}} \right)\end{aligned}$$

apabila $\rho_{min} < \rho_{perlu} > \rho_{maks}$, maka digunakan rumus untuk mencari ρ_{min2} yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{perlu}$

$$\begin{aligned}\rho_{min2} &= 1,333 \times \rho_{perlu} \\ A_s &= \rho \times b \times d \\ - \text{ Kontrol geser ponds} \\ b_w &= \text{keliling bor} + \text{tebal poer} \\ V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d' \\ V_u &= P_{maks} / 0,75 \\ \text{Kontrol, } V_u &< V_c \\ - \text{ Kontrol geser} \\ V_u \text{ max} &= 0,2 \times f_c' \times b_w \times d \\ \emptyset \cdot V_c &= \emptyset \cdot V_u \text{ max} \\ \text{Kontrol, } V_u &\leq \emptyset \cdot V_c \\ \beta_1 &= d/2000 \leq 1,1 \\ \beta_2 &= 1\end{aligned}$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$

$$V_{us} = V_u / \emptyset - V_{uc}$$

- Perhitungan tulangan geser

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

2.5.1.10 Korbek

- Perhitungan tulangan utama

$$M_n = M_u / \emptyset$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600 + f_y)$$

$$\rho_{min} = 1/4 f_y$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

apabila $\rho_{min} < \rho_{perlu} > \rho_{maks}$, maka digunakan rumus untuk mencari ρ_{min2} yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{perlu}$

$$\rho_{min2} = 1,333 \times \rho_{perlu}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

- Kontrol geser ponds

$$b_w = \text{keliling bor} + \text{tebal poer}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d'$$

$$V_u = P_{maks} / 0,75$$

Kontrol, $V_u < V_c$

- Kontrol geser

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$\emptyset \cdot V_c = \emptyset \cdot V_u \text{ max}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$

$$\beta_1 = d/2000 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$

$$V_{us} = V_u / \emptyset - V_{uc}$$

- Perhitungan tulangan geser

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

2.5.1.11 Pelat Injak

- Perhitungan tulangan utama

$$M_n = M_u / \emptyset$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600 + f_y)$$

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

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

apabila $\rho_{min} < \rho_{perlu} > \rho_{maks}$, maka digunakan rumus untuk

mencari ρ_{min2} yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{perlu}$

$$\rho_{min2} = 1,333 \times \rho_{perlu}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

- Kontrol geser ponds

b_w = keliling bor + tebal poer

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d'$$

$$V_u = P_{maks} / 0,75$$

Kontrol, $V_u < V_c$

- Kontrol geser

$$V_{u \max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$\emptyset \cdot V_c = \emptyset \cdot V_{u \max}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$

$$\beta_1 = d/2000 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$

$$V_{us} = V_u / \phi - V_{uc}$$

- Perhitungan tulangan geser

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

2.5.1.12 Wingwall

- Perhitungan tulangan utama

$$M_n = M_u / \phi$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600 + f_y)$$

$$\rho_{min} = 1/4 f_y$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

apabila $\rho_{min} < \rho_{perlu} > \rho_{maks}$, maka digunakan rumus untuk mencari ρ_{min2} yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{perlu}$

$$\rho_{min2} = 1,333 \times \rho_{perlu}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

- Kontrol geser ponds

$$b_w = \text{keliling bor} + \text{tebal poer}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d'$$

$$V_u = P_{maks} / 0,75$$

Kontrol, $V_u < V_c$

- Kontrol geser

$$V_{u \max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot V_{u \max}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi \cdot V_c$

$$\beta_1 = d/2000 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

Kontrol, $V_{umin} \times \phi < V_u$

$$V_{us} = V_u / \phi - V_{uc}$$

- Perhitungan tulangan geser

$$Asv = (Vuc \times s) / (fy \times d)$$

2.5.1.13 Penulangan Pondasi Bored Pile Abutment

1. Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan kolom menggunakan aplikasi PCA Col yang input bebannya dari hasil analisa SAP2000.

2. Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser didasarkan pada BMS, BMD 1992 yaitu sebagai berikut :

$$Vu_{max} = 0,2 \times f'c \times bw \times d$$

$$\phi Vc = \phi \times Vu_{max}$$

kontrol, $Vu \leq \phi Vc$, Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$Vuc = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times bw \times d (Ast \times f'c / bw \times d)^{0,5}$$

dimana :

$$\beta_1 = d/2000$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$Vu_{min} = Vuc + 0,6 \times bw \times d$$

$Vumin \times \phi > Vu$, tidak perlu tulangan geser

$Vumin \times \phi < Vu$, perlu tulangan geser

$$Vus = Vu/\phi - Vuc$$

$$Asv = (Vuc \times s) / (fy \times d)$$

2.5.2 Pilar

2.5.2.1 Analisis Pembebanan Pada Pondasi Pilar

Pembebanan dalam pilar yaitu terdiri dari :

1. Beban mati bangunan atas
2. Berat sendiri pilar
3. Beban hidup lalu lintas
4. Beban gempa
5. Beban angin
6. Beban Rem

2.5.2.2 Perhitungan gaya aksial tiang pancang

Gaya aksial tiang bor terdiri dari 4 kombinasi beban yaitu :

1. Kombinasi 1 (DL + LL + Ta)
2. Kombinasi 2 (DL + LL + Ta + Tew)
3. Kombinasi 3 (DL+LL+Ta+Eqx+30%Eqy)
4. Kombinasi 4 (DL+LL+Ta+30%Eqx+Eqy)

2.5.2.3 Perhitungan efisiensi tiang bor

$$\eta = \frac{2[(m-1).s + (n-1).s] + \pi D}{\pi D.m.n}$$

Dimana :

- η = koefisien efisiensi kelompok tiang bor
- D = diameter tiang bor (m)
- s = jarak antar tiang (m)
- m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)
- n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)

2.5.2.4 Kontrol kekuatan tiang bor

1. Kontrol terhadap gaya aksial vertikal
- Berdasarkan kekuatan bahan

$$\sigma_b = 0,33 \times f'c \quad \dots\dots\dots (2.51)$$

$$F = \sigma_b \times A \quad \dots\dots\dots (2.52)$$

Kontrol, $F > P_{maks}$

- Berdasarkan daya dukung tanah

Kontrol,

Pijin tetap $> P_{maks}$

Pijin sementara $> P_{maks}$

2. Kontrol terhadap beban horizontal

$$k = 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \quad \dots\dots\dots (2.53)$$

$$E_0 = 28 \cdot N \quad \dots\dots\dots (2.54)$$

$$\beta = 4 \sqrt{\frac{kxD}{4xEI}} \quad \dots\dots\dots (2.55)$$

$$E = 4700 \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (2.56)$$

$$I = \pi/64 \cdot D^4 \quad \dots\dots\dots (2.57)$$

$$l_m \dots\dots = \pi/2\beta \quad \dots\dots\dots (2.58)$$

$$H_a = \frac{k \cdot D \cdot \delta}{\beta} \dots\dots\dots (2.59)$$

dimana :

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

D = diameter tiang (cm)

E_0 = modulus deformasi tanah pondasi (28N, nilai N diambil N_{SPT} rata-rata sampai pada kedalaman tiang bor masuk dalam tanah)

β = nilai karakteristik tiang

E = modulus elastisitas beton

Lm = Panjang penjepitan untuk tiang yang kepala tiang tidak berputar dan tenggelam ke tanah

H_a = daya dukung mendatar yang diizinkan (kg)

H ijin untuk beban tetap yaitu $H_a / 3$ dengan SF = 3, sedangkan H ijin untuk beban sementara yaitu $H_a / 2$ dengan SF = 2.

2.5.2.5 Perencanaan Poer (Pile Cap)

- Perhitungan tulangan utama

$$M_n = M_u / \phi$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600+f_y)$$

$$\rho_{\text{min}} = 1/4 f_y$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \times f_c'}} \right)$$

apabila $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan rumus untuk mencari $\rho_{\text{min}2}$ yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{\text{perlu}}$

$$\rho_{\text{min}2} = 1,333 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

- Tulangan Bagi

$$A_s = 20\% \times A_s \text{ perlu}$$

- Kontrol geser ponds

$$b_w = \text{keliling bor} + \text{tebal poer}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d'$$

$$V_u = P_{maks} / 0,75$$

Kontrol, $V_u < V_c$

- Kontrol geser

$$V_{u \max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$\emptyset \cdot V_c = \emptyset \cdot V_{u \max}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$

$$\beta_1 = d/2000 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \left(A_{st} \times f_c' / b_w \times d \right)^{0,5}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$

$$V_{us} = V_u / \emptyset - V_{uc}$$

- Perhitungan tulangan geser

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

2.5.2.6 Perencanaan Korbek

- Perhitungan tulangan utama

$$M_n = M_u / \emptyset$$

$$R_n = M_n / b \cdot d^2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600 + f_y)$$

$$\rho_{min} = 1/4 f_y$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

apabila $\rho_{min} < \rho_{perlu} > \rho_{maks}$, maka digunakan rumus untuk

mencari ρ_{min2} yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{perlu}$

$$\rho_{min2} = 1,333 \times \rho_{perlu}$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

- Kontrol geser ponds

$$b_w = \text{keliling bor} + \text{tebal poer}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d'$$

$$V_u = P_{maks} / 0,75$$

Kontrol, $V_u < V_c$

- Kontrol geser

$$V_{u \max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot V_{u \max}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi \cdot V_c$

$$\beta_1 = d/2000 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

Kontrol, $V_{umin} \times \phi < V_u$

$$V_{us} = V_u / \phi - V_{uc}$$

- Perhitungan tulangan geser

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

2.5.2.7 Penulangan Pondasi Bored Pile Pilar

1. Tulangan Lentur

Perhitungan tulangan kolom menggunakan aplikasi PCA Col yang input bebannya dari hasil analisa SAP2000.

2. Tulangan Geser

Perhitungan tulangan geser didasarkan pada BMS, BMD 1992 yaitu sebagai berikut :

$$V_{u \max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = \phi \times V_{u \max}$$

kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

dimana :

$$\beta_1 = d/2000$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{u_{\min}} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$V_{umin} \times \phi > V_u$, tidak perlu tulangan geser

$V_{umin} \times \phi < V_u$, perlu tulangan geser

$$V_{us} = V_u / \phi - V_{uc}$$

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

2.6 Perencanaan Perletakan

Perencanaan perletakan pada jembatan Bolong ini direncanakan menggunakan landasan yang terbuat dari karet yang didalamnya juga dilengkapi dengan pelat baja (*Rubber Bearing Pad*). Landasan ini strukturnya terdiri atas landasan karet yang dilengkapi dengan pelat baja dan dibentuk dengan proses vulkanisasi. Adapun karet yang digunakan harus memiliki tingkat kekenyalan yang tinggi bersifat elastis walaupun diberikan beban yang dalam waktu yang lama, untuk pembahasan selanjutnya jenis perletakan ini dikenal dengan Elastomer Laminasi.

2.6.1 Tahapan Perencanaan Perletakan Elastomer

Tahapan di bawah ini diuji coba sampai diperoleh ukuran perletakan yang memadai. Tahapan perencanaan antara lain (BDM, BMS hal 7-4) :

1. Tentukan beban dan gerakan tertubruk
2. Buatlah pemilihan perletakan permulaan
3. Periksa pemilihan perletakan permulaan terhadap :
 - a. Bentuk dan fungsi yang tepat
 - b. Luas tumpuan efektif
 - c. Regangan geser maksimum
 - d. Tegangan tekan rata-rata
 - e. Tebal plat baja minimum
 - f. Tahanan gesek terhadap geseran

2.6.2 Pemilihan Perletakan

Dalam pemilihan ukuran perletakan bisa didapatkan pada tabel 7.4 (BDM, BMS hal 7-7) dengan ukuran dimensi dan kekuatan yang berbeda-beda.



Gambar 2.19 Perletakan Elastomer Bearing

Kontrol Perletakan

Periksa perletakan dengan perumusan dari BDM, BMS hal 7-17 sebagai berikut :

1. Faktor bentuk harus berada $4 \leq S \leq 12$

$$S = \frac{a.b}{2(a+b)t_e} \dots\dots\dots (2.60)$$

2. Jumlah regangan tekan, perputaran dan geser

$$esc + esr + esh = Et \leq \frac{2,6}{\sqrt{6}} \dots\dots\dots (2.61)$$

3. Pembatasan regangan geser

$$eshmaks / esh > 1 \dots\dots\dots (2.62)$$

4. Pemeriksaan Batas Leleh

$$1,4V^*/esc.V*LL \times (\text{sqrt}(0,69/G)) \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.63)$$

5. Pemeriksaan Tegangan Maksimum rata-rata

$$15.At/V^* \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.64)$$

6. Pemeriksaan Perputaran Maksimum

$$\alpha a.a + \alpha b.b / 4.dc \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.65)$$

7. Pemeriksaan Stabilitas Tekan

$$2.be.G.S.Aeff / 1000.V^* \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.66)$$

8. Pemeriksaan Tebal Baja Minimum (ts)

$$ts/3 \geq 1,0 \quad \dots\dots\dots (2.67)$$

$$ts.A.fsy / 3000.V*.ti \geq 1,0 \quad \dots\dots\dots (2.68)$$

9. Pemeriksaan Tahanan Gesek Terhadap Geseran (perlu tahanan alternatif bila < 1)

$$0,1(V*+3000.Aeff) / H* \geq 1,0 \quad \dots\dots\dots (2.69)$$

BAB III METODOLOGI

3.1 Tujuan Metodologi

Untuk mempermudah pelaksanaan pengerjaan dari proyek akhir, guna memperoleh pemecahan masalah yang sesuai dengan maksud dan tujuan.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan untuk merencanakan suatu jembatan.

1. Data sekunder berupa :
 - a. Data Gambar Jembatan
 - b. Data Tanah
2. Rencana bahan dan jenis struktur
 - a. Jenis konstruksi pada perencanaan jembatan ini yang dipakai adalah menggunakan struktur busur beton bertulang.
 - b. Spesifikasi bahan.
3. Dasar perencanaan
 - a. Prinsip pembebanan berdasarkan peraturan yang berlaku di Indonesia.
 - b. Prinsip beton bertulang.
 - c. Perhitungan struktur dengan menggunakan program SAP 2000.
4. Literatur yang dipakai
 - a. *Bridge Design Manual (BMS - 1992)*
 - b. *Bridge Design Code (BMS – 1992)*
 - c. Standar Pembebanan Jembatan (*RSNI T 02 2005*)
 - d. Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan (*RSNI T 04 2005*)
 - e. Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (*PPTJ (BMS – 1992)*)
 - f. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton (*SNI 03 - 2847 - 2002*)

- g. Disain Beton Bertulang (Chu Kia Wang)
- h. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (*Kazuto Nakazawa*)

3.3 Pengumpulan Data

Seluruh data / informasi perencanaan jembatan dikumpulkan berdasarkan data-data sekunder yang diperoleh data-data sekunder yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Sulawesi Barat.

3.4 Perencanaan Bangunan Atas

1. Pembebanan struktur

Menganalisa seluruh beban-beban yang bekerja pada suatu struktur yang akan digunakan dalam perencanaan. Beban-beban yang bekerja diantaranya :

 - a. Beban mati
 - b. Beban hidup
 - c. Beban gempa
 - d. Beban rem
2. Analisis pembebanan pada SAP 2000

Memasukkan seluruh pembebanan ke analisa struktur menggunakan program SAP 2000
3. Perhitungan Struktur Bangunan Atas
 - a. Sandaran
 - b. Kerb
 - c. Pelat Lantai Kendaraan
 - d. Balok
 - e. Kolom
 - f. Gelagar Busur
4. Penulangan
5. Kontrol penulangan dalam lentur, geser dan torsi

3.5 Perencanaan Bangunan Bawah

1. Analisis pembebanan elemen bangunan bawah

Menganalisis seluruh pembebanan yang digunakan dalam perencanaan bangunan bawah. Beban yang terjadi anatanya :

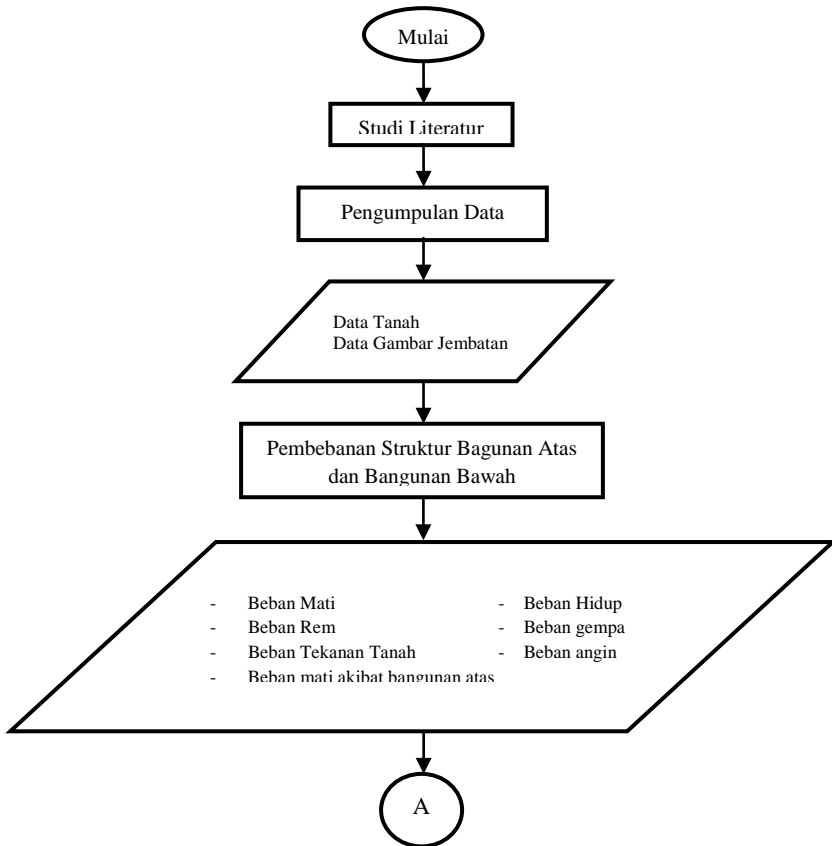
- a. Beban mati
 - b. Beban hidup
 - c. Beban akibat tekanan tanah
 - d. Beban gempa
2. Perhitungan struktur bangunan bawah
 - a. Abutment
 - b. Pilar
 3. Penulangan
 4. Kontrol

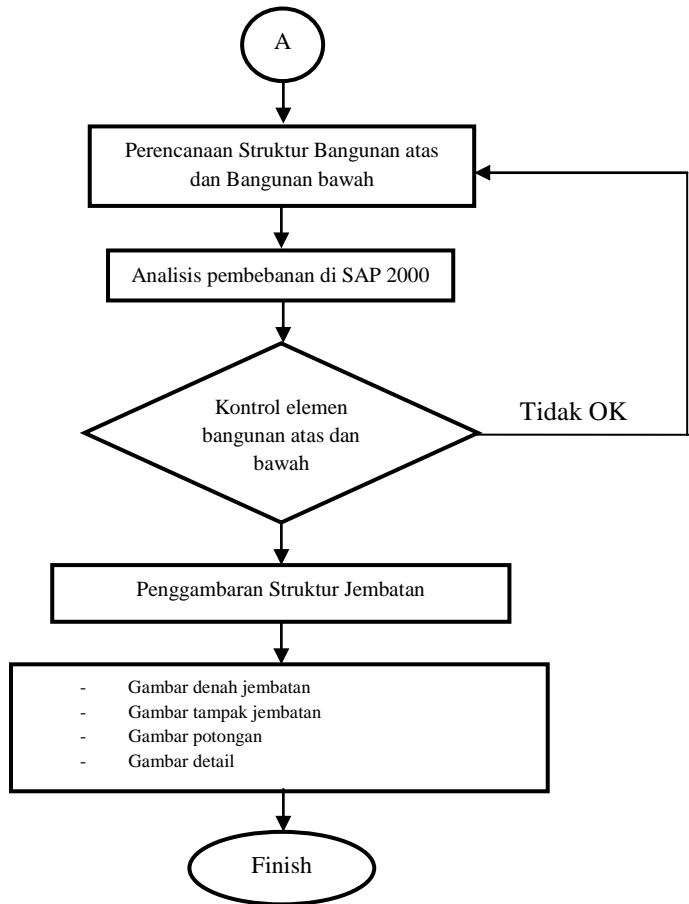
3.6 Penggambaran

Hasil penggambaran yang digunakan berupa :

1. Gambar layout jembatan
2. Gambar tampak jembatan
3. Gambar potongan
4. Gambar detail

3.7 Bagan Alir





„Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

BAB IV

PERENCANAAN BANGUNAN ATAS

4.1 Perencanaan Pipa Sandaran

4.1.1 Dasar Perencanaan

Tiang sandaran direncanakan berdasarkan RSNI T 02 2005 Hal 56 yang menyebutkan bahwa sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu 0,75 KN/m. Dan beban-beban tersebut bekerja bersamaan dalam arah menyilang dan vertikal pada masing-masing sandaran.

4.1.2 Analisa Pembebanan

Berdasarkan buku Teknik Sipil karangan Ir. Sunggono kh perencanaan tiang sandaran menggunakan pipa dengan diameter 76,3 mm dengan data sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Pipa Sandaran

DATA PIPA		
Diameter	76.3	mm
Tebal	4	mm
Luas	9.085	mm ²
Berat	7.13	Kg/m
Momen Inersia	59.5	cm ⁴
Jari-jari inersia	2.6	cm
Momen lawan	15.6	cm

Tabel 4.2 Faktor Beban untuk Sandaran

TABEL FAKTOR BEBAN		
Notasi Faktor Beban	Keterangan	Faktor Beban ULS
Berat Sendiri (P_{MS})	Baja	1.1
	Beton pracetak	1.2
Beban Pejalan kaki (T_{TP})		1.8

Tabel 4.3 Spesifikasi Bahan Untuk Sandaran

TABEL BERAT BAHAN		
Bahan Jembatan	Berat Sendiri	Satuan
Beton Massa (cor)	2.4	t/m ³
Beton Bertulang (cor)	2.5	t/m ³

4.1.3 Analisa Gaya Dalam

Beban hidup sandaran 75 kg/m dan jarak antar tiang sandaran (L) = 2,5 m.

$$q \text{ Sandaran} = 75 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ vertikal} = q_{\text{pipa}} + q_{\text{sandaran}}$$

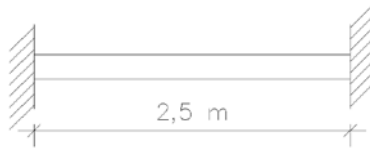
$$= 7,13 + 75$$

$$= 82,13 \text{ kg/m}$$

$$q \text{ horizontal} = q_{\text{sandaran}}$$

$$= 75 \text{ kg/m}$$

4.1.4 Perhitungan Momen Pipa Sandaran



$$\begin{aligned}
 \text{Vertikal} &= 1/12 \times q \times L^2 \\
 &= 42,78 \text{ kg.m} \\
 &= 4277,604 \text{ kg.cm} \\
 \text{Horizontal} &= 1/12 \times q \times L^2 \\
 &= 39,06 \text{ kg.m} \\
 &= 3906,25 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

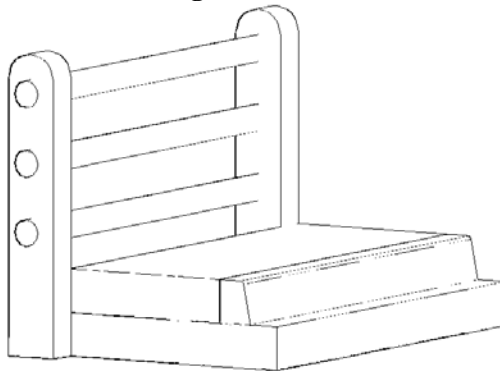
4.1.5 Kontrol Tegangan Pipa Sandaran

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{Total}} &= \sigma_v + \sigma_h \\
 &= M_v / w + M_h / w \\
 &= (4277,604 / 15,6) + (3906,25 / 15,6) \\
 &= 524,61 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{Total}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

524,61 < 1600 kg/cm² >> Memenuhi Syarat

4.2 Perencanaan Tiang Sandaran



Gambar 4.1 Pemodelan Tiang Sandaran

4.2.1 Dasar Perencanaan

Tiang sandaran direncanakan dengan dimensi 200 x 300 x 1500 mm dengan faktor reduksi kekuatan 0,9.

4.2.2 Analisa Gaya Dalam

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{beton}} &= 2500 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat sendiri} &= b \times h \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 375 \text{ kg} \\ \text{Berat pipa} &= \sum q_{\text{pipa}} \times L \\ &= 53,48 \text{ kg} \\ P_{\text{dead}} &= \text{berat sendiri} + \text{berat pipa} \\ &= 428,48 \text{ kg} \\ M_{\text{dead}} &= P_{\text{dead}} \times b/2 \\ &= 42,848 \text{ kg.m} \\ P_{\text{live}} &= qL \times L \\ &= 187,5 \text{ kg} \\ M_{\text{live}} &= P_{\text{live}} \times \text{tinggi kolom} \\ &= 281,28 \text{ kg.m} \\ P_{\text{ultimate}} &= 1,2P_{\text{dead}} + 1,8P_{\text{live}} \\ &= 851,67 \text{ kg} \\ &= 8516,7 \text{ KN} \\ M_{\text{ultimate}} &= 1,2M_{\text{dead}} + 1,8M_{\text{live}} \\ &= 557,67 \text{ kg.m} \\ &= 5576670 \text{ N.mm} \\ M_{\text{nominal}} &= M_{\text{ultimate}} / \phi \\ &= 6970838 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

4.2.3 Penulangan Tiang Sandaran

Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f'_c} &= 0,01 \\ e_t &= M_{\text{ultimate}} / P_{\text{ultimate}} \\ &= 654,8 \text{ mm} \\ e_t/h &= 2,2 \end{aligned}$$

$$\frac{Pu}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f'c} \left(\frac{e_t}{h} \right) = 0,01$$

Dari grafik interaksi kolom didapatkan $\rho = 0,01$

$$\begin{aligned} \text{Ast} &= \rho \times b \times h \\ &= 600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan 6 ϕ 12, As pasang = 678,24 mm²

Tulangan geser

$$V_u = 187,5 \text{ kg} = 1875 \text{ KN}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \times b_w \times d$$

$$= 48199,59 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 43379,63 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi \cdot V_c \gg$ Tidak perlu tulangan geser

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{1}{2} d \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan spasi = 132 mm

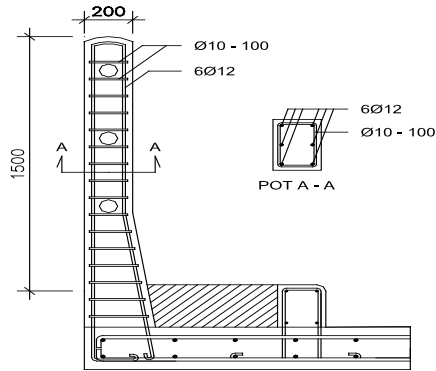
Dipakai tulangan = ϕ 10. As = 78,5 mm²

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f'c} \times b} \\ &= 83,843 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi tiang sandaran memakai tulangan

ϕ 10 – 100 untuk tulangan lentur

6 ϕ 12 untuk tulangan geser



Gambar 4.2 Tulangan Tiang Sandaran

4.3 Perencanaan Kerb

4.3.1 Analisa Pembebanan

Beban Hidup	= 15 KN/m
Tinggi Kerb	= 0,25 m
Mlive	= Beban hidup x Tinggi kerb
	= 3,75 KN.m

4.3.2 Penulangan Kerb

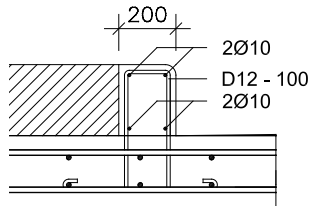
f'_c	= 30 Mpa
f_y	= 240 Mpa
D tul. lentur	= 12 mm
Ø tul. Bagi	= 10 mm
b	= 1000 mm
d'	= 20 mm
d	= $h - d' - D_{tul. Lentur} - \frac{1}{2} \text{Øtul. Bagi}$
	= 213 mm = 0,213 m

Tulangan Lentur (A_{st})

Ø	= 0,8
b1	= 0,85
T_{TP}^U	= 1,8
Mlive	= 3,75 KN.m
Mu	= $M_{live} \times T_{TP}^U$
	= 6,75 KN.m

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 8,438 \text{ KN.m} \\
 \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\
 &= 0,006 \\
 \rho_b &= \left(\frac{0,5x f_c' x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,038 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 x \rho_b \\
 &= 0,028 \\
 m &= f_y / 0,85 x f_c' \\
 &= 9,412 \\
 R_n &= M_n / b x d^2 \\
 &= 0,186 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2mxR_n}{f_y} \right)} \right) \\
 &= 0,00078 \\
 \text{Kontrol, } \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}, \text{ digunakan } \rho_{\min} \\
 A_{st} &= \rho x b x d \\
 &= 1243 \text{ mm}^2 \\
 A_{s \text{ D12}} &= 113 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jumlah tulangan} &= A_{st} / A_{s \text{ D12}} \\
 &= 11 \text{ tulangan} \\
 \text{Jarak tulangan} &= b / \text{jumlah tulangan} \\
 &= 90,98 \text{ mm} \\
 \text{Dipakai tulangan, D12} &- 100 \\
 \\
 \text{Tulangan Pembagi} \\
 A_s &= 20\% x \text{Tulangan lentur (A}_{st}) \\
 &= 20\% x 1243 \\
 &= 248,5 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipakai tulangan, } \phi 10 \text{ mm} \\
 A_{\phi 10} &= \frac{1}{4} x \pi x d^2 \\
 &= 78,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan = $20\% A_{st} / A_{\emptyset 10}$
 = 4 tulangan
 Dipakai tulangan, 4 $\emptyset 10$

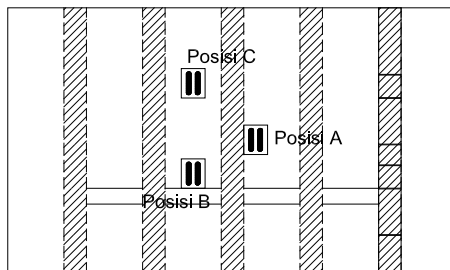


Gambar 4.3 Penulangan pada Kerb

4.4 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

4.4.1 Dasar Perencanaan

Pembebanan yang terjadi pada pelat lantai terdiri dari beban mati (berat pelat, berat aspal dan berat air hujan) dan beban hidup terpusat truk "T" dengan faktor dinamis, $DLA = (100\% + 40\%) = 1,4$. Analisa posisi roda truk digunakan untuk mengetahui apakah ketebalan pelat mencukupi untuk berbagai posisi roda. Diketahui tebal pelat, $t_s = 250$ mm.



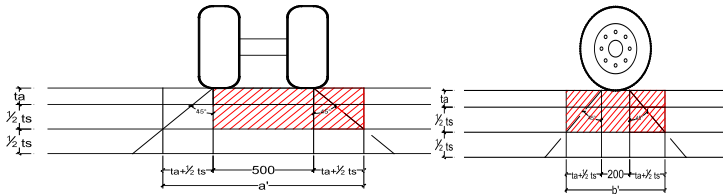
Gambar 4.4 Posisi roda pada pelat lantai kendaraan

Direncanakan,

- Tebal pelat (t_s) = 250 mm
- Tebal aspal (t_a) = 50 mm
- f'_c = 30 Mpa

- P roda = 11,25 ton
- \emptyset = 0,7
- DLA = 0,4

1. Analisis Roda pada posisi A

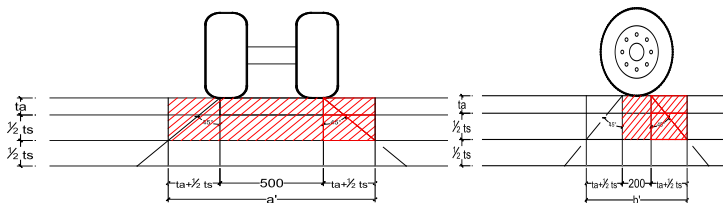


Gambar 4.5 Penyebaran Beban Roda Pada Posisi A

$$\begin{aligned}
 a' &= 500 + (ta + 1/2ts) \\
 &= 675 \text{ mm} \\
 b' &= 200 + 2(ta + 1/2ts) \\
 &= 550 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$\emptyset.1/6.\sqrt{f'c}$. keliling selimut beton bidang geser $\geq T_{TT}.P(1 + DLA)$
 $391393,4 \geq 283500 \gggg$ **Memenuhi**

2. Analisis Roda pada posisi B

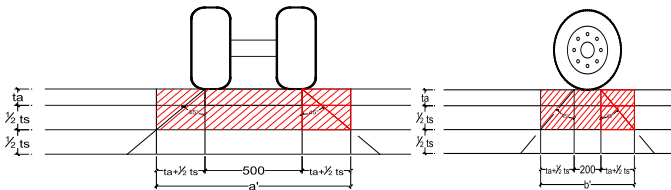


Gambar 4.6 Penyebaran Beban Roda Pada Posisi B

$$\begin{aligned}
 a' &= 500 + 2(ta + 1/2ts) \\
 &= 850 \text{ mm} \\
 b' &= 200 + (ta + 1/2ts) \\
 &= 375 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$\emptyset.1/6.\sqrt{f'c}$. keliling selimut beton bidang geser $\geq T_{TT}.P(1 + DLA)$
 $391393,4 \geq 283500 \gggg$ **Memenuhi**

3. Analisis Roda pada posisi C



Gambar 4.7 Penyebaran Beban Roda Pada Posisi C

$$a' = 500 + 2(ta + 1/2ts)$$

$$= 850 \text{ mm}$$

$$b' = 200 + 2(ta + 1/2ts)$$

$$= 550 \text{ mm}$$

$$\text{Ø}.1/6.\sqrt{f^c} \text{ c. keliling selimut beton bidang geser} \geq T_{TT} \cdot P(1 + DLA)$$

$$447306,8 \geq 283500 \gg \gg \text{Memenuhi}$$

4.4.2 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan bentang 17,5 m

1. Analisa Pembebanan

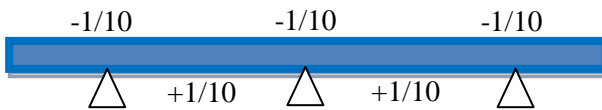
Beban-beban yang bekerja pada lantai kendaraan

a. Beban Mati

- Berat sendiri beton = $\gamma_{\text{beton}} \times T_s \times 1 \times P_{MS}$
 $= 2,5 \times 0,25 \times 1,3$
 $= 0,8125 \text{ t/m}$
- Aspal = $\gamma_{\text{aspal}} \times T_a \times 1 \times P_{MA}$
 $= 2,2 \times 0,05 \times 2$
 $= 0,22 \text{ t/m}$
- Hujan = $\gamma_{\text{air}} \times \text{Hujan} \times 1 \times P_{MA}$
 $= 1 \times 0,05 \times 2$
 $= 0,07 \text{ t/m}$
- Overlay = $\gamma_{\text{aspal}} \times T_a \times 1 \times P_{MA}$
 $= 2,2 \times 0,05 \times 1,4$
 $= 0,154 \text{ t/m}$
- qu_{Dtotal} = $0,8125 + 0,22 + 0,07 + 0,154$
 $= 1,1905 \text{ t/m}$

b. Beban Hidup

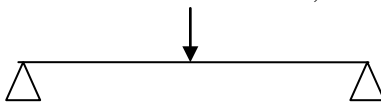
- UDL $= 0,9 (0,5 + 15/L) \times b \times T_{TD}$
 $= 0,9 (0,5 + 15/17,5) \times 1,6 \times 1,8$
 $= 3,52 \text{ t/m}$
- KEL $= 4,9 \times DLA \times b \times T_{TD}$
 $= 4,9 \times 1,4 \times 1,6 \times 1,8$
 $= 19,76 \text{ ton}$

2. Perhitungan Momen**a. Beban Mati**

- $qu_{Dtotal} = 1,1905 \text{ t/m}$
- $Mu_{Dead} = (qu \times L^2) / 10$
 $= 1,1905 \times 1,6^2 / 10$
 $= 0,30 \text{ t.m}$

b. Beban Hidup

- $quL = 3,52 \text{ t/m}$
- $MuL = (qu \times L^2) / 10$
 $= (3,52 \times 1,6) / 10$
 $= 0,90 \text{ t.m}$



- $PuL = 19,76 \text{ ton}$
 - $MuL = (Pu \times L) / 4$
 $= (19,76 \times 1,6) / 4$
 $= 7,90 \text{ t.m}$
- Momen Ultimate $= 0,30 + 0,90 + 7,90$
 $= 9,11 \text{ t.m}$
 $= 91080228,57 \text{ N.mm}$

3. Perhitungan Tulangan

a. Data rencana :

- h = 250 mm
- Decking = 50 mm
- Tulangan utama = 19 mm
- Tulangan bagi = 16 mm
- f^c = 30 Mpa
- f_y = 390 Mpa
- ϕ = 0,90
- β_1 = 0,85
- d' (tinggi efektif) = $h - d - D - 1/2D$
 $= 250 - 50 - 16 - \frac{1}{2} 19$
 $= 175$ mm

b. Perhitungan Tulangan Utama

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 91080228,57 / 0,9 \\ &= 101200254 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / b \cdot d^2 \\ &= 101200254 / 1000 \cdot 175^2 \\ &= 3,32 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= f_y / \beta_1 \cdot f^c \\ &= 390 / 0,85 \times 30 \\ &= 15,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 390 \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= 0,00916 \end{aligned}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{bal}$$

$$= 0,025$$

$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$, maka digunakan ρ_{perlu}

$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d'$$

$$= 0,00916 \cdot 1000 \cdot 175$$

$$= 1599 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 - 150

$$As_{pakai} = 1000 / s \cdot \pi \cdot (0,5 D^2)$$

$$= 1889 \text{ mm}^2 > 1599 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi**}$$

c. Cek kekuatan nominal

$$T = As_{pakai} \times f_y$$

$$= 1889 \times 390$$

$$= 736801 \text{ N}$$

$$a = T / \beta_1 \cdot 1000 \cdot f'_c$$

$$= 28,89 \text{ mm}$$

$$M_a = 0,8 \cdot T \cdot (d - a/2)$$

$$= 94341722,13 \text{ N.mm}$$

Kontrol, $M_a > M_u$

$$94341722,13 > 91080228,57, \text{ **Memenuhi**}$$

d. Tulangan Pembagi

$$As_{bagi} = 20\% \times As_{utama}$$

$$= 20\% \times 1889$$

$$= 378 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 - 250

$$As_{pakai} = 1000 / s \cdot \pi \cdot (0,5 D^2)$$

$$= 804 \text{ mm}^2 > 378 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi**}$$

4.4.3 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan bentang 65 m

1. Analisa Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada lantai kendaraan

a. Beban Mati

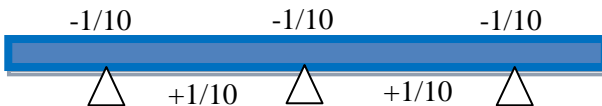
- Berat sendiri beton = $\gamma_{\text{beton}} \times T_s \times 1 \times P_{MS}$
 $= 2,5 \times 0,25 \times 1,3$
 $= 0,8125 \text{ t/m}$
- Aspal = $\gamma_{\text{aspal}} \times T_a \times 1 \times P_{MA}$
 $= 2,2 \times 0,05 \times 1,4$
 $= 0,154 \text{ t/m}$
- Hujan = $\gamma_{\text{air}} \times \text{Hujan} \times 1 \times P_{MA}$
 $= 1 \times 0,05 \times 2$
 $= 0,07 \text{ t/m}$
- Overlay = $\gamma_{\text{aspal}} \times T_a \times 1 \times P_{MA}$
 $= 2,2 \times 0,05 \times 1,4$
 $= 0,154 \text{ t/m}$
- qu_{Dtotal} = $0,8125 + 0,154 + 0,07 + 0,154$
 $= 1,19 \text{ t/m}$

b. Beban Hidup

- UDL = $0,9 (0,5 + 15/L) \times b \times T_{TD}$
 $= 0,9 (0,5 + 15/65) \times 1,6 \times 1,8$
 $= 1,89 \text{ t/m}$
- KEL = $4,9 \times DLA \times b \times T_{TD}$
 $= 4,9 \times 1,4 \times 1,6 \times 1,8$
 $= 19,76 \text{ ton}$

2. Perhitungan Momen

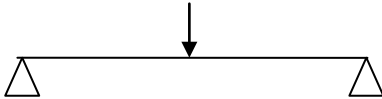
a. Beban Mati



- qu_{Dtotal} = $1,19 \text{ t/m}$
- Mu_{Dead} = $(qu \times L^2) / 10$
 $= 1,19 \times 1,6^2 / 10$
 $= 0,30 \text{ t.m}$

b. Beban Hidup

- quL = 1,89 t/m
- MuL = $(qu \times L^2) / 10$
= $(1,89 \times 1,6) / 10$
= 0,48 t.m



- PuL = 19,76 ton
 - MuL = $(Pu \times L) / 4$
= $(19,76 \times 1,6) / 4$
= 7,90 t.m
- Momen Ultimate = $0,30 + 0,48 + 7,90$
= 8,69 t.m
= 86923913,85 N.mm

3. Perhitungan Tulangan**a. Data rencana**

- h = 250 mm
- Decking = 50 mm
- Tulangan utama = 19 mm
- Tulangan bagi = 16 mm
- $f'c$ = 30 Mpa
- f_y = 390 Mpa
- ϕ = 0,90
- β_1 = 0,85
- d' (tinggi efektif) = $h - d - D - 1/2D$
= $250 - 50 - 16 - 1/2 \times 19$
= 175 mm

b. Perhitungan Tulangan Utama

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 86923913,85 / 0,9$$

$$= 96582126 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / b \cdot d^2 \\ &= 96582126 / 1000 \cdot 175^2 \\ &= 3,17 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= f_y / \beta_1 \cdot f'_c \\ &= 390 / 0,85 \times 30 \\ &= 15,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4 / f_y \\ &= 1,4 / 390 \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= 0,00871 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{bal}} \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka digunakan ρ_{perlu}

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d^2 \\ &= 0,00871 \cdot 1000 \cdot 175 \\ &= 1520 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19 - 150

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= 1000 / s \cdot \pi \cdot (0,5 D^2) \\ &= 1889 \text{ mm}^2 > 1520 \text{ mm}^2, \text{ *Memenuhi*} \end{aligned}$$

c. Cek kekuatan nominal

$$\begin{aligned} T &= \text{As pakai} \times f_y \\ &= 1889 \times 390 \\ &= 736801 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= T / \beta_1 \cdot 1000 \cdot f'c \\
 &= 28,89 \text{ mm} \\
 M_a &= 0,8 \cdot T (d - a/2) \\
 &= 94341722,13 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol, $M_a > M_u$

94341722,13 > 96582126 , *Memenuhi*

d. Tulangan Pembagi

$$\begin{aligned}
 A_{sbagi} &= 20\% \times A_s \text{ utama} \\
 &= 20\% \times 1889 \\
 &= 378 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 - 250

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} &= 1000 / s \cdot \pi \cdot (0,5 D)^2 \\
 &= 804 \text{ mm}^2 > 378 \text{ mm}^2, \text{ *Memenuhi*}
 \end{aligned}$$

4.5 Perencanaan Balok

4.5.1 Balok Memanjang (BM1)

1. Data Rencana

Panjang Gelagar	= 17,5 m
$f'c$	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
b	= 700 mm
h	= 1000 mm
f_y	= 390 Mpa
γ beton	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ torsi	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
d'	= h – decking
	= 1000 – 50
	= 950 mm

2. Hasil Output SAP

Momen Ultimate = 326,81 ton.m



Geser Ultimate = 64,38 ton



Torsi = 26,71 ton.m



3. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} \mu_u &= 326,81 \text{ t.m} \\ &= 3268075900 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\mu_u}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 5,748 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot x f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x f_c}} \right)$$

$$= 0,0169$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,5 \cdot x f_c' \cdot x \beta_1}{f_y} \right) \cdot x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,661638$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

0,0036 < 0,0169 < 0,496228 , maka digunakan ρ_{perlu}

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d' \\ &= 0,0169 \cdot 700 \cdot 950 \\ &= 11258,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 18D29

$$\text{Aspakai} = 11883,33 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 11258,34 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$\begin{aligned} a &= f_y \cdot \text{Asperlu} / 0,85 \cdot f'c \cdot b \\ &= 245,98 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (\text{As} \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 3631195444 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 3268075900 \text{ N.mm}$$

$\phi M_n \geq M_u$, $3268075900 \geq 3268075900$, *Memenuhi*

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot \text{As perlu} \\ &= 0,4 \times 11258,34 \\ &= 4503,34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 8D29

$$\text{Aspakai} = 5281,48 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 4503,34 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 0 \text{ t.m} \\ &= 0 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot x f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x f'c}} \right)$$

$$= 0$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0.5 \cdot x f'c' \cdot x \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0.661638$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,496228$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

0,0036 > 0 < 0,496228, maka digunakan ρ_{\min}

- Luas tulangan lapangan tekan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d'$$

$$= 0,0036 \cdot 700 \cdot 950$$

$$= 2387,179 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4D29

$$A_s \text{ pakai} = 2640,74 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 2387,179 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$a = f_y \cdot A_s \text{ perlu} / 0,85 \cdot f'c \cdot b$$

$$= 52,16 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2)$$

$$= 860170980,4 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 774153882,4 \text{ N.mm}$$

$\phi M_n \geq M_u$, $774153882,4 \geq 0$, **Memenuhi**

- Luas tulangan lapangan tarik

$$A_i = \delta \cdot A_s \text{ perlu}$$

$$= 0,4 \times 2387,18$$

$$= 954,87 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2D29

$$A_s \text{ pakai} = 1320,37 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 954,87 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Geser

$$V_u = 64,38 \text{ ton}$$

$$= 643758 \text{ N}$$

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f'c \times b_w \times d$$

$$= 3990000 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 2992500 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, **Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah**

$$\begin{aligned}\beta_1 &= d/2000 = 0,475 \leq 1,1 \\ \beta_2 &= 1 \\ \beta_3 &= 1 \\ V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \text{ (Ast} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 225113,9 \text{ N} \\ &= 22,5114 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 22,9314 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$V_{umin} \times \phi = 17,1985 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \phi < V_u$, **Hitung kekuatan geser**

$$\begin{aligned}V_{us} &= V_u / \phi - V_{uc} \\ &= 63,323 \text{ ton}\end{aligned}$$

Diasumsikan jarak tulangan = 150 mm

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

$$A_{sv} = 148,1 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $\phi 14 - 150$

$$A_{st} \text{ pakai} = 153,86 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ **Memenuhi**}$$

Maka digunakan tulangan geser lapangan $\phi 14 - 150$ dan tulangan geser tumpuan $\phi 14 - 100$

d. Tulangan Torsi

$$T_u = 26,71 \text{ ton.m}$$

Modulus penampang J_t

$$x = 700 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}J_t &= 0,4 x^2 y \\ &= 196000000 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

Kekuatan hancur puntir

$$\begin{aligned}T_{u \text{ maks}} &= 0,2 f'_c J_t \\ &= 117,6 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Kontrol $T_u \leq T_{umaks}$

$\phi T_{umaks} = 88,2 \text{ ton.m} > T_u = 26,71 \text{ ton.m}$, **Kehancuran badan tidak akan terjadi**

$$\begin{aligned}T_{uc} &= J_t (0,3 \sqrt{f'_c}) \\ &= 32,21 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Keperluan tulangan $T_u > 0,25 \phi T_{uc}$

$$\begin{aligned}
 0.25 \phi \text{Tuc} &= 6,04 \text{ ton.m} \\
 \text{Luas sangkar tulangan } A_t \text{ dan keliling } U_t & \\
 A_t &= 418396 \text{ mm}^2 \\
 U_t &= 2656 \text{ mm} \\
 A_{sw}/s_{perlu} &= (T_u / \phi) / 2.f_y.A_t \\
 &= 0,899 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 A_{sw}/s_{min} &= 0,2 y_1 / f_y \\
 &= 0,417 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Periksa $s <$ jarak antara maksimum S_{maks}

$$S_{maks} \leq 0,12 U_t \text{ atau } 300$$

$$S_{maks} = 318,72 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan puntir D29 dengan jarak 300

Kontrol ($A_{sw}/s \geq A_{sw}/s_{min}$)

$$\begin{aligned}
 A_{sw}/s &= 660,185 / 300 \\
 &= 2,201 \geq 0,417, \text{ *Memenuhi*}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{smin} &= 0,2 y_1 U_t / f_y \\
 &= 1108,71 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan puntir 2D29

$$A_{spakai} = 1320,37 \geq 1108,71, \text{ *Memenuhi*}$$

4.5.2 Balok Melintang Atas (BM2)

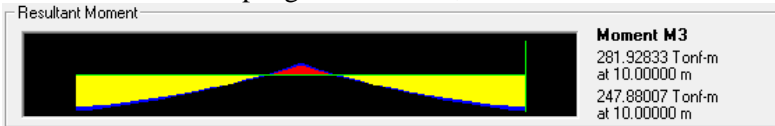
1. Data Rencana

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Gelagar} &= 10 \text{ m} \\
 f'_c &= 30 \text{ Mpa} \\
 \text{decking} &= 50 \text{ mm} \\
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 h &= 2100 \text{ mm} \\
 f_y &= 390 \text{ Mpa} \\
 \gamma_{\text{beton}} &= 2,5 \text{ t/m}^3 \\
 \beta_1 &= 0,85 \\
 \phi_{\text{lentur}} &= 0,9 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)} \\
 \phi_{\text{geser}} &= 0,75 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)} \\
 \phi_{\text{tors}} &= 0,75 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)}
 \end{aligned}$$

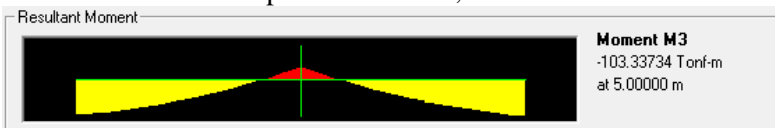
$$\begin{aligned}
 d' &= h - \text{decking} \\
 &= 2100 - 50 \\
 &= 2050 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Hasil Output SAP

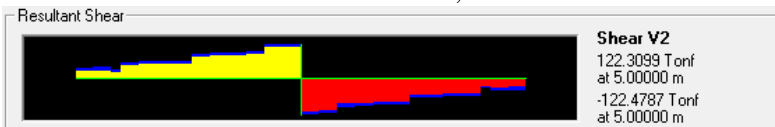
Momen Ultimate Lapangan = 281,93 ton.m



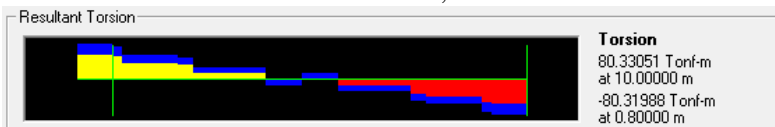
Momen Ultimate Tumpuan = 103,34 ton.m



Geser Ultimate = 122,48 ton



Torsi = 80,33 ton.m



3. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned}
 Mu &= 281.93 \text{ t.m} \\
 &= 2819283300 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \\
 &= 0,745 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{0,85x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85x_{fc}}} \right) \\
 &= 0,0019
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0,5 \cdot x f'c' \cdot x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,661638\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,496228\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

0,0036 < 0,0019 < 0,496228 , maka digunakan ρ_{\min}

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d' \\ &= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 2050 \\ &= 7358,974 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan 12D29

$$\text{Aspakai} = 7922,22 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 7358,974 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$\begin{aligned}a &= f_y \cdot \text{Asperlu} / 0,85 \cdot f'c' \cdot b \\ &= 112,55 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= (\text{As} \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 5721992157 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 5149792941 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n \geq M_u, 5149792941 \geq 2819283300, \text{ **Memenuhi**}$$

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned}A_i &= \delta \cdot \text{As perlu} \\ &= 0,4 \times 7358,974 \\ &= 2943,59 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan 6D29

$$\text{Aspakai} = 3961,11 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 2943,59 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} Mu &= 103.34 \text{ t.m} \\ &= 1033373400 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 0,273 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 x f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 x f_c}} \right) \\ &= 0,0007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,5 x f_c' x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,661638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 x \rho \text{ balance} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

0,0036 > 0,0007 < 0,496228 , maka digunakan ρ_{min}

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d' \\ &= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 2050 \\ &= 7358,974 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 12D29

$$\text{Aspakai} = 7922,22 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 7358,974 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq Mu$

$$\begin{aligned} a &= f_y \cdot \text{Asperlu} / 0,85 \cdot f_c' \cdot b \\ &= 112,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (\text{As} \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 5721992157 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 5149792941 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n \geq Mu , 5149792941 \geq 1033373400 , \text{Memenuhi}$$

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot A_s \text{ perlu} \\ &= 0,4 \times 7358,974 \\ &= 2943,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 6D29

$$A_{\text{pakai}} = 3961,11 \text{ mm}^2 > A_{\text{perlu}} = 2943,59 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 122.48 \text{ ton} \\ &= 1224787 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f'c \times b_w \times d \\ &= 12300000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 9225000 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, *Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah*

$$\beta_1 = d/2000 = 1,025 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f'c / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 689556,8 \text{ N} \\ &= 68,9557 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 70,2157 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{umin} \times \phi = 52,6618 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \phi < V_u$, *Hitung kekuatan geser*

$$\begin{aligned} V_{us} &= V_u / \phi - V_{uc} \\ &= 94,349 \text{ ton} \end{aligned}$$

Diasumsikan jarak tulangan = 200 mm

$$A_{sv} = (V_{us} \times s) / (f_y \times d)$$

$$A_{sv} = 280,3 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $\phi 19 - 200$

$$A_{st} \text{ pakai} = 283,385 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ *Memenuhi*}$$

Maka digunakan tulangan geser lapangan $\phi 19 - 200$ dan tulangan geser tumpuan $\phi 19 - 150$

d. Tulangan Torsi

$$Tu = 80.33 \text{ ton.m}$$

Modulus penampang J_t

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

$$y = 2100 \text{ mm}$$

$$J_t = 0,4 x^2 y$$

$$= 840000000 \text{ mm}^3$$

Kekuatan hancur puntir

$$Tu_{maks} = 0,2 f^c J_t$$

$$= 504 \text{ ton.m}$$

Kontrol $Tu \leq Tu_{maks}$

$$\phi Tu_{maks} = 378 \text{ ton.m} > Tu = 80.33 \text{ ton.m, } \textit{Kehancuran}$$

badan tidak akan terjadi

$$Tuc = J_t (0.3 \sqrt{f^c})$$

$$= 138,03 \text{ ton.m}$$

Keperluan tulangan $Tu > 0.25 \phi Tuc$

$$0.25 \phi Tuc = 25,88 \text{ ton.m}$$

Luas sangkar tulangan A_t dan keliling U_t

$$A_t = 1530816 \text{ mm}^2$$

$$U_t = 5416 \text{ mm}$$

$$Asw/sperlu = (Tu / \phi) / 2.fy.A_t$$

$$= 0,845 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$Asw/smin = 0,2 y1 / fy$$

$$= 0,97641 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Periksa $s <$ jarak antara maksimum $Smaks$

$$Smaks \leq 0,12 U_t \text{ atau } 300$$

$$Smaks = 649,92 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan puntir D29 dengan jarak 300

Kontrol ($Asw/s \geq Asw/smin$)

$$Asw/s = 660,185 / 300$$

$$= 2,201 \geq 0,97641, \textit{Memenuhi}$$

$$Asmin = 0,2 y1 U_t / fy$$

$$= 5288,238 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan puntir 10D29

$$Aspakai = 6601,85 \geq 5288,238, \textit{Memenuhi}$$

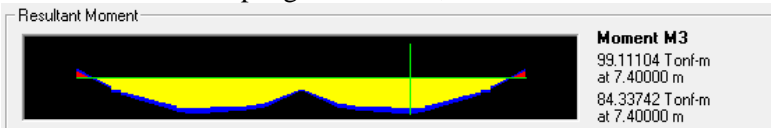
4.5.3 Balok Melintang Atas (BM3)

1. Data Rencana

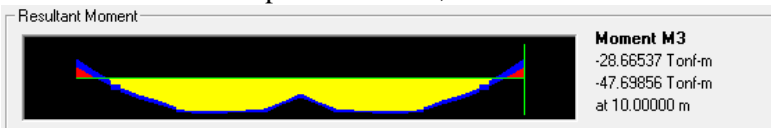
Panjang Gelagar	= 10 m
$f'c$	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
b	= 800 mm
h	= 1600 mm
f_y	= 390 Mpa
γ beton	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ torsi	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
d'	= h – decking
	= 1600 – 50
	= 1550 mm

2. Hasil Output SAP

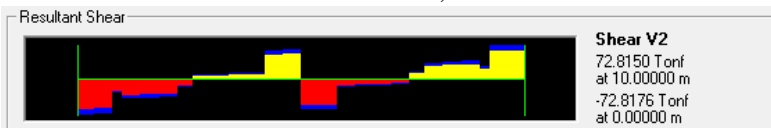
Momen Ultimate Lapangan = 99,11 ton.m



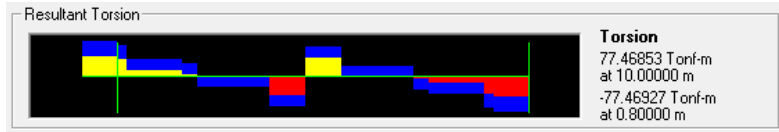
Momen Ultimate Tumpuan = 47,70 ton.m



Geser Ultimate = 72,82 ton



Torsi = 77,47 ton.m



3. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= 99,11 \text{ t.m} \\ &= 991110400 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 0,573 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot xfc}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot xfc}} \right) \\ &= 0,0015 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4/fy \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho b &= \left(\frac{0,5 \cdot xfc' \cdot x\beta_1}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= 0,661638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 \times \rho \text{ balance} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ maks}$$

0,0036 > 0,0015 < 0,496228, maka digunakan $\rho \text{ min}$

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d' \\ &= 0,0036 \cdot 800 \cdot 1550 \\ &= 4451,282 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 7D29

$$As \text{ pakai} = 4621,30 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu} = 4451,282 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi Mn \geq Mu$

$$\begin{aligned} a &= fy \cdot As \text{ pakai} / 0,85 \cdot f'c \cdot b \\ &= 85,10 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 2616934902 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 2355241412 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n \geq M_u, 2355241412 \geq 991110400, \text{ *Memenuhi*}$$

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot A_s \text{ perlu} \\ &= 0,4 \times 4451,282 \\ &= 1780,51 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3D29

$$A_{spakai} = 1980,56 \text{ mm}^2 > A_{sperlu} = 1780,51 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 47,69 \text{ t.m} \\ &= 47698600 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 0,276 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x_{fc}}} \right)$$

$$= 0,0007$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,5 \cdot x_{fc}' \cdot \beta_1}{f_y} \right) \cdot x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,661638$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

0,0036 > 0,0007 < 0,496228, maka digunakan ρ_{min}

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d^2 \\ &= 0,0036 \cdot 800 \cdot 1550 \\ &= 4451,282 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 7D29

$$\text{Aspakai} = 4621,3 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 4451,282 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$\begin{aligned} a &= f_y \cdot \text{Asperlu} / 0,85 \cdot f'c \cdot b \\ &= 85,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 2616934902 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 2355241412 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n \geq M_u, 2355241412 \geq 47698600, \text{ **Memenuhi**}$$

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot \text{As perlu} \\ &= 0,4 \times 4451,282 \\ &= 1780,51 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3D29

$$\text{Aspakai} = 1980,56 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 1780,51 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 72,82 \text{ ton} \\ &= 728176 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f'c \times b_w \times d \\ &= 7440000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 5580000 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, **Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah**

$$\beta_1 = d/2000 = 0,775 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f'c / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 315366 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 31,5366 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 32,3047 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{umin} \times \phi = 24,2285 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \phi < V_u$, **Hitung kekuatan geser**

$$\begin{aligned} V_{us} &= V_u / \phi - V_{uc} \\ &= 65,5535 \text{ ton} \end{aligned}$$

Diasumsikan jarak tulangan = 250 mm

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

$$A_{sv} = 211,9 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $\phi 19 - 250$

$$A_{st} \text{ pakai} = 283,385 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ **Memenuhi**}$$

Maka digunakan tulangan geser lapangan $\phi 19 - 250$ dan tulangan geser tumpuan $\phi 19 - 200$

d. Tulangan Torsi

$$T_u = 77,47 \text{ ton.m}$$

Modulus penampang J_t

$$x = 800 \text{ mm}$$

$$y = 1600 \text{ mm}$$

$$J_t = 0,4 x^2 y = 409600000 \text{ mm}^3$$

Kekuatan hancur puntir

$$T_u \text{ maks} = 0,2 f'c J_t$$

$$= 245,76 \text{ ton.m}$$

Kontrol $T_u \leq T_{umaks}$

$$\phi T_{umaks} = 184,32 \text{ ton.m} > T_u = 77,47 \text{ ton.m}, \text{ **Kehancuran badan tidak akan terjadi**}$$

$$T_{uc} = J_t (0,3 \sqrt{f'c})$$

$$= 67,30 \text{ ton.m}$$

Keperluan tulangan $T_u > 0,25 \phi T_{uc}$

$$0,25 \phi T_{uc} = 12,62 \text{ ton.m}$$

Luas sangkar tulangan A_t dan keliling U_t

$$A_t = 848016 \text{ mm}^2$$

$$U_t = 4016 \text{ mm}$$

$$A_{sw}/\text{sperlu} = (T_u / \phi) / 2.f_y.A_t$$

$$= 1,562 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sw}/\text{smin} = 0,2 y_1 / f_y$$

$$= 0,72 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Periksa $s <$ jarak antara maksimum S_{maks}

$$S_{maks} \leq 0,12 U_t \text{ atau } 300$$

$$S_{maks} = 481,92 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan puntir D29 dengan jarak 300

Kontrol ($A_{sw}/s \geq A_{sw}/\text{smin}$)

$$\begin{aligned} \text{Asw/s} &= 660,185 / 300 \\ &= 2,201 \geq 1,562, \text{ *Memenuhi*} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asmin} &= 0,2 \text{ y1 Ut} / f_y \\ &= 2891,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan puntir 6D29

$$\text{Aspakai} = 3961,11 \geq 2891,52, \text{ *Memenuhi*}$$

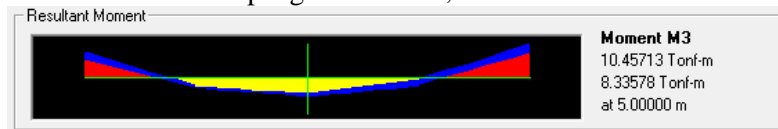
4.5.4 Balok Memanjang (BM4)

1. Data Rencana

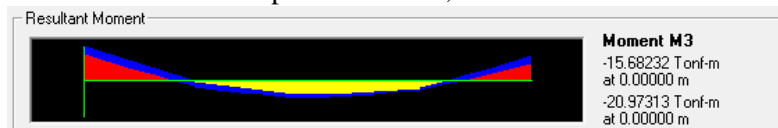
Panjang Gelagar	= 7,5 m
$f'c$	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
b	= 250 mm
h	= 500 mm
f_y	= 390 Mpa
γ beton	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ torsi	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
d'	= h – decking
	= 500 - 50
	= 450 mm

2. Hasil Output SAP

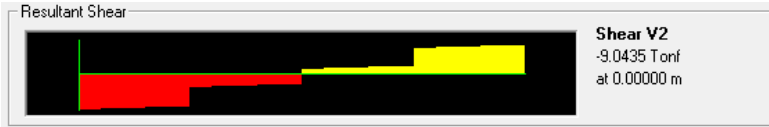
$$\text{Momen Ultimate Lapangan} = 10,46 \text{ ton.m}$$



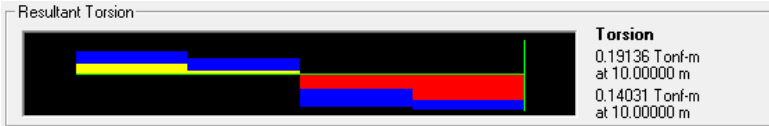
$$\text{Momen Ultimate Tumpuan} = 20,97 \text{ ton.m}$$



Geser Ultimate = 9,04 ton



Torsi = 0,19 ton.m



3. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= 10,46 \text{ t.m} \\ &= 104571300 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 2,295 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot xfc}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot xfc}} \right) \\ &= 0,0062 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4/fy \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho b &= \left(\frac{0,5 \cdot xfc' \cdot x\beta_1}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= 0,661638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 \times \rho \text{ balance} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ maks}$$

0,0036 < 0,0062 < 0,496228, maka digunakan $\rho \text{ perlu}$

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d' \\ &= 0,0062 \cdot 250 \cdot 450 \\ &= 694,8744 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 4D16

$$\text{Aspakai} = 803,84 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 694,8744 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$\begin{aligned} a &= f_y \cdot \text{Asperlu} / 0,85 \cdot f'_c \cdot b \\ &= 42,51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 116190333,3 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 104571300 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n \geq M_u, 104571300 \geq 104571300, \text{ **Memenuhi**}$$

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot \text{As perlu} \\ &= 0,4 \times 694,87 \\ &= 277,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2D16

$$\text{Aspakai} = 401,92 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 277,95 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 20,97 \text{ t.m} \\ &= 209731300 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 4,603 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot x \cdot f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x \cdot f'_c}} \right) \\ &= 0,0131 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,5 \cdot x \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,661638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0036 < 0,0131 < 0,496228, \text{ maka digunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d' \\ &= 0,0131 \cdot 250 \cdot 450 \\ &= 1475,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 8D16

$$A_s \text{ pakai} = 1607,68 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1475,9 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$\begin{aligned} a &= f_y \cdot A_s \text{ perlu} / 0,85 \cdot f'_c \cdot b \\ &= 90,29 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 233034777,8 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 209731300 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n \geq M_u, 209731300 \geq 209731300, \text{ **Memenuhi**}$$

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot A_s \text{ perlu} \\ &= 0,4 \times 1475,9 \\ &= 590,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 4D16

$$A_s \text{ pakai} = 803,84 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 590,36 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 9,04 \text{ ton} \\ &= 90435 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\ &= 675000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 506250 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, **Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah**

$$\beta_1 = d/2000 = 0,225 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 10896 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 1,0896 \text{ ton}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 1,1646 \text{ ton}$$

$$V_{\text{umin}} \times \phi = 0,8735 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{\text{umin}} \times \phi < V_u$, **Hitung kekuatan geser**

$$\begin{aligned} V_{\text{us}} &= V_u / \phi - V_{\text{uc}} \\ &= 10,9684 \text{ ton} \end{aligned}$$

Diasumsikan jarak tulangan = 250 mm

$$A_{\text{sv}} = (V_{\text{uc}} \times s) / (f_y \times d)$$

$$A_{\text{sv}} = 25,2 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 250$

$$A_{\text{st}} \text{ pakai} = 50,24 \text{ mm}^2 > A_{\text{sv}}, \text{ **Memenuhi**}$$

Maka digunakan tulangan geser lapangan $\phi 8 - 250$ dan tulangan geser tumpuan $\phi 8 - 200$

d. Tulangan Torsi

$$T_u = 0,19 \text{ ton.m}$$

Modulus penampang J_t

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

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

$$\begin{aligned} J_t &= 0,4 x^2 y \\ &= 12500000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Kekuatan hancur puntir

$$\begin{aligned} T_u \text{ maks} &= 0,2 f'c J_t \\ &= 7,5 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Kontrol $T_u \leq T_{\text{umaks}}$

$$\phi T_{\text{umaks}} = 5,625 \text{ ton.m} > T_u = 0,19 \text{ ton.m}, \text{ **Kehancuran badan tidak akan terjadi**}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{uc}} &= J_t (0,3 \sqrt{f'c}) \\ &= 2,05 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Keperluan tulangan $T_u > 0,25 \phi T_{\text{uc}}$

$$0,25 \phi T_{\text{uc}} = 0,39 \text{ ton.m}$$

Luas sangkar tulangan A_t dan keliling U_t

$$A_t = 35904 \text{ mm}^2$$

$$U_t = 908 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{sw}}/\text{sperlu} &= (T_u / \phi) / 2.f_y.A_t \\ &= 0,092 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{sw}}/\text{smin} &= 0,2 y_1 / f_y \\ &= 0,180513 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Periksa $s < \text{jarak antara maksimum Smaks}$

$$\text{Smaks} \leq 0,12 \text{ Ut atau } 300$$

$$\text{Smaks} = 108,96 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan puntir D16 dengan jarak 300

Kontrol ($A_{sw}/s \geq A_{sw}/s_{min}$)

$$\begin{aligned} A_{sw}/s &= 200,96 / 300 \\ &= 0,670 \geq 0,092, \text{ *Memenuhi* } \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{smin} &= 0,2 y1 \text{ Ut} / f_y \\ &= 163,906 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan puntir 2D16

$$\text{Aspakai} = 401,92 \geq 163,906, \text{ *Memenuhi* }$$

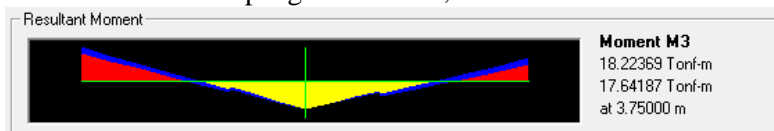
4.5.5 Balok Memanjang (BM5)

1. Data Rencana

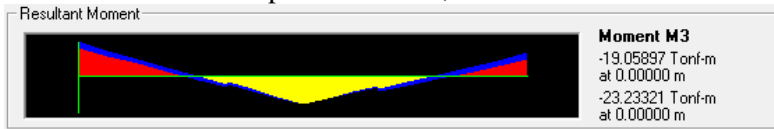
Panjang Gelagar	= 10 m
f'_c	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
b	= 250 mm
h	= 500 mm
f_y	= 390 Mpa
γ beton	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ torsi	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
d'	= h – decking
	= 500 - 50
	= 450 mm

2. Hasil Output SAP

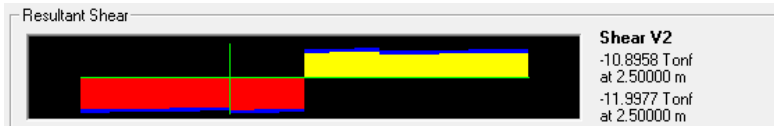
$$\text{Momen Ultimate Lapangan} = 18,22 \text{ ton.m}$$



Momen Ultimate Tumpuan = 23,23 ton.m



Geser Ultimate = 12,00 ton



Torsi = 0,38 ton.m



3. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} \mu &= 18,22 \text{ t.m} \\ &= 182236900 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\mu}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 4,00 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 x f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 x f_c'}} \right) \\ &= 0,0112 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,5 x f_c' x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,661638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 x \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$0,0036 < 0,0112 < 0,496228$, maka digunakan perlu

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot d^2 \\ &= 0,0112 \cdot 250 \cdot 450 \\ &= 1262,026 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 8D16

$$\text{Aspakai} = 1607,68 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 1262,026 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$\begin{aligned} a &= f_y \cdot \text{Asperlu} / 0,85 \cdot f'_c \cdot b \\ &= 77,21 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (\text{As} \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 202485444,4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 182236900 \text{ N.mm}$$

$\phi M_n \geq M_u$, $182236900 \geq 182236900$, **Memenuhi**

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot \text{As perlu} \\ &= 0,4 \times 1262,026 \\ &= 504,81 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3D16

$$\text{Aspakai} = 602,88 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 504,81 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 23 \text{ t.m} \\ &= 232332100 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 5,099 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x_{fc}}} \right)$$

$$= 0,0147$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0.5 \cdot x f'c' \cdot x \beta_1}{f_y} \right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0.661638$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,496228$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

0,0036 < 0,0147 < 0,496228 , maka digunakan ρ_{perlu}

- Luas tulangan lapangan tekan

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d'$$

$$= 0,0147 \cdot 250 \cdot 450$$

$$= 1657,715 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 9D16

$$A_s \text{ pakai} = 1808,64 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1657,715 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$a = f_y \cdot A_s \text{ perlu} / 0,85 \cdot f'c \cdot b$$

$$= 101,41 \text{ mm}$$

$$M_n = (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2)$$

$$= 258146777,8 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 232332100 \text{ N.mm}$$

$\phi M_n \geq M_u$, 232332100 \geq 232332100 , **Memenuhi**

- Luas tulangan lapangan tarik

$$A_i = \delta \cdot A_s \text{ perlu}$$

$$= 0,4 \times 1657,715$$

$$= 663,09 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 4D16

$$A_s \text{ pakai} = 803,84 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 663,09 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Geser

$$V_u = 12,00 \text{ ton}$$

$$= 119977 \text{ N}$$

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f'c \times b_w \times d$$

$$= 675000 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 506250 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, **Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah**

$$\beta_1 = d/2000 = 0,225 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \times (A_{st} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 14684,3 \text{ N}$$

$$= 1,46843 \text{ ton}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 1,5434 \text{ ton}$$

$$V_{umin} \times \phi = 1,1576 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \phi < V_u$, **Hitung kekuatan geser**

$$V_{us} = V_u/\phi - V_{uc}$$

$$= 14,5285 \text{ ton}$$

Diasumsikan jarak tulangan = 250 mm

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

$$A_{sv} = 34,0 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 250$

$$A_{st} \text{ pakai} = 50,24 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ **Memenuhi**}$$

Maka digunakan tulangan geser lapangan $\phi 8 - 250$ dan tulangan geser tumpuan $\phi 8 - 200$

d. Tulangan Torsi

$$T_u = 0,38 \text{ ton.m}$$

Modulus penampang J_t

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

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

$$J_t = 0,4 x^2 y$$

$$= 12500000 \text{ mm}^3$$

Kekuatan hancur puntir

$$T_{u \text{ maks}} = 0,2 f'_c J_t$$

$$= 7,5 \text{ ton.m}$$

Kontrol $T_u \leq T_{u \text{ maks}}$

$$\phi T_{u \text{ maks}} = 5,625 \text{ ton.m} > T_u = 0,38 \text{ ton.m}, \text{ **Kehancuran badan tidak akan terjadi**}$$

$$T_{uc} = J_t (0,3 \sqrt{f'_c})$$

$$= 2,05 \text{ ton.m}$$

Keperluan tulangan $T_u > 0,25 \phi T_{uc}$

$$\begin{aligned}
 0.25 \phi \text{Tuc} &= 0,39 \text{ ton.m} \\
 \text{Luas sangkar tulangan } At \text{ dan keliling } Ut & \\
 At &= 35904 \text{ mm}^2 \\
 Ut &= 908 \text{ mm} \\
 \text{Asw/sperlu} &= (Tu / \phi) / 2.fy.At \\
 &= 0,182 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 \text{Asw/smin} &= 0,2 y1 / fy \\
 &= 0,180513 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 \text{Periksa } s &< \text{ jarak antara maksimum Smaks} \\
 \text{Smaks} &\leq 0,12 Ut \text{ atau } 300 \\
 \text{Smaks} &= 108,96 \text{ mm} \\
 \text{Digunakan tulangan puntir D16 dengan jarak } 300 & \\
 \text{Kontrol } (Asw/s \geq Asw/smin) & \\
 \text{Asw/s} &= 200,96 / 300 \\
 &= 0,670 \geq 0,182, \text{ *Memenuhi*} \\
 \text{Asmin} &= 0,2 y1 Ut / fy \\
 &= 163,906 \text{ mm}^2 \\
 \text{Digunakan tulangan puntir } 2D16 & \\
 \text{Aspakai} &= 401,92 \geq 163,906, \text{ *Memenuhi*}
 \end{aligned}$$

4.5.6 Balok Melintang Bawah (BM6)

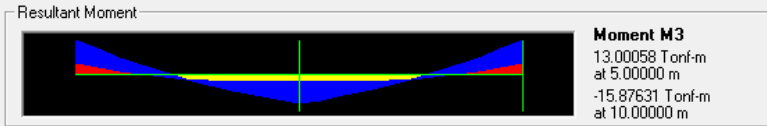
1. Data Rencana

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Gelagar} &= 10 \text{ m} \\
 f'c &= 30 \text{ Mpa} \\
 \text{decking} &= 50 \text{ mm} \\
 b &= 400 \text{ mm} \\
 h &= 800 \text{ mm} \\
 fy &= 390 \text{ Mpa} \\
 \gamma \text{ beton} &= 2,5 \text{ t/m}^3 \\
 \beta 1 &= 0,85 \\
 \phi \text{ lentur} &= 0,9 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)} \\
 \phi \text{ geser} &= 0,75 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)} \\
 \phi \text{ torsi} &= 0,75 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)}
 \end{aligned}$$

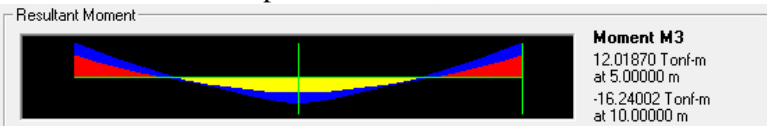
$$\begin{aligned}
 d' &= h - \text{decking} \\
 &= 800 - 50 \\
 &= 750 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2. Hasil Output SAP

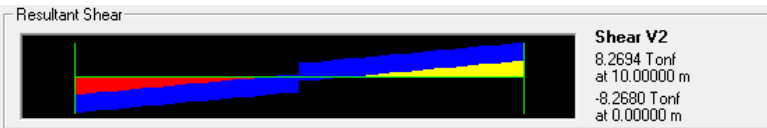
Momen Ultimate Lapangan = 13,00 ton.m



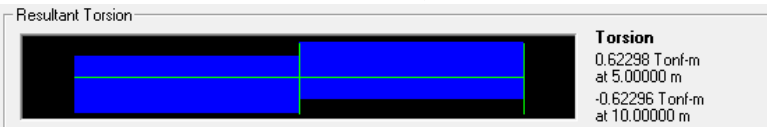
Momen Ultimate Tumpuan = 16,24 ton.m



Geser Ultimate = 8.27 ton



Torsi = 0,62 ton.m



3. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned}
 Mu &= 13.00 \text{ t.m} \\
 &= 130005800 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \\
 &= 0,642 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{0,85x f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.Rn}{0,85x f'c}} \right)$$

$$= 0,0017$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y$$

$$= 0,00359$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,5x f'c' x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,661638$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,496228$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

0,0036 > 0,0017 < 0,496228 , maka digunakan ρ_{\min}

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d'$$

$$= 0,0017 \cdot 400 \cdot 750$$

$$= 1076,923 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 6D16

$$\text{Aspakai} = 1205,76 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 1076,923 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$a = f_y \cdot \text{Asperlu} / 0,85 \cdot f'c \cdot b$$

$$= 41,18 \text{ mm}$$

$$M_n = (\text{As} \cdot f_y) \cdot (d - a/2)$$

$$= 306352941,2 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n = 275717647,1 \text{ N.mm}$$

$\phi M_n \geq M_u$, 275717647,1 \geq 130005800 , **Memenuhi**

- Luas tulangan lapangan tekan

$$A_i = \delta \cdot \text{As perlu}$$

$$= 0,4 \times 1076,923$$

$$= 430,77 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 3D16

$$\text{Aspakai} = 602,88 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 430,77 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} Mu &= 16 \text{ t.m} \\ &= 162400200 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 0,802 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 x f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 x f_c}} \right) \\ &= 0,0021 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,5 x f_c' x \beta_1}{f_y} \right) x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,661638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 x \rho \text{ balance} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

0,0036 > 0,0021 < 0,496228 , maka digunakan ρ_{min}

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d^2 \\ &= 0,0021 \cdot 400 \cdot 750 \\ &= 1076,923 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 6D16

$$As_{\text{pakai}} = 1205,76 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 1076,923 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq Mu$

$$\begin{aligned} a &= f_y \cdot As_{\text{perlu}} / 0,85 \cdot f_c' \cdot b \\ &= 41,18 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= (As \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 306352941,2 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi Mn = 275717647,1 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn \geq Mu, 275717647,1 \geq 162400200, \text{ Memenuhi}$$

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot A_s \text{ perlu} \\ &= 0,4 \times 1076,923 \\ &= 430,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3D16

$$A_{\text{pakai}} = 602,88 \text{ mm}^2 > A_{\text{perlu}} = 430,77 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 8,27 \text{ ton} \\ &= 82694 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\ &= 1800000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 1350000 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, ***Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah***

$$\beta_1 = d/2000 = 0,375 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \text{ (Ast} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 36918,6 \text{ N} \\ &= 3,69186 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 3,8839 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{umin} \times \phi = 2,9129 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \phi < V_u$, ***Hitung kekuatan geser***

$$\begin{aligned} V_{us} &= V_u / \phi - V_{uc} \\ &= 7,31321 \text{ ton} \end{aligned}$$

Diasumsikan jarak tulangan = 200 mm

$$A_{sv} = (V_{us} \times s) / (f_y \times d)$$

$$A_{sv} = 41,0 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 200$

$$A_{\text{st pakai}} = 50,24 \text{ mm}^2 > A_{sv} \text{ , Memenuhi}$$

Maka digunakan tulangan geser lapangan $\phi 8 - 200$ dan tulangan geser tumpuan $\phi 8 - 150$

d. Tulangan Torsi

$$T_u = 0,62 \text{ ton.m}$$

Modulus penampang J_t

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

$$y = 800 \text{ mm}$$

$$J_t = 0,4 x^2 y$$

$$= 51200000 \text{ mm}^3$$

Kekuatan hancur puntir

$$T_u \text{ maks} = 0,2 f'c J_t$$

$$= 30,72 \text{ ton.m}$$

Kontrol $T_u \leq T_u \text{ maks}$

$$\phi T_u \text{ maks} = 23,04 \text{ ton.m} > T_u = 0,62 \text{ ton.m, } \mathbf{Kehancuran}$$

badan tidak akan terjadi

$$T_{uc} = J_t (0,3 \sqrt{f'c})$$

$$= 8,41 \text{ ton.m}$$

Keperluan tulangan $T_u > 0,25 \phi T_{uc}$

$$0,25 \phi T_{uc} = 1,58 \text{ ton.m}$$

Luas sangkar tulangan A_t dan keliling U_t

$$A_t = 164304 \text{ mm}^2$$

$$U_t = 1808 \text{ mm}$$

$$A_{sw}/s_{perlu} = (T_u / \phi) / 2.f_y.A_t$$

$$= 0,065 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sw}/s_{min} = 0,2 y_1 / f_y$$

$$= 0,334359 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Periksa $s <$ jarak antara maksimum S_{maks}

$$S_{maks} \leq 0,12 U_t \text{ atau } 300$$

$$S_{maks} = 216,96 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan puntir D25 dengan jarak 200

Kontrol ($A_{sw}/s \geq A_{sw}/s_{min}$)

$$A_{sw}/s = 490,625 / 200$$

$$= 2,453 \geq 0,334359, \mathbf{Memenuhi}$$

$$A_{smin} = 0,2 y_1 U_t / f_y$$

$$= 604,521 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan puntir 4D16

$$A_{spakai} = 803,84 \geq 604,521, \mathbf{Memenuhi}$$

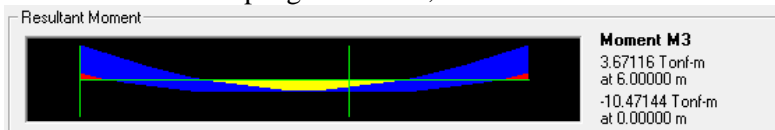
4.5.7 Balok Melintang (BM7)

1. Data Rencana

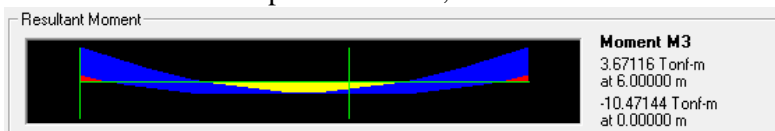
Panjang Gelagar	= 10 m
$f'c$	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
b	= 350 mm
h	= 700 mm
f_y	= 390 Mpa
γ beton	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ torsi	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
d'	= h – decking
	= 700 - 50
	= 650 mm

2. Hasil Output SAP

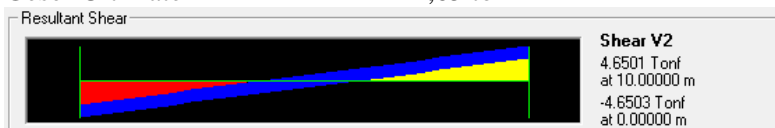
Momen Ultimate Lapangan = 3,67 ton.m



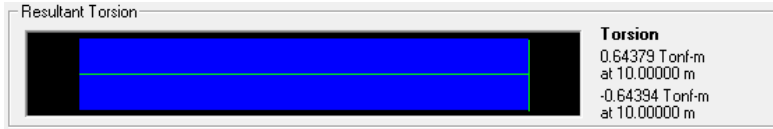
Momen Ultimate Tumpuan = 10,47 ton.m



Geser Ultimate = 4,65 ton



Torsi = 0,64 ton.m



3. Perhitungan Tulangan

a. Tulangan Lapangan

$$\begin{aligned} Mu &= 3,67 \text{ t.m} \\ &= 36711600 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 0,276 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{0,85 \cdot xfc}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot xfc}} \right) \\ &= 0,0007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4/fy \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho b &= \left(\frac{0,5 \cdot xfc' \cdot x \beta_1}{fy} \right) \cdot x \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\ &= 0,661638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 \times \rho \text{ balance} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

0,0036 > 0,0007 < 0,496228, maka digunakan ρ_{min}

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d' \\ &= 0,0017 \cdot 350 \cdot 650 \\ &= 816,6667 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 5D16

$$As_{\text{pakai}} = 1004,80 \text{ mm}^2 > As_{\text{perlu}} = 816,6667 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi Mn \geq Mu$

$$\begin{aligned} a &= fy \cdot As_{\text{perlu}} / 0,85 \cdot f'c \cdot b \\ &= 35,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 201341960,8 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 181207764,7 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n \geq M_u, 181207764,7 \geq 36711600, \text{ **Memenuhi**}$$

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot A_s \text{ perlu} \\ &= 0,4 \times 816,6667 \\ &= 326,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2D16

$$A_{\text{pakai}} = 401,92 \text{ mm}^2 > A_{\text{perlu}} = 326,67 \text{ mm}^2$$

b. Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 10,47 \text{ t.m} \\ &= 104714400 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} \\ &= 0,787 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x_{fc}}} \right)$$

$$= 0,0020$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= 1,4/f_y \\ &= 0,00359 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,5 \cdot x_{fc}' \cdot x \beta_1}{f_y} \right) \cdot x \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,661638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,496228 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0036 > 0,0020 < 0,496228, \text{ maka digunakan } \rho_{\text{min}}$$

- Luas tulangan lapangan tekan

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d' \\ &= 0,0020 \cdot 350 \cdot 650 \\ &= 816,6667 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 5D16

$$\text{Aspakai} = 1004,80 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 816,6667 \text{ mm}^2$$

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$\begin{aligned} a &= f_y \cdot \text{Asperlu} / 0,85 \cdot f'c \cdot b \\ &= 35,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s \cdot f_y) \cdot (d - a/2) \\ &= 201341960,8 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 181207764,7 \text{ N.mm}$$

$$\phi M_n \geq M_u, 181207764,7 \geq 104714400, \text{ **Memenuhi**}$$

- Luas tulangan lapangan tarik

$$\begin{aligned} A_i &= \delta \cdot \text{As perlu} \\ &= 0,4 \times 816,6667 \\ &= 326,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 2D16

$$\text{Aspakai} = 401,92 \text{ mm}^2 > \text{Asperlu} = 326,67 \text{ mm}^2$$

c. Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 4,65 \text{ ton} \\ &= 46503 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f'c \times b_w \times d \\ &= 1365000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 1023750 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi V_c$, **Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah**

$$\beta_1 = d/2000 = 0,325 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \left(A_{st} \times f'c / b_w \times d \right)^{0,5} \\ &= 24263,7 \text{ N} \\ &= 2,42637 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 2,5734 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{umin} \times \phi = 1,9300 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \phi < V_u$, **Hitung kekuatan geser**

$$\begin{aligned} V_{us} &= V_u / \phi - V_{uc} \\ &= 3,77403 \text{ ton} \end{aligned}$$

Diasumsikan jarak tulangan = 250 mm

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

$$A_{sv} = 38,9 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $\phi 8 - 250$

$$A_{st} \text{ pakai} = 50,24 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ **Memenuhi**}$$

Maka digunakan tulangan geser lapangan $\phi 8 - 250$ dan tulangan geser tumpuan $\phi 8 - 200$

d. Tulangan Torsi

$$T_u = 0,64 \text{ ton.m}$$

Modulus penampang J_t

$$x = 350 \text{ mm}$$

$$y = 700 \text{ mm}$$

$$J_t = 0,4 x^2 y$$

$$= 34300000 \text{ mm}^3$$

Kekuatan hancur puntir

$$T_u \text{ maks} = 0,2 f'_c J_t$$

$$= 20,58 \text{ ton.m}$$

Kontrol $T_u \leq T_{umaks}$

$$\phi T_{umaks} = 15,435 \text{ ton.m} > T_u = 0,64 \text{ ton.m}, \text{ **Kehancuran badan tidak akan terjadi**}$$

$$T_{uc} = J_t (0,3 \sqrt{f'_c})$$

$$= 5,64 \text{ ton.m}$$

Keperluan tulangan $T_u > 0,25 \phi T_{uc}$

$$0,25 \phi T_{uc} = 1,06 \text{ ton.m}$$

Luas sangkar tulangan A_t dan keliling U_t

$$A_t = 111504 \text{ mm}^2$$

$$U_t = 1508 \text{ mm}$$

$$A_{sw}/\text{sperlu} = (T_u / \phi) / 2.f_y.A_t$$

$$= 0,099 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sw}/s_{min} = 0,2 y_1 / f_y$$

$$= 0,283077 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Periksa $s <$ jarak antara maksimum S_{maks}

$$S_{maks} \leq 0,12 U_t \text{ atau } 300$$

$$S_{maks} = 216,96 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan puntir D25 dengan jarak 200

$$\text{Kontrol } (A_{sw}/s \geq A_{sw}/s_{min})$$

$$\begin{aligned} \text{Asw/s} &= 490,625 / 200 \\ &= 2,453 \geq 0,283077, \text{ Memenuhi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asmin} &= 0,2 \cdot y1 \cdot \text{Ut} / f_y \\ &= 426,880 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan puntir 4D16

$$\text{Aspakai} = 803,84 \geq 426,880, \text{ Memenuhi}$$

4.5.8 Rekapitulasi Perhitungan Balok

1. Balok Memanjang (BM1)

Tabel 4.4 Rekapitulasi Tulangan Balok BM1

NAMA	BALOK BMI	
PANJANG	17.5 m	17.5 m
DIMENSI	700 x 1000	700 x 1000
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	4 D29	8 D29
BAWAH	2 D29	18 D29
GESER	ø14 -100	ø14 -150
PUNTIR	2 D29	2 D29

2. Balok Melintang Atas (BM2)

Tabel 4.5 Rekapitulasi Tulangan Balok BM2

NAMA	BALOK BM2	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	1000 x 2100	1000 x 2100
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	12 D29	6 D29
BAWAH	6 D29	12 D29
GESER	ø19 -150	ø19 -200
PUNTIR	10 D29	10 D29

3. Balok Melintang Atas (BM3)

Tabel 4.6 Rekapitulasi Tulangan Balok BM3

NAMA	BALOK BM3	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	800 x 1600	800 x 1600
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	7 D29	3 D29
BAWAH	3 D29	7 D29
GESER	ø19 -200	ø19 -250
PUNTIR	6 D29	6 D29

4. Balok Melintang Memanjang (BM4)

Tabel 4.7 Rekapitulasi Tulangan Balok BM4

NAMA	BALOK BM4	
PANJANG	7.5 m	7.5 m
DIMENSI	250 x 500	250 x 500
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	8 D16	2 D16
BAWAH	4 D16	4 D16
GESER	ø8 -200	ø8 -250
PUNTIR	2 D16	2 D16

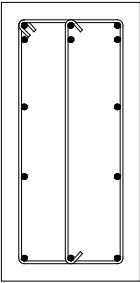
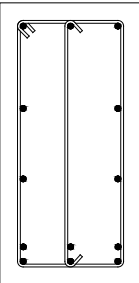
5. Balok Melintang Memanjang (BM5)

Tabel 4.8 Rekapitulasi Tulangan Balok BM5

NAMA	BALOK BM5	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	250 x 500	250 x 500
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	9 D16	3 D16
BAWAH	4 D16	8 D16
GESER	ø8 -200	ø8 -250
PUNTIR	2 D16	2 D16

6. Balok Melintang Bawah (BM6)

Tabel 4.9 Rekapitulasi Tulangan Balok BM6

NAMA	BALOK BM6	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	6 D16	3 D16
BAWAH	3 D16	6 D16
GESER	ø8 -150	ø8 -200
PUNTIR	4 D16	4 D16

7. Balok Melintang (BM7)

Tabel 4.10 Rekapitulasi Tulangan Balok BM7

NAMA	BALOK BM7	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	350 x 700	350 x 700
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	5 D16	2 D16
BAWAH	2 D16	5 D16
GESER	ø8 -200	ø8 -250
PUNTIR	4 D16	4 D16

4.6 Perencanaan Kolom

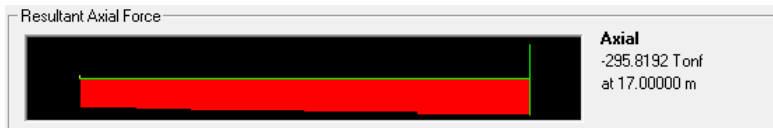
4.6.1 Kolom P1

1. Data Rencana

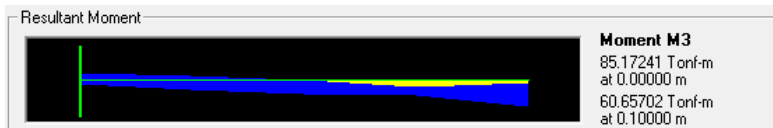
Panjang Gelagar	= 17 m
$f'c$	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
b	= 1000 mm
d	= 1000 mm
f_y	= 390 Mpa
γ beton	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)

2. Hasil Output SAP

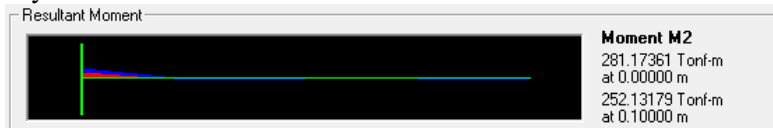
P_u = 295.82 ton



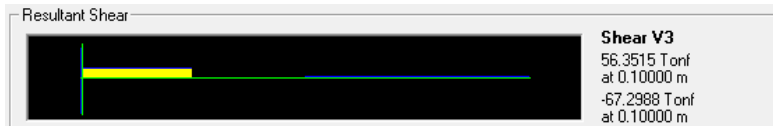
M_x = 85.17 ton.m



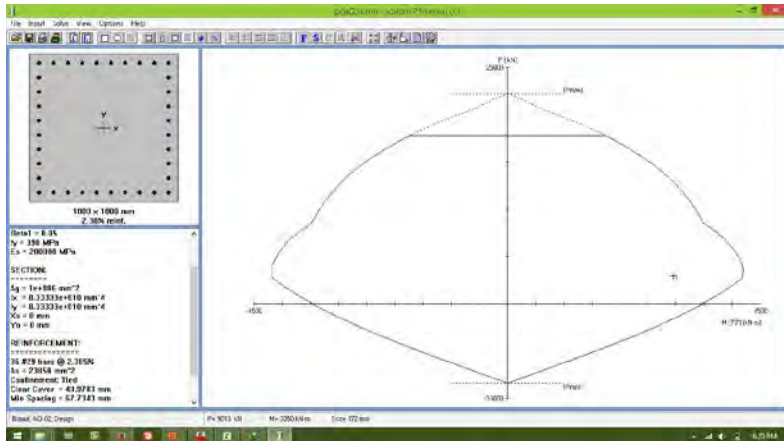
M_y = 281.17 ton.m



V_u = 67.30 ton



3. Hasil Pca Col



Gambar 4.8 Hasil diagram interaksi kolom P1 dari PCA Col

Maka diperoleh tulangan 36 D29 dengan As pasang 23850 mm².

4. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 67.30 \text{ ton}$$

$$= 672988 \text{ N}$$

$$V_{umaks} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$= 6000000 \text{ N}$$

$\phi V_{umaks} = 4500000 \text{ N} > V_u$, *Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah*

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 0,5 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 372994,6 \text{ N}$$

$$= 37,2995 \text{ ton}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 37,8995 \text{ ton}$$

$$\phi V_{\text{umin}} = 34,1095 \text{ ton} < V_u$$

Kontrol, $\phi V_{\text{umin}} < V_u$, **Hitung Tulangan Geser**

$$\text{Diasumsikan jarak tulangan} = 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_u \times s) / (f_y \times d) \\ &= 239,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $\phi 19 - 250$

$$A_{st} = 283,53 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ *Memenuhi*}$$

4.6.2 Kolom C1

1. Data Rencana

$$\text{Panjang Gelagar} = 8,4 \text{ m}$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{decking} = 50 \text{ mm}$$

$$b = 850 \text{ mm}$$

$$d = 850 \text{ mm}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2,5 \text{ t/m}^3$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\phi_{\text{lentur}} = 0,9 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)}$$

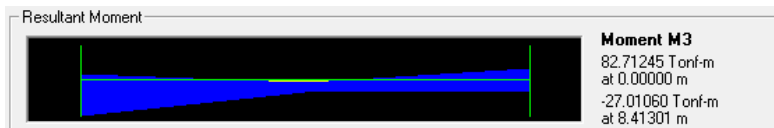
$$\phi_{\text{geser}} = 0,75 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)}$$

2. Hasil Output SAP

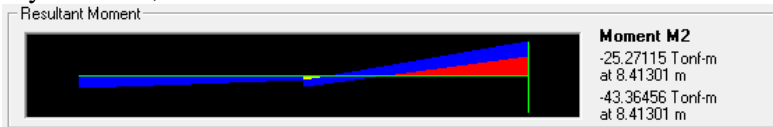
$$P_u = 144,21 \text{ ton}$$



$$M_x = 82.71 \text{ ton.m}$$



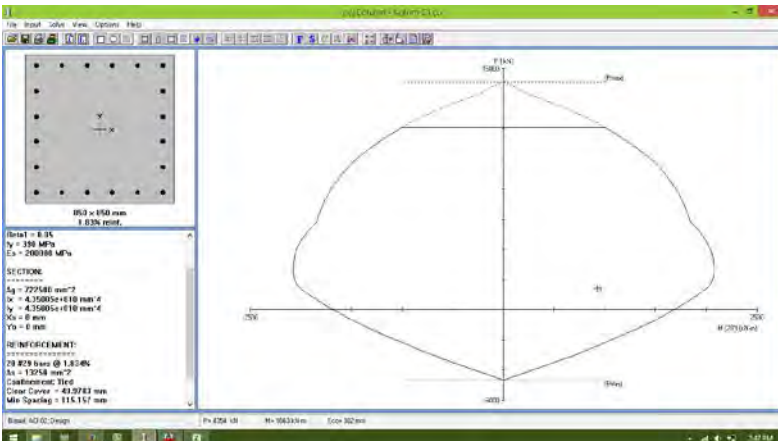
$$M_y = 43,36 \text{ ton.m}$$



$$V_u = 13,17 \text{ ton}$$



3. Hasil Pca Col



Gambar 4.9 Hasil diagram interaksi kolom C1 dari PCA Col

Maka diperoleh tulangan 20 D29 dengan A_s pasang 13250 mm^2 .

4. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 13,17 \text{ ton}$$

$$= 131670 \text{ N}$$

$$V_{umaks} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$= 4335000 \text{ N}$$

$$\phi V_{umaks} = 3251250 \text{ N} > V_u, \text{ Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= d/2000 \\ &= 0,425 \leq 1,1 \\ \beta_2 &= 1 \\ \beta_3 &= 1 \\ V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \times (A_{st} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 227759,5 \text{ N} \\ &= 22,77595 \text{ ton} \\ V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 23,2094 \text{ ton} \\ \phi V_{umin} &= 20,8885 \text{ ton} < V_u \\ \text{Kontrol, } \phi V_{umin} &< V_u, \text{ *Hitung Tulangan Geser*} \\ \text{Diasumsikan jarak tulangan} &= 200 \text{ mm} \\ A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 137,94 \text{ mm}^2 \\ \text{Maka digunakan tulangan } \phi 14 - 200 \\ A_{st} &= 153,94 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ *Memenuhi*} \end{aligned}$$

4.6.3 Kolom C2

1. Data Rencana

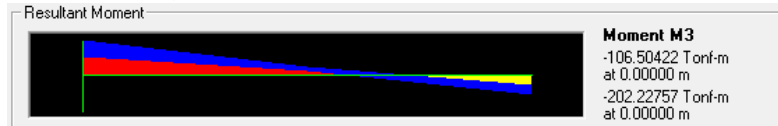
$$\begin{aligned} \text{Panjang Gelagar} &= 4,7 \text{ m} \\ f'_c &= 30 \text{ Mpa} \\ \text{decking} &= 50 \text{ mm} \\ b &= 850 \text{ mm} \\ d &= 850 \text{ mm} \\ f_y &= 390 \text{ Mpa} \\ \gamma_{\text{beton}} &= 2,5 \text{ t/m}^3 \\ \beta_1 &= 0,85 \\ \phi_{\text{lentur}} &= 0,9 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)} \\ \phi_{\text{geser}} &= 0,75 \text{ (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)} \end{aligned}$$

2. Hasil Output SAP

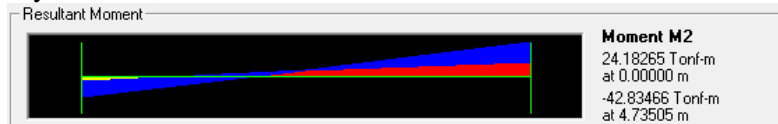
$P_u = 102,73 \text{ ton}$



$M_x = 202,23 \text{ ton.m}$



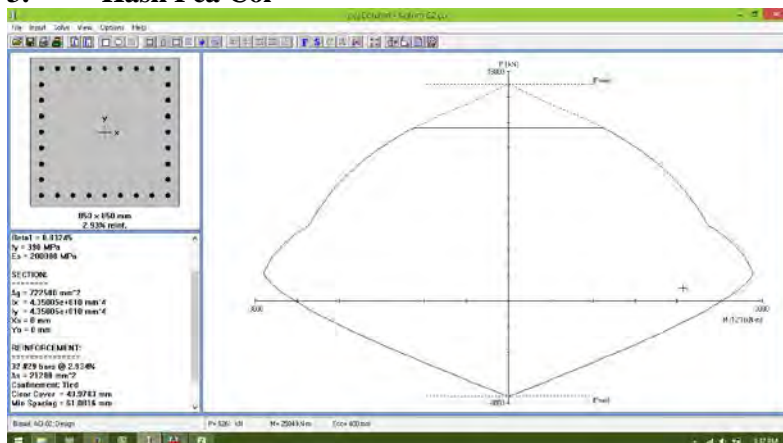
$M_y = 42,83 \text{ ton.m}$



$V_u = 64,95 \text{ ton}$



3. Hasil Pca Col



Gambar 4.10 Hasil diagram interaksi kolom C2 dari PCA Col

Maka diperoleh tulangan 32 D29 dengan As pasang 21200 mm².

4. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 64,95 \text{ ton} \\ &= 649478 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{maks}} &= 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\ &= 4335000 \text{ N} \end{aligned}$$

$\phi V_{\text{maks}} = 3251250 \text{ N} > V_u$, ***Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah***

$$\begin{aligned} \beta_1 &= d/2000 \\ &= 0,425 \leq 1,1 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 288095,5 \text{ N} \\ &= 28,8095,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{umin}} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 29,2430 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\phi V_{\text{umin}} = 26,3187 \text{ ton} < V_u$$

Kontrol, $\phi V_{\text{umin}} < V_u$, ***Hitung Tulangan Geser***

Diasumsikan jarak tulangan = 150 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 130,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $\phi 14 - 150$

$$A_{st} = 153,94 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ ***Memenuhi***}$$

4.6.4 Kolom C3

1. Data Rencana

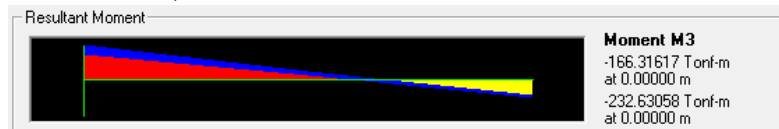
Panjang Gelagar	= 2,7 m
$f'c$	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
b	= 850 mm
d	= 850 mm
f_y	= 390 Mpa
γ beton	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)

2. Hasil Output SAP

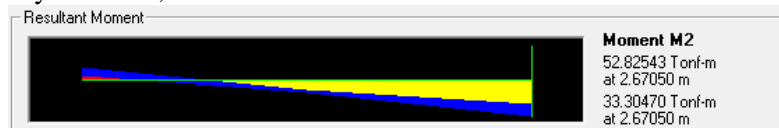
P_u = 109,45 ton



M_x = 232,63 ton.m



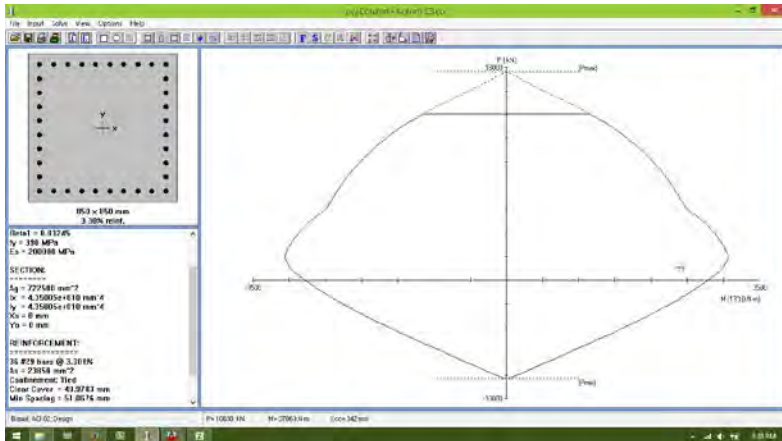
M_y = 52,83 ton.m



V_u = 131,10 ton



3. Hasil Pca Col



Gambar 4.11 Hasil diagram interaksi kolom C3 dari PCA Col

Maka diperoleh tulangan 36 D29 dengan As pasang 23850 mm².

4. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 131,10 \text{ ton}$$

$$= 1311012 \text{ N}$$

$$V_{umaks} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d$$

$$= 4335000 \text{ N}$$

$\phi V_{umaks} = 3251250 \text{ N} > V_u$, **Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah**

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 0,425 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \left(A_{st} \times f'_c / b_w \times d \right)^{0,5}$$

$$= 305571,4 \text{ N}$$

$$= 30,55714 \text{ ton}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 30,9906 \text{ ton}$$

$$\phi V_{umin} = 27,8916 \text{ ton} < V_u$$

Kontrol, $\phi V_{umin} < V_u$, **Hitung Tulangan Geser**

Diasumsikan jarak tulangan = 150 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 138,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $\phi 14 - 150$

$$A_{st} = 153,94 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ Memenuhi}$$

4.6.5 Kolom C4

1. Data Rencana

Panjang Gelagar = 2,0 m

f'_c = 30 Mpa

decking = 50 mm

b = 850 mm

d = 850 mm

f_y = 390 Mpa

γ beton = 2,5 t/m³

β_1 = 0,85

ϕ lentur = 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)

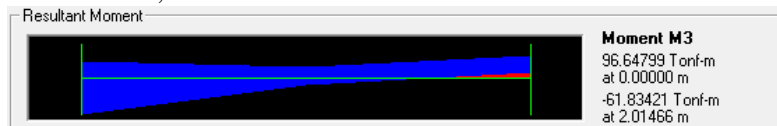
ϕ geser = 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)

2. Hasil Output SAP

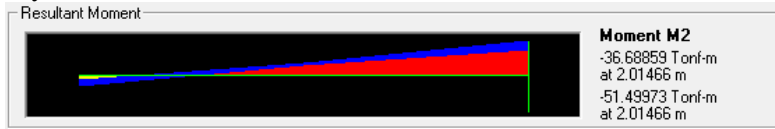
P_u = 98,54 ton



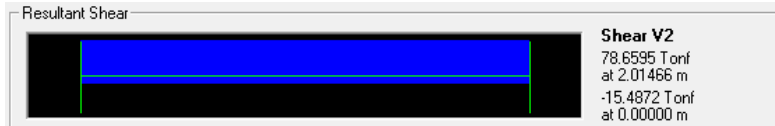
M_x = 96,65 ton.m



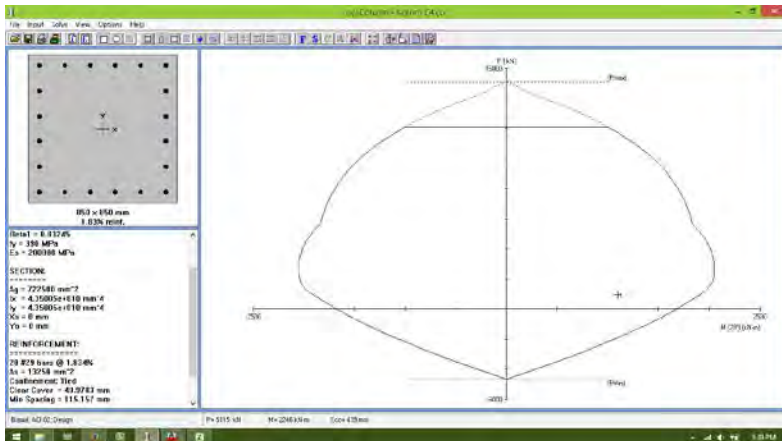
$$M_y = 51,50 \text{ ton.m}$$



$$V_u = 78,66 \text{ ton}$$



3. Hasil Pca Col



Gambar 4.12 Hasil diagram interaksi kolom C4 dari PCA Col

Maka diperoleh tulangan 20 D29 dengan As pasang 13250 mm².

4. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 78,66 \text{ ton} \\ = 786595 \text{ N}$$

$$V_{umaks} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\ = 4335000 \text{ N}$$

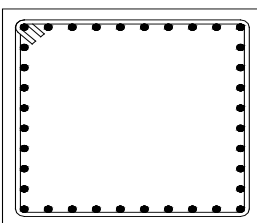
$$\phi V_{umaks} = 3251250 \text{ N} > V_u, \text{ *Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah*}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= d/2000 \\ &= 0,425 \leq 1,1 \\ \beta_2 &= 1 \\ \beta_3 &= 1 \\ V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \text{ (Ast} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 227759,5 \text{ N} \\ &= 22,77595 \text{ ton} \\ V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 23,2094 \text{ ton} \\ \phi V_{umin} &= 20,8885 \text{ ton} < V_u \\ \text{Kontrol, } \phi V_{umin} &< V_u, \text{ *Hitung Tulangan Geser*} \\ \text{Diasumsikan jarak tulangan} &= 200 \text{ mm} \\ A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 137,4 \text{ mm}^2 \\ \text{Maka digunakan tulangan } &\phi 14 - 200 \\ A_{st} &= 153,94 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ *Memenuhi*} \end{aligned}$$

4.6.6 Rekapitulasi Perhitungan Kolom

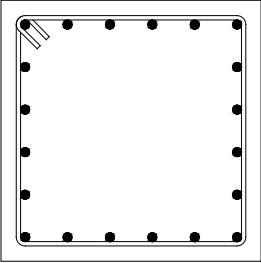
1. Kolom P1

Tabel 4.11 Rekapitulasi Tulangan Kolom P1

NAMA	KOLOM P1
TINGGI	17 m
DIMENSI	1000 x 1000
SKETSA	
LENTUR	36 D29
GESER	$\phi 19$ -250

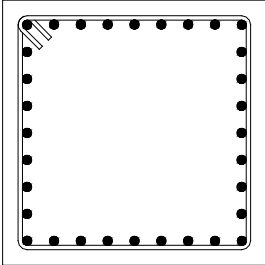
2. Kolom C1

Tabel 4.12 Rekapitulasi Tulangan Kolom C1

NAMA	KOLOM C1
TINGGI	7.4 m
DIMENSI	850 x 850
SKETSA	
LENTUR	20 D29
GESER	ø14 -200

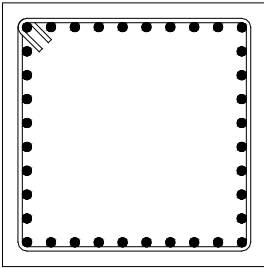
3. Kolom C2

Tabel 4.13 Rekapitulasi Tulangan Kolom C2

NAMA	KOLOM C2
TINGGI	3.7 m
DIMENSI	850 x 850
SKETSA	
LENTUR	32 D29
GESER	ø14 -150

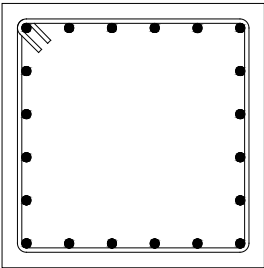
4. Kolom C3

Tabel 4.14 Rekapitulasi Tulangan Kolom C3

NAMA	KOLOM C3
TINGGI	1.7 m
DIMENSI	850 x 850
SKETSA	
LENTUR	36 D29
GESER	ø14 -150

5. Kolom C4

Tabel 4.15 Rekapitulasi Tulangan Kolom C4

NAMA	KOLOM C4
TINGGI	1.0 m
DIMENSI	850 x 850
SKETSA	
LENTUR	20 D29
GESER	ø14 -200

4.7 Perencanaan Gelagar Busur

1. Data Rencana

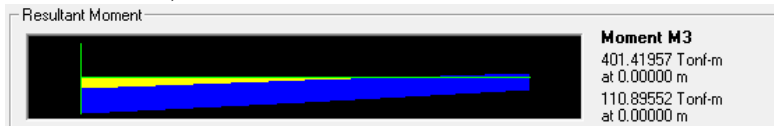
$f'c$	= 30 Mpa
decking	= 50 mm
b	= 900 mm
d	= 1350 mm
f_y	= 390 Mpa
γ beton	= 2,5 t/m ³
β_1	= 0,85
ϕ lentur	= 0,9 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)
ϕ geser	= 0,75 (SNI 03 2847 2002 pasal 11.3.2.1)

2. Hasil Output SAP

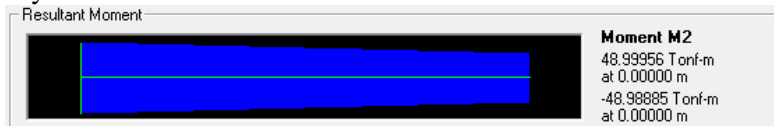
P_u = 805,63 ton



M_x = 401,42 ton.m



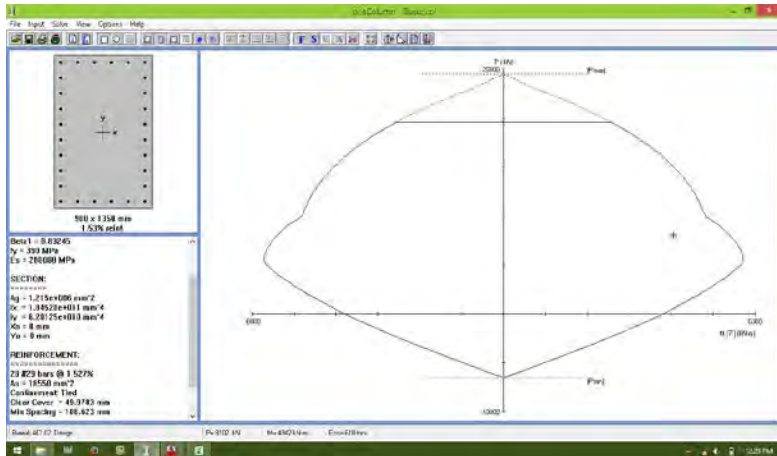
M_y = 49 ton.m



V_u = 124,63 ton



3. Hasil Pca Col



Gambar 4.13 Hasil diagram interaksi Gelagar Busur dari PCACol

Maka diperoleh tulangan 28 D29 dengan As pasang 18550 mm².

4. Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 124,63 \text{ ton} \\ = 1246269 \text{ N}$$

$$V_{maks} = 0,2 \times f'_c \times b_w \times d \\ = 4860000 \text{ N}$$

$$\phi V_{maks} = 3645000 \text{ N} > V_u, \text{Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah}$$

$$\beta_1 = d/2000 \\ = 0,450 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f'_c / b_w \times d)^{0,5} \\ = 302125 \text{ N} \\ = 30,2125 \text{ ton}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ = 30,9416 \text{ ton}$$

$$\phi V_{umin} = 27,8474 \text{ ton} < V_u$$

Kontrol, $\phi V_{umin} < V_u$, **Hitung Tulangan Geser**

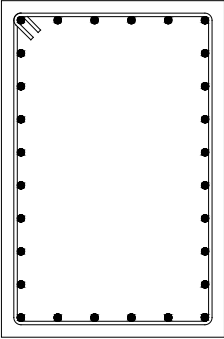
Diasumsikan jarak tulangan = 150 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 129,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $\phi 14 - 150$

$$A_{st} = 153,94 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ **Memenuhi**}$$

Tabel 4.16 Rekapitulasi Tulangan Gelagar Busur

NAMA	GELAGAR BUSUR
DIMENSI	900 x 1350
SKETSA	
LENTUR	28 D29
GESER	$\phi 14 - 150$

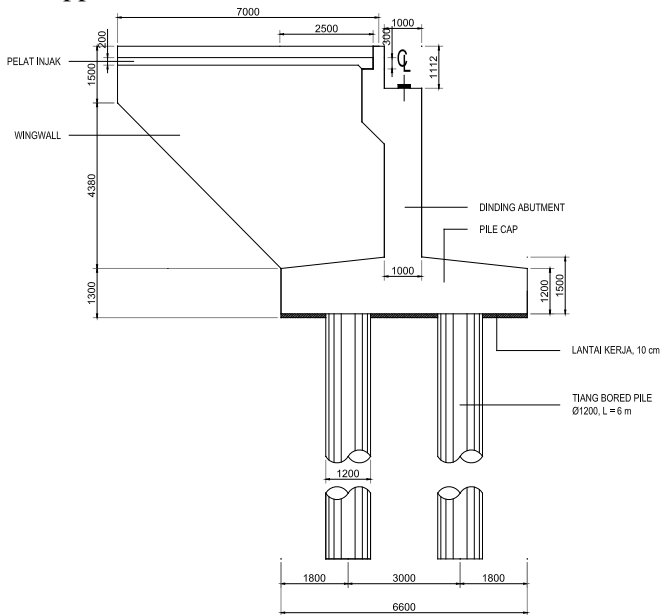
BAB V PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH

5.1 Perencanaan Abutment

Elemen bangunan bawah jembatann berfungsi untuk menyalurkan semua beban-beban, baik beban mati maupun beban hidup dari bangunan atas ke pondasi jembatan dan menahan tekanan tanah serta beban-beban aksi lingkungan lainnya. Dalam perencanaan Jembatan Bolong ini bangunan yang dimaksud adalah abutment dan pilar dimana akan direncanakan pula elemen-elemen penyusun dan pelengkapnnya.

5.1.1 Desain Dimensi Abutment

Dalam abutment terdiri dari beberapa elemen, yaitu pondasi, pile cap (poer), dinding abutment, longitudinal stopper, lateral stopper dan korbel.



Gambar 5.1 Tampak Samping Abutment

5.1.2 Perencanaan Pondasi Abutment

5.1.2.1 Analisis pembebanan pada pondasi abutment

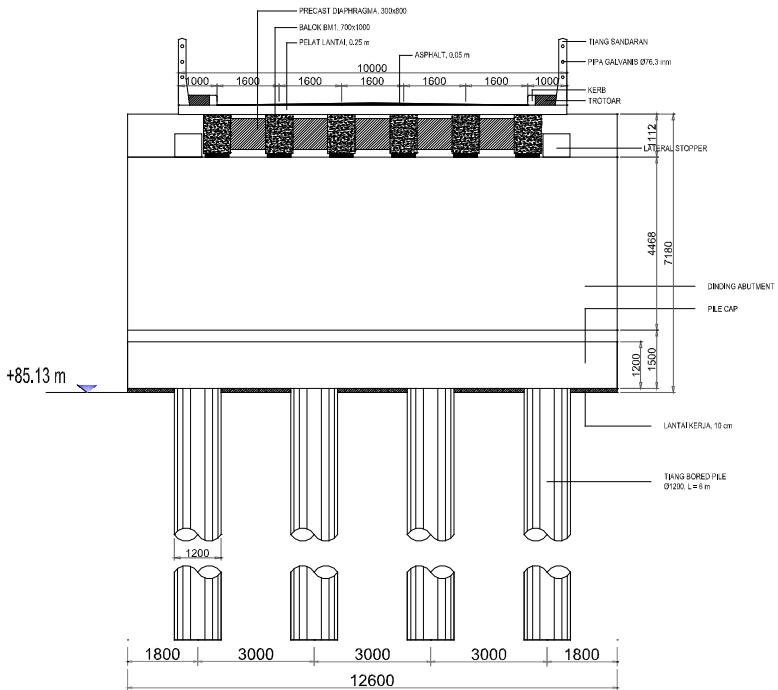
1. Beban mati bangunan atas

Tabel 5.1 Beban mati bangunan atas

Uraian	Berat (ton)
Pelat lantai kendaraan	54.69
Perkerasan (aspal)	7.70
Balok gelagar (girder)	91.88
Balok diafragma	23
Kerb	2.19
Trotoar	10.94
Pipa sandaran	0.37
Tiang sandaran	1.80
Utilitas	0.0005
Air hujan	4.38
Overlay	7.70
Jumlah	204.14

2. Beban sendiri abutment

Dalam perhitungan beban atau berat sendiri abutment dibagi atas beberapa segmen. Analisa berat abutment didapat dari volume per segmen dikalikan dengan berat jenis kemudian dilanjutkan dengan menghitung statis momen.



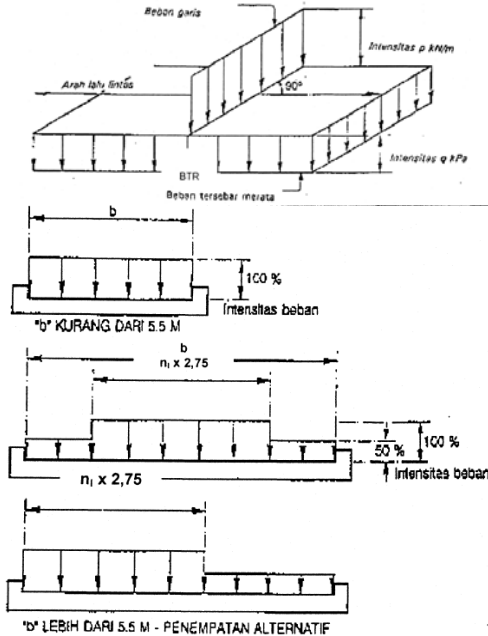
Gambar 5.2 Tampak Melintang Abutment

Tabel 5.2 Berat sendiri abutment

No Segmen	Luas (m ²)	L (m)	vol (m ³)	γ (t/m ³)	Berat (t)	Faktor Beban	Beban Ultimate (ton)
1	32.03	0.25	16.01	2.5	40.04	1.3	52.05
2	14.73	12.6	185.65	2.5	464.12	1.3	603.36
Jumlah					491.09		655.41

3. Beban hidup lalu lintas

Beban lalu lintas “Lajur D” untuk rencana bangunan bawah jembatan terdiri dari UDL (Beban tersebar merata) dan KEL (Beban garis) yang bekerja pada arah melintang jembatan. Berikut asumsi pembebanan UDL dan KEL :

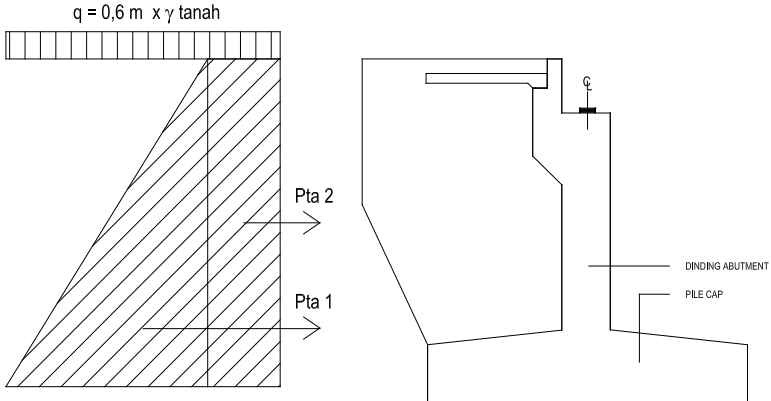


Gambar 5.3 Pembebanan Lalu Lintas

- Panjang jembatan (L) = 17,5 m
- Lebar perkerasan jembatan = 8,0 m
- Beban KEL = 4,9 ton
- Faktor beban dinamis (1+DLA) = 1,4
- Beban UDL = 0,9 ton.m²
- Total beban lalu lintas KEL = 46,31 ton
 $5,5 \times 4,9 + (8 - 5,5) \times 0,5 \times 4,9 \times (1+0,4)$
- Total beban lalu lintas UDL = 53,16 ton
 $(5,5 \times 0,9 + (8 - 5,5) \times 0,5 \times 0,9) \times (1/2 \times 17,5)$

4. Beban Tekanan Tanah Aktif

Berdasarkan BMS BDC 1992 pasal 2.2.6 tekanan tanah dihitung berdasarkan w , c , γt . Pada bagian tanah dibelakang abutment diperhitungkan adanya beban tambahan setebal 0,6 m yang berupa beban merata.



Gambar 5.4 Beban tekanan tanah aktif pada abutment jembatan

- Tinggi timbunan (H) = 6,48 m
- Berat jenis tanah (γt) = 1,8 ton/m²
- Sudut geser tanah = 33°
- Koefisien tekanan tanah aktif (K_a) = 0,295

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

- $q = \gamma t \times 0,6 \text{ m} = 1,08 \text{ ton/m}^2$
- Pta 1 = $\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma t \times H^2 = 11,14 \text{ ton}$
- Pta 2 = $q \times K_a \times H = 2,06 \text{ ton}$

5. Beban Tekanan Tanah Dinamis akibat Gempa

Diasumsikan tembok penahan tanah adalah tembok yang fleksibel sesuai dengan ketentuan yang terdapat pada BMS BDC 1992 Lampiran A halaman A – 2.

- Berat jenis tanah (γt) = 1,8 ton/m²
- Sudut geser tanah = 33°
- Rencana sudut geser tembok = 17°

$$\delta = \frac{2}{3} x \phi$$

Diasumsikan dinding halus dicor menggunakan bekisting konvensional berdasarkan BMS BDC 1992.

- Sudut kemiringan urugan (α) = 0°
- Sudut kemiringan tepi belakang tembok, diukur terhadap vertikal (β) = 0°
- Koefisien tekanan tanah = 0,27

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi^\phi - \beta)}{\cos^2 \beta \cdot \cos(\delta^\phi + \beta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi^\phi + \delta^\phi) \sin(\phi^\phi - \alpha)}{\cos(\delta^\phi + \beta) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

- Sudut geser tanah nominal (ϕ') = 27,5°
- $\phi' = \tan^{-1} x (K_{RC} x \tan \phi)$
- Koefisien gempa ($\theta = \tan^{-1} CS$) = 7,97
- Koefisien tekanan tanah dinamis = 0,44

$$K_{aG} = \frac{\cos^2(\phi^\phi - \beta - \theta)}{\cos \theta \cdot \cos^2 \beta \cdot \cos(\delta^\phi + \beta + \theta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi^\phi + \delta^\phi) \sin(\phi^\phi - \alpha - \theta)}{\cos(\delta^\phi + \beta + \theta) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

Tambahan koefisien tanah dinamis = 0,17

$$\Delta KAG = KaG - Ka$$

- Tekanan tanah dinamik (ΔPG) = 6,37 ton

$$\Delta P_G \frac{w \cdot H^2}{2} \Delta K_{aG}$$

6. Beban Gempa

Analisis gempa berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.8.1 beban gempa direncanakan dengan metode horizontal statis ekuivalen.

$$V = C_s \cdot W_t$$

$$C_s = S_{DS} / (R \cdot I)$$

- Parameter percepatan spektral desain (S_{DS}) = 0,833
- Faktor reduksi gempa (R) = 6
- Faktor kepentingan (I) = 1
- Koefisien respons seismik (C_s) = 0,14
- Beban mati bangunan atas W_{T1} = 204,14 ton
- Beban mati bangunan abutment W_{T2} = 504,16 ton
- Beban gempa akibat struktur atas T_{EQ1} = 28,58 ton
- Beban gempa akibat berat abutment T_{EQ2} = 70,58 ton

7. Beban Angin

Gaya angin pada bangunan atas tergantung luas ekuivalen diambil sebagai luas pada jembatan dalam elevasi proyeksi tegak lurus. Gaya nominal akibat beban angin yang diperhitungkan berdasarkan SNI T 02 2005 adalah sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 \cdot C_w \cdot V_w^2 \cdot A_b$$

- Bentang jembatan = 17,5 m
- Tinggi samping jembatan (d) = 2,0 m
- Lebar jembatan (b) = 10 m
- Luas bagian samping jembatan (A_b) = 35 m²
- Ratio b/d = 5
- Koefisien seret (C_w) = 1,31
- Kecepatan angin rencana (V_w) = 30 m/s
- Gaya angin (T_{EW}) = 24,81 ton

8. Beban Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang. Beban rem yang diperhitungkan berdasarkan SNI T 02 2005 untuk jembatan dengan panjang 100 m adalah 250 KN.

5.1.2.2 Perhitungan Gaya Aksial Tiang Bor

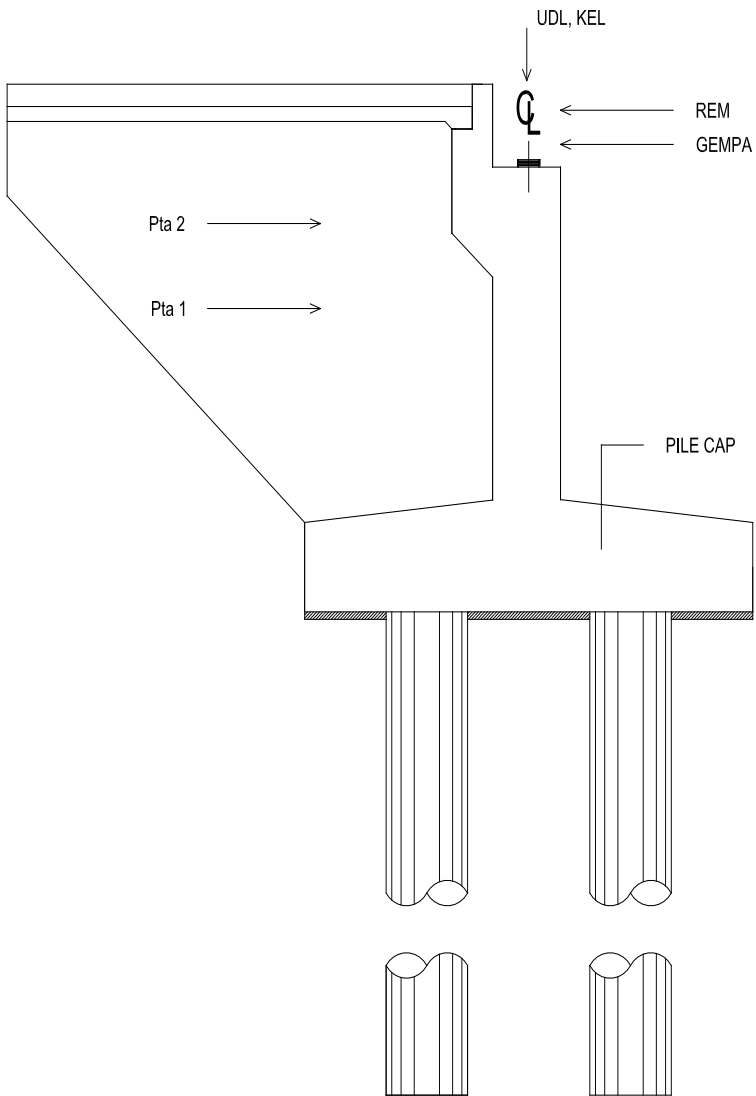
Dari analisa beban di atas, maka langkah selanjutnya adalah analisa momen dan gaya. Perhitungan momen tersebut dipusatkan pada center poer. Berikut perhitungan momen dan gaya :

Tabel 5.3 Perhitungan gaya aksial tiang bor untuk beban kerja

No	Uraian	V	Hx	Hy	x	y	z
		ton	ton	ton	m	m	m
1	Beban tetap						
	Struktur atas	204.14			0.1		
	Abutment	464.12			0.049		
	Wingwall	40.04			2.513		
	Tekanan tanah aktif 1		11.14				2.36
	Tekanan tanah aktif 2		2.06				3.54
2	Aksi Transien						
	UDL	53.16			0.1		
	PKEL (1+DLA)	46.31			0.1		
	Gaya Rem		25.00				5.6
	Beban Angin			24.81			5.6
3	Aksi Lain (gempa)						
	Eq struktur Atas		28.58	28.58			5.6
	Eq Abutment		68.75	68.75			4.23
	Tekanan Tanah Dinamis		6.37				2.36

Tabel 5.4 Perhitungan gaya aksial tiang bor untuk beban ultimate

No	Uraian	Faktor	V	Hx	Hy	x	y	z
		Beban	ton	ton	ton	m	m	m
1	Beban tetap							
	Struktur atas	-	270.02			0.1		
	Abutment	-	603.36			0.0493		
	Wingwall	-	52.05			2.513		
	Tekanan tanah aktif 1	1.25		13.93				2.36
	Tekanan tanah aktif 2	1.25		2.58				3.54
2	Aksi Transien							
	UDL	1.8	95.68			0.1		
	PKEL (1+DLA)	1.8	83.35			0.1		
	Gaya Rem	1.8		45.00				5.6
	Beban Angin	1.2			29.77			5.6
3	Aksi Lain (gempa)							
	Eq struktur Atas	1		28.58	28.58			5.6
	Eq Abutment	1		70.58	70.58			4.228
	Tekanan Tanah Dinamis	1.25		7.96				2.36



Gambar 5.5 Pembebanan pada Abutment

Tabel 5.5 Momen kerja yang terjadi pada center poer

No	Uraian	Mx	My
		t.m	t.m
1	Beban tetap		
	Struktur atas	-	20.41
	Abutment	-	22.88
	Wingwall	-	100.61
	Tekanan tanah aktif 1	-	26.29
	Tekanan tanah aktif 2	-	7.30
2	Aksi Transien		
	UDL	-	5.32
	PKEL (1+DLA)	-	4.63
	Gaya Rem	-	140
	Beban Angin	138.92	-
3	Aksi Lain (gempa)		
	Eq struktur Atas	160.04	160.04
	Eq Abutment	298.42	298.42
	Tekanan Tanah Dinamis	-	15.04

Tabel 5.6 Momen ultimate yang terjadi pada center poer

No	Uraian	Mx	My
		t.m	t.m
1	Beban tetap		
	Struktur atas	-	27.00
	Abutment	-	29.75
	Wingwall	-	130.79
	Tekanan tanah aktif 1	-	32.87
	Tekanan tanah aktif 2	-	9.13
2	Aksi Transien		
	UDL	-	9.57
	PKEL (1+DLA)	-	8.33
	Gaya Rem	-	252
	Beban Angin	166.70	-
3	Aksi Lain (gempa)		
	Eq struktur Atas	160.04	160.04
	Eq Abutment	298.42	298.42
	Tekanan Tanah Dinamis	-	18.80

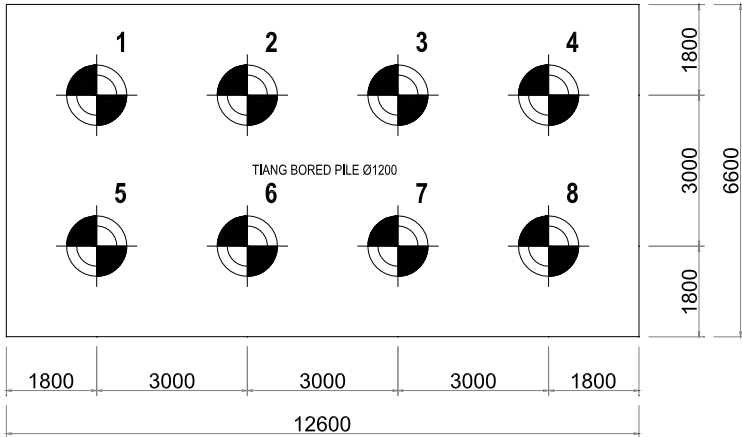
Kombinasi yang dipakai untuk menghitung pondasi memakai momen ultimate. Berikut kombinasi bebannya :

Tabel 5.7 Kombinasi beban untuk pondasi Abutment

Uraian	Kombinasi 1	Kombinasi 2	Kombinasi 3
	DL + LL + Ta	DL + LL + Ta + Tew	DL+LL+Ta+Eqx+30%Eqy
Hx (m)	61.51	61.51	198.38
Hy (m)	0.00	29.77	136.87
V (m)	1104.46	1104.46	1241.33
Mx (t.m)	0.00	166.70	136.87
My (t.m)	499.44	499.44	636.31

Lanjutan tabel kombinasi beban untuk pondasi Abutment

Uraian	Kombinasi 4
	DL+LL+Ta+30%Eqx+Eqy
Hx (m)	192.80
Hy (m)	131.30
V (m)	1235.76
Mx (t.m)	131.30
My (t.m)	630.74



Gambar 5.6 Konfigurasi tiang bor Abutment

Dari kombinasi dan konfigurasi tersebut di atas, maka beban yang diterima pertiang dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x * y}{\sum y^2} \pm \frac{M_y * x}{\sum x^2}$$

Dimana,

P = Gaya aksial yang terjadi pada 1 tiang (KN)

V = Total gaya aksial (KN)

n = Jumlah tiang bor (buah)

M_x = Momen sumbu x (ton.m)

M_y = Momen sumbu y (ton.m)

y = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)

x = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

Tabel 5.8 Perhitungan kemampuan gaya aksial per tiang

No	x	y	x ²	y ²	Komb 1	Komb 2	Komb 3	Komb 4
	m	m	m ²	m ²	ton	ton	ton	ton
1	1.5	4.5	2.25	20.25	179.6772	188.0121	215.0365	315.4371
2	1.5	1.5	2.25	2.25	179.6772	182.4555	210.474	210.3138
3	1.5	1.5	2.25	2.25	179.6772	182.4555	210.474	210.3138
4	1.5	4.5	2.25	20.25	179.6772	188.0121	215.0365	315.4371
5	1.5	4.5	2.25	20.25	179.6772	188.0121	215.0365	315.4371
6	1.5	1.5	2.25	2.25	179.6772	182.4555	210.474	210.3138
7	1.5	1.5	2.25	2.25	179.6772	182.4555	210.474	210.3138
8	1.5	4.5	2.25	20.25	179.6772	188.0121	215.0365	315.4371
	Σ			18.00	90.00			

Dari hasil gaya aksial yang terjadi pada tiang bor abutment didapatkan gaya aksial terbesar yang diterima 1 tiang bor adalah sebesar 315,4371 ton. Selanjutnya gaya aksial yang terjadi harus lebih kecil dari daya dukung tanah.

5.1.2.3 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Dari tabel 5.8 dapat diketahui nilai maksimum (Pmaks) akibat beban tetap adalah 188.0121 ton, sedangkan nilai maksimum akibat beban sementara adalah 315,4371 ton. Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan tiang bor yang berdiameter 1,2 m dan berdasarkan data penyelidikan tanah SPT pada titik bor. Daya dukung tanah dihitung berdasarkan rumus *Kazuto Nakazawa*.

$$\begin{aligned}
 R_u &= 1/n (R_p + R_f) \\
 &= 1/n [(q_d \cdot A) + (U \cdot \sum l_i \cdot f_i)]
 \end{aligned}$$

Dimana,

R_a = Daya dukung tanah yang diizinkan (ton)

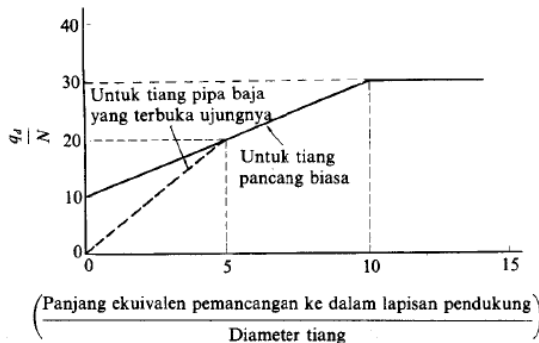
n = Faktor Keamanan

- R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)
 q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton)
 A = Luas ujung tiang (m^2)
 U = Panjang keliling tiang (m)
 l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (m)
 f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^3)

1. Perhitungan daya dukung tiang kedalaman 6 m

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\
 &= 50 + (50 + 50 + 42 + 25)/4 \\
 &= (50 + 41,67)/2 \\
 &= 45,83
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menemukan panjang ekivalensi penetrasi pada lapisan pendukung (didapat pada data tanah SPT). Didapatkan L (panjang ekivalensi pemancangan ke dalam lapisan pendukung) yaitu 2,5 m, $L/D = 2,5 / 1,2 = 2,08$



Gambar 5.7 Diagram daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

2. Menghitung Rp (Daya dukung terpusat tiang)

$$qd/N = 14,17$$

$$qd = 50 \times 14,17$$

$$= 708,5 \text{ ton/m}^2$$

$$Rp = qd \cdot A$$

$$= 708,5 \times (\pi \cdot 1,2^2/4)$$

$$= 801,11 \text{ ton}$$

3. Menghitung Rf (Gaya geser dinding tiang)

Tabel 5.9 Perhitungan gaya geser dinding tiang

Depth (m)	Kind of Soil	N Average	fi (t/m ²)	fi x thickness (li) (t/m)	$\Sigma(fi*li)$ (t/m)
0.00	Soft	0	0	0	0
-0.50	Soft	3	1.3	0.67	0.67
-1.00	Soft	5	2.7	1.33	2.00
-1.50	Soft	8	4	2.00	4.00
-2.00	Soft	14	6.8	3.42	7.42
-2.50	Soft	19	9.7	4.83	12.25
-3.00	Very Stiff	25	12	6.00	18.25
-3.50	Very Stiff	33	12	6.00	24.25
-4.00	Very Stiff	42	12	6.00	30.25
-4.50	Very Hard	50	12	6.00	36.25
-5.00	Very Hard	50	12	6.00	42.25
-5.50	Very Hard	50	12	6.00	48.25
-6.00	Very Hard	50	12	6.00	54.25
-6.50	Very Hard	50	12	6.00	60,25

$$Rf = U \cdot \sum li \cdot fi$$

$$= \pi \cdot 1,2 \cdot 60,25$$

$$= 227,14 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 R_u &= 1/3 (R_p + R_f) \\
 &= 342,75 \text{ ton (Beban Tetap)} \\
 R_u &= 1/2 (R_p + R_f) \\
 &= 514,12 \text{ ton (Beban Sementara)}
 \end{aligned}$$

5.1.2.4 Perhitungan Efisiensi Tiang Bor

Efisiensi tiang kelompok dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{2[(m-1).s + (n-1).s] + \pi D}{\pi D.m.n}$$

Dimana :

- η = koefisien efisiensi kelompok tiang bor
- D = diameter tiang bor (m)
- s = jarak antar tiang (m)
- m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)
- n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)

5.1.2.5 Kontrol Kekuatan Tiang Bor

1. Kontrol terhadap gaya aksial vertikal
 - Berdasarkan kekuatan bahan
 - $\sigma_b = 0,33 \times f'_c$
 - $= 0,33 \times 30$
 - $= 9,9 \text{ N/mm}^2$
 - Kontrol, $F > P_{maks}$
 - $F = \sigma_b \times A$
 - $= 9,9 \times (1/4 \times 3,14 \times 1200^2)$
 - $= 11196636,2 \text{ N}$
 - $= 1119,664 \text{ ton} > 315,44 \text{ ton, Memenuhi}$
 - Berdasarkan daya dukung tanah
 - Pijin tetap $> P_{maks}$
 - $315,59 \text{ ton} > 315,44 \text{ ton, Memenuhi}$
 - Pijin sementara $> P_{maks}$
 - $473,39 \text{ ton} > 315,44 \text{ ton, Memenuhi}$

2. Kontrol terhadap beban horizontal

Gaya-gaya horisontal (H_x) diperoleh dari gaya searah dengan arah sumbu x, diantaranya : tekanan tanah dinamis akibat gempa + Beban rem + Beban 100% akibat gempa e_{qx} (Struktur atas + abutment)+Beban 30% akibat gempa e_{qy} (Struktur atas + abutment)

$$\begin{aligned} H_x &= 6,37 + 25 + 99,16 + 0,30 \times 99,16 \\ &= 160,28 \text{ ton} \end{aligned}$$

Gaya-gaya horisontal (H_y) diperoleh dari Beban searah sumbu y, diantaranya : 30% akibat gempa e_{qx} (Struktur atas + abutment)+100% akibat gempa e_{qy} (Struktur atas + abutment)

$$\begin{aligned} H_y &= 0,30 \times 99,16 + 99,16 \\ &= 128,91 \text{ ton} \end{aligned}$$

Gaya horizontal diambil yang terbesar dari gaya horizontal (H_x) dan (H_y) yaitu 160,28 ton. Gaya Horizontal untuk 1 tiang yaitu $160,28/8$ adalah 20,04 ton

Kemampuan tambahan tiang menahan gaya horizontal bila diijinkan adanya pergeseran posisi ujung tiang.

$$\begin{aligned} k &= 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \\ &= 7,08 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

E_0 = modulus deformasi tanah pondasi (28N, nilai N diambil N_{SPT} rata-rata sampai pada kedalaman tiang bor masuk dalam tanah)

$$\begin{aligned} &= 28 \cdot N \\ &= 1283,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 4 \sqrt{\frac{kxD}{4xExI}} \\ &= 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 4700 \sqrt{f^c} \text{ c (modulus elastisitas beton tiang)} \\ &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 = 257429,6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \pi/64 \cdot D^4 \text{ (momen inersia penampang)} \\ &= 10173600 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$y = 1,00 \text{ cm}$$

$$\delta a = 1,00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 l_m &= \pi/2\beta \text{ (Panjang penjepitan untuk tiang yang kepala tiang} \\
 &\text{tidak berputar dan tenggelam ke tanah)} \\
 &= 523,45 \text{ cm} = 5,23 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_a &= \frac{k \cdot D \cdot \delta}{\beta} \\
 &= (7,08 \cdot 120 \cdot 1) / 0,003 \\
 &= 283088.3 \text{ kg/tiang} \\
 &= 283,09 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

Kontrol Hijin > H 1 tiang

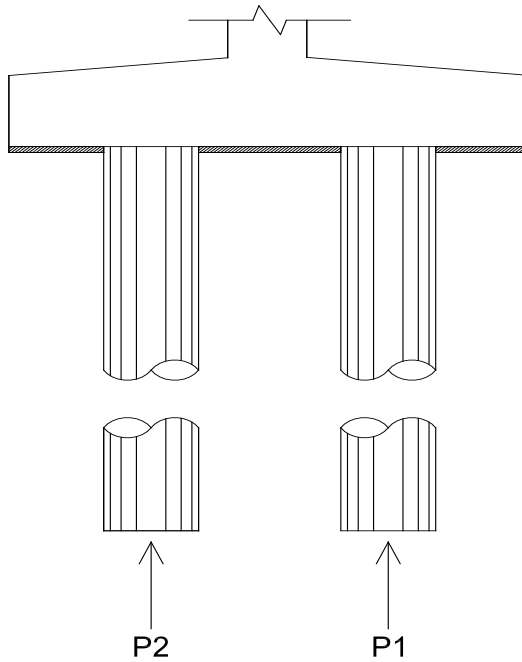
Hijin untuk SF = 3

$$\begin{aligned}
 H_a / 3 &= 283,09 / 3 \\
 &= 94,36 \text{ ton} > 20,04, \text{ **Memenuhi**}
 \end{aligned}$$

Hijin untuk SF = 2

$$\begin{aligned}
 H_a / 2 &= 283,09 / 2 \\
 &= 141,54 \text{ ton} > 20,04, \text{ **Memenuhi**}
 \end{aligned}$$

5.1.3 Perencanaan Poer (Pile Cap)



Gambar 5.8 Analisa Gaya dan Momen pada Poer

Tabel 5.10 Perhitungan reaksi tiang bor

	P komb 1	P komb 2	P komb 3	P komb 4
	ton	ton	ton	ton
$\sum P1$	179.6772	188.0121	215.0365	315.4371
$\sum P2$	179.6772	188.0121	215.0365	315.4371

Tabel 5.11 Perhitungan momen poer

	Jarak terhadap center poer	Momen			
		Komb 1	Komb 2	Komb 3	Komb 4
		T.m	T.m	T.m	T.m
$\sum P1$	1.5	269.5158	282.0182	332.5548	473.1556
$\sum P2$	1.5	269.5158	282.0182	332.5548	473.1556

Sehingga untuk perencanaan tulangan poer dipakai hasil reaksi dari kombinasi 4 (DL+LL+Ta+30%Eqx+Eqy). Momen yang dipakai untuk perhitungan penulangan poer adalah :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 473,16 \text{ t.m} \\ &= 4731555942 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

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

$$b = 12600 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$d = 1200 - 75$$

$$= 1125 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

- Perhitungan tulangan utama

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{Mu} / \emptyset \\ &= 4731555942 / 0,9 \\ &= 5257284380 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \text{Mn} / b \cdot d^2 \\ &= 4856620484 / 12600 \cdot 1125^2 \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pb} &= 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600+f_y) \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

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

$$= 0,0036$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,025262$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x_{fc}}} \right)$$

$$= 0,001$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$, maka digunakan rumus untuk mencari

$$\rho_{\min 2} \text{ yaitu } 1 \frac{1}{3} \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho_{\min 2} = 1,333 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 0,001134$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,001134 \times 12600 \times 1125$$

$$= 16077,17 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 – 250

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{12600}{250} \pi (0,5 D^2)$$

$$= 19149 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi**}$$

- Tulangan Bagi

$$A_s = 20\% \times A_s \text{ perlu}$$

$$= 3215,433 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D13 - 250

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{12600}{250} \pi (0,5 D^2)$$

$$= 6686 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi**}$$

- Kontrol geser ponds

$$b_w = \text{keliling bor} + \text{tebal poer}$$

$$= 4968 \text{ mm}$$

$$V_c = 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d'$$

$$= 5102036 \text{ N}$$

$$V_u = P_{\text{maks}} / 0,75$$

$$= 420,5828 \text{ ton}$$

$$= 4205828 \text{ N} < V_c, \text{ Memenuhi tebal poer}$$

- Kontrol geser

$$V_u = 315,44 \text{ ton}$$

$$= 3154371 \text{ N}$$

$$V_{u \text{ max}} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$= 33534000 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 30180600 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$, **Kehancuran badan tidak terjadi**

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 0,563 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 923538 \text{ N}$$

$$= 92,3538 \text{ ton}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 100.8588 \text{ ton}$$

$$V_{umin} \times \emptyset = 90.7730 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$, **Hitung tulangan geser**

$$V_{us} = V_u / \emptyset - V_{uc}$$

$$= 258,132 \text{ ton, Gaya geser per meter lebar}$$

- Perhitungan tulangan geser

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 150 mm

$$A_{sv} = (V_{us} \times s) / (f_y \times d)$$

$$= 315,7 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 – 150

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

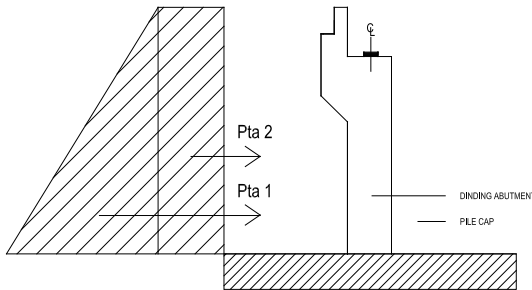
$$= 379,94 \text{ mm}^2, \text{ Memenuhi}$$

5.1.4 Perencanaan Dinding Abutment

Perhitungan analisis dinding abutment berdasarkan pembebanan adalah keadaan batas (ultimate). Berikut ini analisis perencanaan dinding abutment.

5.1.4.1 Analisa Pembebanan Dinding Abutment

Analisis pembebanana dinding abutment ditunjukkan pada gambar 5.8 dengan beban yang bekerja adalah berat sendiri, beban rem dan beban gempa.



Gambar 5.9 Analisis Pembebanan pada dinding Abutment

Tabel 5.12 Perhitungan Gaya dan Momen pada dinding Abutment

Gaya yang bekerja	Beban ton	Faktor Beban	Beban Ultimate ton	1,3 DL+1,8LL+1,25 TA			1,3 DL+1,8 LL+1,25 TA+EQ		
				Vu ton	I m	Mu t.m	Vu ton	I m	Mu t.m
Berat Struktur atas	204.14	1.3	265.38	265.38	0.03	8.23	265.38	0.03	8.23
UDL	53.16	1.8	95.68	95.68	0.03	2.97	95.68	0.03	2.97
KEL x (1+DLA)	46.31	1.8	83.35	83.35	0.03	2.58	83.35	0.03	2.58
Abutment	40.04	1.3	52.05	52.05	0.16	8.48	52.05	0.16	8.48
Ta1	5.14	1.25	6.42	6.42	1.96	12.58	6.42	1.96	12.58
Ta2	1.40	1.25	1.75	1.75	2.94	5.15	1.75	2.94	5.15
Rem	25.00	1.8	45.00	45.00	4.47	201.06	45.00	4.47	201.06
Angin	24.81	1.2	29.77	29.77	4.47	133.00	29.77	4.47	133.00
Gempa Struktur									
Bangunan atas	28.58	1	28.58				28.58	0.03	0.89
Abutment	5.61	1	5.61				5.61	0.16	0.91
	TOTAL			579.40		374.05	613.58		375.85

Untuk penulangan dinding abutment dipakai hasil reaksi dari kombinasi $2(1,3DL + 1,8LL + 1,25TA + EQ)$. Momen yang dipakai untuk perencanaan adalah 375,85 ton.m.

5.1.4.2 Perhitungan Penulangan Dinding Abutment

$$\begin{aligned} Mu &= 375,85 \text{ t.m} \\ &= 3758541077 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$fc' = 30 \text{ Mpa}$$

$$fy = 390 \text{ Mpa}$$

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

$$b = 12600 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$d = 1000 - 75$$

$$= 925 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

- Perhitungan tulangan utama

$$\begin{aligned} Mn &= Mu / \emptyset \\ &= 3758541077 / 0,9 \\ &= 4176156752 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= Mn / b \cdot d^2 \\ &= 4142079972 / 12600 \cdot 925^2 \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot fc' / fy \times \beta_1 (600/600+fy) \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1}{4} fy \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,025262 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot x \cdot f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x \cdot f_c}} \right)$$

$$= 0,001$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan rumus untuk mencari

$$\rho_{\text{min2}} \text{ yaitu } 1 \frac{1}{3} \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$\rho_{\text{min2}} = 1,333 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 0,001334$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,001334 \times 12600 \times 925$$

$$= 15550,25 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 – 250

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{12600}{250} \pi (0,5 D)^2$$

$$= 19149 \text{ mm}^2, \text{ *Memenuhi*}$$

- Kontrol geser

$$V_u = 613,58 \text{ ton}$$

$$= 6135796 \text{ N}$$

$$V_{u \text{ max}} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$= 69930000 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 62937000 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \phi \cdot V_c$, ***Kehancuran badan tidak terjadi***

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 0,463 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 1078443 \text{ N}$$

$$= 107,8443 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 114,8373 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{umin} \times \emptyset = 103,3536 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$, **Hitung tulangan geser**

$$V_{us} = V_u / \emptyset - V_{uc}$$

$$= 573.911 \text{ ton, Gaya geser per meter lebar}$$

- Perhitungan tulangan geser

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 100 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 298,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

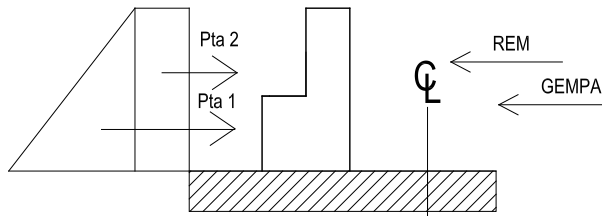
Digunakan tulangan D22 – 100

$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi** } \end{aligned}$$

5.1.5 Perencanaan Longitudinal Stopper

5.1.5.1 Analisis Pembebanan Longitudinal Stopper

Perhitungan analisis Longitudinal stopper berdasarkan pembebanan dalam keadaan batas (ultimate). Berikut di bawah ini analisis perencanaan Longitudinal Stopper :



Gambar 5.10 Analisis Pembebanan pada Longitudinal Stopper

Tabel 5.13 Perhitungan Gaya dan Momen pada Longitudinal Stopper

Gaya yang bekerja	Beban ton	Faktor Beban	Beban Ultimate ton	1,3 DL+1,8LL+1,25 TA			1,3DL+1,8LL+1,25TA+EQ		
				Vu ton	I m	Mu t.m	Vu ton	I m	Mu t.m
Berat sendiri	13.86	1.3	18.02	18.02	0.00	0.00	18.02	0.00	0.00
Berat Korbekel	8.32	1.3	10.81	10.81	0.30	3.24	10.81	0.30	3.24
Ta1	0.58	1.25	0.73	0.73	0.49	0.36	0.73	0.49	0.36
Ta2	0.47	1.25	0.59	0.59	0.74	0.44	0.59	0.74	0.44
Ta Gempa	0.33	1.25	0.42	0.42	0.74	0.31	0.42	0.74	0.31
Rem	25	1.8	45.00	45.00	0.74	33.30	45.00	0.74	33.30
Gempa Struktur									
Bangunan atas	28.58	1	28.58				28.58	0.68	19.46
Long. Stopper	1.94	1	1.94				1.94	0.68	1.32
	TOTAL			75.56		37.64	106.08		58.43

5.1.5.2 Perhitungan Penulangan Longitudinal Stopper

$$\text{Mu} = 58,43 \text{ t.m}$$

$$= 584268288,1 \text{ N.mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$b = 12600 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$d = 300 - 75$$

$$= 225 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

- Perhitungan tulangan utama

$$\text{Mn} = \text{Mu} / \emptyset$$

$$= 584268288,1 / 0,9$$

$$= 649186986,8 \text{ N.mm}$$

$$\text{Rn} = \text{Mn} / b \cdot d^2$$

$$= 649186986,8 / 12600 \cdot 225^2$$

$$= 1,0$$

$$\text{pb} = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600 + f_y)$$

$$= 0,034$$

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

$$= 0,0036$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,025262$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 x f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 x f_c}} \right)$$

$$= 0,003$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$, maka digunakan ρ_{\min}

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 12600 \times 225$$

$$= 10176,92 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 200

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{12600}{200} \pi (0,5 D^2)$$

$$= 12660 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi**}$$

- Kontrol geser

$$V_u = 106,08 \text{ ton}$$

$$= 1060794 \text{ N}$$

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$= 17010000 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 15309000 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$, **Kehancuran badan tidak terjadi**

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 0,463 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 104664 \text{ N}$$

$$= 10,4664 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{umin}} &= V_{\text{uc}} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 12,1674 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{\text{umin}} \times \emptyset = 10,9507 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{\text{umin}} \times \emptyset < V_u$, **Hitung tulangan geser**

$$\begin{aligned} V_{\text{us}} &= V_u / \emptyset - V_{\text{uc}} \\ &= 107,4 \text{ ton, Gaya geser per meter lebar} \end{aligned}$$

- Perhitungan tulangan geser

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 150 mm

$$\begin{aligned} A_{\text{sv}} &= (V_{\text{uc}} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 178,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

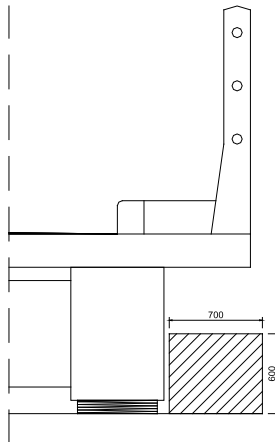
Digunakan tulangan D16 – 150

$$\begin{aligned} A_{\text{S}_{\text{pakai}}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi**} \end{aligned}$$

5.1.6 Perencanaan Lateral Stopper

5.1.6.1 Analisis Pembebanan Lateral Stopper

Perhitungan analisis Lateral stopper berdasarkan pembebanan dalam keadaan batas (ultimate). Berikut di bawah ini analisis perencanaan lateral Stopper :



Gambar 5.11 Analisis Pembebanan pada Lateral Stopper

Tabel 5.14 Perhitungan Gaya dan Momen pada Lateral Stopper

Gaya yang bekerja	Beban ton	Faktor Beban	Beban Ultimate ton	1,3 DL+1,8LL+1.2 Tew			1,3DL+1,8LL+EQ		
				Vu ton	I m	Mu t.m	Vu ton	I m	Mu t.m
Angin	24.81	1.2	29.77	29.77	0.60	17.86	29.77	0.60	17.86
Gempa Struktur									
Bangunan atas	28.58	1	28.58				28.58	0.68	19.46
	TOTAL			29.77		17.86	58.35		37.32

5.1.6.2 Perhitungan Penulangan Lateral Stopper

$$Mu = 37,72 \text{ t.m}$$

$$= 373229525,7 \text{ N.mm}$$

$$fc' = 30 \text{ Mpa}$$

$$fy = 390 \text{ Mpa}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$b = 12600 \text{ mm}$$

$$d' = 20 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 20$$

$$= 580 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

- Perhitungan tulangan utama

$$Mn = Mu / \emptyset$$

$$= 373229525,7 / 0,9$$

$$= 414699473 \text{ N.mm}$$

$$Rn = Mn / b.d^2$$

$$= 414699473 / 12600 \cdot 580^2$$

$$= 1,2$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot fc' / fy \cdot \beta_1 (600/600+fy)$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{min} = \frac{1}{4} fy$$

$$= 0,0036$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,025262$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x_{fc}}} \right)$$

$$= 0,003$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan ρ_{min}

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 12600 \times 580$$

$$= 2082,05 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 75

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{12600}{75} \pi (0,5 D)^2$$

$$= 2679 \text{ mm}^2, \text{ *Memenuhi*}$$

- Kontrol geser

$$V_u = 58,35 \text{ ton}$$

$$= 583467 \text{ N}$$

$$V_{u \text{ max}} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$= 3480000 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 3132000 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$, *Kehancuran badan tidak terjadi*

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 0,290 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 55197 \text{ N}$$

$$= 5,5197 \text{ ton}$$

$$V_{umin} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$= 5,8677 \text{ ton}$$

$$V_{umin} \times \emptyset = 5,2810 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$, *Hitung tulangan geser*

$$\begin{aligned} V_{us} &= V_u / \phi - V_{uc} \\ &= 59,31 \text{ ton, Gaya geser per meter lebar} \end{aligned}$$

- Perhitungan tulangan geser

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 75 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 18,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D10 – 75

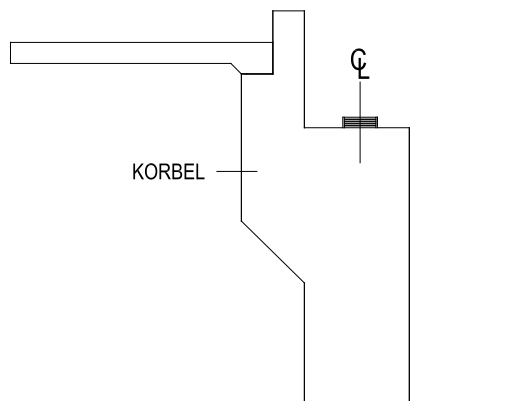
$$\begin{aligned} A_{S_{pakai}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 78,5 \text{ mm}^2, \text{ Memenuhi} \end{aligned}$$

5.1.7 Perencanaan Korbek

Korbek berfungsi sebagai tumpuan dari plat injak. Berikut analisis perhitungan korbek.

5.1.7.1 Analisis Pembebanan Korbek

Analisis pembebanan korbek ditunjukkan pada gambar 5.11. Perhitungan beban akan ditunjukkan pada tabel 5.15. dimana beban-beban tersebut dikalikan dengan faktor beban batas.



Gambar 5.12 Analisis Pembebanan pada Korbek

Tabel 5.15 Perhitungan Gaya dan Momen pada Korbrel

Gaya yang bekerja	Beban	Faktor Beban	Beban Ultimate	1,3 DL+1,8LL		
	ton			Vu	I	Mu
	ton		ton	ton	m	t.m
Berat sendiri	14.62	1.3	19.00	19.00	0.00	0.00
Plat Injak	16.85	1.3	21.91	21.91	1.03	22.52
UDL di plat injak	2.38	1.8	4.28	4.28	1.03	4.40
	TOTAL			45.19		26.92

5.1.7.2 Perhitungan Penulangan Korbrel

$$Mu = 26,92 \text{ t.m}$$

$$= 269229474,7 \text{ N.mm}$$

$$fc' = 30 \text{ Mpa}$$

$$fy = 390 \text{ Mpa}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$b = 12600 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$d = 300 - 75$$

$$= 225 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

- Perhitungan tulangan utama

$$Mn = Mu / \emptyset$$

$$= 269229474,7 / 0,9$$

$$= 299143860,8 \text{ N.mm}$$

$$Rn = Mn / b.d^2$$

$$= 299143860,8 / 12600 \cdot 225^2$$

$$= 0,469$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot fc' / fy \times \beta_1 (600/600 + fy)$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{min} = \frac{1}{4} fy$$

$$= 0,0036$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,025262$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x_{fc}}} \right)$$

$$= 0,00121$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan ρ_{min}

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 12600 \times 225 \\ &= 10176,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D16 – 200

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{12600}{200} \pi (0,5 D)^2 \\ &= 12660 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi** } \end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$\begin{aligned} V_u &= 45,19 \text{ ton} \\ &= 451904 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f_c' \times b_w \times d \\ &= 17010000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 15309000 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$, **Kehancuran badan tidak terjadi**

$$\begin{aligned} \beta_1 &= d/2000 \\ &= 0,113 \leq 1,1 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 104664 \text{ N} \\ &= 10,4664 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{umin}} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 12,1674 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{\text{umin}} \times \emptyset = 10,9507 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{\text{umin}} \times \emptyset < V_u$, **Hitung tulangan geser**

$$V_{us} = V_u / \phi - V_{uc}$$

$$= 46,688 \text{ ton, Gaya geser per meter lebar}$$

- Perhitungan tulangan geser

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 150 mm

$$A_{sv} = (V_{uc} \times s) / (f_y \times d)$$

$$= 178,9 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D16 – 150

$$A_{S_{pakai}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

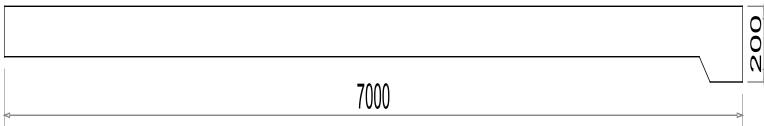
$$= 200,96 \text{ mm}^2, \text{Memenuhi}$$

5.1.8 Perencanaan Pelat Injak

Pelat Injak merupakan konstruksi yang terletak menempel pada abutment dengan ditumpu pada satu sisi korbel belakang abutment. Fungsi pelat injak adalah mencegah adanya penurunan pada oprit jembatan.

5.1.8.1 Analisis Pembebanan Pelat Injak

Pelat Injak didesain untuk mampu menahan berat sendiri dan asumsi beban hidup lalu lintas yang lewat di atas pelat injak.



Gambar 5.13 Analisis Pembebanan pada Pelat Injak

Tabel 5.16 Perhitungan Gaya dan Momen pada Pelat Injak

Gaya yang bekerja	Beban ton	Faktor Beban	Beban Ultimate ton	1,3 DL+1,8LL		
				Vu ton	I m	Mu t.m
Berat sendiri	46.22	1.3	60.08	60.08	1.18	70.84
Aspal	2.80	1.3	3.64	3.64	1.25	4.55
Overlay	2.80	1.4	3.92	3.92	1.25	4.90
UDL di plat injak	2.38	1.8	4.28	4.28	1.25	5.35
	TOTAL			71.92		85.64

5.1.8.2 Perhitungan Penulangan Pelat Injak

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 85,64 \text{ t.m} \\ &= 856382750,7 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

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

$$b = 12600 \text{ mm}$$

$$d' = 20 \text{ mm}$$

$$d = 200 - 20$$

$$= 180 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

- Perhitungan tulangan utama

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{Mu} / \emptyset \\ &= 856382750,7 / 0,9 \\ &= 951536389,7 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \text{Mn} / b \cdot d^2 \\ &= 951536389,7 / 12600 \cdot 180^2 \\ &= 2,331 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600+f_y) \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1}{4} f_y \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,025262 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot x \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \text{Rn}}{0,85 \cdot x \cdot f_c'}} \right) \\ &= 0,00628 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan ρ_{perlu}

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00628 \times 12600 \times 180 \\ &= 14238,18 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan $\phi 16 - 150$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{12600}{150} \pi (0,5 D^2) \\ &= 16881 \text{ mm}^2, \text{ *Memenuhi* } \end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$\begin{aligned} V_u &= 71,92 \text{ ton} \\ &= 719233 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u \text{ max}} &= 0,2 \times f_c' \times b_w \times d \\ &= 13608000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 12247200 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$, *Kehancuran badan tidak terjadi*

$$\begin{aligned} \beta_1 &= d/2000 \\ &= 0,090 \leq 1,1 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 88583 \text{ N} \\ &= 8,8583 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 10,2191 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{umin} \times \emptyset = 9,1972 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{umin} \times \emptyset < V_u$, *Hitung tulangan geser*

$$\begin{aligned} V_{us} &= V_u / \emptyset - V_{uc} \\ &= 71,0564 \text{ ton, Gaya geser per meter lebar} \end{aligned}$$

- Perhitungan tulangan geser

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 150 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{us} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 189,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

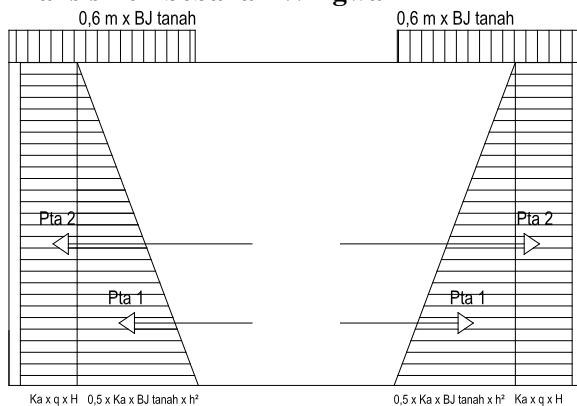
Digunakan tulangan $\phi 16 - 150$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2, \text{ Memenuhi} \end{aligned}$$

5.1.9 Perencanaan Wingwall

Fungsi dari wingwall (tembok sayap) adalah mencegah terjadinya longsoran pada timbunan tanah oprit jembatan, terutama longsoran ke samping.

5.1.9.1 Analisis Pembebanan Wingwall



Gambar 5.14 Analisis Pembebanan pada Wingwall akibat tekanan tanah aktif

Tabel 5.17 Perhitungan Gaya dan Momen keadaan normal

Gaya yang bekerja	Beban ton	Faktor Beban	Beban Ultimate ton	1,3 DL+1,8LL+1,25Ta		
				Vu ton	I m	Mu t.m
Berat sendiri	40.04	1.3	52.05	52.05	2.51	130.74
Ta1	9.17	1.25	11.47	11.47	2.94	33.71
Ta2	1.87	1.25	2.34	2.34	1.96	4.59
	TOTAL			65.85		169.04

Tabel 5.18 Perhitungan Gaya dan Momen keadaan gempa

Gaya yang bekerja	Beban ton	Faktor Beban	Beban Ultimate ton	1,3 DL+1,8LL+1,25Ta		
				Vu ton	I m	Mu t.m
Berat sendiri	40.04	1.3	52.05	52.05	2.51	130.74
Ta Gempa	5.25	1.25	6.56	6.56	1.96	12.85
	TOTAL			58.61		143.60

5.1.9.2 Perhitungan Penulangan Wingwall

$$\begin{aligned} Mu &= 169,04 \text{ t.m} \\ &= 1690409371 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$fc' = 30 \text{ Mpa}$$

$$fy = 390 \text{ Mpa}$$

$$h = 5880 \text{ mm}$$

$$b = 4000 \text{ mm}$$

$$d' = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= 5880 - 75 \\ &= 5808 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

- Perhitungan tulangan utama

$$\begin{aligned} Mn &= Mu / \emptyset \\ &= 1690409371 / 0,9 \\ &= 1878232634 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= Mn / b \cdot d^2 \\ &= 1878232634 / 4000 \cdot 5808^2 \\ &= 0,008 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot fc' / fy \times \beta_1 (600/600+fy) \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1}{4} fy \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,025262 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.Rn}{0,85x_{fc}}} \right)$$

$$= 0,00002$$

$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{maks}}$, maka digunakan rumus untuk mencari ρ_{min2} yaitu $1 \frac{1}{3} \times \rho_{\text{perlu}}$

$$\rho_{\text{min2}} = 1,333 \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$= 0,000027$$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,000027 \times 4000 \times 5808$$

$$= 1106,06 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 – 200

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{7000}{200} \pi (0,5 D)^2$$

$$= 9918 \text{ mm}^2, \text{ *Memenuhi*}$$

- Kontrol geser

$$V_u = 65,85 \text{ ton}$$

$$= 658539 \text{ N}$$

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$= 192174000 \text{ N}$$

$$\emptyset.V_c = 172956600 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset.V_c$, ***Kehancuran badan tidak terjadi***

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 2,903 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 2992229 \text{ N}$$

$$= 299,2229 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{umin}} &= V_{\text{uc}} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 318,4403 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{\text{umin}} \times \emptyset = 286,5963 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{\text{umin}} \times \emptyset < V_u$, **Hitung tulangan geser**

- Perhitungan tulangan geser

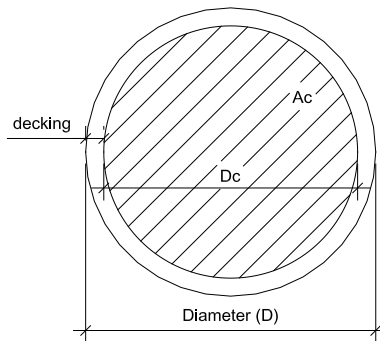
Diasumsikan jarak tulangan yaitu 200 mm

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 264,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D19 – 200

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 346,891 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi** } \end{aligned}$$

5.1.10 Penulangan Pondasi Bored Pile Abutment



Gambar 5.15 Penampang Tiang Bored Pile

Pada penulangan Tiang Pondasi Abutment menggunakan program PCA col. Dengan memasukkan data sebagai berikut :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

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

$$\emptyset = 0,7 \text{ untuk sengkang spiral}$$

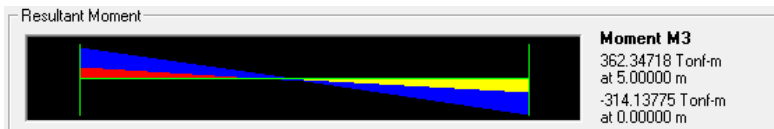
$$\begin{aligned}
 A_g &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= 1130973 \text{ mm}^2 \\
 \text{Decking} &= 75 \text{ mm} \\
 D_c &= 1200 - (2 \times 75) \\
 &= 1050 \text{ mm} \\
 A_c &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_c^2 \\
 &= 865901,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Beban output SAP

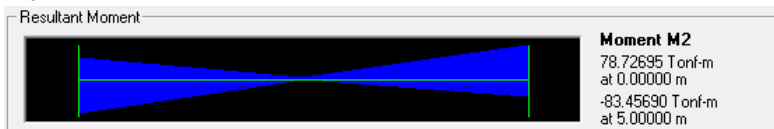
$$P = 586,19 \text{ ton}$$



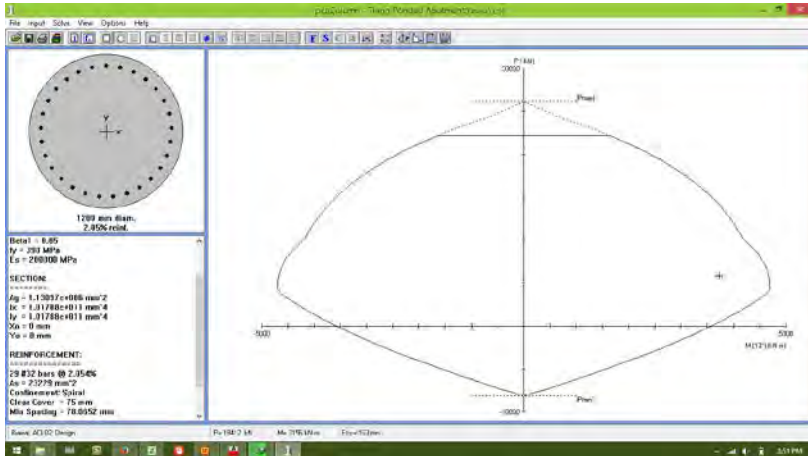
$$M_x = 362,35 \text{ ton}$$



$$M_y = 83,46 \text{ ton}$$



Hasil Output PCA Col



Gambar 5.16 Hasil diagram interaksi Bored Pile dari PCA Col
Maka diperoleh tulangan 29 D32 dengan A_s pasang 23229 mm^2 .

Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 83,46 \text{ ton} \\ = 834569 \text{ N}$$

$$V_{maks} = 0,2 \times f'c \times \text{Luas} \\ = 6785840 \text{ N}$$

$$\phi V_{maks} = 4750088 \text{ N} > V_u, \text{ *Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah*}$$

$$\beta_1 = d/2000 \\ = 0,600 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

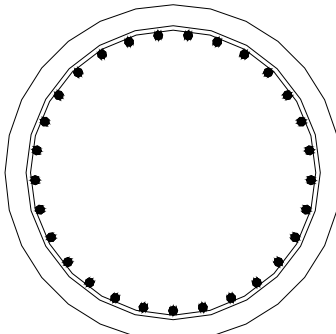
$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \times (A_{st} \times f'c / b_w \times d)^{0,5} \\ = 532664 \text{ N} \\ = 53,2664 \text{ ton}$$

$$V_{min} = V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 53,9450 \text{ ton} \\
 \phi V_{\text{umin}} &= 37.7615 \text{ ton} < V_u \\
 \text{Kontrol, } \phi V_{\text{umin}} &< V_u, \text{ *Hitung Tulangan Geser*} \\
 \text{Diasumsikan jarak tulangan} &= 150 \text{ mm} \\
 A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\
 &= 170,7 \text{ mm}^2 \\
 \text{Maka digunakan tulangan } &\phi 16 - 150 \\
 A_{st} &= 201,06 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ *Memenuhi*}
 \end{aligned}$$

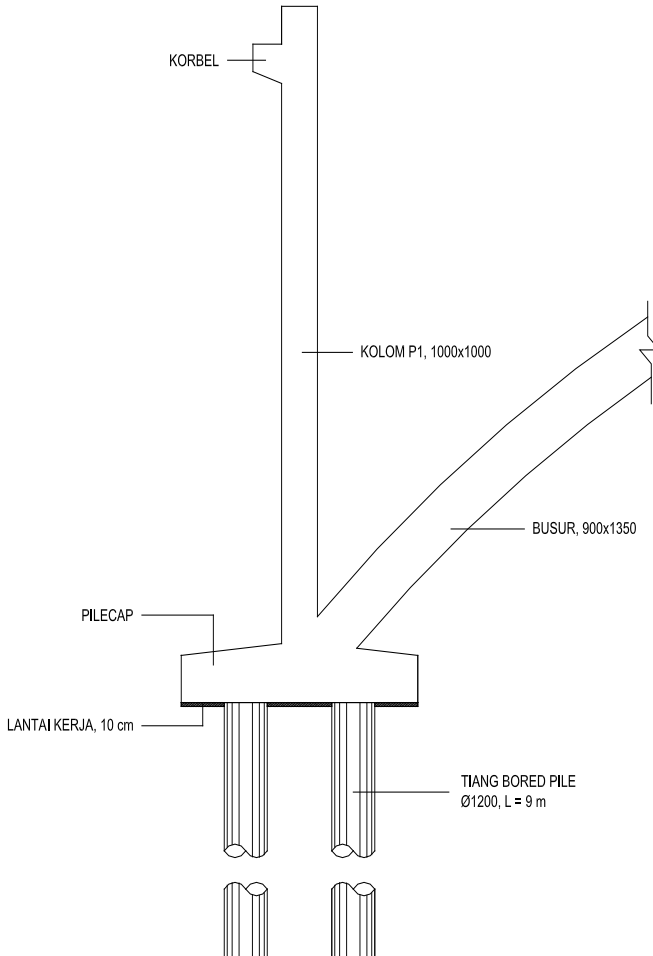
Tabel 5.19 Rekapitulasi Tulangan Bored Pile Abutment

NAMA	BORED PILE ABUTMENT
PANJANG	6.5 m
DIAMETER	1200
SKETSA	
LENTUR	29 D32
GESER	$\phi 16 - 150$

5.2 Perencanaan Pilar

5.2.1 Desain Dimensi Pilar

Dalam pilar terdiri dari beberapa elemen, yaitu pondasi, pile cap (poer), kolom pilar, longitudinal stopper dan korbel.



Gambar 5.17 Tampak Samping Pilar

5.2.2 Perencanaan Pondasi Pilar

5.2.2.1 Analisis pembebanan pada pondasi pilar

1. Beban mati bangunan atas

Tabel 5.20 Beban mati bangunan atas gelagar 17,5 m

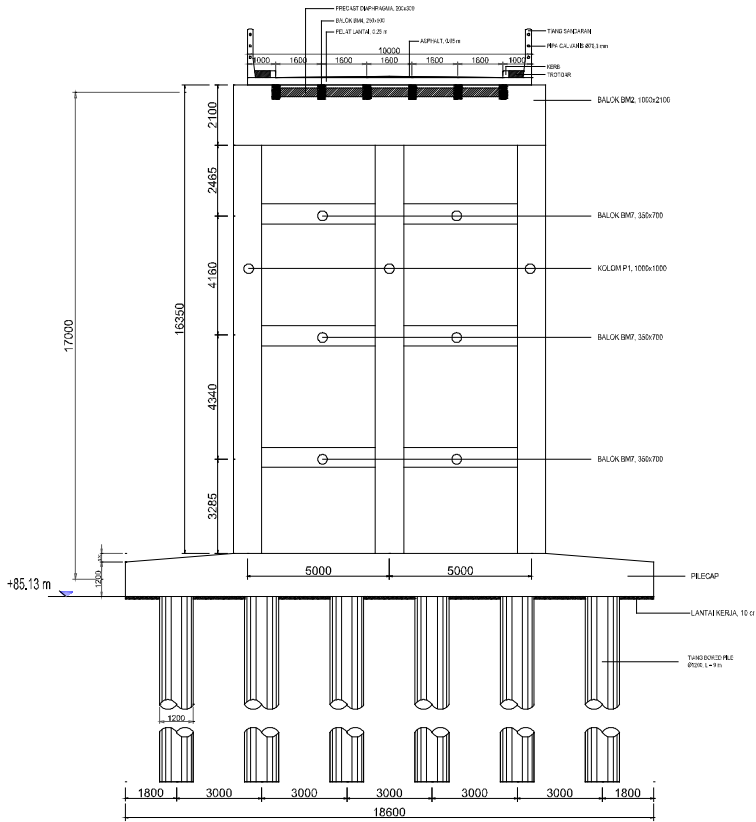
Uraian	Berat (ton)
Pelat lantai kendaraan	54.69
Aspal	9.63
Overlay	9.63
Gelagar	91.88
Diafragma	9.60
Tiang Sandaran	1.80
Pipa Sandaran	0.37
Kerb	1.91
Trotoar	10.94
Instalasi ME dan Saluran air	2.00
Air Hujan	4.38
Jumlah	196.81

Tabel 5.21 Beban mati bangunan atas gelagar 65 m

Uraian	Berat (ton)
Pelat lantai kendaraan	203.13
Aspal	35.75
Overlay	35.75
Gelagar Memanjang	60.94
Diafragma	4.80
Tiang Sandaran	6.30
Pipa Sandaran	1.39
Kerb	7.11
Trotoar	40.63
Instalasi ME dan Saluran air	2.00
Air Hujan	16.25
Jumlah	414.04

2. Beban sendiri pilar

Dalam perhitungan beban atau berat sendiri abutment dibagi atas beberapa segmen. Analisa berat pilar didapat dari volume per segmen dikalikan dengan berat jenis kemudian dilanjutkan dengan menghitung statis momen.



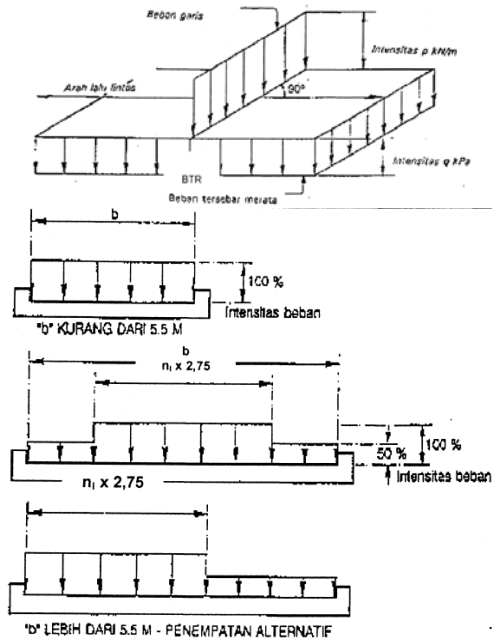
Gambar 5.18 Tampak Melintang Pilar

Tabel 5.22 Berat sendiri pilar

Uraian	tebal (m)	lebar (m)	panjang (m)	jumlah (buah)	Volume (m ³)	Berat vol (ton/m ³)	Berat (ton)	Faktor Beban	Beban Ultimate (ton)	
Kolom Pilar	1.00	1.00	16.0	3	48.00	2.5	120.00	1.3	156.00	
Korbel		0.595	10	1	5.95	2.5	14.88	1.3	19.34	
Gelagar Melintang atas	2.10	1.00	10	1	21.00	2.5	52.50	1.3	68.25	
Gelagar Melintang tengah	0.80	0.4	10	3	9.60	2.5	24.00	1.3	31.20	
Jumlah								211.38		274.79

3. Beban hidup lalu lintas

Beban lalu lintas “Lajur D” untuk rencana bangunan bawah jembatan terdiri dari UDL (Beban tersebar merata) dan KEL (Beban garis) yang bekerja pada arah melintang jembatan. Berikut asumsi pembebanan UDL dan KEL :



Gambar 5.19 Pembebanan Lalu Lintas

- Panjang jembatan (L) = 17,5 m dan 65 m
- Lebar perkerasan jembatan = 8,0 m
- Beban KEL = 4,9 ton
- Faktor beban dinamis (1+DLA) = 1,4
- Beban UDL = 0,9 ton.m²
- Gelagar 17,5 m
- Total beban lalu lintas KEL = 46,31 ton
- $5,5 \times 4,9 + (8 - 5,5) \times 0,5 \times 4,9 \times (1+0,4)$
- Total beban lalu lintas UDL = 53,16 ton
- $(5,5 \times 0,9 + (8 - 5,5) \times 0,5 \times 0,9) \times (1/2 \times 17,5)$
- Gelagar 65 m
- Total beban lalu lintas KEL = 46,31 ton
- $5,5 \times 4,9 + (8 - 5,5) \times 0,5 \times 4,9 \times (1+0,4)$
- Total beban lalu lintas UDL = 197,44ton
- $(5,5 \times 0,9 + (8 - 5,5) \times 0,5 \times 0,9) \times (1/2 \times 65)$

4. Beban Gempa

Analisis gempa berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.8.1 beban gempa direncanakan dengan metode horizontal statis ekuivalen.

$$V = C_s \cdot W_t$$

$$C_s = S_{DS} / (R \cdot I)$$

- Parameter percepatan spektral desain (S_{DS}) = 0,833
- Faktor reduksi gempa (R) = 6
- Faktor kepentingan (I) = 1
- Koefisien respons seismik (C_s) = 0,14
- Beban mati bentang 17,5 m W_{T1} = 196,81 ton
- Beban mati bentang 65 m W_{T2} = 414,04 ton
- Beban struktur busur W_{T3} = 577,47 ton
- Beban mati pilar W_{T4} = 211,38 ton
- Beban gempa akibat bentang 17,5 m T_{EQ1} = 27,55 ton
- Beban gempa akibat bentang 65 m T_{EQ2} = 57,97 ton
- Beban gempa akibat busur T_{EQ3} = 80,85 ton
- Beban gempa akibat pilar T_{EQ4} = 29,59 ton

5. Beban Angin

Gaya angin pada bangunan atas tergantung luas ekivalen diambil sebagai luas pada jembatan dalam elevasi proyeksi tegak lurus. Gaya nominal akibat beban angin yang diperhitungkan berdasarkan SNI T 02 2005 adalah sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 \cdot C_w \cdot V_w^2 \cdot A_b$$

Bentang jembatan 17,5 m

- Tinggi samping jembatan (d) = 2,0 m
- Lebar jembatan (b) = 10 m
- Luas bagian samping jembatan (A_b) = 35 m²
- Ratio b/d = 5
- Koefisien seret (C_w) = 1,31
- Kecepatan angin rencana (V_w) = 30 m/s
- Gaya angin (T_{EW}) = 24,81 ton

Bentang jembatan 65 m

- Tinggi samping jembatan (d) = 2,0 m
- Lebar jembatan (b) = 10 m
- Luas bagian samping jembatan (A_b) = 130 m²
- Ratio b/d = 5
- Koefisien seret (C_w) = 1,31
- Kecepatan angin rencana (V_w) = 30 m/s
- Gaya angin (T_{EW}) = 92,14 ton

6. Beban Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang. Beban rem yang diperhitungkan berdasarkan SNI T 02 2005 untuk jembatan dengan panjang 100 m adalah 250 KN.

5.2.2.2 Perhitungan Gaya Aksial Tiang Bor

Dari analisa beban di atas, maka langkah selanjutnya adalah analisa momen dan gaya. Perhitungan momen tersebut dipusatkan pada center poer. Berikut perhitungan momen dan gaya :

Tabel 5.23 Perhitungan gaya aksial tiang bor untuk beban kerja

No	Uraian	V	Hx	Hy	x	y	z
		ton	ton	ton	m	m	m
1	Beban tetap						
	Struktur atas L = 17.5 m	196.81			0.85		
	Struktur atas L = 65 m	414.04			0.50		
	Struktur busur	577.47			1.14		
	Struktur Pilar	211.38			0.00		
2	Aksi Transien						
	UDL L = 17,5 m	53.16			0.85		
	UDL L = 65 m	197.44			0.50		
	PKEL (1+DLA)	46.31			0.85		
	Gaya Rem		25				6.90
	Beban Angin L = 17,5m			24.81			9.20
	Beban Angin L = 65m			92.14			9.20
3	Aksi Lain (gempa) Eq						
	Struktur atas L = 17.5 m		27.55	27.55			9.20
	Struktur atas L = 65 m		57.97	57.97			9.20
	Struktur busur		80.85	80.85			1.20
	Struktur Pilar		29.59	29.59			9.20

Tabel 5.24 Perhitungan gaya aksial tiang bor untuk beban ultimate

No	Uraian	Faktor	V	Hx	Hy	x	y	z
		Beban	ton	ton	ton	m	m	m
1	Beban tetap							
	Struktur atas L = 17.5 m	-	257.22			0.85		
	Struktur atas L = 65 m	-	544.94			0.50		
	Struktur busur	-	750.71			1.14		
	Struktur Pilar	-	274.79			0.00		
2	Aksi Transien							
	UDL L = 17,5 m	1.8	95.68			0.85		
	UDL L = 65 m	1.8	355.39			0.50		
	PKEL (1+DLA)	1.8	83.35			0.85		
	Gaya Rem	1.8		45				6.90
	Beban Angin L = 17,5m	1.2			29.77			9.20
	Beban Angin L = 65m	1.2			110.57			9.20
3	Aksi Lain (gempa) Eq							
	Struktur atas L = 17.5 m	1		27.55	27.55			9.20
	Struktur atas L = 65 m	1		57.97	57.97			9.20
	Struktur busur	1		80.85	80.85			1.20
	Struktur Pilar	1		29.59	29.59			9.20

Tabel 5.25 Momen kerja yang terjadi pada center poer

No	Uraian	Mx	My
		t.m	t.m
1	Beban tetap		
	Struktur atas L = 17.5 m	-	167.29
	Struktur atas L = 65 m	-	207.02
	Struktur busur	-	658.32
	Struktur Pilar	-	179.67
2	Aksi Transien		
	UDL L = 17,5 m	-	45.18
	UDL L = 65 m	-	98.72
	PKEL (1+DLA)	-	39.36
	Gaya Rem	-	172.50
	Beban Angin L = 17,5m	228.22	-
	Beban Angin L = 65m	847.67	-
3	Aksi Lain (gempa) Eq		
	Struktur atas L = 17.5 m	253.50	253.50
	Struktur atas L = 65 m	533.28	533.28
	Struktur busur	97.02	97.02
	Struktur Pilar	272.25	272.25

Tabel 5.26 Momen ultimate yang terjadi pada center poer

No	Uraian	Mx	My
		t.m	t.m
1	Beban tetap		
	Struktur atas L = 17.5 m	-	218.64
	Struktur atas L = 65 m	-	272.47
	Struktur busur	-	855.81
	Struktur Pilar	-	233.57
2	Aksi Transien		
	UDL L = 17,5 m	-	81.33
	UDL L = 65 m	-	177.69
	PKEL (1+DLA)	-	70.85
	Gaya Rem	-	311
	Beban Angin L = 17,5m	273.86	-
	Beban Angin L = 65m	1017.20	-
3	Aksi Lain (gempa) Eq		
	Struktur atas L = 17.5 m	253.50	253.50
	Struktur atas L = 65 m	533.28	533.28
	Struktur busur	97.02	97.02
	Struktur Pilar	272.25	272.25

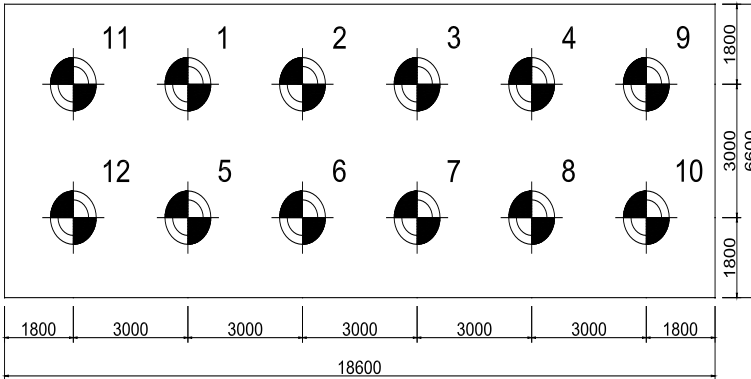
Kombinasi yang dipakai untuk menghitung pondasi memakai momen ultimate. Berikut kombinasi bebannya :

Tabel 5.27 Kombinasi beban untuk pondasi Pilar

Uraian	Kombinasi 1	Kombinasi 2	Kombinasi 3
	DL + LL	DL + LL + Tew	DL+LL+Eqx+30%Eqy
Hx (m)	45.00	45.00	299.75
Hy (m)	0.00	140.33	254.75
V (m)	2362.08	2362.08	2616.82
Mx (t.m)	0.00	1291.06	254.75
My (t.m)	2220.86	2220.86	2475.60

Lanjutan tabel kombinasi beban untuk pondasi Abutment

Uraian	Kombinasi 4
	DL+LL+30%Eqx+Eqy
Hx (m)	299.75
Hy (m)	254.75
V (m)	2616.82
Mx (t.m)	254.75
My (t.m)	2475.60



Gambar 5.20 Konfigurasi tiang bor Pilar

Dari kombinasi dan konfigurasi tersebut di atas, maka beban yang diterima pertiang dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{M_x \cdot y}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \cdot x}{\sum x^2}$$

Dimana,

P = Gaya aksial yang terjadi pada 1 tiang (KN)

V = Total gaya aksial (KN)

n = Jumlah tiang bor (buah)

M_x = Momen sumbu x (ton.m)

M_y = Momen sumbu y (ton.m)

y = Jarak tiang terhadap sumbu x (m)

x = Jarak tiang terhadap sumbu y (m)

Tabel 5.28 Perhitungan kemampuan gaya aksial per tiang

No	x	y	x ²	y ²	Komb 1	Komb 2	Komb 3	Komb 4
Tiang	m	m	m ²	m ²	ton	ton	ton	ton
1	1.5	-4.5	2.25	20.25	320.22	338.66	359.24	359.24
2	1.5	-1.5	2.25	2.25	320.22	326.37	356.82	356.82
3	1.5	1.5	2.25	2.25	320.22	326.37	356.82	356.82
4	1.5	4.5	2.25	20.25	320.22	338.66	359.24	359.24
5	-1.5	-4.5	2.25	20.25	320.22	338.66	359.24	359.24
6	-1.5	-1.5	2.25	2.25	320.22	326.37	356.82	356.82
7	-1.5	1.5	2.25	2.25	320.22	326.37	356.82	356.82
8	-1.5	4.5	2.25	20.25	320.22	338.66	359.24	359.24
9	1.5	7.5	2.25	56.25	320.22	350.96	361.67	361.67
10	-1.5	7.5	2.25	56.25	320.22	350.96	361.67	361.67
11	1.5	-7.5	2.25	56.25	320.22	350.96	361.67	361.67
12	-1.5	-7.5	2.25	56.25	320.22	350.96	361.67	361.67
		∑	27.00	315.00				

Dari hasil gaya aksial yang terjadi pada tiang bor pilar didapatkan gaya aksial terbesar yang diterima 1 tiang bor adalah sebesar 361,67 ton. Selanjutnya gaya aksial yang terjadi harus lebih kecil dari daya dukung tanah.

5.2.2.3 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Dari tabel 5.25 dapat diketahui nilai maksimum (P_{maks}) akibat beban tetap adalah 350.96 ton, sedangkan nilai maksimum akibat beban sementara adalah 361,67 ton. Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan tiang bor yang berdiameter 1,2 m dan berdasarkan data penyelidikan tanah SPT pada titik bor. Daya dukung tanah dihitung berdasarkan rumus *Kazuto Nakazawa*.

$$\begin{aligned} R_u &= 1/n (R_p + R_f) \\ &= 1/n [(q_d \cdot A) + (U \cdot \sum l_i \cdot f_i)] \end{aligned}$$

Dimana,

R_a = Daya dukung tanah yang diizinkan (ton)

n = Faktor Keamanan

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

q_d = Daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m^2)

U = Panjang keliling tiang (m)

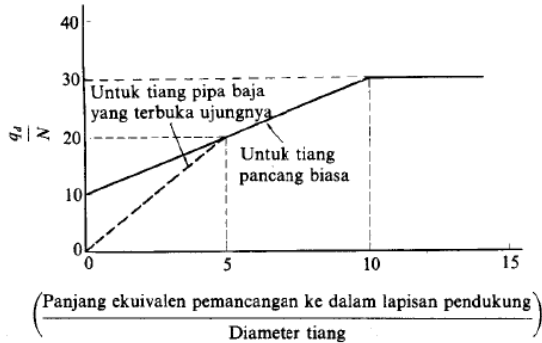
l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (m)

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^3)

1. Perhitungan daya dukung tiang kedalaman 9 m

$$\begin{aligned} N &= \frac{N_1 + N_2}{2} \\ &= 50 + (50 + 50 + 50 + 50)/4 \\ &= (50 + 50)/2 \\ &= 50 \end{aligned}$$

Selanjutnya menemukan panjang ekivalensi penetrasi pada lapisan pendukung (didapat pada data tanah SPT). Didapatkan L (panjang ekivalensi pemancangan ke dalam lapisan pendukung) yaitu 2,5 m, $L/D = 4,5 / 1,2 = 3,75$



Gambar 5.21 Diagram daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

2. Menghitung R_p (Daya dukung terpusat tiang)

$$q_d/N = 17,50$$

$$q_d = 50 \times 17,50$$

$$= 875 \text{ ton/m}^2$$

$$R_p = q_d \cdot A$$

$$= 875 \times (\pi \cdot 1,2^2/4)$$

$$= 989,60 \text{ ton}$$

3. Menghitung R_f (Gaya geser dinding tiang)

Tabel 5.29 Perhitungan gaya geser dinding tiang

Depth (m)	Kind of Soil	N Average	f_i (t/m^2)	$f_i \times \text{thickness (li)}$ (t/m)	$S(f_i \cdot li)$ (t/m)
0.00	Soft	0	0	0	0
-0.50	Soft	3	1	0.67	0.67
-1.00	Soft	5	3	1.33	2.00
-1.50	Soft	8	4	2.00	4.00
-2.00	Soft	14	7	3.42	7.42
-2.50	Soft	19	10	4.83	12.25
-3.00	Very Stiff	25	12	6.00	18.25

Tabel lanjutan perhitungan gaya geser dinding tiang

-3.50	Very Stiff	33	12	6.00	24.25
-4.00	Very Stiff	42	12	6.00	30.25
-4.50	Very Hard	50	12	6.00	36.25
-5.00	Very Hard	50	12	6.00	42.25
-5.50	Very Hard	50	12	6.00	48.25
-6.00	Very Hard	50	12	6.00	54.25
-6.50	Very Hard	50	12	6.00	60.25
-7.00	Very Hard	50	12	6.00	66.25
-7.50	Very Hard	50	12	6.00	72.25
-8.00	Very Hard	50	12	6.00	78.25
-8.50	Very Hard	50	12	6.00	84.25
-9.00	Very Hard	50	12	6.00	90.25

$$R_f = U \cdot \sum l_i \cdot f_i$$

$$= \pi \cdot 1,2 \cdot 90,25$$

$$= 340,23 \text{ ton}$$

$$R_u = 1/3 (R_p + R_f)$$

$$= 443,28 \text{ ton (Beban Tetap)}$$

$$R_u = 1/2 (R_p + R_f)$$

$$= 664,92 \text{ ton (Beban Sementara)}$$

5.2.2.4 Perhitungan Efisiensi Tiang Bor

Efisiensi tiang kelompok dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{2[(m-1) \cdot s + (n-1) \cdot s] + \pi D}{\pi D \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

η = koefisien efisiensi kelompok tiang bor

D = diameter tiang bor (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = jumlah tiang dalam satu kolom (buah)

n = jumlah tiang dalam satu baris (buah)

$$\eta = \frac{2[(m-1).s + (n-1).s] + \pi D}{\pi D.m.n}$$

$$\eta = 0,879$$

Pijin tiang bor $\phi 1,2$ m kedalaman 9 m yaitu :

Pijin tetap = 389,69 ton

Pijin sementara = 584,53 ton

5.2.2.5 Kontrol Kekuatan Tiang Bor

1. Kontrol terhadap gaya aksial vertikal

- Berdasarkan kekuatan bahan

$$\begin{aligned}\sigma_b &= 0,33 \times f'_c \\ &= 0,33 \times 30 \\ &= 9,9 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol, $F > P_{maks}$

$$\begin{aligned}F &= \sigma_b \times A \\ &= 9,9 \times (1/4 \times 3,14 \times 1200^2) \\ &= 11196636,2 \text{ N} \\ &= 1119,664 \text{ ton} > 361,67 \text{ ton, } \mathbf{Memenuhi}\end{aligned}$$

- Berdasarkan daya dukung tanah

Pijin tetap $> P_{maks}$

389,69 ton $> 361,67$ ton, **Memenuhi**

Pijin sementara $> P_{maks}$

584,53 ton $> 361,67$ ton, **Memenuhi**

2. Kontrol terhadap beban horizontal

Gaya-gaya horisontal (H_x) diperoleh dari gaya searah dengan arah sumbu x, diantaranya : Beban rem + Beban 100% akibat gempa e_{qx} (Struktur atas + pilar) + Beban 30% akibat gempa e_{qx} (Struktur atas + pilar)

$$\begin{aligned}H_x &= 25 + 195,96 + 0,3 \times 195,96 \\ &= 279,75 \text{ ton}\end{aligned}$$

Gaya-gaya horisontal (H_y) diperoleh dari Beban searah sumbu y, diantaranya : 30% akibat gempa e_{qx} (Struktur atas + Pilar) + 100% akibat gempa e_{qy} (Struktur atas + Pilar)

$$\begin{aligned} H_y &= 0,30 \times 195,96 + 195,96 \\ &= 254,75 \text{ ton} \end{aligned}$$

Gaya horizontal diambil yang terbesar dari gaya horizontal (H_x) dan (H_y) yaitu 279,75 ton. Gaya Horizontal untuk 1 tiang yaitu $279,75/12$ adalah 23,31 ton

Kemampuan tambahan tiang menahan gaya horizontal bila diijinkan adanya pergeseran posisi ujung tiang.

$$\begin{aligned} k &= 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-3/4} \\ &= 7,72 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

E_0 = modulus deformasi tanah pondasi (28N, nilai N diambil N_{SPT} rata-rata sampai pada kedalaman tiang bor masuk dalam tanah)

$$\begin{aligned} &= 28 \cdot N \\ &= 1400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= 4 \sqrt{\frac{kxD}{4xExI}} \\ &= 0,0031 \end{aligned}$$

E = $4700 \sqrt{f^c}$ (modulus elastisitas beton tiang)
 $= 25742,96 \text{ N/mm}^2 = 257429,6 \text{ kg/cm}^2$

I = $\pi/64 \cdot D^4$ (momen inersia penampang)
 $= 10173600 \text{ cm}^4$

$$y = 1,00 \text{ cm}$$

$$\delta a = 1,00 \text{ cm}$$

$l_m = \pi/2\beta$ (Panjang penjepitan untuk tiang yang kepala tiang tidak berputar dan tenggelam ke tanah)

$$= 512,25 \text{ cm} = 5,12 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{k \cdot D \cdot \delta}{\beta} \\ &= (7,72 \cdot 120 \cdot 1) / 0,0031 \\ &= 302216,62 \text{ kg/tiang} \\ &= 302,22 \text{ ton/tiang} \end{aligned}$$

Kontrol $H_{ijin} > H$ 1 tiang

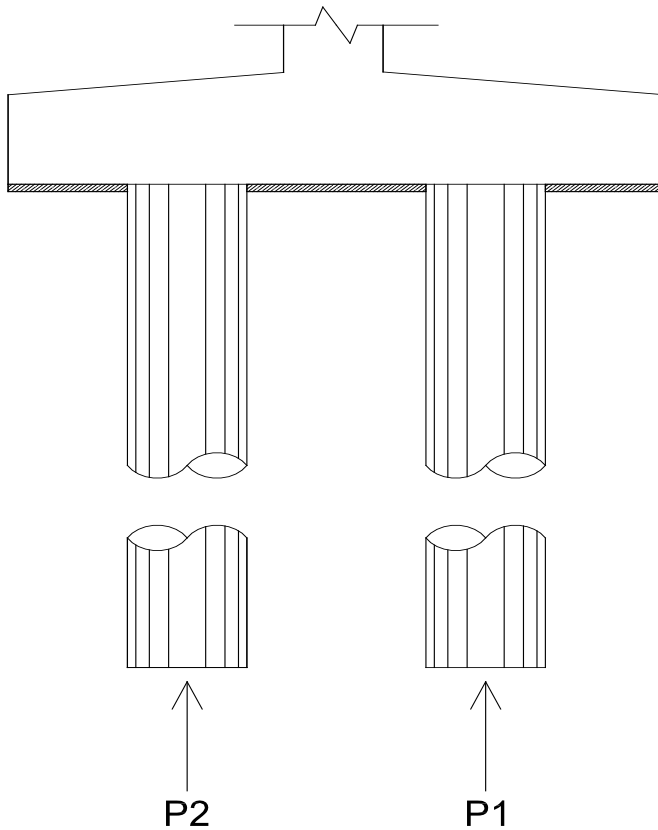
H_{ijin} untuk SF = 3

$$\begin{aligned} H_a / 3 &= 302,22 / 3 \\ &= 100,74 \text{ ton} > 23,31, \text{ Memenuhi} \end{aligned}$$

Hijin untuk SF = 2

$$\begin{aligned} H_a / 2 &= 302,22 / 2 \\ &= 50,37 \text{ ton} > 23,31, \text{ Memenuhi} \end{aligned}$$

5.2.3 Perencanaan Poer (Pile Cap)



Gambar 5.22 Analisa Gaya dan Momen pada Poer

Tabel 5.30 Perhitungan reaksi tiang bor

	P komb 1	P komb 2	P komb 3	P komb 4
	ton	ton	ton	ton
$\sum P1$	320.2207	338.6644	359.2412	359.2412
$\sum P2$	320.2207	350.9602	361.6674	361.6674

Tabel 5.31 Perhitungan momen poer

	Jarak terhadap center poer	Momen			
		Komb 1	Komb 2	Komb 3	Komb 4
		T.m	T.m	T.m	T.m
$\sum P1$	1.5	480.3311	507.9967	538.8618	538.8618
$\sum P2$	1.5	480.3311	526.4404	542.501	542.501

Sehingga untuk perencanaan tulangan poer dipakai hasil reaksi dari kombinasi 4 (DL+LL+Ta+30%Eqx+Eqy). Momen yang dipakai untuk perhitungan penulangan poer adalah :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 542,501 \text{ t.m} \\ &= 5425010378 \text{ N.mm} \\ f_c' &= 30 \text{ Mpa} \\ f_y &= 390 \text{ Mpa} \\ h &= 1200 \text{ mm} \\ b &= 18600 \text{ mm} \\ d' &= 75 \text{ mm} \\ d &= 1200 - 75 \\ &= 1125 \text{ mm} \\ \emptyset &= 0,9 \\ \beta_1 &= 0,85 \end{aligned}$$

- Perhitungan tulangan utama

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 5425010378 / 0,9 \\ &= 6027789309 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / b.d^2 \\ &= 6027789309 / 12600 \cdot 1125^2 \\ &= 0,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600+f_y) \\ &= 0,034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1}{4} f_y \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,025262 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 \cdot x_{fc}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot x_{fc}}} \right) \\ &= 0,0007 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$, maka digunakan rumus untuk mencari

$$\rho_{\min 2} \text{ yaitu } 1 \frac{1}{3} \times \rho_{\text{perlu}}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min 2} &= 1,333 \times \rho_{\text{perlu}} \\ &= 0,00087964 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00087964 \times 12600 \times 1125 \\ &= 18406,37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22 – 250

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{18600}{250} \pi (0,5 D)^2 \\ &= 28268 \text{ mm}^2, \text{ *Memenuhi*} \end{aligned}$$

- Tulangan Bagi

$$\begin{aligned} A_s &= 20\% \times A_s \text{ perlu} \\ &= 3681,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D13 - 250

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{12600}{250} \pi (0,5 D^2) \\ &= 9870 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi** } \end{aligned}$$

- Kontrol geser ponds

$$\begin{aligned} b_w &= \text{keliling bor} + \text{tebal poer} \\ &= 4968 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d' \\ &= 5102036 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= P_{\text{maks}} / 0,75 \\ &= 482,223 \text{ ton} \\ &= 4822231,45 \text{ N} < V_c, \text{ **Memenuhi tebal poer** } \end{aligned}$$

- Kontrol geser

$$\begin{aligned} V_u &= 269,94 \text{ ton} \\ &= 2699440 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f_c' \times b_w \times d \\ &= 33534000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 30180600 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$, **Kehancuran badan tidak terjadi**

$$\begin{aligned} \beta_1 &= d/2000 \\ &= 0,563 \leq 1,1 \end{aligned}$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$\begin{aligned} V_{uc} &= \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5} \\ &= 988176 \text{ N} \\ &= 98,8176 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 98,8176 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{\text{min}} \times \emptyset = 88,9358 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{\text{min}} \times \emptyset < V_u$, **Hitung tulangan geser**

$$V_{\text{us}} = V_u / \emptyset - V_{\text{uc}}$$

$$= 201,12019 \text{ ton, Gaya geser per meter lebar}$$

- Perhitungan tulangan geser

Diasumsikan jarak tulangan yaitu 150 mm

$$A_{\text{sv}} = (V_{\text{uc}} \times s) / (f_y \times d)$$

$$= 337,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 – 150

$$A_{\text{spakai}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

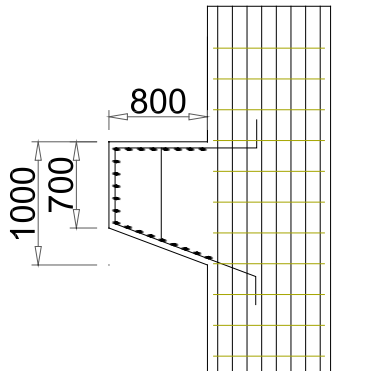
$$= 379,94 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi**}$$

5.2.4 Perencanaan Korbek

Korbek berfungsi sebagai tumpuan dari kolom. Berikut analisis perhitungan korbek.

5.1.7.3 Analisis Pembebanan Korbek

Analisis pembebanan korbek ditunjukkan pada gambar 5.23. Perhitungan beban akan ditunjukkan pada tabel 5.29 dimana beban-beban tersebut dikalikan dengan faktor beban batas.



Gambar 5.23 Analisis Pembebanan pada Korbek

Tabel 5.32 Perhitungan Gaya dan Momen pada Korbek

Gaya yang bekerja	Beban	Faktor Beban	Beban Ultimate	1,3DL+1,8LL+1,2 Tew			1,3DL+1,8LL+EQ		
				Vu	I	Mu	Vu	I	Mu
	ton	ton	ton	ton	m	t.m	ton	m	t.m
Berat Struktur atas	196.81	1.3	255.86	255.86	0.35	89.55	255.86	0.35	89.55
Berat sendiri	16.67	1.3	21.67	21.67	0.40	8.67	21.67	0.40	8.67
UDL	53.16	1.8	95.68	95.68	0.35	33.49	95.68	0.35	33.49
KEL x (1+DLA)	46.31	1.8	83.35	83.35	0.35	29.17	83.35	0.35	29.17
Rem	25.00	1.8	45.00	45.00	0.43	19.35	45.00	0.43	19.35
Angin	24.81	1.2	29.77	29.77	0.43	12.80			
Gempa Struktur									
Bangunan atas	27.55	1	27.55				27.55	0.35	9.64
	TOTAL			531.32		193.03	529.11		189.87

5.1.7.4 Perhitungan Penulangan Korbek

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 193,03 \text{ t.m} \\ &= 1930273705 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$b = 10000 \text{ mm}$$

$$d' = 50 \text{ mm}$$

$$d = 800 - 50$$

$$= 750 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

- Perhitungan tulangan utama

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \text{Mu} / \emptyset \\ &= 1930273705 / 0,9 \end{aligned}$$

$$= 2144748561 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \text{Mn} / b \cdot d^2 \\ &= 2144748561 / 10000 \cdot 750^2 \end{aligned}$$

$$= 0,381$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot f_c' / f_y \times \beta_1 (600/600 + f_y)$$

$$= 0,034$$

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

$$= 0,0036$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,025262$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 x f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 x f_c}} \right)$$

$$= 0,00099$$

$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\max}$, maka digunakan ρ_{\min}

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 10000 \times 750$$

$$= 26923,08 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 – 150

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{10000}{150} \pi (0,5 D^2)$$

$$= 32708 \text{ mm}^2, \text{ *Memenuhi*}$$

- Kontrol geser

$$V_u = 531,32 \text{ ton}$$

$$= 5313218 \text{ N}$$

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f_c' \times b_w \times d$$

$$= 45000000 \text{ N}$$

$$\emptyset \cdot V_c = 40500000 \text{ N}$$

Kontrol, $V_u \leq \emptyset \cdot V_c$, *Kehancuran badan tidak terjadi*

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 0,375 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d (A_{st} \times f_c' / b_w \times d)^{0,5}$$

$$= 922964 \text{ N}$$

$$= 9,22964 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{umin}} &= V_{\text{uc}} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 96,7964 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$V_{\text{umin}} \times \emptyset = 87,1168 \text{ ton}$$

Kontrol, $V_{\text{umin}} \times \emptyset < V_u$, **Hitung tulangan geser**

$$\begin{aligned} V_{\text{us}} &= V_u / \emptyset - V_{\text{uc}} \\ &= 498,06115 \text{ ton, Gaya geser per meter lebar} \end{aligned}$$

- Perhitungan tulangan geser

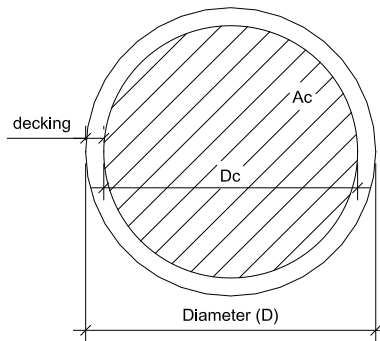
Diasumsikan jarak tulangan yaitu 100 mm

$$\begin{aligned} A_{\text{sv}} &= (V_{\text{uc}} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 315,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22 – 100

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2, \text{ **Memenuhi**} \end{aligned}$$

5.2.5 Penulangan Pondasi Bored Pile Pilar



Gambar 5.24 Penampang Tiang Bored Pile

Pada penulangan Tiang Pondasi Abutment menggunakan program PCA col. Dengan memasukkan data sebagai berikut :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\emptyset = 0,7 \text{ untuk sengkang spiral}$$

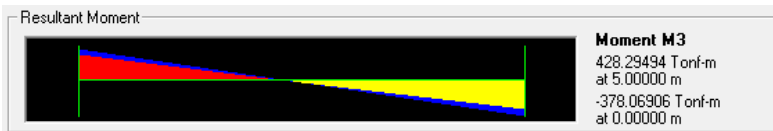
$$\begin{aligned} \text{Diameter} &= 1200 \text{ mm} \\ \text{Ag} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 1130973 \text{ mm}^2 \\ \text{Decking} &= 75 \text{ mm} \\ \text{Dc} &= 1200 - (2 \times 75) \\ &= 1050 \text{ mm} \\ \text{Ac} &= \frac{1}{4} \times \pi \times Dc^2 \\ &= 865901,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Beban output SAP

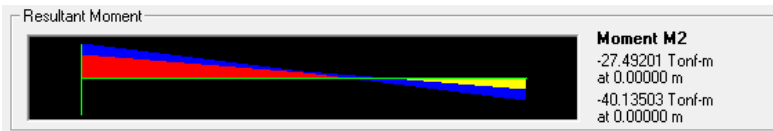
$$P = 599,60 \text{ ton}$$



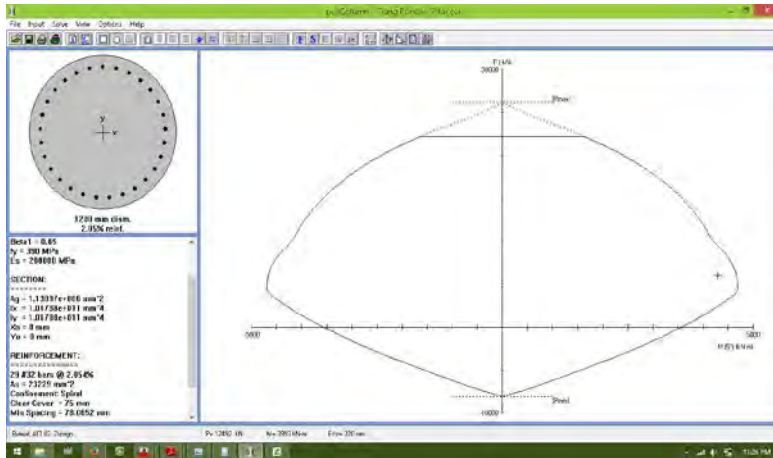
$$M_x = 428,29 \text{ ton}$$



$$M_y = 40,14 \text{ ton}$$



Hasil Output PCA Col



Gambar 5.25 Hasil diagram interaksi Bored Pile dari PCA Col
Maka diperoleh tulangan 29 D32 dengan As pasang 23229 mm².

Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 40,14 \text{ ton}$$

$$= 401350,3 \text{ N}$$

$$V_{maks} = 0,2 \times f'c \times \text{Luas}$$

$$= 6785840,132 \text{ N}$$

$$\phi V_{maks} = 5089380 \text{ N} > V_u, \text{ *Kehancuran badan tidak akan terjadi masalah*}$$

$$\beta_1 = d/2000$$

$$= 0,600 \leq 1,1$$

$$\beta_2 = 1$$

$$\beta_3 = 1$$

$$V_{uc} = \beta_1 \times \beta_2 \times \beta_3 \times b_w \times d \left(A_{st} \times f'c / b_w \times d \right)^{0,5}$$

$$= 532663,97 \text{ N}$$

$$= 53,27 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} V_{umin} &= V_{uc} + 0,6 \times b_w \times d \\ &= 53,9450 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\phi V_{umin} = 37,7615 \text{ ton} < V_u$$

Kontrol, $\phi V_{umin} < V_u$, **Hitung Tulangan Geser**

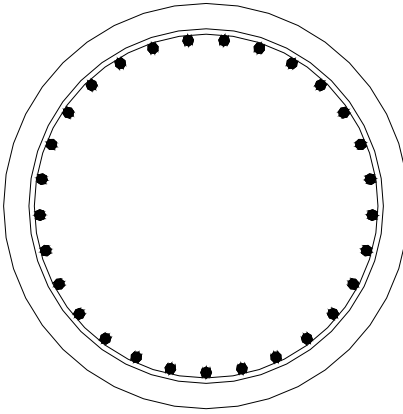
$$\text{Diasumsikan jarak tulangan} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{sv} &= (V_{uc} \times s) / (f_y \times d) \\ &= 170,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $\phi 16 - 150$

$$A_{st} = 201,06 \text{ mm}^2 > A_{sv}, \text{ **Memenuhi**}$$

Tabel 5.33 Rekapitulasi Tulangan Bored Pile Pilar

NAMA	BORED PILE PILAR
PANJANG	9 m
DIAMETER	1200
SKETSA	
LENTUR	29 D32
GESER	$\phi 16 - 150$

„Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

BAB VI

PERENCANAAN PERLETAKAN

6.1 Dasar Perencanaan

Perletakan elastomer terbuat dari karet alam atau sintetik dengan kekerasan IHRD (Intencity Hardness of Durable Rubber) yaitu strukturnya terdiri dai lapisan-lapisan karet yang dihimpit oleh plat baja dan diletakkan melalui proses vulkanisasi. Karet ini memiliki tingkat kekenyalan yang tinggi, bersifat elastis dan kuat dalam waktu yang cukup lama. Berdasarkan BMS BDM 1992 pasal 7.1.1 hal 7.1, fungsi dari perletakkan adalah untuk mengendalikan interaksi beban dan gerakan antara bangunan atas dengan bangunan bawah. Perencanaan dimensi perletakan mengacu pada BMS BDM 1992 Tabel 7.4 hal 7.10 sedangkan untuk kontrol elastomer mengacu pada BMS BDM 1992 volume 7 dan BMS BDC 1992 volume 8.

6.2 Pembebanan

6.2.1 Gaya Vertikal

1. Beban mati gelagar tengah pada perletakan
- | | |
|-----------------------|--|
| Berat pelat lantai | $= T_s \times \frac{1}{2} L \times b \times \gamma$
$= 0,25 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \times 2,5 \times 2,5$
$= 13,67 \text{ ton}$ |
| Berat Aspal | $= T_a \times \frac{1}{2} L \times b \times \gamma$
$= 0,05 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \times 2,5 \times 2,5$
$= 2,41 \text{ ton}$ |
| Berat Sendiri Gelagar | $= h \times \frac{1}{2} L \times b \times \gamma$
$= 1,4 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \times 0,7 \times 2,5$
$= 21,44 \text{ ton}$ |
| Berat Air Hujan | $= T_h \times \frac{1}{2} L \times b \times \gamma$
$= 0,05 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \times 2,5 \times 1$
$= 2,73 \text{ ton}$ |
| Diafragma | $= b \times h \times n \times \gamma$
$= 0,08 \times 0,03 \times 6 \times 2,5$
$= 0,036 \text{ ton}$ |

$$\begin{aligned}
 \text{Total wt1} &= 13,67 \times 2,41 \times 21,44 \times 2,73 \times 0,036 \\
 &= 40,29 \text{ ton} \\
 2. \quad \text{Beban mati gelagar tepi jembatan} \\
 \text{Berat pelat lantai} &= T_s \times \frac{1}{2} L \times b \times \gamma \\
 &= 0,25 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \times \frac{1}{2} \cdot 2,5 \times 2,5 \\
 &= 6,84 \text{ ton} \\
 \text{Berat Trotoar} &= T_a \times \frac{1}{2} L \times b \times \gamma \\
 &= 0,25 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \times 1 \times 2,5 \\
 &= 5,47 \text{ ton} \\
 \text{Berat Sendiri Gelagar} &= h \times \frac{1}{2} L \times b \times \gamma \\
 &= 1,4 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \times 0,7 \times 2,5 \\
 &= 21,44 \text{ ton} \\
 \text{Berat Air Hujan} &= T_h \times \frac{1}{2} L \times b \times \gamma \\
 &= 0,05 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \times 2,5 \times 1 \\
 &= 2,73 \text{ ton} \\
 \text{Diafragma} &= b \times h \times n \times \gamma \\
 &= 0,08 \times 0,03 \times 3 \times 2,5 \\
 &= 0,018 \text{ ton} \\
 \text{Total wt2} &= 6,84 \times 5,47 \times 21,44 \times 2,73 \times 0,018 \\
 &= 37,59 \text{ ton} \\
 3. \quad \text{Beban hidup gelagar tengah pada perletakan} \\
 \text{Beban UDL 100\%} &= 0,9 \times b \times \frac{1}{2} L \\
 &= 0,9 \times 2,5 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \\
 &= 19,69 \text{ ton} \\
 \text{Beban KEL 100\%} &= 4,9 \times DLA \times b \\
 &= 4,9 \times (1+0,4) \times 2,5 \\
 &= 17,15 \text{ ton} \\
 \text{Total} &= 19,69 + 17,15 \\
 &= 36,84 \text{ ton} \\
 4. \quad \text{Beban hidup gelagar tepi jembatan} \\
 \text{Beban UDL 50\%} &= 0,9 \times b \times \frac{1}{2} L \\
 &= 0,5 \times 0,9 \times 2,5 \times \frac{1}{2} \cdot 17,5 \\
 &= 9,84 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban KEL 100\%} &= 0,5 \times 4,9 \times \text{DLA} \times b \\
 &= 0,5 \times 4,9 \times (1+0,4) \times 2,5 \\
 &= 8,58 \text{ ton} \\
 \text{Pejalan Kaki} &= 0,5 \times 1 \times b \\
 &= 0,5 \times 1 \times 1 \\
 &= 0,5 \text{ ton} \\
 \text{Total} &= 9,84 + 8,58 \times 0,5 \\
 &= 18,92 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

5. Gaya vertikal

Gelagar Tengah

$$\text{Beban mati + Beban hidup} = 40,29 + 36,84 = 77,12 \text{ ton}$$

Gelagar Tepi

$$\text{Beban mati + Beban hidup} = 37,59 + 18,92 = 56,51 \text{ ton}$$

6.2.2 Gaya Horizontal

1. Akibat gaya rem

$$\text{Hrem} = 25 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah Gelagar} = 5$$

$$\text{Prem} = 5 \text{ ton}$$

2. Akibat gaya gempa

$$\text{Teq} = \text{Kh} \times \text{I} \times \text{Wt}$$

$$\text{Kh} = \text{koefisien beban gempa horizontal, } C \times S \times I$$

$$C = 0,24 \text{ koefisien geser dasar } 0,24 \text{ zona } 3 \text{ tanah keras}$$

$$C = \text{A.R.S}$$

$$A = 0,24$$

$$R = 1$$

$$S = 1, \text{ untuk tanah keras}$$

$$I = 1$$

$$F = 1$$

$$\text{Kh} = 0,24$$

Gelagar tengah

$$\text{Teq} = \text{Kh} \times \text{I} \times \text{Wt1}$$

$$= 9,67 \text{ ton}$$

Gelagar tepi

$$\begin{aligned} \text{Teq} &= K_h \times I \times W_{t2} \\ &= 9,02 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Akibat gaya gesek

Gaya gesek pada tumpuan yang ditinjau dari bahan antara karet dan besi sebesar 0,16 dari beban mati

$$K_h = 0,16$$

Gelagar tengah

$$\begin{aligned} \text{Teq} &= K_h \times I \times W_{t1} \\ &= 6,45 \text{ ton} \end{aligned}$$

Gelagar tepi

$$\begin{aligned} \text{Teq} &= K_h \times I \times W_{t2} \\ &= 6,01 \text{ ton} \end{aligned}$$

6.3 Rekapitulasi Gaya Vertikal dan Horizontal

Tabel 6.1 Rekapitulasi gaya vertikal dan horizontal

Gaya yang bekerja	gelagar tengah			gelagar tepi		
	V (ton)	Hx (ton)	Hy (ton)	V (ton)	Hx (ton)	Hy (ton)
Beban vertikal	77.12			56.51		
Gaya gempa		9.67	9.67		9.02	9.02
Gaya rem		25.00			0.00	
Gaya gesek		6.45			6.01	
Total	77.12	41.11	9.67	56.51	15.04	9.02

$$V^* = 77,12 \text{ ton} = 771235 \text{ N}$$

$$H_x(\text{ton}) = 41,11 \text{ ton} = 411144 \text{ N}$$

$$H_y(\text{ton}) = 9,67 \text{ ton} = 96686,4 \text{ N}$$

6.4 Perencanaan Perletakan

Data perletakan :

$$\text{Ukuran Perletakan} = 600 \times 330 \times 68 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Pelat Baja (ts)} = 5 \text{ mm}$$

Tebal Karet Tengah (t_e)	= 12 mm
Jumlah lapis baja	= 3
Tebal selimut atas dan bawah	= 6 mm
Tebal selimut sisi	= 10 mm
Tinggi Keseluruhan (t)	= 68 mm

- Data perencanaan 1

$$\begin{aligned} At &= 600 \times 330 \\ &= 198000 \text{ mm}^2 \\ G &= 0,69 \text{ Mpa} \\ \delta a &= H_a \cdot t / 1000 \cdot At \cdot G \\ &= 0,205 \\ \delta b &= H_b \cdot t / 1000 \cdot At \cdot G \\ &= 0,048 \\ a &= 590 \text{ mm} \\ b &= 320 \text{ mm} \\ A_{eff} &= At (1 - \delta a/a - \delta b/b) \\ &= 197901,55 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Data perencanaan 2

$$\begin{aligned} S &= a \cdot b / 2(a+b)t_e \\ &= 8,64 \dots (4 \leq S \leq 12) \text{ OK} \\ \alpha_a = \alpha_b &= 0,0035 \text{ radian} \\ e_{sr} &= \alpha_a \cdot a^2 + \alpha_b \cdot b^2 / 2 \cdot t_i \cdot t \\ &= 0,966 \end{aligned}$$

- Data perencanaan 3

$$\begin{aligned} \delta_s &= \delta a + \delta b \\ &= 0,25 \text{ mm} \\ e_{sh} &= \delta_s / t \\ &= 0,0037 \\ 0,9 \times A &= 178200 \text{ mm}^2 \\ e_{sh} \text{ maksimum} &= 0,7 \dots (A_{eff} \geq 0,9A) \end{aligned}$$

- Data perencanaan 4

$$\begin{aligned} V*LL &= 36,84 \text{ ton} = 368375 \text{ N} \\ \text{esc} &= 6.S.V.10^3 / 3.Aeff.G(1+2S^2) \\ &= 0,65 \end{aligned}$$

- Data perencanaan 5

$$A_t = 198000 \text{ mm}^2$$

- Data perencanaan 6

$$\begin{aligned} C &= 4 + a/b(6 - 3,3.a/b) \\ &= 3,84 \\ E_h &= A.G (1-1/((a/b)+(b/a))^2) \\ &= 23995,44 \\ B &= 2000 \text{ Mpa} \\ E &= E_h + (C.G.S^2/1+C.G.S^2/(0,75.B))) \\ &= 24384,79 \\ d_c &= \sum (t_e (V.10^4/EA)) \\ &= 0,0192 \end{aligned}$$

- Data perencanaan 7

$$b_e = 590 \text{ mm}$$

- Data perencanaan 8

$$\begin{aligned} f_y &= 390 \text{ Mpa} \\ t_i &= 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

6.5 Kontrol Perletakan

1. Pemeriksaan Luas Efektif Minimum

$$\begin{aligned} A_{eff}/0,8.A &> 1 \\ 1,25 &> 1 \quad \quad \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

2. Pemeriksaan Regangan Total Maksimum

$$\begin{aligned} e_T = \text{esc} + \text{esr} + \text{esh} &\leq 2,6/G \\ 1,62 &\leq 3,13 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

3. Pemeriksaan Regangan Geser Maksimum

$$\begin{aligned} \text{eshmaks/esh} &> 1 \\ 188,3 &> 1 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

4. Pemeriksaan Batas Leleh

$$\begin{aligned} 1,4V^*/\text{esc}.V^*LL \times (\text{sqrt}(0,69/G)) &\geq 1,0 \\ 4,52 &\geq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

5. Pemeriksaan Tegangan Maksimum rata-rata

$$\begin{aligned} 15.A_t/V^* &\geq 1,0 \\ 3,85 &\geq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

6. Pemeriksaan Perputaran Maksimum

$$\begin{aligned} \alpha a.a + \alpha b.b / 4.dc &\geq 1,0 \\ 41,54 &\geq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

7. Pemeriksaan Stabilitas Tekan

$$\begin{aligned} 2.be.G.S.A_{\text{eff}} / 1000.V^* &\geq 1,0 \\ 1,81 &\geq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

8. Pemeriksaan Tebal Baja Minimum (ts)

$$\begin{aligned} ts/3 &\geq 1,0 \\ 1,67 &\geq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ts.A.fsy / 3000.V^*.t_i &\geq 1,0 \\ 13,91 &\geq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

9. Pemeriksaan Tahanan Gesek Terhadap Geseran (perlu tahanan alternatif bila < 1)

$$\begin{aligned} 0,1(V^*+3000.A_{\text{eff}}) / H^* &\geq 1,0 \\ 144,59 &\geq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

„Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Pada tugas akhir yang telah disusun dengan judul “Desain Ulang Jembatan Bolong di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat dengan Menggunakan Struktur Busur Beton Bertulang”. Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 10 m untuk jalan 1 jalur 2 arah. Tinggi busur adalah 15 m.
2. Pelat lantai kendaraan dengan tebal pelat beton bertulang 250 mm. Tulangan terpasang arah melintang D19-150 dan arah memanjang D16-250.
3. Balok memanjang BM1 700 x 1000, Balok Melintang Atas BM2 1000 x 2100, Balok Melintang Atas BM3 800 x 1600, Balok Memanjang BM4 250 x 500, Balok Memanjang BM5 250 x 500, Balok Melintang Bawah BM6 400 x 800 dan Balok Melintang BM7 350 x 700.
4. Kolom Pilar P1 1000 x 1000, Kolom C1 850 x 850, Kolom C2 850 x 850, Kolom C3 850 x 850 dan Kolom C4 850 x 850.
5. Konstruksi abutment berupa dinding penuh setebal 1 m selebar 12,6 m untuk mendukung bentang 17,5 m yang ditumpu pondasi tiang bor beton dengan diameter 1,2 m, sebanyak 8 buah kedalaman 6 m dan ukuran *pile cap* (poer) 6,6 x 12,6 x 1,2 m. Untuk Pilar diameter tiang bor beton 1,2 m sebanyak 12 buah kedalaman 9 m untuk BM-1 dan ukuran *pile cap* 6,6 x 18,6 x 1,2 m.
6. Perletakan menggunakan *elastomeric bearing pad*.

7.2 Saran

Perhitungan gempa mengacu pada aturan RSNI 2833:201X tentang perancangan jembatan terhadap beban gempa.

1. Menghitung kelas situs tanah dengan menggunakan data SPT dengan rumus :

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

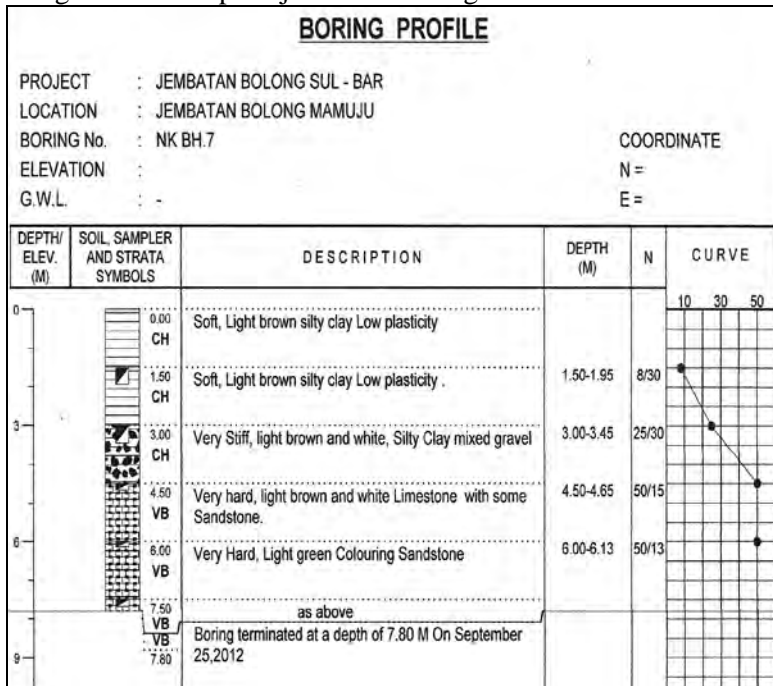
Dimana :

t_i adalah tebal lapisan tanah ke- i

N_i adalah nilai hasil uji penetrasi standar lapisan tanah ke- i

$$\sum_{i=1}^m t_i = 30 \text{ m}$$

Dengan data SPT pada jembatan bolong :



Hasil untuk kelas situs tanah yaitu terlihat pada tabel 7.1 :

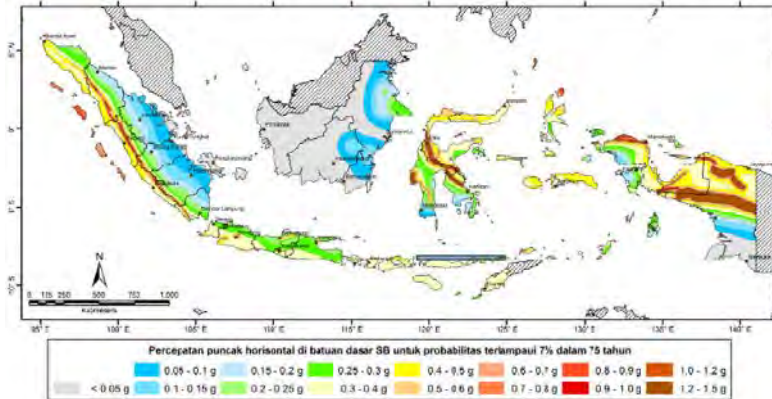
Tabel 7.1 Hasil kelas situs tanah

N-SPT	Depth (m)	Thick (m)	$N = \text{Thick}/N\text{-SPT}$	ΣN	$N = 30 / \Sigma N$
0	0	0	0	0.5531974	54.230
3	0.5	0.5	0.1875		
5	1	0.5	0.09375		
8	1.5	0.5	0.0625		
14	2	0.5	0.036585366		
19	2.5	0.5	0.025862069		
25	3	0.5	0.02		
33	3.5	0.5	0.015		
42	4	0.5	0.012		
50	4.5	0.5	0.01		
50	5	0.5	0.01		
50	5.5	0.5	0.01		
50	6	0.5	0.01		
50	6.5	0.5	0.01		
50	7	0.5	0.01		
50	7.5	0.5	0.01		
50	8	0.5	0.01		
50	8.5	0.5	0.01		
50	9	0.5	0.01		

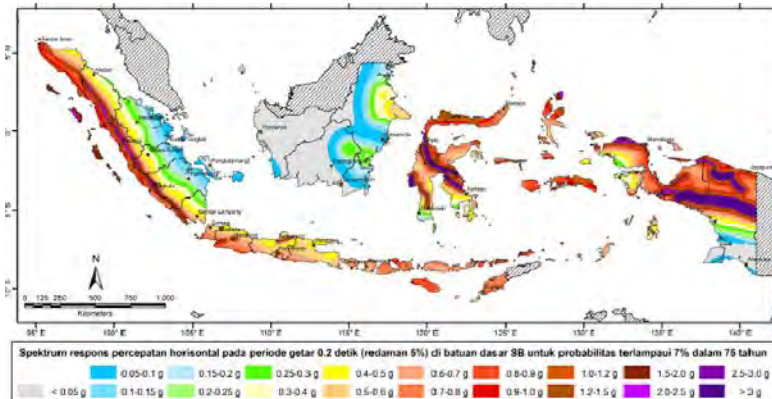
Didapatkan hasil **tanah keras** yang dapat dilihat pada **tabel 2.4**.

2. Menghitung Respond Spectrum

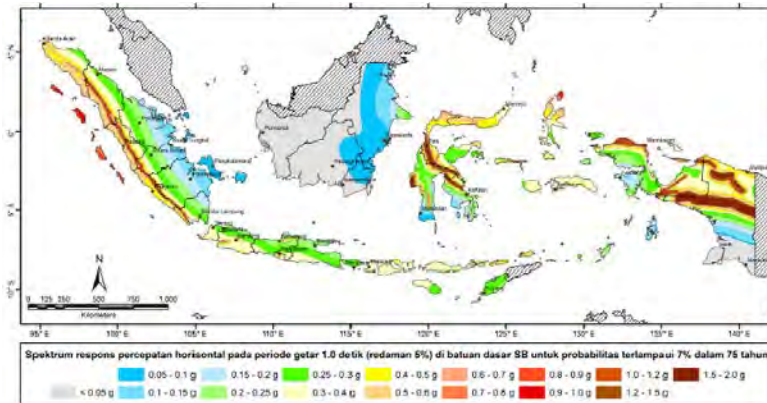
Diketahui bahwa jembatan dikategorikan jembatan penting dengan periode ulang 1000 tahun.



Gambar 7.1 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.



Gambar 7.2 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.



Gambar 7.3 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.

Menghitung PGA, S_s dan S₁ berdasarkan gambar 7.1, gambar 7.2 dan gambar 7.3. Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\text{PGA} = 0.520 \text{ g}$$

$$S_s = 1.250 \text{ g}$$

$$S_1 = 0.500 \text{ g}$$

Menghitung Fa, Fv dan FPGA dapat dilihat pada tabel 7.2 dan tabel 7.3, yaitu :

Tabel 7.2 Faktor amplikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (FPGA/Fa)

Kelas situs	PGA ≤ 0,1 S _s ≤ 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 ≥ 1.25
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 7.3 Faktor amplikasi untuk periode 1 detik (F_v)

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

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$F_a = 1.0$$

$$F_v = 1.3$$

$$F_{PGA} = 1.0$$

Menghitung S_{ds} , S_{d1} dan A_s sebagai berikut :

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

$$= 1.250$$

$$S_{d1} = F_v \times S_1$$

$$= 0.650$$

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

$$= 0.520$$

Menghitung T_0 dan T_s sebagai berikut :

$$T_0 = 0,2 (S_{d1}/S_{ds})$$

$$= 0.104$$

$$T_s = S_{d1}/S_{ds}$$

$$= 0.520$$

Menghitung respons gempa elastik

- Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

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

$$C_{sm} = 0,520$$

- Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan C_{sm} adalah sama dengan S_{ds} .

- Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

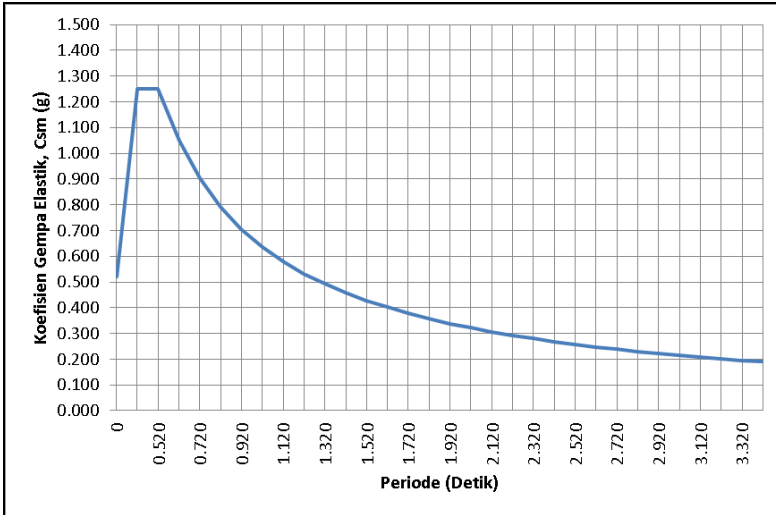
$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

$$C_{sm} = 1.250$$

Perhitungan respons gempa elastik terlihat dalam tabel 7.4 dan gambar 7.4 berikut :

Tabel 7.4 Hasil perhitungan respons gempa

T (detik)	T (detik)	Csm (g)
0	0	0.520
To	0.104	1.250
Ts	0.52	1.250
Ts + 0.10	0.62	1.048
Ts + 0.20	0.72	0.903
Ts + 0.30	0.82	0.793
Ts + 0.40	0.92	0.707
Ts + 0.50	1.02	0.637
Ts + 0.60	1.12	0.580
Ts + 0.70	1.22	0.533
Ts + 0.80	1.32	0.492
Ts + 0.90	1.42	0.458
Ts + 1.00	1.52	0.428
Ts + 1.10	1.62	0.401
Ts + 1.20	1.72	0.378
Ts + 1.30	1.82	0.357
Ts + 1.40	1.92	0.339
Ts + 1.50	2.02	0.322
Ts + 1.60	2.12	0.307
Ts + 1.70	2.22	0.293
Ts + 1.80	2.32	0.280
Ts + 1.90	2.42	0.269
Ts + 2.10	2.52	0.258
Ts + 2.20	2.62	0.248
Ts + 2.30	2.72	0.239
Ts + 2.40	2.82	0.230
Ts + 2.50	2.92	0.223
Ts + 2.60	3.02	0.215
Ts + 2.70	3.12	0.208
Ts + 2.80	3.22	0.202
Ts + 2.90	3.32	0.196
Ts + 3.00	3.42	0.190



Gambar 7.4 Grafik Respond Spektrum gempa

Penentuan faktor modifikasi respons (R) yaitu berdasarkan zona gempa yang dilihat pada tabel 7.5 berikut :

Tabel 7.5 Zona gempa

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

Dilihat dari hasil S_{D1} yaitu 0.65 maka termasuk dalam zona gempa 4 sehingga dalam penjelasan di RSNI 2833:201X pada pasal 5.9.3 menyatakan bahwa nilai R untuk zona gempa 4 yaitu bernilai 1. Menentukan nilai U yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 U &= C \times (I / R) \\
 &= 9.8 \times (1/1) \\
 &= 9.8
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa struktur di SAP2000 didapatkan hasil perhitungan tulangan yang berubah dari perhitungan sebelumnya yaitu :

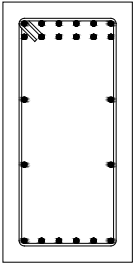
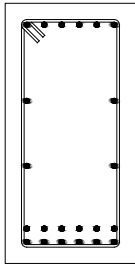
a. Balok BM4

NAMA	BALOK BM4	
PANJANG	7.5 m	7.5 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	9 D16	3 D16
BAWAH	4 D16	6 D16
GESER	ø8 -150	ø8 -200
PUNTIR	4 D16	4 D16

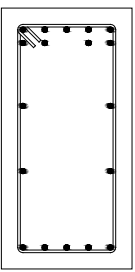
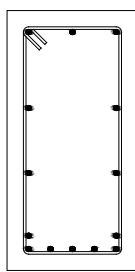
b. Balok BM5

NAMA	BALOK BM5	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	11 D16	4 D16
BAWAH	5 D16	8 D16
GESER	ø8 -150	ø8 -200
PUNTIR	4 D16	4 D16

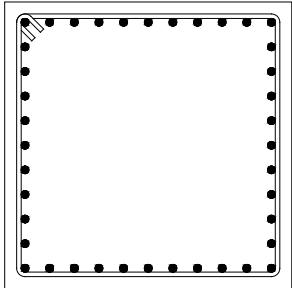
c. Balok BM6

NAMA	BALOK BM6	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	12 D16	6 D16
BAWAH	6 D16	12 D16
GESER	ø8 -100	ø8 -150
PUNTIR	4 D16	4 D16

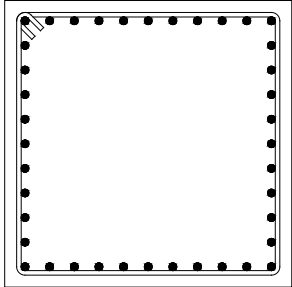
d. Balok BM7

NAMA	BALOK BM7	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	9 D16	3 D16
BAWAH	5 D16	7 D16
GESER	ø8 -150	ø8 -200
PUNTIR	4 D16	4 D16

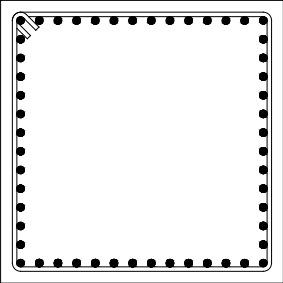
e. Kolom P1

NAMA	KOLOM P1
TINGGI	17 m
DIMENSI	1200 x 1200
SKETSA	
LENTUR	40 D32
GESER	ø19 -200

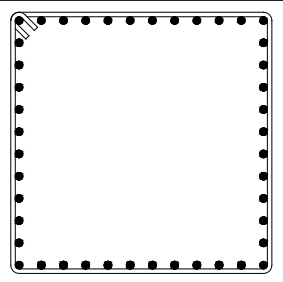
f. Kolom C1

NAMA	KOLOM C1
TINGGI	8.4 m
DIMENSI	1200 x 1200
SKETSA	
LENTUR	40 D32
GESER	ø14 -150

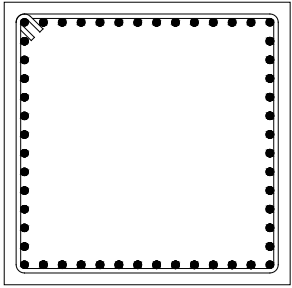
g. Kolom C2

NAMA	KOLOM C2		
TINGGI	4.7 m		
DIMENSI	1200	x	1200
SKETSA			
LENTUR	52 D32		
GESER	ø14 -100		

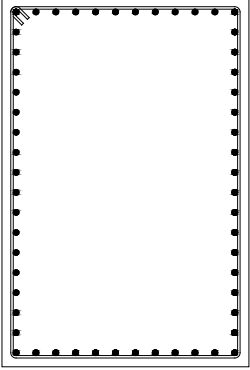
h. Kolom C3

NAMA	KOLOM C3		
TINGGI	2.7 m		
DIMENSI	1200	x	1200
SKETSA			
LENTUR	44 D32		
GESER	ø14 -100		

i. Kolom C4

NAMA	KOLOM C4
TINGGI	2.0 m
DIMENSI	1200 x 1200
SKETSA	
LENTUR	52 D32
GESER	ø14 -150

j. Busur

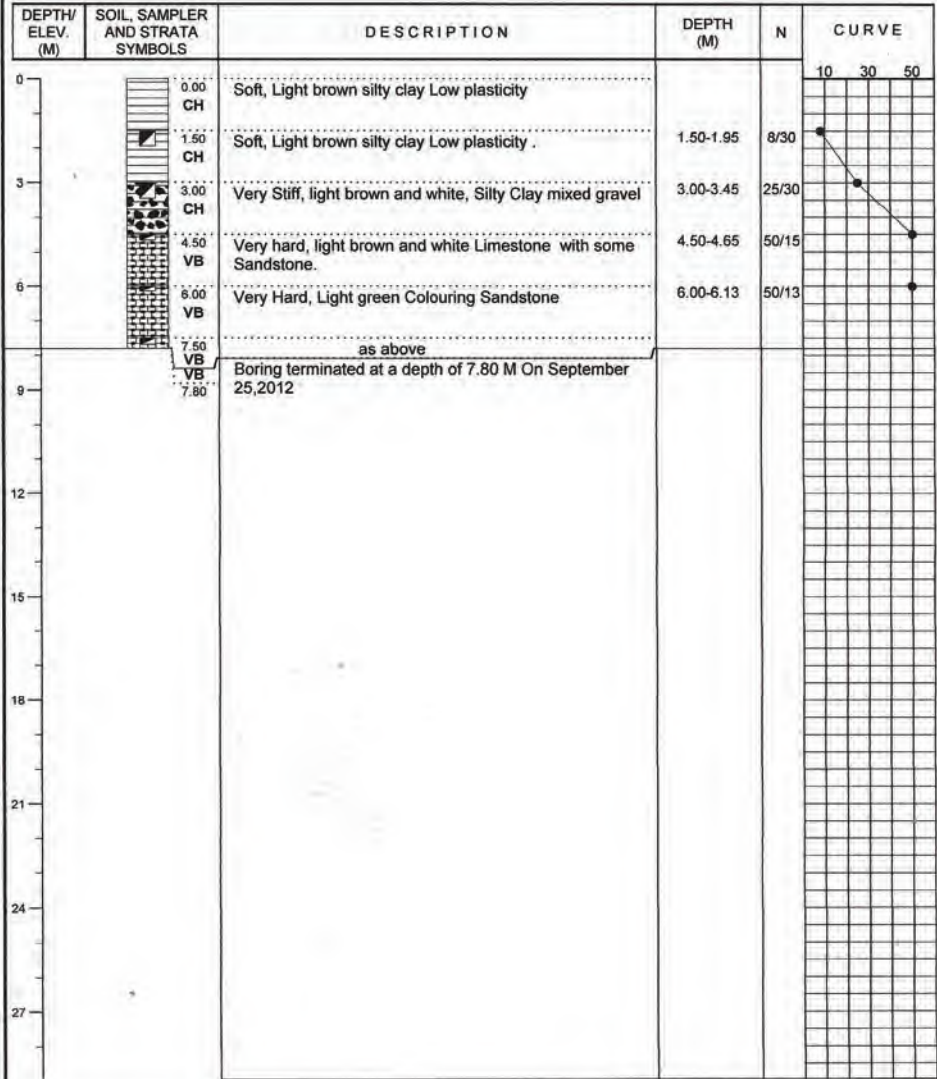
NAMA	GELAGAR BUSUR
DIMENSI	1400 x 2100
SKETSA	
LENTUR	56 D32
GESER	ø14 -100

Untuk perhitungan bangunan bawah disimpulkan bahwa kekuatannya tidak memenuhi terhadap beban gempa yang menggunakan aturan terbaru yakni RSNI 2833:201X.

BORING PROFILE

PROJECT : JEMBATAN BOLONG SUL - BAR
 LOCATION : JEMBATAN BOLONG MAMUJU
 BORING No. : NK BH.7
 ELEVATION :
 G.W.L. : -

COORDINATE
 N =
 E =



M12	MMax	MMin	MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Degrees	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees
-1.52522	38.43809	8.67603	-2.941	31.019	12.309	33.372	21.644
2.610326	-4.1661	-39.17672	85.712	31.019	2.218	31.099	4.09
0.0142	2.04779	0.69745	0.602	-2.886	-0.00001424	2.886	-180
-0.00008644	-2.42844	-8.90703	-89.999	4.322	-0.261	4.33	-3.456
-6.40664	0	0	0	165.905	-253.471	0	0
-10.95782	0	0	0	145.374	-436.211	0	0
-10.95782	0	0	0	145.374	-436.211	0	0
-10.9257	0	0	0	145.823	-433.448	0	0
-13.98531	0	0	0	-360.037	689.725	0	0
-6.40868	0	0	0	-164.415	255.159	0	0
-6.4156	0	0	0	-165.259	254.037	0	0
-0.06096	-10.50168	-22.441634	-0.293	-217.186	-650.894	686.172	-108.452
-8.48364	6.91717	-14.47722	-26.237	-74.517	-338.829	346.926	-102.403
1.99766	-13.71421	-20.25466	18.826	-102.692	-383.385	396.9	-104.995
0.00029	-4.5282	-14.28263	89.998	-362.944	58.977	367.705	170.77
1.77442	36.42581	10.88704	3.994	-1329.246	-298.179	1362.28	-167.357
-8.51173	44.03736	-1.09029	-78.919	-92.485	552.93	560.612	99.496
-3.25687	-3.98602	-39.20694	-84.671	-30.81	0.495	30.814	179.08
-14.14039	0	0	0	-346.116	651.256	0	0
-13.54543	52.07989	15.81762	-65.831	377.308	-649.945	751.525	-59.864
-13.93544	0	0	0	360.736	-682.201	0	0
-10.909	42.9836	5.27445	-72.324	-151.599	424.894	451.129	109.636
-10.909	42.9836	5.27445	-72.324	-151.599	424.894	451.129	109.636
0.63556	34.8783	8.26265	1.369	1299.383	280.603	1329.336	12.186
9.23423	0	0	0	-204.75	-442.868	0	0
-1.19253	3.57899	0.23929	-22.787	-6.754	17.084	18.371	111.572
-0.92735	4.32661	-0.08741	-12.423	-1.956	0.000005872	1.956	180
-13.37623	48.45012	14.84906	-63.617	366.735	-596.408	700.141	-58.412
-13.64286	52.54183	15.79	-66.031	-376.505	657.376	757.562	119.801
-13.98531	0	0	0	-360.037	689.725	0	0
-0.13351	4.9287	0.31422	-1.659	-55.557	-36.748	66.611	-146.518
9.23423	52.54183	15.81762	89.998	1299.383	689.725	1362.28	180
-14.14039	-13.71421	-39.20694	-89.999	-1329.246	-682.201	0	-180

BALOK BM1

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
560	15	COMB9	131.0562	30.3505	1.5143	4.78913	1.38318	82.22739
560	15.5	COMB9	131.0562	31.1905	1.5143	4.78913	0.62602	66.84213
560	16	COMB9	131.0562	32.0305	1.5143	4.78913	0.08227	51.03688
560	16.5	COMB9	131.0562	32.8705	1.5143	4.78913	0.83979	34.81162
560	17	COMB9	131.0562	33.7105	1.5143	4.78913	1.59732	18.16637
560	17.5	COMB9	131.0562	34.5505	1.5143	4.78913	2.35484	1.16782
560	15	COMB3U	-135.4181	51.014	-1.5108	9.12579	-1.43726	136.43764
560	15.5	COMB3U	-135.4181	52.106	-1.5108	9.12579	-0.68185	110.65764
560	16	COMB3U	-135.4181	53.198	-1.5108	9.12579	-0.13986	84.33164
560	16.5	COMB3U	-135.4181	54.29	-1.5108	9.12579	-0.89914	57.45963
560	17	COMB3U	-135.4181	55.382	-1.5108	9.12579	-1.65842	30.04163
560	17.5	COMB3U	-135.4181	56.474	-1.5108	9.12579	-2.41771	2.01091
560	0	COMB1U	10.4675	-64.3769	1.2817	17.26012	1.32789	-0.62138
560	0	COMB7U	10.5772	-57.5634	1.5741	21.40484	1.74711	-1.16205
564	0	COMB9U	-7.4182	-33.8791	-12.4323	-20.52215	-13.03014	1.65568
566	8.75	COMB1U	16.2296	-11.7485	0.7533	-9.35764	-0.55955	326.81029
694	16.98872	COMB7U	-31.0198	47.8305	-20.9384	-12.81602	-2.35015	25.39593
694	17.24436	COMB7U	-31.0198	48.3888	-20.9384	-12.81602	3.00257	13.09709
694	17.5	COMB7U	-31.0198	48.9471	-20.9384	-12.81602	8.35529	0.65552
695	15	COMB7U	-16.8341	41.3626	-8.9909	-26.59036	-5.46381	125.28587
695	17.5	COMB9U	29.6311	33.8667	9.5956	-20.18016	12.81356	1.67144
695	15.12801	COMB7U	-16.8341	41.6422	-8.9909	-26.59036	-4.31286	119.97301
696	17.5	COMB1U	6.8338	63.3564	-2.4588	-17.24679	3.57737	-0.23295
697	16.98872	COMB9U	22.7811	46.2599	20.9346	12.15307	7.34685	24.44442
697	17.24436	COMB9U	22.7811	46.8182	20.9346	12.15307	3.56274	12.54708
697	17.5	COMB9U	22.7811	47.3766	20.9346	12.15307	-0.22121	0.50703
698	15	COMB7U	31.6314	36.6258	7.2325	26.7094	4.2091	125.88597
698	15.04808	COMB7U	31.6314	36.7308	7.2325	26.7094	3.86134	124.12239
	MAX		131.0562	63.3564	20.9346	26.7094	12.81356	326.81029
	MIN		-135.4181	-64.3769	-20.9384	-26.59036	-13.03014	-1.16205

BALOK BM2

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
362	2.6	COMB1U	-12.2254	74.895	1.6922	-17.02838	17.96977	123.45858
362	4.2	COMB1U	0.785	105.4931	22.1795	8.41225	17.47065	-5.09616
362	4.6	COMB1U	0.785	108.1139	22.1795	8.41225	8.59883	-47.81755
362	5	COMB1U	0.785	110.7347	22.1795	8.41225	-0.27298	-91.58725
362	0	COMB6	-51.3547	3.9843	-2.225	-53.11142	-3.12599	123.80415
362	0.4	COMB6	-51.3547	6.0003	-2.225	-53.11142	-3.75843	121.58806
362	0.8	COMB6	-51.3547	8.0163	-2.225	-53.11142	-4.52039	118.25579
362	0	COMB9U	57.8734	36.3105	1.6553	-58.85473	0.57325	281.07286
362	0.4	COMB9U	57.8734	38.9313	1.6553	-58.85473	1.43359	266.24364
362	0.8	COMB9U	57.8734	41.5521	1.6553	-58.85473	2.42346	250.67587
362	5	COMB9U	0.3957	-122.4787	-3.9896	-13.89831	-2.43687	-102.34856
362	9.2	COMB8U	23.9254	-32.3693	4.0858	80.33051	2.02027	243.26565
362	9.6	COMB8U	23.9254	-29.7485	4.0858	80.33051	0.38752	256.95511
362	10	COMB8U	23.9254	-27.1277	4.0858	80.33051	-0.81487	270.62577
362	10	COMB9U	56.6911	-25.3227	2.476	78.06946	0.52606	281.92833
362	5	COMB7U	2.3034	-121.29	21.375	-6.8792	0.52907	-103.33734
370	5	COMB9U	3.8946	122.4386	3.1768	1.37279	2.43168	-87.47704
370	7.4	COMB7U	-15.6131	-60.7764	-17.1304	-39.87779	-17.02502	136.33777
370	7.75	COMB7U	-15.6131	-58.4832	-17.1304	-39.87779	-11.02939	157.20819
370	9.2	COMB8U	-14.8257	-39.8707	-4.097	-80.32486	-2.04405	232.83232
370	9.6	COMB8U	-14.8257	-37.2499	-4.097	-80.32486	-0.40683	246.98852
370	10	COMB8U	-14.8257	-34.6291	-4.097	-80.32486	0.79951	259.06606
370	7.4	COMB1U	-12.4327	-74.9074	1.7001	-17.14506	-17.93122	123.32214
	MAX		57.8734	122.4386	22.1795	80.33051	17.96977	281.92833
	MIN		-51.3547	-122.4787	-17.1304	-80.32486	-17.93122	-103.33734

BALOK BM3

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase		P	V2		V3		T		M2		M3	
		Text	Text		Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	
363		0	COMB2U	-12.4254	-72.8176	-2.281	-20.15101	-2.281	-20.15101	-0.13968	-31.73337	-0.13968	-31.73337	
363		10	COMB2U	-0.5364	72.815	2.282	20.14729	2.282	20.14729	0.99898	-22.91266	0.99898	-22.91266	
365		4.2	COMB2U	-0.921	41.968	-65.7652	43.60685	-65.7652	43.60685	-11.91483	72.793	-11.91483	72.793	
365		4.6	COMB2U	-0.921	43.5654	-65.7652	43.60685	-65.7652	43.60685	10.76004	55.0384	10.76004	55.0384	
365		5	COMB2U	-0.921	45.1629	-65.7652	43.60685	-65.7652	43.60685	30.27675	36.62486	30.27675	36.62486	
365		5	COMB1U	4.5749	-50.5887	68.9302	-53.92193	68.9302	-53.92193	37.4438	35.17571	37.4438	35.17571	
365		5.4	COMB1U	4.5749	-48.9913	68.9302	-53.92193	68.9302	-53.92193	9.87172	55.09172	9.87172	55.09172	
365		5.8	COMB1U	4.5749	-47.3939	68.9302	-53.92193	68.9302	-53.92193	-17.70036	74.36876	-17.70036	74.36876	
365		9.2	COMB3U	22.3949	64.3666	-20.0014	77.46853	-20.0014	77.46853	-13.5706	18.17986	-13.5706	18.17986	
365		9.6	COMB3U	22.3949	65.964	-20.0014	77.46853	-20.0014	77.46853	-5.18042	-5.15689	-5.18042	-5.15689	
365		10	COMB3U	22.3949	67.5615	-20.0014	77.46853	-20.0014	77.46853	5.1748	-28.66537	5.1748	-28.66537	
365		0	COMB3U	-35.2278	-67.5614	20.0016	-77.46927	20.0016	-77.46927	1.44424	-47.69849	1.44424	-47.69849	
365		0.4	COMB3U	-35.2278	-65.9639	20.0016	-77.46927	20.0016	-77.46927	-9.29772	-21.05123	-9.29772	-21.05123	
365		0.8	COMB3U	-35.2278	-64.3665	20.0016	-77.46927	20.0016	-77.46927	-22.00472	4.48976	-22.00472	4.48976	
365		5	COMB2U	8.741	-45.163	65.765	-43.60867	65.765	-43.60867	40.83633	44.25338	40.83633	44.25338	
365		10	COMB3U	-35.2238	59.4254	-32.7413	43.26271	-32.7413	43.26271	1.44356	-47.69856	1.44356	-47.69856	
366		9.2	COMB6	25.8223	34.8413	3.5115	4.38126	3.5115	4.38126	2.27587	10.67438	2.27587	10.67438	
366		9.6	COMB6	25.8223	36.0701	3.5115	4.38126	3.5115	4.38126	0.87512	-1.40877	0.87512	-1.40877	
366		10	COMB6	25.8223	37.2989	3.5115	4.38126	3.5115	4.38126	0.53568	-13.9595	0.53568	-13.9595	
366		0.8	COMB3U	-36.8844	-24.8096	-1.2023	16.33202	-1.2023	16.33202	1.61733	9.51612	1.61733	9.51612	
366		1	COMB3U	-36.8844	-24.0109	-1.2023	16.33202	-1.2023	16.33202	1.60363	14.38073	1.60363	14.38073	
367		5	COMB2U	-1.3463	35.2263	38.435	-43.04448	38.435	-43.04448	-34.54136	28.60635	-34.54136	28.60635	
369		7.4	COMB2U	-2.7674	-5.672	1.4513	5.21174	1.4513	5.21174	1.86396	99.11104	1.86396	99.11104	
		MAX		25.8223	72.815	68.9302	77.46853	68.9302	77.46853	40.83633	99.11104	40.83633	99.11104	
		MIN		-36.8844	-72.8176	-65.7652	-77.46927	-65.7652	-77.46927	-34.54136	-47.69856	-34.54136	-47.69856	

BALOK BM4

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase		P		V2		V3		T		M2		M3	
		m	Text	Tonf		Tonf		Tonf		Tonf-m		Tonf-m		Tonf-m	
180		5	COMB5U	1.0966		-0.9074		0.0329		0.078		0.04425		10.59508	
180		0	COMB3	-0.6836		-5.1787		-0.1249		0.02249		-0.17324		-9.47131	
180		0.5	COMB3	-0.6836		-5.0287		-0.1249		0.02249		-0.11088		-6.92469	
180		1	COMB3	-0.6836		-4.8787		-0.1249		0.02249		-0.04858		-4.45526	
180		1.5	COMB3	-0.6836		-4.7287		-0.1249		0.02249		-0.01422		-2.06461	
180		2	COMB3	-0.6836		-4.5787		-0.1249		0.02249		-0.0764		0.2438	
180		2.5	COMB3	-0.6836		-4.4287		-0.1249		0.02249		-0.13861		2.46187	
180		10	COMB9U	-3.01		7.8717		-0.1128		-0.09919		-0.18647		-17.70357	
187		0	COMB2U	-1.8703		-8.8473		-0.039		0.05221		-0.0649		-20.97313	
187		7.5	COMB3	0.7412		4.3735		0.1249		-0.02288		0.13916		3.11053	
187		8	COMB3	0.7412		4.5235		0.1249		-0.02288		0.07677		1.08417	
187		8.5	COMB3	0.7412		4.6735		0.1249		-0.02288		0.01441		-1.00187	
187		9	COMB3	0.7412		4.8235		0.1249		-0.02288		0.04862		-3.15566	
187		9.5	COMB3	0.7412		4.9735		0.1249		-0.02288		0.11078		-5.38066	
187		10	COMB3	0.7412		5.1235		0.1249		-0.02288		0.173		-7.67849	
188		10	COMB9U	3.782		8.2159		0.1128		0.09915		0.18646		-15.91453	
203		7.5	COMB3U	2.3778		6.0547		0.1118		0.19136		0.12671		4.33738	
203		8	COMB3U	2.3778		6.2497		0.1118		0.19136		0.07099		1.51694	
203		8.5	COMB3U	2.3778		6.4447		0.1118		0.19136		0.01556		-1.38631	
203		9	COMB3U	2.3778		6.6397		0.1118		0.19136		0.03941		-4.38026	
203		9.5	COMB3U	2.3778		6.8347		0.1118		0.19136		0.09519		-7.46817	
203		10	COMB3U	2.3778		7.0297		0.1118		0.19136		0.15102		-10.65156	
204		10	COMB1U	-0.3482		8.9026		-0.0039		-0.18751		-0.00357		-19.08537	
211		0	COMB3U	-17.0735		-8.3262		-0.0841		-0.05701		-0.13381		-19.20416	
211		0.5	COMB3U	-17.0735		-8.1312		-0.0841		-0.05701		-0.09175		-15.11211	
211		1	COMB3U	-17.0735		-7.9362		-0.0841		-0.05701		-0.04971		-11.12272	
211		1.5	COMB3U	-17.0735		-7.7412		-0.0841		-0.05701		-0.0077		-7.23755	
211		2	COMB3U	-17.0735		-7.5462		-0.0841		-0.05701		-0.0339		-3.4587	
211		2.5	COMB3U	-17.0735		-7.3512		-0.0841		-0.05701		-0.07716		0.21128	
227		0	COMB1U	-0.4241		-9.0435		-0.0061		-0.17945		-0.00199		-19.82198	

227		0	COMB9	16.3057	-5.0853	0.0873	0.00123	0.14122	-9.67285
227		0.5	COMB9	16.3057	-4.9353	0.0873	0.00123	0.09757	-7.14539
227		1	COMB9	16.3057	-4.7853	0.0873	0.00123	0.05392	-4.68778
227		1.5	COMB9	16.3057	-4.6353	0.0873	0.00123	0.01031	-2.29843
227		2	COMB9	16.3057	-4.4853	0.0873	0.00123	0.03491	0.02471
227		2.5	COMB9	16.3057	-4.3353	0.0873	0.00123	0.07656	2.28424
227		0	COMB4	-0.2344	-6.1362	-0.0013	-0.194	0.00341	-12.73019
227		0.5	COMB4	-0.2344	-5.9862	-0.0013	-0.194	0.00409	-9.69959
227		1	COMB4	-0.2344	-5.8362	-0.0013	-0.194	0.00476	-6.74398
227		1.5	COMB4	-0.2344	-5.6862	-0.0013	-0.194	0.00543	-3.86337
227		2	COMB4	-0.2344	-5.5362	-0.0013	-0.194	0.00611	-1.05777
227		2.5	COMB4	-0.2344	-5.3862	-0.0013	-0.194	0.00678	1.67284
			MAX	16.3057	8.9026	0.1249	0.19136	0.18646	10.59508
			MIN	-17.0735	-9.0435	-0.1249	-0.194	-0.18647	-20.97313

BALOK BM5

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase		P	V2	V3	T		M2	M3
		Text	Text				Tonf-m	Tonf-m		
183	2.5	COMB2U		-18.8701	-11.9977	-0.1709	0.0299	-0.1625	3.13458	
183	5	COMB2U		-10.7484	10.0869	0.1733	-0.01944	0.0281	7.04042	
183	3.75	COMB2U		-10.7898	-10.4083	-0.0623	0.0555	0.05167	18.22369	
191	0	COMB2U		-20.054	-11.9368	-0.0653	-0.13833	-0.13189	-23.23321	
199	0	COMB3U		-31.8444	-9.8871	-0.0416	-0.38297	-0.02837	-19.15942	
199	0.5	COMB3U		-31.8444	-9.6921	-0.0416	-0.38297	-0.02788	-14.27607	
199	1	COMB3U		-31.8444	-9.4971	-0.0416	-0.38297	-0.02864	-9.49386	
199	1.5	COMB3U		-31.8444	-9.3021	-0.0416	-0.38297	-0.0304	-4.81459	
199	2	COMB3U		-31.8444	-9.1071	-0.0416	-0.38297	-0.03226	-0.24124	
199	2.5	COMB3U		-31.8444	-8.9121	-0.0416	-0.38297	-0.03417	4.22127	
207	3.75	COMB3U		-56.2438	4.1333	-0.1412	0.23369	-0.17022	11.95054	
207	4.16667	COMB3U		-56.2438	4.2958	-0.1412	0.23369	-0.11165	10.09555	
207	4.58333	COMB3U		-56.2438	4.4583	-0.1412	0.23369	-0.06286	8.1279	
207	5	COMB3U		-56.2438	4.6208	-0.1412	0.23369	-0.27499	6.06932	
208	2.5	COMB3U		-52.6336	0.1632	-0.5187	-0.0809	-0.27701	4.55249	
208	2.91667	COMB3U		-52.6336	0.3257	-0.5187	-0.0809	-0.06098	4.39159	
208	3.33333	COMB3U		-52.6336	0.4882	-0.5187	-0.0809	-0.10588	4.13984	
208	3.75	COMB3U		-52.6336	0.6507	-0.5187	-0.0809	-0.16062	3.77548	
208	3.75	COMB3U		22.7504	1.1934	0.132	-0.01469	0.37163	4.40259	
215	0	COMB3U		11.9088	-9.3653	0.0417	0.383	0.02839	-17.13818	
215	0.5	COMB3U		11.9088	-9.1703	0.0417	0.383	0.0279	-12.49281	
215	1	COMB3U		11.9088	-8.9753	0.0417	0.383	0.02864	-7.94132	
215	1.5	COMB3U		11.9088	-8.7803	0.0417	0.383	0.0304	-3.48188	
215	2	COMB3U		11.9088	-8.5853	0.0417	0.383	0.03226	0.88847	
215	2.5	COMB3U		11.9088	-8.3903	0.0417	0.383	0.03417	5.17467	
224	2.5	COMB3U		22.754	0.706	0.5187	0.08093	0.27701	5.3214	
224	2.91667	COMB3U		22.754	0.8685	0.5187	0.08093	0.06099	5.05243	
224	3.33333	COMB3U		22.754	1.031	0.5187	0.08093	0.1059	4.7389	
224	3.75	COMB3U		22.754	1.1935	0.5187	0.08093	0.16064	4.40257	
224	3.75	COMB3U		-52.63	0.6507	-0.132	0.01471	-0.37161	3.77546	
225	2.5	COMB3		34.1064	1.2256	0.3742	0.12933	0.17179	5.39998	
225	2.91667	COMB3		34.1064	1.3506	0.3742	0.12933	0.04547	4.87009	
225	3.33333	COMB3		34.1064	1.4756	0.3742	0.12933	0.10018	4.29744	
225	3.75	COMB3		34.1064	1.6006	0.3742	0.12933	0.15992	3.71417	
MAX				34.1064	10.0869	0.5187	0.383	0.37163	18.22369	
MIN				-56.2438	-11.9977	-0.5187	-0.38297	-0.37161	-23.23321	

BALOK BM6

TABLE: Element Forces - Frames

Frame Text	Station m	OutputCase		P Tonf	V2		V3		T		M2		M3	
		Text			Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
417		0	COMB6U	1.2697	-3.9807	4.592	0.44131	4.592	0.44131	11.53037	11.53037	-5.02315	-5.02315	
417		0	COMB3	0.6777	-6.4395	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-10.93723	-10.93723	-12.45629	-12.45629	
417		0.5	COMB3	0.6777	-6.0555	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-8.79153	-8.79153	-9.3338	-9.3338	
417		1	COMB3	0.6777	-5.6715	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-6.64583	-6.64583	-6.40416	-6.40416	
417		1.5	COMB3	0.6777	-5.2875	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-4.50015	-4.50015	-3.66855	-3.66855	
417		2	COMB3	0.6777	-4.9035	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-2.35453	-2.35453	-1.13268	-1.13268	
417		2.5	COMB3	0.6777	-4.5195	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-0.21339	-0.21339	1.03734	1.03734	
417		3	COMB3	0.6777	-4.1355	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-2.167	-2.167	1.36254	1.36254	
417		3.5	COMB3	0.6777	-3.7515	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-4.41548	-4.41548	1.24262	1.24262	
417		4	COMB3	0.6777	-3.3675	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-6.66402	-6.66402	0.92127	0.92127	
417		4.5	COMB3	0.6777	-2.9835	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-8.91257	-8.91257	0.40562	0.40562	
417		5	COMB3	0.6777	-2.5995	-4.2914	-0.14472	-4.2914	-0.14472	-11.16113	-11.16113	-0.30295	-0.30295	
422		10	COMB3U	20.5224	5.9777	-1.2364	-0.34425	-1.2364	-0.34425	-2.66172	-2.66172	-16.24002	-16.24002	
423		0	COMB3U	26.3729	-5.7811	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	0.07617	0.07617	-9.63743	-9.63743	
423		0.5	COMB3U	26.3729	-5.2819	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	0.05841	0.05841	-6.87126	-6.87126	
423		1	COMB3U	26.3729	-4.7827	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	0.04074	0.04074	-4.35443	-4.35443	
423		1.5	COMB3U	26.3729	-4.2835	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	0.02351	0.02351	-2.08663	-2.08663	
423		2	COMB3U	26.3729	-3.7843	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	0.00928	0.00928	-0.06669	-0.06669	
423		2.5	COMB3U	26.3729	-3.2851	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	-0.00173	-0.00173	1.71684	1.71684	
423		3	COMB3U	26.3729	-2.7859	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	-0.00983	-0.00983	3.75688	3.75688	
423		3.5	COMB3U	26.3729	-2.2867	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	-0.01778	-0.01778	5.92086	5.92086	
423		4	COMB3U	26.3729	-1.7875	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	-0.0257	-0.0257	7.84344	7.84344	
423		4.5	COMB3U	26.3729	-1.2883	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	-0.03361	-0.03361	9.51783	9.51783	
423		5	COMB3U	26.3729	-0.7891	0.0357	-0.0206	0.0357	-0.0206	-0.0415	-0.0415	10.9431	10.9431	
425		0	COMB6U	1.069	-8.268	-4.5984	-0.44053	-4.5984	-0.44053	-11.54277	-11.54277	-15.87245	-15.87245	
425		10	COMB6U	1.33	8.2694	4.5977	0.44062	4.5977	0.44062	-0.69171	-0.69171	-5.18056	-5.18056	
425		0	COMB6U	1.069	-8.268	-4.5984	-0.44053	-4.5984	-0.44053	-11.54277	-11.54277	-15.87245	-15.87245	
425		0.5	COMB6U	1.069	-7.7688	-4.5984	-0.44053	-4.5984	-0.44053	-9.24359	-9.24359	-11.86445	-11.86445	
425		1	COMB6U	1.069	-7.2696	-4.5984	-0.44053	-4.5984	-0.44053	-6.94441	-6.94441	-8.10682	-8.10682	
425		1.5	COMB6U	1.069	-6.7704	-4.5984	-0.44053	-4.5984	-0.44053	-4.64524	-4.64524	-4.60065	-4.60065	

425		2	COMB6U	1.069	-6.2712	-4.5984	-0.44053	-2.34613	-1.35105
425		2.5	COMB6U	1.069	-5.772	-4.5984	-0.44053	-0.05154	1.49412
425		3	COMB6U	1.069	-5.2728	-4.5984	-0.44053	-1.85771	2.42801
425		3.5	COMB6U	1.069	-4.7736	-4.5984	-0.44053	-3.94888	2.84043
425		4	COMB6U	1.069	-4.2744	-4.5984	-0.44053	-6.0401	2.99415
425		4.5	COMB6U	1.069	-3.7752	-4.5984	-0.44053	-8.13134	2.89608
425		5	COMB6U	1.069	-3.276	-4.5984	-0.44053	-10.22258	2.54755
425		5	COMB6U	1.33	3.2774	4.5977	0.44062	11.44749	13.00058
426		5	COMB3U	8.8521	0.6501	-2.6059	0.62296	-6.40806	6.1503
426		0	COMB3U	10.1549	-5.6412	2.6056	0.62298	6.62081	-9.5703
426		0.5	COMB3U	10.1549	-5.142	2.6056	0.62298	5.31801	-6.87373
426		1	COMB3U	10.1549	-4.6428	2.6056	0.62298	4.01521	-4.42635
426		1.5	COMB3U	10.1549	-4.1436	2.6056	0.62298	2.71241	-2.22766
426		2	COMB3U	10.1549	-3.6444	2.6056	0.62298	1.40962	-0.27596
426		2.5	COMB3U	10.1549	-3.1452	2.6056	0.62298	0.10716	1.44256
426		3	COMB3U	10.1549	-2.646	2.6056	0.62298	1.36687	3.4117
426		3.5	COMB3U	10.1549	-2.1468	2.6056	0.62298	2.77138	5.63634
426		4	COMB3U	10.1549	-1.6476	2.6056	0.62298	4.1759	7.63182
426		4.5	COMB3U	10.1549	-1.1484	2.6056	0.62298	5.58043	9.38069
426		5	COMB3U	10.1549	-0.6492	2.6056	0.62298	6.98495	10.88096
			MAX	26.3729	8.2694	4.5977	0.62298	11.53037	13.00058
			MIN	0.6777	-8.268	-4.5984	-0.62296	-11.54277	-16.24002

BALOK BM7

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
411	0	COMB8U	-1.3326	-4.0709	-0.0199	-0.10684	-0.11222	-7.57749
411	0.5	COMB8U	-1.3326	-3.6887	-0.0199	-0.10684	-0.10229	-5.63759
411	1	COMB8U	-1.3326	-3.3065	-0.0199	-0.10684	-0.09235	-3.88879
411	1.5	COMB8U	-1.3326	-2.9243	-0.0199	-0.10684	-0.08242	-2.33109
411	2	COMB8U	-1.3326	-2.5421	-0.0199	-0.10684	-0.07248	-0.96449
411	2.5	COMB8U	-1.3326	-2.1599	-0.0199	-0.10684	-0.06255	0.21101
411	3	COMB8U	-1.3326	-1.7777	-0.0199	-0.10684	-0.05261	1.19541
411	3.5	COMB8U	-1.3326	-1.3955	-0.0199	-0.10684	-0.04268	1.98871
411	4	COMB8U	-1.3326	-1.0133	-0.0199	-0.10684	-0.03274	2.59091
411	4.5	COMB8U	-1.3326	-0.6311	-0.0199	-0.10684	-0.02281	3.00201
411	5	COMB8U	-1.3326	-0.2489	-0.0199	-0.10684	-0.01287	3.22201
414	0	COMB9U	-1.3141	-4.6502	-0.0664	-0.35588	-0.33095	-10.47391
414	6	COMB6U	-1.052	1.5925	0.0664	0.35597	0.07225	3.67319
414	0	COMB3U	-1.1709	-4.6503	-0.0664	-0.35589	-0.33164	-10.47144
414	10	COMB3U	-1.1566	4.6501	0.0664	0.35598	0.33812	-2.18862
416	0	COMB8U	18.9376	-3.6417	0.0021	0.08367	0.02882	-5.90142
416	0.5	COMB8U	18.9376	-3.2595	0.0021	0.08367	0.02778	-4.17611
416	1	COMB8U	18.9376	-2.8773	0.0021	0.08367	0.02673	-2.64189
416	1.5	COMB8U	18.9376	-2.4951	0.0021	0.08367	0.02568	-1.29877
416	2	COMB8U	18.9376	-2.1129	0.0021	0.08367	0.02464	-0.14676
416	2.5	COMB8U	18.9376	-1.7307	0.0021	0.08367	0.02359	0.81416
416	3	COMB8U	18.9376	-1.3485	0.0021	0.08367	0.02254	1.58397
416	3.5	COMB8U	18.9376	-0.9663	0.0021	0.08367	0.0215	2.16269
416	4	COMB8U	18.9376	-0.5841	0.0021	0.08367	0.02045	2.55031
416	4.5	COMB8U	18.9376	-0.2019	0.0021	0.08367	0.0194	2.74682
416	5	COMB8U	18.9376	0.1803	0.0021	0.08367	0.01836	2.75224
418	0	COMB9U	8.5568	-4.1557	-0.3309	-0.64397	-1.68206	-8.43109
418	0.5	COMB9U	8.5568	-3.7735	-0.3309	-0.64397	-1.51659	-6.44879
418	1	COMB9U	8.5568	-3.3913	-0.3309	-0.64397	-1.35112	-4.65759
418	1.5	COMB9U	8.5568	-3.0091	-0.3309	-0.64397	-1.18565	-3.0575

418		2	COMB9U	8.5568	-2.6269	-0.3309	-0.64397	-1.02018	-1.6485
418		2.5	COMB9U	8.5568	-2.2447	-0.3309	-0.64397	-0.85471	-0.4306
418		3	COMB9U	8.5568	-1.8625	-0.3309	-0.64397	-0.68924	0.5962
418		3.5	COMB9U	8.5568	-1.4803	-0.3309	-0.64397	-0.52377	1.4319
418		4	COMB9U	8.5568	-1.0981	-0.3309	-0.64397	-0.35883	2.0765
418		4.5	COMB9U	8.5568	-0.7159	-0.3309	-0.64397	-0.19283	2.53
418		5	COMB9U	8.5568	-0.3337	-0.3309	-0.64397	-0.02736	2.79239
418		0	COMB3	6.2203	-2.6057	0.3311	0.64382	1.6426	-3.46283
418		0.5	COMB3	6.2203	-2.3117	0.3311	0.64382	1.47706	-2.23348
418		1	COMB3	6.2203	-2.0177	0.3311	0.64382	1.31152	-1.15114
418		1.5	COMB3	6.2203	-1.7237	0.3311	0.64382	1.14598	-0.21579
418		2	COMB3	6.2203	-1.4297	0.3311	0.64382	0.98044	0.57255
418		2.5	COMB3	6.2203	-1.1357	0.3311	0.64382	0.8149	1.2139
418		3	COMB3	6.2203	-0.8417	0.3311	0.64382	0.64936	1.70824
418		3.5	COMB3	6.2203	-0.5477	0.3311	0.64382	0.48382	2.05559
418		4	COMB3	6.2203	-0.2537	0.3311	0.64382	0.31828	2.25593
418		4.5	COMB3	6.2203	0.0403	0.3311	0.64382	0.15274	2.30928
418		5	COMB3	6.2203	0.3343	0.3311	0.64382	-0.0128	2.21562
420		0	COMB3	5.3377	-2.6217	0.3644	0.63167	1.84463	-3.5403
420		0.5	COMB3	5.3377	-2.3277	0.3644	0.63167	1.66242	-2.30295
420		1	COMB3	5.3377	-2.0337	0.3644	0.63167	1.48022	-1.21261
420		1.5	COMB3	5.3377	-1.7397	0.3644	0.63167	1.29802	-0.26926
420		2	COMB3	5.3377	-1.4457	0.3644	0.63167	1.11581	0.52709
420		2.5	COMB3	5.3377	-1.1517	0.3644	0.63167	0.93361	1.17643
420		3	COMB3	5.3377	-0.8577	0.3644	0.63167	0.75141	1.67878
420		3.5	COMB3	5.3377	-0.5637	0.3644	0.63167	0.5692	2.03413
420		4	COMB3	5.3377	-0.2697	0.3644	0.63167	0.387	2.24247
420		4.5	COMB3	5.3377	0.0243	0.3644	0.63167	0.20479	2.30382
420		5	COMB3	5.3377	0.3183	0.3644	0.63167	0.02259	2.21817
420		0	COMB3U	7.4379	-4.1401	-0.3645	-0.63162	-1.79502	-8.35277
420		0.5	COMB3U	7.4379	-3.7579	-0.3645	-0.63162	-1.6128	-6.37827
420		1	COMB3U	7.4379	-3.3757	-0.3645	-0.63162	-1.43057	-4.59488
420		1.5	COMB3U	7.4379	-2.9935	-0.3645	-0.63162	-1.24834	-3.00258
420		2	COMB3U	7.4379	-2.6113	-0.3645	-0.63162	-1.06612	-1.60139

420	2.5	COMB3U	7.4379	-2.2291	-0.3645	-0.63162	-0.88389	-0.39129
420	3	COMB3U	7.4379	-1.8469	-0.3645	-0.63162	-0.70166	0.62771
420	3.5	COMB3U	7.4379	-1.4647	-0.3645	-0.63162	-0.51944	1.4556
420	4	COMB3U	7.4379	-1.0825	-0.3645	-0.63162	-0.33721	2.0924
420	4.5	COMB3U	7.4379	-0.7003	-0.3645	-0.63162	-0.15498	2.53809
420	5	COMB3U	7.4379	-0.3181	-0.3645	-0.63162	0.02724	2.79269
420	10	COMB3U	7.7925	4.1403	0.3644	0.63168	1.85521	-5.14788
420	0	COMB6	4.977	-3.2581	-0.3644	-0.63163	-1.80735	-6.74706
		MAX	18.9376	4.6501	0.3644	0.64382	1.85521	3.67319
		MIN	-1.3326	-4.6503	-0.3645	-0.64397	-1.80735	-10.47391

KOLOM P1

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
43	0	COMB9U	33.7845	7.9262	65.9684	1.1162	281.17361	83.50875
43	0.1	COMB9U	33.4725	7.9262	65.9684	1.1162	274.64302	82.78858
43	0	COMB9U	33.7845	7.9262	65.9684	1.1162	281.17361	83.50875
43	0	COMB8U	32.4414	6.8116	25.5404	-0.58364	269.98339	85.17241
44	0	COMB9U	33.7475	12.2831	65.8996	4.19989	281.07589	-61.44055
44	0.1	COMB9U	33.4355	12.2831	65.8996	4.19989	274.55193	-62.59639
315	0	COMB9U	-235.5177	-1.1543	-1.6657	-4.39298	-14.2724	8.13268
315	8.5	COMB9U	-262.0377	-1.1543	-1.6657	-4.39298	-0.1214	17.08412
315	17	COMB9U	-288.5577	-1.1543	-1.6657	-4.39298	-14.0985	23.64551
315	0	COMB3	-147.9205	-0.4064	1.6707	4.39269	14.31718	13.61445
315	8.5	COMB3	-168.3205	-0.4064	1.6707	4.39269	0.12354	17.92898
315	17	COMB3	-188.7205	-0.4064	1.6707	4.39269	14.05801	24.63356
357	17	COMB7U	-295.8192	-2.1528	2.0011	0.00115	-5.46259	33.90625
357	0	COMB3U	14.3671	-12.4613	-65.207	-1.34651	-248.82188	56.25614
357	0.1	COMB3U	14.0551	-12.4613	-65.207	-1.34651	-242.36766	57.42982
357	0	COMB9U	22.1151	-12.398	-67.2988	-1.16742	-280.31531	61.42582
357	0.1	COMB9U	21.8031	-12.398	-67.2988	-1.16742	-273.65191	62.59317
358	0	COMB9U	22.1932	-7.8121	-65.8379	-4.20786	-281.05278	-83.5066
358	0	COMB8U	23.5444	-6.7502	-24.9749	-2.53343	-269.84981	-85.17047
	MAX		33.7845	12.2831	65.9684	4.39269	281.17361	85.17241
	MIN		-295.8192	-12.4613	-67.2988	-4.39298	-281.05278	-85.17047

KOLOM C1

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
42	4.205	COMB3U	-96.8139	-9.2521	-13.1648	-0.7436	-12.20541	-20.73111
42	8.41301	COMB3U	-87.3282	-9.2521	-13.1648	-0.7436	25.26144	-22.54189
42	8.41301	COMB3U	-77.8969	3.2087	-7.0751	1.51115	43.35532	18.35854
47	0	COMB6U	-109.7099	-3.4786	-2.7228	-3.32121	-15.21204	-4.46546
47	3.805	COMB6U	-101.1327	-3.4786	-2.7228	-3.32121	-5.36675	8.58109
47	8.41301	COMB8	-49.1811	11.9225	-4.7577	0.22261	27.11594	27.25622
314	0	COMB2U	-144.2077	-12.9411	-0.6086	-0.48296	-2.92034	-82.02333
314	0	COMB8U	-141.1877	-13.0209	-0.6083	-0.48325	-2.91909	-82.66171
314	4.2065	COMB8U	-131.7054	-13.0209	-0.6083	-0.48325	-0.41451	-27.98511
314	8.41301	COMB8U	-122.2231	-13.0209	-0.6083	-0.48325	-2.23113	-26.46377
314	0	COMB8U	-141.1877	-13.0209	-0.6083	-0.48325	-2.91909	-82.66171
319	0	COMB8U	-122.5053	13.0325	0.6134	0.4833	2.93659	82.71245
319	4.2065	COMB8U	-113.023	13.0325	0.6134	0.4833	0.40982	27.98677
319	8.41301	COMB8U	-103.5407	13.0325	0.6134	0.4833	2.23717	26.44678
319	0	COMB8U	-122.5053	13.0325	0.6134	0.4833	2.93659	82.71245
356	4.205	COMB3U	-87.3853	3.2072	13.167	0.74207	12.20511	-8.88437
356	8.41301	COMB3U	-77.8997	3.2072	13.167	0.74207	-25.27115	18.36246
356	8.41301	COMB3U	-87.3307	-9.2534	7.0774	-1.51273	-43.36456	-22.53721
361	0	COMB9U	-98.2452	9.5377	2.7251	3.32217	15.21048	60.13453
361	3.805	COMB9U	-89.668	9.5377	2.7251	3.32217	5.35643	24.03298
	MAX		-49.1811	13.0325	13.167	3.32217	43.35532	82.71245
	MIN		-144.2077	-13.0209	-13.1648	-3.32121	-43.36456	-82.66171

KOLOM C2

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
41	4.73505	COMB5	-39.4437	-9.2709	-4.3369	1.83275	25.93085	60.5348
41	0	COMB3U	-72.0958	-29.4675	-4.5985	3.5553	-3.79155	-103.86333
41	2.36753	COMB3U	-66.7589	-29.4675	-4.5985	3.5553	9.3577	-33.86155
41	4.73505	COMB3U	-61.4221	-29.4675	-4.5985	3.5553	42.82269	83.36407
46	0	COMB3U	-83.8274	22.0157	-14.1518	-3.31181	-24.18277	77.99147
46	2.36753	COMB3U	-78.4905	22.0157	-14.1518	-3.31181	7.06503	25.63099
46	4.73505	COMB3U	-73.1536	22.0157	-14.1518	-3.31181	17.91385	-73.93701
46	4.73505	COMB3U	-62.0928	49.0559	-4.5697	0.98868	42.83271	-26.13539
313	0	COMB2U	-99.8784	-64.9478	-1.698	-0.54396	-3.86192	-202.22757
313	2.36753	COMB2U	-94.5415	-64.9478	-1.698	-0.54396	-0.19787	-48.46942
313	4.73505	COMB2U	-89.2046	-64.9478	-1.698	-0.54396	-4.18289	55.1546
313	0	COMB2U	-99.8784	-64.9478	-1.698	-0.54396	-3.86192	-202.22757
318	0	COMB2U	-102.7299	25.3018	-1.6997	-0.54241	-3.86296	77.46382
318	0	COMB8U	-85.8795	56.3551	1.7007	0.54295	3.86441	173.83933
318	2.36753	COMB8U	-80.5427	56.3551	1.7007	0.54295	0.19975	40.42464
318	4.73505	COMB8U	-75.2058	56.3551	1.7007	0.54295	4.1879	-42.8609
318	0	COMB8U	-85.8795	56.3551	1.7007	0.54295	3.86441	173.83933
355	0	COMB3U	-83.1384	-56.5165	4.5987	-3.5565	3.79177	-184.35968
355	2.36753	COMB3U	-77.8015	-56.5165	4.5987	-3.5565	-9.35806	-50.79217
355	4.73505	COMB3U	-72.4646	-56.5165	4.5987	-3.5565	-42.82353	35.55181
360	0	COMB3U	-72.7674	49.0569	14.1521	3.31219	24.18265	158.4667
360	2.36753	COMB3U	-67.4306	49.0569	14.1521	3.31219	-7.06611	42.56096
360	4.73505	COMB3U	-62.0937	49.0569	14.1521	3.31219	-17.916	-26.13701
360	4.73505	COMB3U	-73.1544	22.0165	4.5701	-0.98831	-42.83466	-73.93887
	MAX		-39.4437	56.3551	14.1521	3.5553	42.83271	173.83933
	MIN		-102.7299	-64.9478	-14.1518	-3.5565	-42.83466	-202.22757

KOLOM C3

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3		
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m		
40	0	COMB3U	-86.9382	-116.1418	-27.0893	1.89013	-19.75502	-223.50003		
40	1.33525	COMB3U	-83.9283	-116.1418	-27.0893	1.89013	12.54793	-68.61538		
40	2.6705	COMB3U	-80.9183	-116.1418	-27.0893	1.89013	33.3047	48.83395		
40	0	COMB3U	-77.0696	-69.8618	-15.2486	5.7202	-7.17822	-137.52601		
40	1.33525	COMB3U	-74.0597	-69.8618	-15.2486	5.7202	17.05052	-44.04931		
40	2.6705	COMB3U	-71.0498	-69.8618	-15.2486	5.7202	52.82543	86.86271		
45	2.6705	COMB5	-37.46	69.2751	-8.7254	-0.87123	28.34587	-13.97155		
312	0	COMB2U	-109.4477	-131.1012	-1.9941	-0.50497	-2.37082	-232.63058		
312	1.33525	COMB2U	-106.4378	-131.1012	-1.9941	-0.50497	-0.46147	-57.5803		
312	2.6705	COMB2U	-103.4278	-131.1012	-1.9941	-0.50497	-2.99751	93.15534		
312	0	COMB2U	-109.4477	-131.1012	-1.9941	-0.50497	-2.37082	-232.63058		
317	0	COMB2U	-76.9708	111.2511	1.9928	0.50291	2.36876	216.94589		
317	1.33525	COMB2U	-73.9608	111.2511	1.9928	0.50291	0.4615	68.4004		
317	2.6705	COMB2U	-70.9509	111.2511	1.9928	0.50291	2.99515	-55.81885		
354	0	COMB3U	-77.0695	-69.8606	27.0892	-1.89095	19.75472	-137.52248		
354	1.33525	COMB3U	-74.0596	-69.8606	27.0892	-1.89095	-12.5481	-44.0474		
354	2.6705	COMB3U	-71.0497	-69.8606	27.0892	-1.89095	-33.30481	86.86315		
354	0	COMB3U	-86.9381	-116.1408	15.2486	-5.72102	7.17798	-223.49685		
354	1.33525	COMB3U	-83.9281	-116.1408	15.2486	-5.72102	-17.05063	-68.61357		
354	2.6705	COMB3U	-80.9182	-116.1408	15.2486	-5.72102	-52.82534	48.83425		
	MAX		-37.46	111.2511	27.0892	5.7202	52.82543	216.94589		
	MIN		-109.4477	-131.1012	-27.0893	-5.72102	-52.82534	-232.63058		

KOLOM C4

TABLE: Element Forces - Frames										
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3		
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m		
39	2.01466	COMB9	-38.9414	12.7704	-8.7209	0.59536	30.97605	4.79657		
39	0	COMB3U	-81.3019	8.8563	-32.834	-1.59259	-15.53029	-0.6811		
39	1.00733	COMB3U	-79.0312	8.8563	-32.834	-1.59259	14.3705	-9.60371		
39	2.01466	COMB3U	-76.7604	8.8563	-32.834	-1.59259	36.68812	-28.09655		
39	0	COMB2U	-79.0092	-20.8725	-28.7319	-2.95945	-11.83226	-49.48643		
39	1.00733	COMB2U	-76.7385	-20.8725	-28.7319	-2.95945	16.15686	-28.46229		
39	2.01466	COMB2U	-74.4678	-20.8725	-28.7319	-2.95945	41.8705	-39.18664		
39	2.01466	COMB3U	-70.2022	34.4263	-21.1112	-0.40246	51.49938	-18.52177		
311	0	COMB1U	-98.5361	31.5863	0.0002496	-2.02952	-0.00023	25.03716		
311	0	COMB2U	-94.6897	78.6595	1.8203	0.00158	1.67722	96.64799		
311	1.00733	COMB2U	-92.419	78.6595	1.8203	0.00158	0.58423	17.41637		
311	2.01466	COMB2U	-90.1483	78.6595	1.8203	0.00158	2.14284	-15.36284		
311	0	COMB8	-53.5894	-47.0495	-1.82	-0.00225	-1.67737	-71.58171		
311	1.00733	COMB8	-51.8427	-47.0495	-1.82	-0.00225	-0.58465	-24.19189		
311	2.01466	COMB8	-50.096	-47.0495	-1.82	-0.00225	-2.14352	-23.25449		
311	0	COMB2U	-94.6897	78.6595	1.8203	0.00158	1.67722	96.64799		
353	0	COMB3U	-74.7438	34.4326	32.8338	1.59212	15.52965	41.27313		
353	1.00733	COMB3U	-72.4731	34.4326	32.8338	1.59212	-14.37104	6.58943		
353	2.01466	COMB3U	-70.2024	34.4326	32.8338	1.59212	-36.68859	-18.524		
353	0	COMB2U	-77.0365	64.1612	28.7318	2.95899	11.83166	90.07819		
353	1.00733	COMB2U	-74.7657	64.1612	28.7318	2.95899	-16.15742	25.44787		

353	2.01466	COMB2U	-72.495	64.1612	28.7318	2.95899	-41.87095	-7.43396
353	2.01466	COMB3U	-76.7606	8.8623	21.1111	0.402	-51.49973	-28.09889
	MAX		-38.9414	78.6595	32.8338	2.95899	51.49938	96.64799
	MIN		-98.5361	-47.0495	-32.834	-2.95945	-51.49973	-71.58171

BUSUR

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
33	0	COMB6U	-699.9577	-99.6059	-5.5303	-9.32699	-30.47176	-31.41163
33	1.11911	COMB6U	-703.1128	-96.7699	-5.5303	-9.32699	-37.05139	51.62998
33	2.23822	COMB6U	-706.2679	-93.9339	-5.5303	-9.32699	-43.65284	131.15779
278	0	COMB3	-554.9801	61.4872	-6.6007	-8.88427	-48.99062	131.50147
278	1.11911	COMB3	-552.5531	63.6687	-6.6007	-8.88427	-41.64309	61.12004
278	2.23822	COMB3	-550.1262	65.8503	-6.6007	-8.88427	-34.31247	-11.87313
278	0	COMB9U	-707.5451	92.7482	6.602	8.88099	49.00095	239.9608
278	1.11911	COMB9U	-704.39	95.5842	6.602	8.88099	41.652	134.92842
278	2.23822	COMB9U	-701.2349	98.4201	6.602	8.88099	34.31995	26.89263
278	2.23822	COMB2U	-700.7738	124.6269	1.9811	2.66342	10.29872	127.13969
278	0	COMB6	-536.9554	55.1057	-6.6007	-8.8842	-48.99088	98.13435
307	2.23822	COMB2U	-795.3755	-10.7066	-1.7435	-1.69801	-2.31274	-231.66297
310	0	COMB2U	-799.3165	-121.8394	-1.9774	-2.66162	-10.26846	-86.86114
310	2.23822	COMB2U	-805.6267	-116.1674	-1.9774	-2.66162	-14.65904	88.00431
320	0	COMB2U	-648.069	115.0373	1.9442	1.28655	13.97414	401.41957
336	1.11911	COMB3	-226.782	32.3989	1.878	3.39511	3.9875	148.30417
336	1.49215	COMB3	-226.782	33.4866	1.878	3.39511	4.82733	136.44001
336	1.86518	COMB3	-226.782	34.5744	1.878	3.39511	5.66793	124.23593
336	2.23822	COMB3	-226.782	35.6622	1.878	3.39511	6.50904	111.7174
352	0	COMB6U	-626.8461	-74.8905	5.528	9.32583	30.48628	48.08414
352	1.11911	COMB6U	-630.0011	-72.0546	5.528	9.32583	37.06838	157.14898
352	2.23822	COMB6U	-633.1562	-69.2186	5.528	9.32583	43.67232	263.38009
	MAX		-226.782	124.6269	6.602	9.32583	49.00095	401.41957
	MIN		-805.6267	-121.8394	-6.6007	-9.32699	-48.99088	-231.66297

ABUTMENT PILECAP

TABLE: Element Forces - Area Shells													
Area Text	OutputText	F11 Tonf/m	F22 Tonf/m	F12 Tonf/m	FMax Tonf/m	FMin Tonf/m	FAngle Degrees	FVM Tonf/m	M11 Tonf-m/m	M22 Tonf-m/m	M12 Tonf-m/m	MMMax Tonf-m/m	MMMin Tonf-m/m
1	COMB1	5.219	3.479	-0.656	5.439	3.26	-18.505	4.741	1.16144	12.10629	-0.03996	12.10643	1.16129
1	COMB1U	-3.374	2.093	-11.543	11.222	-12.503	-51.662	20.557	1.26612	2.99946	3.2865	5.53165	-1.26606
1	COMB2U	4.851	2.993	5.468	0	0	0	0	12.05981	4.39389	21.87006	0	0
1	COMB2U	-10.239	-0.378	-2.656	0	0	0	0	-41.79657	-13.44703	-10.81813	0	0
1	COMB2U	-12.919	-7.338	-4.875	0	0	0	0	-39.51915	-13.59176	-3.05186	0	0
3	COMB2U	0.966	5.687	3.427	0	0	0	0	25.37596	16.02579	30.49794	0	0
3	COMB2U	-9.823	-12.802	-21.924	0	0	0	0	-36.53151	-4.44117	-7.2784	0	0
4	COMB1	0.442	10.709	0.014	10.709	0.442	89.924	10.495	4.95459	12.04343	-2.44726	12.80621	4.19181
4	COMB2U	1.121	4.042	2.346	0	0	0	0	41.29937	64.58184	14.50704	0	0
5	COMB1	0.215	9.952	3.873	11.305	-1.138	70.747	11.915	2.44937	9.32183	0.00471	9.32184	2.44936
5	COMB1U	2.044	13.709	6.629	16.706	-0.953	65.671	17.202	-1.56669	2.54152	-1.73979	3.17929	-2.20446
5	COMB2U	1.534	22.972	2.72	0	0	0	0	-1.06041	14.25663	6.24353	0	0
8	COMB1U	-1.871	-2.138	0.473	-1.512	-2.496	37.118	2.178	25.41325	37.46424	-10.22194	43.30444	19.57306
9	COMB2U	-12.186	-7.032	-3.639	0	0	0	0	-38.93525	-11.47697	-7.51468	0	0
11	COMB1	-0.693	-2.687	3.761	2.201	-5.581	37.574	6.948	1.64347	8.16525	-0.37869	8.18717	1.62155
13	COMB2U	-1.727	-13.899	-3.762	0	0	0	0	-3.67588	-5.22686	-1.84585	0	0
14	COMB2U	12.215	3.168	23.985	0	0	0	0	-27.76385	3.7646	7.30523	0	0
14	COMB2U	-11.31	-7.92	-4.969	0	0	0	0	-22.78198	0.32976	-28.58771	0	0
15	COMB2U	17.746	12.26	2.946	0	0	0	0	71.36003	47.78313	7.4233	0	0
17	COMB1U	8.333	6.439	1.336	9.024	5.749	27.336	7.912	-19.68302	5.20629	-1.38945	5.28361	-19.76034
17	COMB2U	18.431	12.229	3.362	0	0	0	0	71.22152	48.93283	13.54775	0	0
19	COMB1U	-9.016	-2.644	-1.207	-2.423	-9.237	-79.629	8.295	20.17521	23.74891	0.63003	23.85673	20.06739
19	COMB1U	-10.43	-7.358	-4.326	-4.304	-13.485	-54.774	11.93	-36.80125	4.5862	-4.31831	5.03196	-37.24701
19	COMB1U	-6.359	-6.137	-8.597	2.35	-14.846	-45.369	16.149	-49.37432	-12.35238	-6.27651	-11.31724	-50.40946
19	COMB2U	10.443	5.534	3.334	0	0	0	0	48.77953	39.38391	3.03785	0	0
19	COMB2U	6.685	-5.221	16.301	0	0	0	0	-5.83699	6.89991	11.88448	0	0
19	COMB2U	-7.215	-10.191	-14.821	0	0	0	0	-83.82836	-26.18091	-15.17942	0	0
20	COMB2U	-19.848	-9.377	-17.997	0	0	0	0	-53.60414	0.66077	-11.28331	0	0
21	COMB1U	3.022	9.663	-0.495	9.7	2.985	-85.76	8.605	-19.87812	-6.89279	-2.3501	-6.48056	-20.29035
22	COMB3U	-5.89	1.43	-6.4	0	0	0	0	-64.61736	-26.56274	-2.99679	0	0
23	COMB1	-0.591	4.821	0.144	4.825	-0.595	88.473	5.149	-29.92664	-8.11341	-1.76296	-7.97185	-30.06821
25	COMB1U	-5.482	1.102	3.413	2.551	-6.932	66.986	8.5	-54.66946	-16.58191	-1.82637	-16.49453	-54.75683
MAX		18.431	22.972	23.985	16.706	5.749	89.924	20.557	71.36003	64.58184	30.49794	43.30444	20.06739
MIN		-19.848	-13.899	-21.924	-4.304	-14.846	-85.76	0	-83.82836	-26.56274	-28.58771	-16.49453	-54.75683

MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Degrees	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees
-89.791	-29.24	11.412	31.388	158.68
52.386	-0.331	13.828	13.832	91.371
0	29.674	56.644	0	0
0	-100.501	-7.403	0	0
0	-100.501	-13.002	0	0
0	10.62	19.875	0	0
0	-78.958	-19.841	0	0
-72.688	9.557	-1.442	9.665	-8.58
0	28.002	48.361	0	0
89.961	8.199	-0.329	8.205	-2.298
-69.868	1.308	-0.568	1.426	-23.466
0	5.326	6.332	0	0
-60.259	18.23	-27.866	33.299	-56.807
0	-98.597	-59.134	0	0
-86.688	-7.468	0.115	7.468	179.117
0	-0.69	-4.503	0	0
0	5.854	19.607	0	0
0	-11.149	-22.137	0	0
0	4.468	14.187	0	0
-86.815	-37.205	-2.225	37.271	-176.578
0	5.139	1.035	0	0
80.289	63.191	30.601	70.21	25.84
-84.106	63.191	-11.747	64.273	-10.531
-80.635	12.373	-11.747	17.061	-43.514
0	104.427	48.951	0	0
0	104.427	-9.978	0	0
0	-17.131	-15.607	0	0
0	-0.817	9.616	0	0
-80.051	-28.23	0.781	28.241	178.414
0	28.547	-3.087	0	0
-85.409	-23.347	-0.353	23.35	-179.133
-87.261	41.634	-0.52	41.637	-0.716
89.961	104.427	56.644	70.21	179.117
-89.791	-100.501	-59.134	0	-179.133

ABUTMENT DINDING

TABLE: Element Forces - Area Shells

Area	OutputCase	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22	M12	MMax
Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
85	COMB1	-4.419	2.266	-0.761	2.351	-4.504	-83.587	6.034	0.09322	-2.24781	0.13799	0.10132
86	COMB1U	44.347	53.911	14.049	63.969	34.289	54.398	55.447	2.15076	-0.23998	-0.26298	2.17935
86	COMB1U	6.598	42.586	1.89	42.685	6.499	87.002	39.835	0.59122	-3.60594	2.00937	1.39808
86	COMB2U	50.593	78.916	20.793	0	0	0	0	2.14074	3.08191	2.09011	0
86	COMB3U	54.147	67.037	22.552	0	0	0	0	2.48542	1.8165	1.888	0
124	COMB1U	-28.996	-66.433	31.739	-10.867	-84.562	29.735	79.686	23.99013	6.0965	3.94679	24.822
126	COMB1U	-55.046	-72.062	-3.47	-54.366	-72.742	-11.094	65.516	11.92536	5.79376	-2.60903	12.88525
127	COMB3U	-59.484	-61.368	-126.06	0	0	0	0	-0.41394	-8.044	-2.96353	0
129	COMB1U	9.696	-9.978	5.641	11.198	-11.481	14.917	19.641	-0.4091	-3.04886	3.32804	1.85124
133	COMB1U	35.425	-52.72	25.851	42.447	-59.742	15.197	88.92	-22.17262	-11.06265	13.15503	-2.33729
134	COMB1U	-18.731	-69.923	-33.083	-2.498	-86.156	-26.136	84.935	18.52575	4.02006	13.65234	26.73221
135	COMB1U	-13.505	-67.399	16.707	-8.746	-72.158	15.899	68.207	-16.0976	-3.66361	14.33194	5.74168
135	COMB1U	-13.821	-68.45	-2.11	-13.739	-68.532	-2.208	62.799	10.36032	-2.97427	15.701	20.75099
135	COMB1U	17.484	-59.059	-26.669	25.859	-67.435	-17.435	83.426	12.21887	-1.67756	10.51546	17.87433
136	COMB1U	-6.145	-28.306	-90.346	73.798	-108.248	-41.504	158.595	2.03999	-0.04127	4.83947	5.94945
136	COMB2U	-54.421	-200.642	-63.532	0	0	0	0	8.66333	59.55541	15.14247	0
136	COMB2U	-1.576	-24.448	-83.974	0	0	0	0	0.77038	41.44459	21.28675	0
137	COMB1U	-17.475	-28.824	92.9	69.924	-116.223	43.252	162.861	-1.18399	11.60385	0.04355	11.604
137	COMB1U	-71.855	-210.092	72.961	-40.472	-241.476	23.275	223.999	3.42928	16.40521	1.14651	16.50574
137	COMB2U	-21.824	-32.891	83.7	0	0	0	0	-0.10612	-30.68579	-21.32304	0
137	COMB2U	-77.917	-222.006	63.331	0	0	0	0	-2.84484	-44.32327	-15.07441	0
137	COMB3U	-99.244	-238.802	52.633	0	0	0	0	0.79967	-9.22929	-7.13481	0
143	COMB1U	40.875	-53.348	-19.295	44.673	-57.146	-11.136	88.398	-26.32832	-12.51012	2.946	-11.90825
144	COMB1U	8.466	-63.14	6.388	9.032	-63.706	5.058	68.669	-11.79511	-9.92275	-4.5759	-6.18825
145	COMB2	-48.655	-154.512	-45.386	0	0	0	0	-9.39472	-46.67828	-12.97553	0
145	COMB2U	-46.396	-201.23	-56.825	0	0	0	0	14.7825	60.47864	14.8438	0
146	COMB2U	-44.506	-51.161	82.916	0	0	0	0	-2.12326	-27.92003	-21.55619	0
146	COMB3U	-6.286	-30.502	125.373	0	0	0	0	2.16626	19.08822	3.195	0
147	COMB1U	-3.327	-36.505	33.724	17.668	-57.499	31.903	68.075	7.58851	15.52255	-2.24487	16.11367
147	COMB1U	-14.713	-39.921	26.511	2.038	-56.671	32.286	57.717	-3.0809	4.11482	-0.06043	4.11532
MAX		54.147	78.916	125.373	73.798	34.289	87.002	223.999	23.99013	60.47864	21.28675	26.73221
MIN		-99.244	-238.802	-126.06	-54.366	-241.476	-83.587	0	-26.32832	-46.67828	-21.55619	-11.90825

MMIn	MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Tonf-m/m	Degrees	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees
-2.25591	3.362	-3.66	3.172	4.843	139.084
-0.26857	-6.204	0.85	-1.862	2.046	-65.461
-4.41281	21.878	1.009	-1.862	2.117	-61.539
0	0	5.512	14.873	0	0
0	0	2.433	9.941	0	0
5.26463	11.902	16.417	-14.694	22.032	-41.829
4.83387	-20.199	-11.136	-1.048	11.186	-174.622
0	0	-4.722	-1.215	0	0
-5.3092	34.184	-2.418	0.087	2.42	177.94
-30.89799	56.446	0.988	12.169	12.209	85.36
-4.1864	31.01	-2.6	-11.575	11.864	-102.66
-25.50288	56.725	32.373	17.611	36.854	28.547
-13.36495	33.496	32.373	-16.015	36.118	-26.321
-7.33302	28.272	0.428	-16.015	16.02	-88.467
-3.95073	38.932	1.603	0.834	1.808	27.49
0	0	36.158	24.835	0	0
0	0	36.158	6.609	0	0
-1.18414	89.805	-17.483	2.481	17.658	171.924
3.32876	84.989	-17.483	11.091	20.704	147.61
0	0	-36.472	-3.318	0	0
0	0	-36.472	-12.385	0	0
0	0	-19.367	-0.221	0	0
-26.93019	78.453	10.801	14.669	18.217	53.634
-15.52961	-50.781	-14.735	-0.427	14.741	-178.34
0	0	-18.678	-14.711	0	0
0	0	33.883	26.457	0	0
0	0	-34.791	-4.525	0	0
0	0	5.133	4.917	0	0
6.99738	-75.248	-4.192	8.226	9.233	117.003
-3.08141	-89.519	-0.532	8.226	8.243	93.699
6.99738	89.805	36.158	26.457	36.854	177.94
-30.89799	-89.519	-36.472	-16.015	0	-178.34

ABUTMENT KORBEL

TABLE: Element Forces - Area Shells

Area	OutputCase	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22	M12
Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
72	COMB1U	-5.102	-25.351	-5.465	-3.721	-26.732	-14.18	25.079	7.26123	-7.3934	-1.35549
72	COMB2U	41.971	22.164	14.756	0	0	0	0	2.4953	2.82075	2.7771
72	COMB2U	-14.718	-43.057	-11.917	0	0	0	0	0.49218	-13.63354	-4.70155
72	COMB3U	-13.517	-36.776	-14.215	0	0	0	0	-0.18926	-12.1642	-4.85044
73	COMB1U	-6.777	-27.574	14.012	0.273	-34.624	26.71	34.762	-3.50111	-10.23392	5.21155
73	COMB1U	34.118	10.551	-10.528	38.136	6.533	-20.889	35.326	4.28857	3.89053	-2.8842
73	COMB2U	0.996	-14.321	16.474	0	0	0	0	4.52718	-3.78014	5.48635
73	COMB2U	-12.709	-40.096	6.296	0	0	0	0	-0.34843	-14.2843	1.69066
73	COMB2U	14.969	2.1	-19.65	0	0	0	0	-0.39354	1.48058	-3.11425
73	COMB3U	1.014	-19.65	17.933	0	0	0	0	4.62425	-5.21241	5.18232
73	COMB3U	37.51	-13.967	-3.886	0	0	0	0	8.55866	-1.84454	1.86903
73	COMB3U	48.499	15.955	-2.577	0	0	0	0	2.75717	3.76095	0.60456
73	COMB3U	9.757	5.909	-16.54	0	0	0	0	-0.02065	1.48117	-3.1397
73	COMB3U	-2.501	-0.267	6.1	0	0	0	0	-2.17575	-2.34609	-0.09525
106	COMB1	10.393	3.625	2.678	11.325	2.693	19.178	10.247	-0.06375	0.81938	-0.0641
106	COMB1	8.795	-1.702	1.469	8.997	-1.903	7.82	10.084	0.3356	0.13639	0.96719
107	COMB1U	57.427	7.336	3.496	57.67	7.093	3.974	54.471	5.44096	2.86862	0.87126
109	COMB1U	49.739	11.08	-1.23	49.778	11.041	-1.821	45.279	0.94984	1.29384	2.51362
110	COMB1U	-41.858	-12.589	-0.752	-12.57	-41.877	-88.53	37.22	-2.0085	-0.70585	1.94829
112	COMB1U	-48.143	-10.654	-2.771	-10.45	-48.347	-85.795	44.061	-3.93122	-1.44118	1.66133
112	COMB1U	-47.622	-8.916	-0.882	-8.895	-47.642	-88.696	43.876	-6.06703	-2.25777	0.87098
112	COMB1U	-6.133	3.531	-2.271	4.038	-6.641	-77.413	9.339	-6.65856	-0.86373	0.74166
113	COMB1	-4.334	2.119	-1.209	2.338	-4.554	-79.728	6.07	0.20521	-0.81892	-1.54353
113	COMB1U	-9.552	2.167	-0.884	2.234	-9.618	-85.708	10.908	0.40244	-1.32739	-2.37317
114	COMB1	-3.326	1.343	-1.51	1.788	-3.771	-73.554	4.916	-3.6727	-0.31247	0.26465
114	COMB1U	-36.994	-4.635	0.251	-4.633	-36.996	89.555	34.91	-1.96748	-1.96728	-0.95708
	MAX	57.427	22.164	17.933	57.67	11.041	89.555	54.471	8.55866	3.89053	5.48635
	MIN	-48.143	-43.057	-19.65	-12.57	-48.347	-88.696	0	-6.65856	-14.2843	-4.85044

MMax	MMin	MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Tonf-m/m	Tonf-m/m	Degrees	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees
7.38555	-7.51773	-5.24	-1.587	11.073	11.186	98.157
0	0	0	-2.859	-1.573	0	0
0	0	0	-0.388	5.658	0	0
0	0	0	-0.6	5.765	0	0
-0.66325	-13.07178	28.57	-6.251	13.321	14.715	115.138
6.98061	1.19849	-43.026	2.278	-4.125	4.742	-61.086
0	0	0	0.117	19.128	0	0
0	0	0	-5.099	7.182	0	0
0	0	0	2.701	-5.758	0	0
0	0	0	-0.238	19.775	0	0
0	0	0	9.349	19.775	0	0
0	0	0	9.349	-1.602	0	0
0	0	0	2.326	-6.16	0	0
0	0	0	-4.744	-6.16	0	0
0.82401	-0.06838	-85.87	-2.065	-1.505	2.556	-143.918
1.2083	-0.7363	42.06	-2.065	-0.033	2.066	-179.081
5.70828	2.6013	17.057	0.817	1.73	1.913	64.716
3.64134	-1.39766	46.957	9.293	-0.157	9.294	-0.971
0.69711	-3.41146	54.243	6.529	-0.035	6.529	-0.308
-0.61012	-4.76228	63.424	2.398	-1.555	2.858	-32.96
-2.06807	-6.25673	77.713	2.398	-1.602	2.884	-33.748
-0.77031	-6.75197	82.821	2.352	-1.602	2.846	-34.264
1.3194	-1.93311	-35.823	-5.504	0.142	5.506	178.519
2.06339	-2.98834	-34.988	-9.262	0.706	9.288	175.644
-0.29176	-3.69341	85.524	-1.4	-0.635	1.537	-155.607
-1.01029	-2.92446	-45.003	-1.912	-2.006	2.772	-133.629
7.38555	2.6013	85.524	9.349	19.775	14.715	178.519
-2.06807	-13.07178	-85.87	-9.262	-6.16	0	-179.081

ABUTMENT LATERAL STOPPER

TABLE: Element Forces - Area Shells

Area	OutputCase	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22	M12	MMax	MMin
Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
77	COMB1U	0.923	-0.659	-1.65	1.962	-1.698	-32.196	3.172	0.61147	3.93229	-0.58936	4.03378	0.50997
77	COMB2U	0.379	-0.507	0.369	0	0	0	0	2.49653	2.01947	-0.44642	0	0
77	COMB2U	-2.588	-1.139	-0.543	0	0	0	0	1.9763	7.1371	0.29991	0	0
77	COMB2U	-1.796	2.628	3.534	0	0	0	0	1.33156	1.66438	2.0745	0	0
77	COMB2U	-5.873	0.053	0.508	0	0	0	0	-0.68064	-1.56343	0.37991	0	0
77	COMB2U	-6.954	0.887	-3.012	0	0	0	0	0.00647	-3.54618	-0.7605	0	0
78	COMB1U	-10.162	-2.583	2.292	-1.944	-10.801	74.416	9.972	2.00495	3.35419	0.87642	3.78556	1.57358
78	COMB2U	-1.919	-0.249	2.133	0	0	0	0	2.30573	7.52742	2.2634	0	0
78	COMB2U	-9.734	-5.095	-0.14	0	0	0	0	0.45275	-0.23332	-0.16675	0	0
78	COMB2U	-6.793	0.149	-2.827	0	0	0	0	0.07363	-4.13736	-1.40233	0	0
78	COMB3U	0.184	1.208	6.095	0	0	0	0	4.08269	2.96992	4.32901	0	0
78	COMB3U	-9.013	-5.501	-0.515	0	0	0	0	0.66277	1.70106	-0.68094	0	0
115	COMB3U	-2.374	-2.414	7.078	0	0	0	0	0.76455	-0.18627	1.34382	0	0
116	COMB1U	-16.444	-2.013	0.855	-1.962	-16.494	86.62	15.606	0.93408	0.14175	0.08998	0.94417	0.13166
117	COMB1U	-1.242	0.166	0.058	0.168	-1.245	87.644	1.337	0.16477	0.0573	0.07291	0.2016	0.02047
117	COMB1U	-14.312	-2.676	-1.474	-2.492	-14.496	-82.892	13.425	0.2972	0.04392	0.06287	0.31195	0.02918
118	COMB1	-1.255	1.585	-0.068	1.586	-1.257	-88.638	2.468	0.47974	0.10316	0.10651	0.50778	0.07512
121	COMB1U	18.361	-0.536	2.053	18.582	-0.756	6.13	18.971	-0.50031	0.03238	0.21827	0.11039	-0.57832
121	COMB1U	19.122	2	0.325	19.128	1.994	1.086	18.213	-0.96046	-0.01501	0.15856	0.01087	-0.98634
122	COMB1U	8.393	5.133	3.013	10.189	3.337	30.794	8.997	-0.47811	-1.38669	-0.66307	-0.12863	-1.73617
122	COMB1U	-3.753	1.489	-7.188	6.519	-8.783	-55.016	13.3	-1.80583	-1.44252	-1.61322	-0.00076	-3.24759
122	COMB1U	-5.589	-4.633	-8.127	3.03	-13.252	-46.684	14.998	-2.3988	-0.59233	-0.77454	-0.30572	-2.68541
122	COMB1U	6.557	-0.989	2.075	7.089	-1.522	14.403	7.96	-1.07539	-0.53454	0.17561	-0.48252	-1.12741
122	COMB2U	-20.43	-4.588	-6.787	0	0	0	0	-3.23271	-0.56874	-1.40715	0	0
122	COMB3U	7.184	5.251	3.555	0	0	0	0	0.11206	0.02052	0.04358	0	0
122	COMB3U	-14.353	-2	-6.521	0	0	0	0	-3.96446	-3.58067	-4.13598	0	0
122	COMB3U	-15.292	-4.695	-7.596	0	0	0	0	-4.1624	-0.52845	-1.65732	0	0
123	COMB1	5.69	-0.607	-1.498	6.028	-0.945	-12.723	6.552	-0.63607	-0.00023	0.05295	0.00415	-0.64044
123	COMB1U	10.121	-0.7	-2.379	10.621	-1.2	-11.866	11.269	-1.04255	-0.00958	0.09648	-0.00064	-1.05149
MAX		19.122	5.251	7.078	19.128	3.337	87.644	18.971	4.08269	7.52742	4.32901	4.03378	1.57358
MIN		-20.43	-5.501	-8.127	-2.492	-16.494	-88.638	0	-4.1624	-4.13736	-4.13598	-0.48252	-3.24759

MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Degrees	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees
-80.229	3.476	14.441	14.854	76.466
0	1.671	28.894	0	0
0	7.317	28.894	0	0
0	7.317	1.813	0	0
0	-0.275	-12.66	0	0
0	-6.596	-12.66	0	0
63.794	-3.19	8.648	9.217	110.251
0	0.662	26.216	0	0
0	-7.109	-4.899	0	0
0	-1.877	-11.934	0	0
0	3.859	17.472	0	0
0	-4.993	3.845	0	0
0	1.434	0.77	0	0
6.398	0.578	0.283	0.644	26.086
26.805	-0.204	-0.244	0.318	-129.931
13.201	-0.044	-0.309	0.313	-98.179
14.748	0.757	0.258	0.8	18.803
70.332	0.513	-0.133	0.53	-14.58
80.729	0.513	-0.128	0.529	-14.006
-27.792	-1.235	0.134	1.243	173.831
-48.212	-1.142	0.134	1.15	173.331
-69.693	-1.142	0.056	1.143	177.208
73.5	-1.235	0.056	1.237	177.418
0	-1.578	0.114	0	0
0	0.19	0.928	0	0
0	-1.178	-1.086	0	0
0	-1.178	-0.098	0	0
85.272	-0.26	0.06	0.267	166.918
84.71	-0.388	-0.0002108	0.388	-179.969
85.272	7.317	28.894	14.854	177.418
-80.229	-7.109	-12.66	0	-179.969

ABUTMENT WINGWALL

TABLE: Element Forces - Area Shells													
Area Text	OutputCase Text	F11 Tonf/m	F22 Tonf/m	F12 Tonf/m	FMax Tonf/m	FMin Tonf/m	FAngle Degrees	FVM Tonf/m	M11 Tonf-m/m	M22 Tonf-m/m	M12 Tonf-m/m	MMax Tonf-m/m	MMin Tonf-m/m
24	COMB1U	4.349	3.513	0.132	4.37	3.493	8.743	4.004	2.13846	0.59497	0.26909	2.18402	0.54941
26	COMB1U	5.048	9.77	-16.257	23.837	-9.018	-49.132	29.402	6.15393	1.56948	0.11003	6.15657	1.56684
26	COMB2U	17.057	20.957	3.374	0	0	0	0	8.76182	2.539	0.23721	0	0
26	COMB2U	5.099	0.825	-30.739	0	0	0	0	3.41696	0.56994	-0.10322	0	0
26	COMB2U	-29.313	-8.407	-0.758	0	0	0	0	1.53831	-0.18178	0.27382	0	0
43	COMB1U	-3.165	-23.717	3.268	-2.658	-24.224	8.82	23.01	-0.40718	-1.93765	-0.3899	-0.31358	-2.03125
43	COMB1U	-1.179	-17.098	3.363	-0.498	-17.779	11.453	17.536	-0.1161	-1.62455	-0.90128	0.3049	-2.04555
43	COMB2	1.218	26.182	6.338	0	0	0	0	-0.24023	-1.28174	-0.00388	0	0
44	COMB1	-3.535	-12.851	0.886	-3.451	-12.935	5.382	11.601	1.1766	3.87508	-0.56977	3.99046	1.06123
44	COMB3U	-3.46	-22.179	-1.651	0	0	0	0	-0.28352	-1.51575	-2.24806	0	0
46	COMB1U	1.769	6.605	0.091	6.606	1.767	88.922	5.924	-0.17455	-0.37226	-0.08458	-0.1433	-0.40351
49	COMB3U	2.049	-8.242	-3.433	0	0	0	0	-0.39818	0.27088	0.2461	0	0
49	COMB3U	3.302	-3.687	-6.374	0	0	0	0	-0.65098	-0.25645	-0.41063	0	0
53	COMB1U	-14.758	-6.655	-3.259	-5.506	-15.907	-70.593	13.991	2.93455	-0.07014	-0.34145	2.97286	-0.10845
53	COMB2U	16.451	20.843	27.87	0	0	0	0	10.47274	3.24144	0.30529	0	0
53	COMB3	4.815	2.501	1.787	0	0	0	0	-2.19492	-0.85266	-0.28293	0	0
57	COMB3U	-0.075	-6.439	-4.78	0	0	0	0	-0.17417	-2.46344	-0.34952	0	0
58	COMB1U	-2.046	0.015	-0.513	0.136	-2.167	-76.762	2.238	-0.4768	-1.80377	0.3861	-0.37264	-1.90793
58	COMB1U	2.714	1.502	-1.281	3.525	0.691	-32.338	3.236	5.36667	6.30643	1.0635	6.99923	4.67387
58	COMB2U	-6.563	-47.533	-6.004	0	0	0	0	-0.61621	-2.26449	-0.10484	0	0
58	COMB3U	-1.102	2.947	0.184	0	0	0	0	-0.24647	-1.39058	1.24345	0	0
58	COMB3U	-0.891	2.697	-0.525	0	0	0	0	0.41186	-1.10311	2.06758	0	0
58	COMB3U	3.148	3.913	-0.371	0	0	0	0	9.31453	11.13215	2.13677	0	0
59	COMB1U	0.193	0.726	-0.284	0.849	0.07	-66.61	0.816	1.52843	5.15496	0.68322	5.27941	1.40399
59	COMB1U	1.37	4.649	-0.206	4.662	1.357	-86.423	4.153	0.27487	1.01238	0.37337	1.1684	0.11886
59	COMB3U	-0.61	2.441	2.535	0	0	0	0	2.13203	-1.00904	2.37201	0	0
63	COMB1	1.064	0.464	-3.866	4.641	-3.113	-42.78	6.759	1.08867	-0.38673	0.24755	1.12909	-0.42715
64	COMB1U	12.318	-3.809	-6.147	14.394	-5.885	-18.659	18.07	6.89169	3.30173	-0.38946	6.93346	3.25996
64	COMB3U	11.307	1.139	8.024	0	0	0	0	5.33962	2.93688	0.49873	0	0
64	COMB3U	10.334	-0.635	1.724	0	0	0	0	14.59221	6.49292	-0.2044	0	0
64	COMB3U	-2.517	-10.891	-9.334	0	0	0	0	-0.07521	-1.16853	-0.20621	0	0
MAX		17.057	26.182	27.87	23.837	3.493	88.922	29.402	14.59221	11.13215	2.37201	6.99923	4.67387
MIN		-29.313	-47.533	-30.739	-5.506	-24.224	-86.423	0	-2.19492	-2.46344	-2.24806	-0.37264	-2.04555

MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Degrees	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees
9.611	-0.231	0.805	0.837	106.04
1.374	-5.538	0.711	5.583	172.679
0	-3.272	1.452	0	0
0	-7.784	-0.135	0	0
0	-0.041	0.805	0	0
-13.5	-0.504	5.002	5.027	95.753
-25.038	-0.504	5.002	5.027	95.753
0	-0.225	5.382	0	0
-78.553	0.726	2.705	2.801	74.968
0	0.112	1.289	0	0
-20.275	0.281	-0.825	0.871	-71.189
0	-12.569	-6.269	0	0
0	-12.569	-3.585	0	0
-6.402	-1.559	1.505	2.167	136.022
0	9.46	2.135	0	0
0	-1.279	-0.316	0	0
0	-0.318	-0.327	0	0
15.098	0.588	5.185	5.218	83.532
56.918	0.588	5.185	5.218	83.532
0	0.295	3.201	0	0
0	0.983	8.634	0	0
0	0.983	8.634	0	0
0	0.983	8.634	0	0
79.677	-0.961	3.494	3.624	105.373
67.322	-0.961	0.475	1.072	153.675
0	-0.029	5.721	0	0
9.275	-0.793	-0.009028	0.793	-179.348
-6.121	6.908	-3.272	7.644	-25.343
0	13.488	0.114	0	0
0	13.488	-0.046	0	0
0	-3.029	-6.552	0	0
79.677	13.488	8.634	7.644	179.412
-78.553	-12.569	-6.552	0	-179.348

PONDASI ABUTMENT

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
13	0	COMB1U	8.4453	-87.7	5.6839	-10.95734	13.73311	-188.08861
13	2.5	COMB1U	-0.3763	-87.7	5.6839	-10.95734	-0.47653	31.16148
13	5	COMB1U	-9.1979	-87.7	5.6839	-10.95734	-14.68616	250.41156
14	0	COMB2U	-568.3601	-135.2917	-15.2453	-1.6139	-43.29211	-314.13775
14	2.5	COMB2U	-577.1817	-135.2917	-15.2453	-1.6139	-7.22305	2.49356
14	5	COMB2U	-586.0032	-135.2917	-15.2453	-1.6139	-9.78165	132.51674
14	0	COMB3U	-511.6266	-110.0957	-32.4292	-2.69173	-83.43812	-258.16256
14	2.5	COMB3U	-520.4482	-110.0957	-32.4292	-2.69173	-9.17789	9.27952
14	5	COMB3U	-529.2698	-110.0957	-32.4292	-2.69173	-55.55786	202.49562
14	5	COMB2U	-308.0883	-51.9488	1.5334	0.15831	32.93583	362.34718
16	0	COMB2U	-496.7958	-134.5697	-8.9959	-2.37584	-22.38435	-315.28516
19	0	COMB2U	-308.2778	135.2682	15.2569	1.61077	32.96373	362.31184
19	2.5	COMB2U	-299.4562	135.2682	15.2569	1.61077	-3.90625	24.29333
19	5	COMB2U	-290.6346	135.2682	15.2569	1.61077	-2.11361	-127.13636
19	0	COMB2U	-586.1952	51.9291	-1.5348	-0.16465	-9.78933	132.48249
19	0	COMB3U	-365.0044	110.071	32.436	2.68726	78.72695	292.32674
19	2.5	COMB3U	-356.1828	110.071	32.436	2.68726	-1.95043	17.50375
19	5	COMB3U	-347.3612	110.071	32.436	2.68726	38.02116	-183.11075
19	0	COMB3U	-365.0044	110.071	32.436	2.68726	78.72695	292.32674
19	5	COMB3U	-511.8255	77.1262	-18.7139	-1.24114	-83.4569	-258.081
20	0	COMB2	155.2626	-24.6591	9.6849	5.91399	26.75427	-53.58184
20	0	COMB3U	69.9248	-62.9228	24.8424	8.24658	60.76038	-134.37258
20	2.5	COMB3U	61.1032	-62.9228	24.8424	8.24658	5.78842	32.93686
20	5	COMB3U	52.2816	-62.9228	24.8424	8.24658	68.62423	266.20146
	MAX		155.2626	135.2682	32.436	8.24658	78.72695	362.34718
	MIN		-586.1952	-135.2917	-32.4292	-10.95734	-83.4569	-315.28516

PILAR KORBEL

TABLE: Element Forces - Area Shells

Area	OutputCase	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22
Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
1	COMB1U	1.97	-17.793	19.773	14.193	-30.016	31.723	39.095	-250.61778	536.55682
1	COMB3	71.529	268.546	41.059	0	0	0	0	11.3013	-134.59703
1	COMB3U	112.943	54.072	-1.674	0	0	0	0	-172.30825	-360.37334
1	COMB3U	-98.457	-435.619	50.135	0	0	0	0	13.26124	-213.21684
19	COMB1U	6.126	103.772	-12.72	105.402	4.496	-82.699	103.227	9.70134	167.23885
19	COMB1U	16.404	106.856	-5.116	107.144	16.116	-86.773	100.064	-8.224	86.01384
20	COMB1	-1.161	51.408	-5.353	51.948	-1.7	-84.245	52.819	1.28419	106.82316
80	COMB1U	-2.093	72.972	61.891	107.822	-36.943	60.617	130.282	9.87766	167.98984
86	COMB1U	27.321	-45.732	114.071	110.571	-128.982	36.122	207.663	-181.64441	-371.15022
86	COMB1U	-12.841	-179.605	8.382	-12.421	-180.025	2.87	174.147	-250.39679	-536.99868
86	COMB1U	-30.595	-184.931	-76.342	0.786	-216.313	-22.346	216.707	15.55381	-209.24368
87	COMB3U	-4.81	37.612	247.313	0	0	0	0	-22.40138	93.70003
92	COMB1U	24.082	80.825	77.424	134.912	-30.005	55.062	152.15	-27.30279	80.57287
95	COMB1U	10.565	88.811	5.065	89.138	10.238	86.312	84.485	-29.19849	72.74103
98	COMB3U	-26.416	-85.456	-247.339	0	0	0	0	-23.30673	89.89691
207	COMB1U	-12.811	-177.399	-8.087	-12.414	-177.795	-2.806	171.925	250.39485	536.98692
349	COMB1	5.87	-0.315	21.564	24.562	-19.007	40.92	37.834	123.19251	248.66034
349	COMB1U	1.28	-16.043	-20.69	15.048	-29.811	-33.642	39.544	250.73667	537.72361
	MAX	112.943	268.546	247.313	134.912	16.116	86.312	216.707	250.73667	537.72361
	MIN	-98.457	-435.619	-247.339	-12.421	-216.313	-86.773	0	-250.61778	-536.99868

M12	MMax	MMin	MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Degrees	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees
-301.85135	-59.58952	-727.58509	-32.328	570.377	424.52	711.019	36.66
46.98296	0	0	0	-47.549	279.953	0	0
-255.58696	0	0	0	553.261	224.602	0	0
64.94038	0	0	0	-70.789	407.967	0	0
-0.18862	167.23908	9.70111	-89.931	-12.083	52.495	53.868	102.962
5.79594	86.36897	-8.57913	86.494	-4.109	52.495	52.656	94.476
-0.92275	106.83123	1.27612	-89.499	-7.269	-0.107	7.269	-179.156
0.01312	167.98984	9.87766	89.995	-11.717	-52.579	53.869	-102.563
261.4545	1.69722	-554.49185	35.04	572.777	-232.005	617.981	-22.051
301.6465	-59.743	-727.65248	32.295	572.777	-425.948	713.797	-36.636
-68.69318	34.88293	-228.57281	-15.716	-73.7	-425.948	432.277	-99.816
22.89043	0	0	0	21.054	-100.732	0	0
11.38946	81.76225	-28.49217	84.038	21.54	-52.765	56.992	-67.793
-13.1029	74.39828	-30.85574	-82.792	20.86	56.152	59.902	69.62
-22.77602	0	0	0	20.284	97.983	0	0
301.65519	727.65137	59.7304	57.705	-572.608	-425.825	713.587	-143.363
-175.28613	372.10046	-0.24761	-54.846	-385.941	156.421	416.434	157.937
-302.33853	728.8926	59.56768	-57.695	-570.877	424.625	711.482	143.358
301.65519	728.8926	59.7304	89.995	572.777	424.625	713.797	157.937
-302.33853	-59.743	-727.65248	-89.931	-572.608	-425.948	0	-179.156

PILECAP PILAR

TABLE: Element Forcés - Area Shells

Area	OutputCase	F11	F22	F12	FMax	FMin	FAngle	FVM	M11	M22
Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
201	COMB1U	35.228	115.381	8.997	116.378	34.231	83.673	103.595	-0.51267	-32.74262
202	COMB2U	37.56	121.762	-7.097	0	0	0	0	2.32815	-27.69411
204	COMB1U	31.308	102.302	0.134	102.302	31.308	89.892	90.791	23.75318	-3.28531
277	COMB2U	-36.506	-122.85	-10.471	0	0	0	0	-11.02941	-2.19363
278	COMB1U	-34.124	-116.527	8.935	-33.166	-117.485	6.118	104.91	-8.47223	1.14535
358	COMB1U	-52.2	-0.808	7.848	0.364	-53.372	81.509	53.555	-131.76535	-32.42642
359	COMB1U	-182.838	-55.88	85.132	-13.166	-225.553	63.355	219.267	227.56097	175.96809
366	COMB2U	59.241	15.927	144.555	0	0	0	0	142.08451	73.09418
366	COMB2U	191.547	57.492	101.167	0	0	0	0	132.71136	140.85697
367	COMB1U	27.679	72.017	-50	104.542	-4.846	-56.956	107.047	-177.00227	-108.36463
367	COMB2U	22.273	62.914	-53.588	0	0	0	0	-186.85788	-110.88869
370	COMB1U	209.335	60.727	-88.179	250.342	19.72	-24.941	241.087	87.03688	120.70215
370	COMB2U	218.221	64.116	-76.359	0	0	0	0	114.22486	129.52973
371	COMB1U	-52.175	-0.84	-7.6	0.261	-53.277	-81.753	53.408	-131.94069	-32.65532
374	COMB1U	-210.681	-65.428	88.222	-23.784	-252.325	64.731	241.314	226.28146	171.87999
374	COMB2U	-219.558	-68.79	75.795	0	0	0	0	189.13835	153.82995
436	COMB2U	38.042	11.543	-144.529	0	0	0	0	107.51024	55.79737
437	COMB2U	-180.957	-17.597	24.092	0	0	0	0	-61.16065	47.65355
437	COMB2U	-194.071	-60.189	71.269	0	0	0	0	150.01376	117.91069
475	COMB2U	-4.869	50.057	-63.15	0	0	0	0	3.84427	22.8075
476	COMB1U	31.156	101.906	-0.086	101.906	31.156	-89.93	90.447	24.45646	-2.8247
480	COMB2U	2.963	66.115	63.16	0	0	0	0	10.46045	41.86721
486	COMB1U	11.746	18.401	23.906	39.21	-9.063	48.962	44.44	-160.94611	-88.1846
487	COMB3U	-78.219	-195.597	195.597	0	0	0	0	129.64003	51.94327
497	COMB1U	-210.522	-65.361	88.162	-23.747	-252.136	64.732	241.141	231.20961	172.54509
500	COMB1U	11.62	18.4	-24.007	39.255	-9.235	-49.019	44.596	-161.25685	-88.36925
503	COMB1U	-182.852	-55.873	85.197	-13.11	-225.614	63.347	219.353	232.58002	176.61195
503	COMB2U	-156.936	-48.688	101.615	0	0	0	0	254.70305	183.58854
503	COMB3U	-32.123	-7.315	195.582	0	0	0	0	148.9376	74.44246
503	COMB3U	-159.129	-51.275	125.808	0	0	0	0	237.59753	184.49819
505	COMB1U	26.182	42.848	-42.18	77.511	-8.48	-50.588	82.08	-186.05564	-86.31475
505	COMB2U	-156.566	-47.569	-71.292	0	0	0	0	211.90193	138.96045
505	COMB2U	-146.643	-13.37	-24.122	0	0	0	0	-36.92367	57.66288
505	COMB2U	22.095	36.117	-44.416	0	0	0	0	-197.95404	-88.52393
MAX		218.221	121.762	195.582	250.342	34.231	89.892	241.314	254.70305	184.49819
MIN		-219.558	-122.85	-195.597	-33.166	-252.325	-89.93	0	-197.95404	-110.88869

M12		MMax	MMin	MAngle	V13	V23	VMax	VAngle
Tonf/m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Degrees	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Degrees	Degrees
-14.05817	4.75751	-38.01279	-20.55	36.377	-13.483	38.795	-20.337	
17.08609	0	0	0	37.447	14.372	0	0	0
-15.43278	30.75078	-10.2829	-24.391	24.045	3.924	24.364	9.269	
10.43481	0	0	0	-14.734	3.983	0	0	0
-14.85303	11.94864	-19.27551	-53.97	-13.495	-4.988	14.387	-159.715	
7.56906	-31.85301	-132.33876	85.668	-196.468	-0.939	196.47	-179.726	
-58.3829	265.59257	137.93648	-33.081	-225.004	287.415	365.012	128.056	
-44.08158	0	0	0	7.519	290.173	0	0	0
-32.38351	0	0	0	104.233	290.173	0	0	0
-34.09405	-94.30798	-191.05891	-67.594	-111.788	-66.993	130.325	-149.066	
-38.33716	0	0	0	-124.693	-73.596	0	0	0
21.50051	131.17537	76.56366	64.029	134.551	-200.652	241.588	-56.155	
28.34422	0	0	0	140.218	-186.51	0	0	0
-7.66235	-32.06535	-132.52854	-85.613	-196.109	0.999	196.112	179.708	
-31.09909	240.39699	157.76446	-24.413	-239.665	195.031	308.993	140.863	
-37.74685	0	0	0	-245.613	181.548	0	0	0
44.08044	0	0	0	-22.221	-290.18	0	0	0
12.78835	0	0	0	-251.048	2.018	0	0	0
-28.48934	0	0	0	-251.048	99.951	0	0	0
-85.66686	0	0	0	-18.53	132.634	0	0	0
15.73545	31.64062	-10.00886	24.539	-24.084	3.887	24.395	170.831	
85.66863	0	0	0	-15.087	-132.636	0	0	0
-0.00113	-88.1846	-160.94611	-89.999	120.97	-0.838	120.973	-0.397	
48.32492	0	0	0	165.854	266.694	0	0	0
-32.51706	245.66936	158.08533	-23.974	239.712	-193.841	308.28	-38.96	
0.08998	-88.36913	-161.25697	89.929	121.012	0.786	121.015	0.372	
-60.75812	271.48885	137.70312	-32.635	225.437	-285.675	363.912	-51.722	
-43.75156	0	0	0	232.157	-263.223	0	0	0
-48.32691	0	0	0	181.175	-266.697	0	0	0
-51.5118	0	0	0	224.37	-266.697	0	0	0
-28.68343	-78.65432	-193.71607	-75.047	73.102	5.275	73.292	4.127	
29.58435	0	0	0	251.621	108.634	0	0	0
-13.61617	0	0	0	251.621	8.032	0	0	0
-30.36188	0	0	0	56.737	2.354	0	0	0
85.66863	271.48885	158.08533	89.929	251.621	290.173	365.012	179.708	
-85.66686	-94.30798	-193.71607	-89.999	-251.048	-290.18	0	-179.726	

PONDASI PILAR

TABLE: Element Forces - Frames

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
64	5	COMB2U	-581.738	132.5346	3.9696	-1.16299	-12.5328	-428.11349
77	5	COMB2U	-488.4493	-132.3762	7.2126	1.16119	-6.18519	428.29494
630	0	COMB2U	-473.952	161.9225	0.0711	-0.95141	-1.3816	382.4116
630	2.5	COMB2U	-482.7736	161.9225	0.0711	-0.95141	-1.38528	-15.46386
630	5	COMB2U	-491.5952	161.9225	0.0711	-0.95141	3.88384	-344.77115
632	5	COMB2U	-599.6045	-161.9395	-2.7563	0.95198	-1.53079	345.18659
632	0	COMB2U	-581.9613	-161.9395	-2.7563	0.95198	9.68325	-382.05379
632	2.5	COMB2U	-590.7829	-161.9395	-2.7563	0.95198	-2.96748	15.86193
632	5	COMB2U	-599.6045	-161.9395	-2.7563	0.95198	-1.53079	345.18659
635	0	COMB2U	141.6632	-114.6729	5.1404	2.41646	18.83641	-259.07637
635	0	COMB3U	123.6828	-122.2832	5.649	5.56425	19.15882	-275.68714
635	2.5	COMB3U	114.8612	-122.2832	5.649	5.56425	5.93553	33.30559
635	5	COMB3U	106.0396	-122.2832	5.649	5.56425	1.78679	373.09438
636	0	COMB3U	-343.8334	-130.0121	12.9421	5.48803	40.13502	-302.27018
636	2.5	COMB3U	-352.655	-130.0121	12.9421	5.48803	8.80142	26.16945
636	5	COMB3U	-361.4766	-130.0121	12.9421	5.48803	-11.07439	384.90676
643	0	COMB3U	87.7973	-135.9587	-5.648	-5.56587	-19.15643	-306.72697
643	2.5	COMB3U	78.9757	-135.9587	-5.648	-5.56587	-5.93561	29.88499
643	5	COMB3U	70.1541	-135.9587	-5.648	-5.56587	-1.7892	335.70113
644	0	COMB3U	-378.1119	-143.5367	-12.9421	-5.48964	-40.13503	-332.80874
644	2.5	COMB3U	-386.9335	-143.5367	-12.9421	-5.48964	-8.80133	22.62377
644	5	COMB3U	-395.7551	-143.5367	-12.9421	-5.48964	11.07447	347.75877
644	0	COMB3U	-378.1119	-143.5367	-12.9421	-5.48964	-40.13503	-332.80874
	MAX		141.6632	161.9225	12.9421	5.56425	40.13502	428.29494
	MIN		-599.6045	-161.9395	-12.9421	-5.56587	-40.13503	-428.11349

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Pada tugas akhir yang telah disusun dengan judul “Desain Ulang Jembatan Bolong di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat dengan Menggunakan Struktur Busur Beton Bertulang”. Dari hasil perencanaan yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 10 m untuk jalan 1 jalur 2 arah. Tinggi busur adalah 15 m.
2. Pelat lantai kendaraan dengan tebal pelat beton bertulang 250 mm. Tulangan terpasang arah melintang D19-150 dan arah memanjang D16-250.
3. Balok memanjang BM1 700 x 1000, Balok Melintang Atas BM2 1000 x 2100, Balok Melintang Atas BM3 800 x 1600, Balok Memanjang BM4 250 x 500, Balok Memanjang BM5 250 x 500, Balok Melintang Bawah BM6 400 x 800 dan Balok Melintang BM7 350 x 700.
4. Kolom Pilar P1 1000 x 1000, Kolom C1 850 x 850, Kolom C2 850 x 850, Kolom C3 850 x 850 dan Kolom C4 850 x 850.
5. Konstruksi abutment berupa dinding penuh setebal 1 m selebar 12,6 m untuk mendukung bentang 17,5 m yang ditumpu pondasi tiang bor beton dengan diameter 1,2 m, sebanyak 8 buah kedalaman 6 m dan ukuran *pile cap* (poer) 6,6 x 12,6 x 1,2 m. Untuk Pilar diameter tiang bor beton 1,2 m sebanyak 12 buah kedalaman 9 m untuk BM-1 dan ukuran *pile cap* 6,6 x 18,6 x 1,2 m.
6. Perletakan menggunakan *elastomeric bearing pad*.

7.2 Saran

Perhitungan gempa mengacu pada aturan RSNI 2833:201X tentang perancangan jembatan terhadap beban gempa.

1. Menghitung kelas situs tanah dengan menggunakan data SPT dengan rumus :

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

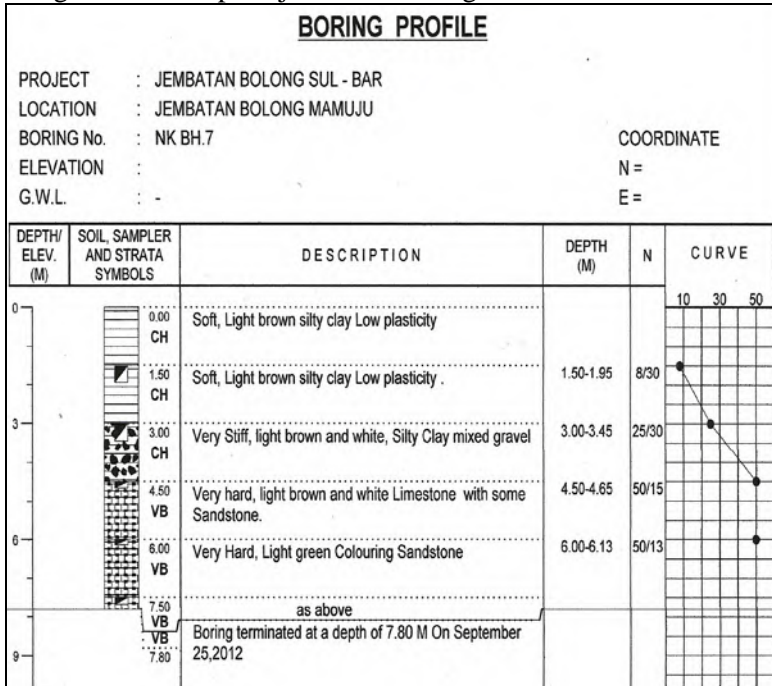
Dimana :

t_i adalah tebal lapisan tanah ke- i

N_i adalah nilai hasil uji penetrasi standar lapisan tanah ke- i

$$\sum_{i=1}^m t_i = 30 \text{ m}$$

Dengan data SPT pada jembatan bolong :



Hasil untuk kelas situs tanah yaitu terlihat pada tabel 7.1 :

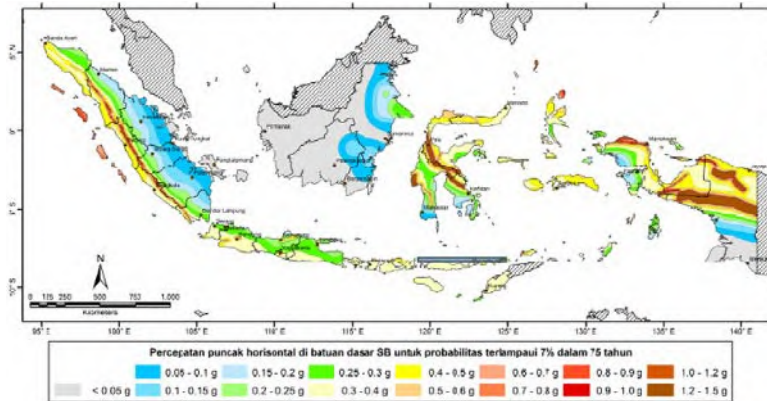
Tabel 7.1 Hasil kelas situs tanah

N-SPT	Depth (m)	Thick (m)	$N = \text{Thick}/N\text{-SPT}$	ΣN	$N = 30 / \Sigma N$
0	0	0	0	0.5531974	54.230
3	0.5	0.5	0.1875		
5	1	0.5	0.09375		
8	1.5	0.5	0.0625		
14	2	0.5	0.036585366		
19	2.5	0.5	0.025862069		
25	3	0.5	0.02		
33	3.5	0.5	0.015		
42	4	0.5	0.012		
50	4.5	0.5	0.01		
50	5	0.5	0.01		
50	5.5	0.5	0.01		
50	6	0.5	0.01		
50	6.5	0.5	0.01		
50	7	0.5	0.01		
50	7.5	0.5	0.01		
50	8	0.5	0.01		
50	8.5	0.5	0.01		
50	9	0.5	0.01		

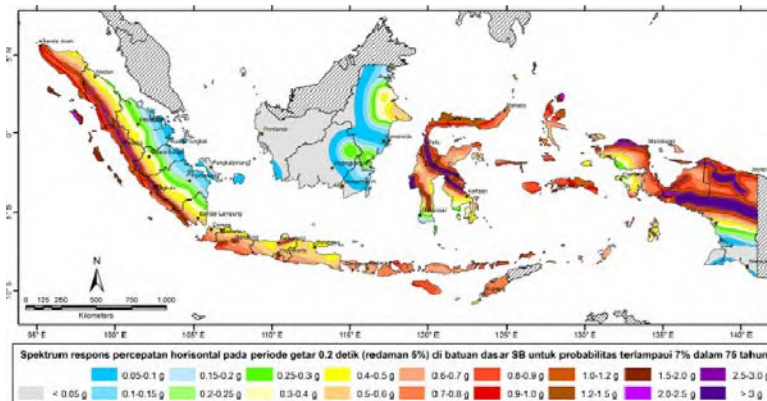
Didapatkan hasil **tanah keras** yang dapat dilihat pada **tabel 2.4**.

2. Menghitung Respond Spectrum

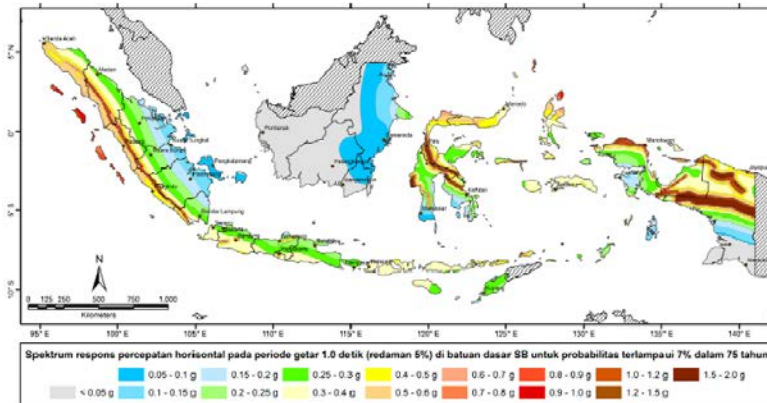
Diketahui bahwa jembatan dikategorikan jembatan penting dengan periode ulang 1000 tahun.



Gambar 7.1 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.



Gambar 7.2 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.



Gambar 7.3 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.

Menghitung PGA, S_s dan S₁ berdasarkan gambar 7.1, gambar 7.2 dan gambar 7.3. Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\text{PGA} = 0.520 \text{ g}$$

$$S_s = 1.250 \text{ g}$$

$$S_1 = 0.500 \text{ g}$$

Menghitung Fa, Fv dan FPGa dapat dilihat pada tabel 7.2 dan tabel 7.3, yaitu :

Tabel 7.2 Faktor amplikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (FPGA/Fa)

Kelas situs	PGA ≤ 0,1 S _s ≤ 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 ≥ 1.25
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 7.3 Faktor amplikasi untuk periode 1 detik (F_v)

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

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$F_a = 1.0$$

$$F_v = 1.3$$

$$F_{PGA} = 1.0$$

Menghitung S_{ds} , S_{d1} dan A_s sebagai berikut :

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

$$= 1.250$$

$$S_{d1} = F_v \times S_1$$

$$= 0.650$$

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

$$= 0.520$$

Menghitung T_0 dan T_s sebagai berikut :

$$T_0 = 0,2 (S_{d1}/S_{ds})$$

$$= 0.104$$

$$T_s = S_{d1}/S_{ds}$$

$$= 0.520$$

Menghitung respons gempa elastik

- Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

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

$$C_{sm} = 0,520$$

- Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan C_{sm} adalah sama dengan S_{ds} .

- Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut:

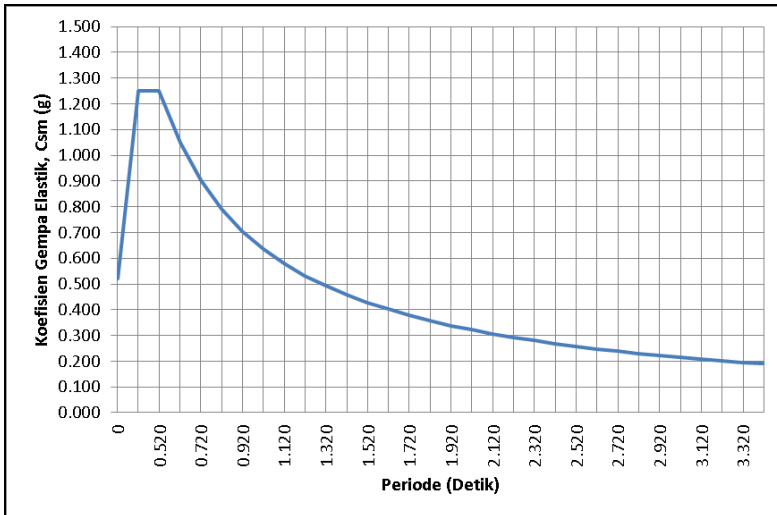
$$C_{sm} = \frac{S_{d1}}{T}$$

$$C_{sm} = 1.250$$

Perhitungan respons gempa elastik terlihat dalam tabel 7.4 dan gambar 7.4 berikut :

Tabel 7.4 Hasil perhitungan respons gempa

T (detik)	T (detik)	Csm (g)
0	0	0.520
To	0.104	1.250
Ts	0.52	1.250
Ts + 0.10	0.62	1.048
Ts + 0.20	0.72	0.903
Ts + 0.30	0.82	0.793
Ts + 0.40	0.92	0.707
Ts + 0.50	1.02	0.637
Ts + 0.60	1.12	0.580
Ts + 0.70	1.22	0.533
Ts + 0.80	1.32	0.492
Ts + 0.90	1.42	0.458
Ts + 1.00	1.52	0.428
Ts + 1.10	1.62	0.401
Ts + 1.20	1.72	0.378
Ts + 1.30	1.82	0.357
Ts + 1.40	1.92	0.339
Ts + 1.50	2.02	0.322
Ts + 1.60	2.12	0.307
Ts + 1.70	2.22	0.293
Ts + 1.80	2.32	0.280
Ts + 1.90	2.42	0.269
Ts + 2.10	2.52	0.258
Ts + 2.20	2.62	0.248
Ts + 2.30	2.72	0.239
Ts + 2.40	2.82	0.230
Ts + 2.50	2.92	0.223
Ts + 2.60	3.02	0.215
Ts + 2.70	3.12	0.208
Ts + 2.80	3.22	0.202
Ts + 2.90	3.32	0.196
Ts + 3.00	3.42	0.190



Gambar 7.4 Grafik Respond Spektrum gempa

Penentuan faktor modifikasi respons (R) yaitu berdasarkan zona gempa yang dilihat pada tabel 7.5 berikut :

Tabel 7.5 Zona gempa

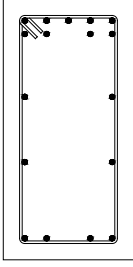
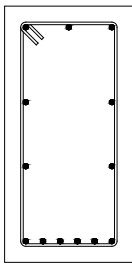
Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

Dilihat dari hasil S_{D1} yaitu 0.65 maka termasuk dalam zona gempa 4 sehingga dalam penjelasan di RSNI 2833:201X pada pasal 5.9.3 menyatakan bahwa nilai R untuk zona gempa 4 yaitu bernilai 1. Menentukan nilai U yaitu sebagai berikut :

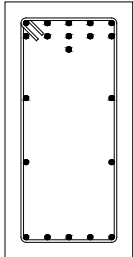
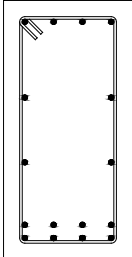
$$\begin{aligned}
 U &= C \times (I / R) \\
 &= 9.8 \times (1/1) \\
 &= 9.8
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa struktur di SAP2000 didapatkan hasil perhitungan tulangan yang berubah dari perhitungan sebelumnya yaitu :

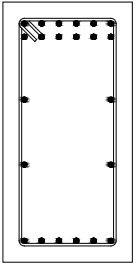
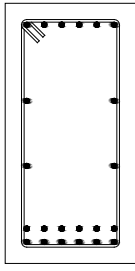
a. Balok BM4

NAMA	BALOK BM4	
PANJANG	7.5 m	7.5 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	9 D16	3 D16
BAWAH	4 D16	6 D16
GESER	ø8 -150	ø8 -200
PUNTIR	4 D16	4 D16

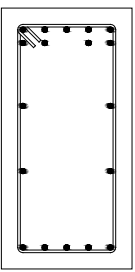
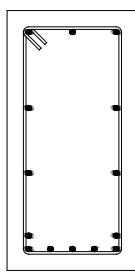
b. Balok BM5

NAMA	BALOK BM5	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	11 D16	4 D16
BAWAH	5 D16	8 D16
GESER	ø8 -150	ø8 -200
PUNTIR	4 D16	4 D16

c. Balok BM6

NAMA	BALOK BM6	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	12 D16	6 D16
BAWAH	6 D16	12 D16
GESER	ø8 -100	ø8 -150
PUNTIR	4 D16	4 D16

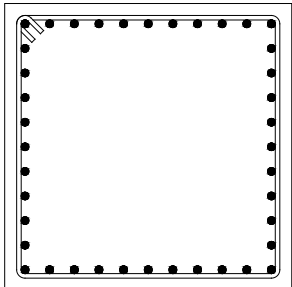
d. Balok BM7

NAMA	BALOK BM7	
PANJANG	10 m	10 m
DIMENSI	400 x 800	400 x 800
SKETSA		
KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
ATAS	9 D16	3 D16
BAWAH	5 D16	7 D16
GESER	ø8 -150	ø8 -200
PUNTIR	4 D16	4 D16

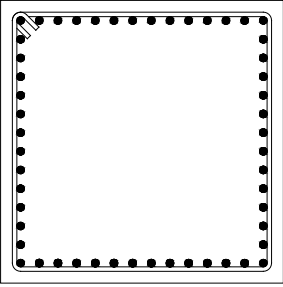
e. Kolom P1

NAMA	KOLOM P1
TINGGI	17 m
DIMENSI	1200 x 1200
SKETSA	
LENTUR	40 D32
GESER	ø19 -200

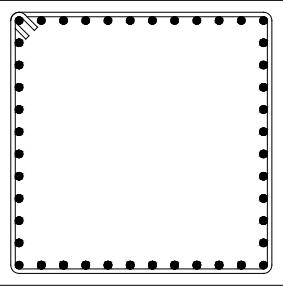
f. Kolom C1

NAMA	KOLOM C1
TINGGI	8.4 m
DIMENSI	1200 x 1200
SKETSA	
LENTUR	40 D32
GESER	ø14 -150

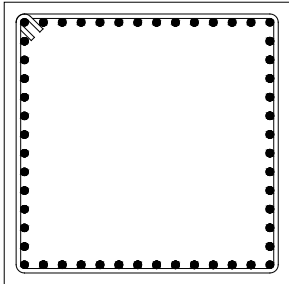
g. Kolom C2

NAMA	KOLOM C2
TINGGI	4.7 m
DIMENSI	1200 x 1200
SKETSA	
LENTUR	52 D32
GESER	ø14 -100

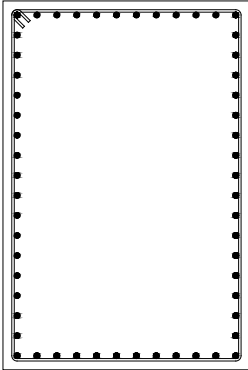
h. Kolom C3

NAMA	KOLOM C3
TINGGI	2.7 m
DIMENSI	1200 x 1200
SKETSA	
LENTUR	44 D32
GESER	ø14 -100

i. Kolom C4

NAMA	KOLOM C4
TINGGI	2.0 m
DIMENSI	1200 x 1200
SKETSA	
LENTUR	52 D32
GESER	ø14 -150

j. Busur

NAMA	GELAGAR BUSUR
DIMENSI	1400 x 2100
SKETSA	
LENTUR	56 D32
GESER	ø14 -100

Untuk perhitungan bangunan bawah disimpulkan bahwa kekuatannya tidak memenuhi terhadap beban gempa yang menggunakan aturan terbaru yakni RSNI 2833:201X.

DAFTAR PUSTAKA

- **Standar Nasional Indonesia (SNI) T 02 2005.** Standar Pembebanan Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum.
- **Standar Nasional Indonesia (SNI) T 04 2005.** Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum.
- **Standar Nasional Indonesia (SNI) 03 2847 2002.** Tata Cara Perhitungan Struktur Beton.
- **Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726 2012.** Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bagungan Gedung dan Non Gedung.
- **Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS). 1992.** Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- **Peraturan Perencanaan Perencanaan Jembatan (PPTJ). 1992.** Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- Sosrodarsono, Suyono.Ir., Nakazawa, Kazuto. 1984. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta : PT. Pradnya Paramitha.
- Binsar, Hariandja., G. Salmon, Charles., Wang, Chu-Kia. 1990. Disain Beton Bertulang. Jakarta : PT. Gelora Aksara Pratama.

„Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Ujung Pandang, 01 Mei 1992, merupakan anak pertama dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Aisyiah, SDI Bonto-Bontoa, SMPN 4 Sungguminasa, dan melanjutkan di SMAN 10 Makassar. Pada tahun 2011, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan NIM 312 11 012. Di Program Studi Diploma III Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Air. Penulis sempat mengikuti kegiatan magang kerja di Proyek Pembangunan Jaringan Air Bersih di Kabupaten Sinjai. Penulis juga aktif sebagai anggota KMTS (Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil) dan anggota Forbis (Forum Belajar Islam Surabaya). Pada tahun 2014, penulis diterima di Program Studi Diploma IV Teknik Sipil FTSP-ITS dengan NRP 311.404.0607. Di Program Studi Diploma IV Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Transportasi.