

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PADA BANGUNAN
MASJID AL-MA'RUF KOTA SAMARINDA**



Disusun Oleh:

DIMAS SAPUTRA

NIM. 14.21.907

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

1949

THE NATIONAL BUREAU OF INVESTIGATION
OF THE FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
OF THE DEPARTMENT OF JUSTICE

REPORT OF THE

INVESTIGATOR

ON THE

ACTS OF VIOLENCE COMMITTED BY

THE ORGANIZATION OF THE ARABIAN BOYCOTT

MEMPHIS

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PADA BANGUNAN MASJID
AL-MA'RUF KOTA SAMARINDA**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)

Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun oleh:

DIMAS SAPUTRA

14.21.907

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. A. Agus Santosa, MT

Ir. Ester Priskasari, MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Ir. A. Agus Santosa, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PADA BANGUNAN MASJID
AL-MA'RUF KOTA SAMARINDA**

*Dipertahankan dihadapan dewan penguji ujian skripsi jenjang strata satu (S-1)
pada hari jumat 13 Agustus 2016 dan diterima untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil*

Disusun oleh :

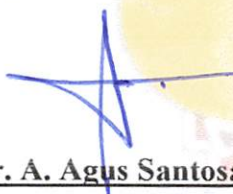
DIMAS SAPUTRA

14.21.907

Disahkan oleh :

Panitia Ujian Skripsi :

Ketua



Ir. A. Agus Santosa, MT

Sekretaris



Ir. Munasih, MT

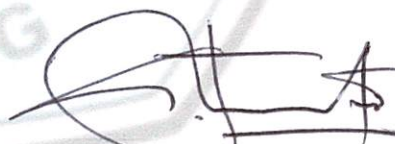
Anggota Penguji :

Penguji I



Ir. Sudirman Indra, M.Sc

Penguji II



Ir. Eding Iskak I, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2016

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dimas Saputra
Nim : 14.21.907
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PADA BANGUNAN MASJID AL-MA'RUF KOTA SAMARINDA”** adalah benar-benar tulisan saya dan bukan merupakan plagiat. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia mempertimbangkan untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan



DIMAS SAPUTRA
NIM. 1421907

LEMBAR PERSEMBAHAN



Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan petunjuk kepada hamba, sehingga selesailah karya yang sederhana ini yang menuntun hamba untuk lebih dekat dengan ridho-Mu.

Untuk Bapak, Ibu, Kakak dan juga Adikku yang telah memberikan bantuan materi dan dorongan semangat selama penyelesaian Skripsi ini.

Untuk Teman – teman Jurusan Teknik Sipil angkatan 2012–2014 Program Strata S1 yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini, sukses buat kita semua!!

Dan untuk Teman-teman yang terbaik di satu/dua rumah kontrakan, yang telah membantu dalam penangan kegiatan selama saya menyusun skripsi ini, teruslah berjuang!!

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk kalian semua yang tersayang dan yang ku banggakan, sebagai ucapan terimakasihku atas segala kemudahan dan petunjuk yang diberikan oleh Allah SWT.

Semoga "Dimas Saputra" menjadi seorang anak, adik, kakak dan teman yang bisa kalian banggakan di dunia dan Akhirat.

Aamiin.

ABSTRAK

Judul tugas akhir : Studi Perencanaan Struktur Atas Pada Bangunan Masjid Al-Ma'ruf Kota Samarinda, Nama : Dimas Saputra dengan NIM 14.219.07, Jurusan : Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang, tahun 2016, Dosen pembimbing I : Ir. A. Agus Santosa, MT, Dosen pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT

Kata kunci : Struktur Kubah, Struktur Portal Beton Bertulang

Kubah yang berbentuk atap tetapi memiliki rongga dan membentuk seperti setengah lingkaran/bola, secara umum didesain untuk atap bangunan Masjid. Masjid adalah tempat untuk beribadah bagi umat Islam dengan berbagai segi kegiatan keagamaanya, sehingga Pemerintah melakukan pembangunan fasilitas tempat ibadah. Salah satu fasilitas tersebut adalah bangunan Masjid Al-Ma'ruf yang berada di Kota Samarinda. Bangunan tersebut terdiri dari 3 lantai, 4 menara, dan beratap kubah 15 diameter, dengan panjang bangunan 42 meter dan lebar 37 meter yang menggunakan struktur beton bertulang untuk struktur utamanya.

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merencanakan struktur atas pada bangunan masjid Al-Ma'ruf Kota Samarinda yang meliputi perencanaan kubah serta struktur portal yang terdiri dari perencanaan Balok T, dan kolom persegi. Perencanaan dan perhitungan struktur atas ini dilakukan dengan 3D dengan menggunakan program bantu Etabs v13 dan dasar perencanaan struktur beton menggunakan SNI 03-2847-2013.

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan perencanaan maka diperoleh :

1. Tulangan yang digunakan untuk plat kubah adalah $\phi 10$
2. Tulangan yang digunakan untuk balok lingkar adalah D22
3. Tulangan yang digunakan untuk balok T dan kolom adalah D19
4. Tulangan yang digunakan untuk sengkang balok dan kolom $\phi 10$

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyusun Skripsi ini yang berjudul **Studi Perencanaan Struktur Atas Pada Bangunan Masjid Al-Ma'ruf Kota Samarinda.**

Dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan serta saran-saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada:

- Bapak **Ir. A. Agus Santosa, MT** selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang dan juga sebagai Dosen pembimbing I dalam penyusunan Skripsi ini.
- Ibu **Ir. Ester Priskasari, MT** sebagai dosen pembimbing II yang telah banyak membantu dalam penyusunan Skripsi ini.
- **Bapak dan Ibu Dosen** Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuannya yang menunjang dalam penyusunan dan selesainya Skripsi ini.
- Pihak-pihak yang telah membantu dalam mengumpulkan data dan informasi yang tidak dapat disebutkan satu –persatu.

Malang, Agustus 2016



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Struktur Cangkang	5
2.1.1 Aksi Membran	6
2.1.2 Sistem Pembebanan Statika	10
2.1.3 Analisa Cangkang Pada Program Aplikasi Etabs v13	12
2.1.4 Sistem Pembebanan Cangkang Pada Program Aplikasi Etabs v13	15
2.1.5 Kontrol Lipat	16
2.2 Struktur Portal	16
2.2.1 Struktur Rangka Terbuka	17

2.3	Pembebanan.....	17
2.3.1	Beban Mati.....	17
2.3.2	Beban Hidup	18
2.3.3	Beban Angin	18
2.3.4	Beban Hujan Rencana.....	19
2.3.5	Analisis Gaya Gempa	20
2.4	Ketentuan Umum Bangunan Dalam Pengaruh Gempa.....	21
2.4.2	Faktor Keutamaan	21
2.4.2	Wilayah Gempa	23
2.4.3	Jenis Tanah Setempat.....	25
2.4.4	Faktor Respon Gempa.....	26
2.4.5	Sds dan Sd1	27
2.4.6	Menentukan Kategori Seismik.....	27
2.4.7	Pemilihan Sistem Struktur	27
2.4.8	Defleksi Lateral.....	28
2.4.9	Batasan Simpangan Antara Lantai Tingkat	29
2.5	Faktor Keamanan	30
2.6	Desain Beban Lentur dan Aksial.....	32
2.7	Perencanaan Elemen Struktur Beton bertulang.....	34
2.7.1	Perhitungan Balok.....	34
2.7.2	Perhitungan Tulangan Geser Pada Balok.....	49
2.7.3	Perhitungan Kolom	51
2.7.4	Perhitungan Tulangan Sengkang Kolom	58

BAB III DATA PERENCANAAN

3.1	Umum.....	59
-----	-----------	----

3.2	Data Perencanaan	59
3.3	Beban Mati dan Beban Hidup pada Lantai.....	60
3.4	Diagram Alir Analisa Perencanaan	62
3.5	Perhitungan Perataan Beban.....	63

BAB IV PERHITUNGAN ANALISA DIMENSI DAN PEMBEBANAN

4.1	Perencanaan Dimensi Penampang Balok	78
4.2	Perhitungan Pembebanan Plat Lantai	86
4.3	Pembebanan Struktur Cangkang Kubah.....	87
4.4	Perhitungan Pembebanan Dinding	88
4.5	Perhitungan Pembebanan Tangga	90
4.6	Pembebanan Balok Lantai 2.....	92
4.7	Perhitungan Beban Air Hujan Terhadap Atap.....	98
4.8	Perhitungan Beban Angin	101
4.9	Perhitungan Beban Gempa.....	113
4.9.1	Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan	113
4.9.2	Parameter Percepatan Gempa (S_s , S_1).....	114
4.9.3	Kategori Desain Seismik.....	116
4.9.4	Perhitungan Berat Sendiri Bangunan.....	120

BAB V PERHITUNGAN ANALISA PENULANGAN

5.1	Penulangan Cangkang	136
5.1.1	Perhitungan Gaya Membran Akibat Beban Merata.....	136
5.1.2	Perhitungan Gaya Membran Akibat Beban Pusat.....	139
5.1.3	Perhitungan Gaya Membran Akibat Beban Angin	140
5.1.4	Kontrol Lipat.....	150

5.2	Penulangan Balok Lingkar	163
5.3	Penulangan Balok T	172
5.4	Perhitungan Penulangan Kolom	209
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

2.1	Bentuk Permukaan Cangkang	5
2.2	Gaya-Gaya Membran	8
2.3	Perpindahan Gaya-Gaya Geser.....	8
2.4	Perpindahan Momen-Momen Pada Plat.....	9
2.5	Tegangan-Tegangan Pada Elemen Plat.....	9
2.6	Pembebanan Dipuncak Kubah	10
2.7	Beban Merata Pada Permukaan Kubah	11
2.8	Pengaruh Beban Merata Angin Pada Permukaan Kubah.....	12
2.9	Memilih Template Shell.....	13
2.10	Menambahkan Spherical Dome	14
2.11	Hasil Penggambaran Model Struktur	14
2.12	Hasil Radius dan Struktur kubah.....	15
2.13	Peta Wilayah Di Indonesia Untuk S1.....	24
2.14	Peta Wilayah Di Indonesia Ss	24
2.15	Defleksi Lateral	28
2.16	Bagian Slab Yang Disertakan Balok.....	34
2.17	Syarat Lebar Efektif Balok T	34
2.18	Diagram Regangan-Tegangan Balok T Tulangan Tunggal.....	35
2.19	Diagram Regangan-Tegangan Balok T Tulangan Rangkap.....	40
2.20	Diagram Tegangan-Regangan Tulangan Tunggal Balok.....	47
2.21	Diagram Gaya Geser	51
2.22	Jenis-Jenis Kolom.....	51
2.23	Beban Sentris dan Eksentris.....	52

2.24	Kolom Analisis Kondisi Seimbang	54
2.25	Diagram Tegangan-Regangan Kolom Sentris.....	54
2.26	Diagram Tegangan-Regangan Kolom Eksentris	55
3.1	Bagan Alur Tahapan Perencanaan Struktur Atas Bangunan Masjid.....	62
3.2	Pemodelan 3 Dimensi Struktur Masjid Al-Ma'ruf.....	63
3.3	Kubah Tampak Samping.....	63
3.4	Kubah Tampak Atas.....	64
3.5	Masjid Tampak Samping.....	64
3.6	Masjid Tampak Depan	65
3.7	Perencanaan Perataan Beban Lantai 2.....	65
3.8	Perencanaan Perataan Beban Lantai 3.....	66
3.9	Perencanaan Perataan Beban Lantai Atap.....	66
4.1	Gambar Pembebanan Kubah	88
4.2	Gambar Rencana Tangga	90
4.3	Bidang Yang Menerima Tekanan Angin dan Hisapan Angin.....	101
4.4	Titik Beban Angin Tampak Kiri.....	103
4.5	Titik Beban Angin Tampak Kanan, Depan, Dan Belakang	104
4.6	Bidang Yang Menerima Tekanan Angin dan Hisapan Angin.....	105
4.7	Jarak Vertikal dan Horizontal Struktur Menara	107
4.8	Bidang Yang Menerima Tekanan Angin Dan Hisapan Angin.....	109
4.9	Grafik Koefisien Tekanan Eksternal Kubah.....	111
4.10	Nilai Parameter Percepatan Gempa.....	115
5.1	Gambar Struktur Kubah	136
5.2	Gambar Gaya Membran Akibat Beban Merata.....	138
5.3	Gambar Gaya Membran Akibat Beban Pusat	139

5.4	Gambar Gaya Membran Akibat Beban Angin	140
5.5	Gambar Gaya Membran Arah Meridian Akibat Beban Tetap	145
5.6	Gambar Gaya Membran Arah Pararel Akibat Beban Tetap.....	145
5.7	Gambar Gaya Membran Arah Meridian Akibat Beban Sementara.....	146
5.8	Gambar Gaya Membran Arah Pararel Akibat Beban Sementara.....	146
5.9	Gambar Tulangan Struktur Cangkang kubah	151
5.10	Gambar Balok Lingkaran	152
5.11	Gambar Diagram Regangan Tegangan Gaya Dalam Penampang.....	152
5.12	Gambar Penulangan Balok Lingkaran	155
5.13	Gambar Penulangan Balok Lingkaran Pada Tumpuan	111
5.14	Gambar Diagram Gaya Geser Sepanjang Bentang Balok.....	111
5.15	Gambar Penulangan Gaya Geser Pada Badan Balok	163
5.16	Gambar Penulangan Balok Dengan Torsi	170
5.17	Gambar Potongan Penulangan Cangkang Dan Balok lingkaran.....	171
5.18	Gambar Peninjauan Penulangan Balok T Lantai 2.....	172
5.19	Gambar Potongan Peninjauan Balok T Lantai 2	172
5.20	Gambar Diagram Tegangan Regangan Balok Momen Negatif Tumpuan .	175
5.21	Gambar Penampang Balok Tumpuan Momen Positif.....	180
5.22	Gambar Balok Tumpuan Momen Positif Sudah Dihitung Ulang	181
5.23	Gambar Penampang Balok Lapangan Momen Positif	186
5.24	Gambar Balok Lapangan Momen Positif Sudah Dihitung Ulang	187
5.25	Gambar Diagram Tegangan Regangan Balok Momen Negatif Tumpuan .	191
5.26	Gambar Penampang Balok Tumpuan Momen Positif.....	196
5.27	Gambar Balok Tumpuan Momen Positif Sudah Dihitung Ulang	197
5.28	Gambar Penulangan Longitudinal dan Balok Geser	207

5.29	Gambar Potongan A-A	208
5.30	Gambar Potongan B-B	208
5.31	Gambar Potongan C-C	208

DAFTAR TABEL

2.1	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban gempa	21
2.2	Faktor Keutamaan Gempa	23
2.3	Klasifikasi situs	25
2.4	Koefisien Situs Fa	26
2.5	Kategori Lokasi Fv Untuk Menentukan Nilai S1	26
2.6	Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode pendek	27
2.7	Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode 1.0 detik	27
2.8	Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	28
2.9	Simpanan antar lantai ijin $\Delta_a^{a,b}$	29
2.10	Kombinasi Pembebanan	30
2.11	Faktor Reduksi Kekuatan Desain	31
4.1	Pembebanan Dinding Struktur Menara	89
4.2	Pembebanan Tangga	91
4.3	Pembebanan Angin Tampak Kiri	104
4.4	Pembebanan Angin Tampak Kanan, Depan, Belakang	105
4.5	Pembebanan Angin Tiup Struktur Menara	108
4.6	Pembebanan Angin Hisap Struktur Menara	108
4.7	Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung	113
4.8	Faktor Keutamaan Gempa	114
4.9	Klasifikasi Situs	116
4.10	Klasifikasi Situs Fa	116
4.11	Koefisien Situs Fv	117

4.12	KDS Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode.....	91
4.13	KDS Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada 1 Detik.....	91
4.14	Beban Gempa Yang Bekerja Pada Titik Pusat Massa.....	126
4.15	Pusat Massa, Pusat Rotasi, Dan Eksentrisitas.....	127
4.16	Perhitungan Eksentrisitas Rencana dan Koordinat Pusat Massa Baru.....	129
4.17	Faktor, Cd, dan Ω Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa.....	131
4.18	Simpangan Horizontal Struktur (Portal).....	132
4.19	Simpangan Horizontal Struktur (Menara).....	132
4.20	Kontrol Simpangan Antar Lantai 2 Sampai Atap 2.....	134
4.21	Kontrol Simpangan Antar Lantai Menara 1 sampai 9.....	135
5.1	Gaya Membran Akibat Beban Merata.....	138
5.2	Akibat Beban Angin Tiup dan Hisap Arah meridian.....	142
5.3	Akibat Beban Angin Tiup dan Hisap Arah Pararel.....	143
5.4	Kombinasi Gaya Membran Akibat Beban Tetap.....	138
5.5	Kombinasi Gaya Membran Akibat Beban Sementara.....	144

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pola desain arsitektur yang cenderung mengarah pada bentuk estetika yang semakin beraneka ragam, salah satunya adalah bentuk cangkang kubah yang merupakan pilihan untuk diaplikasikan pada struktur bangunan. Cangkang adalah bentuk struktural tiga dimensional yang kaku dan tipis yang mempunyai permukaan lengkung. Cangkang harus dibuat dari bahan yang bisa dilengkungkan seperti kayu, logam, plastik, beton bertulang, batu ataupun bata. Struktur cangkang kubah yang terdiri dari atas jaring-jaring batang bersendi tak teratur, ada juga yang baru menggunakan batang-batang yang diletakkan pada sebuah kurva yang dibuat dari garis melintang dan membujur dari suatu permukaan putar. Mayoritas struktur cangkang kubah di dunia menggunakan cara yang baru (Schodeck, D.L, 1991).

Kubah yang berbentuk atap tetapi memiliki rongga dan membentuk seperti setengah lingkaran/bola, secara umum didesain untuk atap bangunan Masjid. Masjid adalah tempat untuk beribadah bagi umat Islam dengan berbagai segi kegiatan keagamaanya, sehingga Pemerintah melakukan pembangunan fasilitas tempat ibadah. Salah satu fasilitas tersebut adalah bangunan Masjid Al-Ma'ruf yang berada di Kota Samarinda. Bangunan tersebut terdiri dari 3 lantai, 4 menara, dan beratap kubah 15 diameter, dengan panjang bangunan 42 meter dan lebar 37 meter yang menggunakan struktur beton bertulang untuk struktur utamanya.

Dalam perencanaan sebuah bangunan Masjid sangatlah erat dengan bidang perencanaan struktur portal, maksudnya adalah bangunan tersebut haruslah memiliki kemampuan yang maksimal dalam menahan beban secara keseluruhan yang ditimbulkan dari fungsi bangunan tersebut. Pembebanan yang harus diperhatikan ialah pengaruh terhadap beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa (Vis, W.C., & Gideon H. K., 1993).

Dari penjabaran di atas, maka penulisan Skripsi ini akan merencanakan struktur atas bangunan Masjid Al-Ma'ruf Kota Samarinda, yang meliputi struktur cangkang kubah dan struktur portal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penulisan Skripsi ini adalah:

1. Bagaimana menentukan dimensi penampang yang mampu menahan beban-beban rencana yang bekerja?
2. Bagaimana menghitung pembebanan struktur cangkang kubah dan struktur portal?
3. Bagaimana menghitung penulangan struktur cangkang kubah dan struktur portal?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyusunan Skripsi ini adalah untuk merencanakan struktur atas pada bangunan Masjid Al-Ma'ruf Kota Samarinda. Sedangkan tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah :

1. Merencanakan dimensi penampang yang mampu menahan beban-beban yang bekerja
2. Menghitung pembebanan struktur cangkang kubah dan struktur portal
3. Mengetahui jumlah penulangan struktur cangkang kubah dan struktur portal

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan Skripsi ini adalah :

- Lokasi pembangunan proyek berada di Kota Samarinda
- Perencanaan yang diperhitungkan adalah struktur cangkang kubah dan struktur portal menggunakan beton bertulang
- Menara masjid dan tangga diperhitungkan sebagai pembebanan
- Perhitungan analisa gaya struktur menggunakan program aplikasi ETABS v13 (3 dimensi) untuk struktur portal, sedangkan struktur cangkang kubah menggunakan teori gaya membran
- Perhitungan penulangan diambil momen yang terbesar, meliputi penulangan cangkang, balok lingkaran, balok T, dan kolom persegi
- Perhitungan struktur beton bertulang menggunakan peraturan yang mengacu pada SNI 03-2847-2013 tentang *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*

- Peraturan beban gempa menggunakan SNI 03-1726-2012 tentang *Tata Cara perencanaan struktur bangunan gedung non gedung*
- Peraturan pembebanan menggunakan SNI 03-1727-2013 tentang *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* dan SNI 03-1727-1989 tentang *Pedeoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*

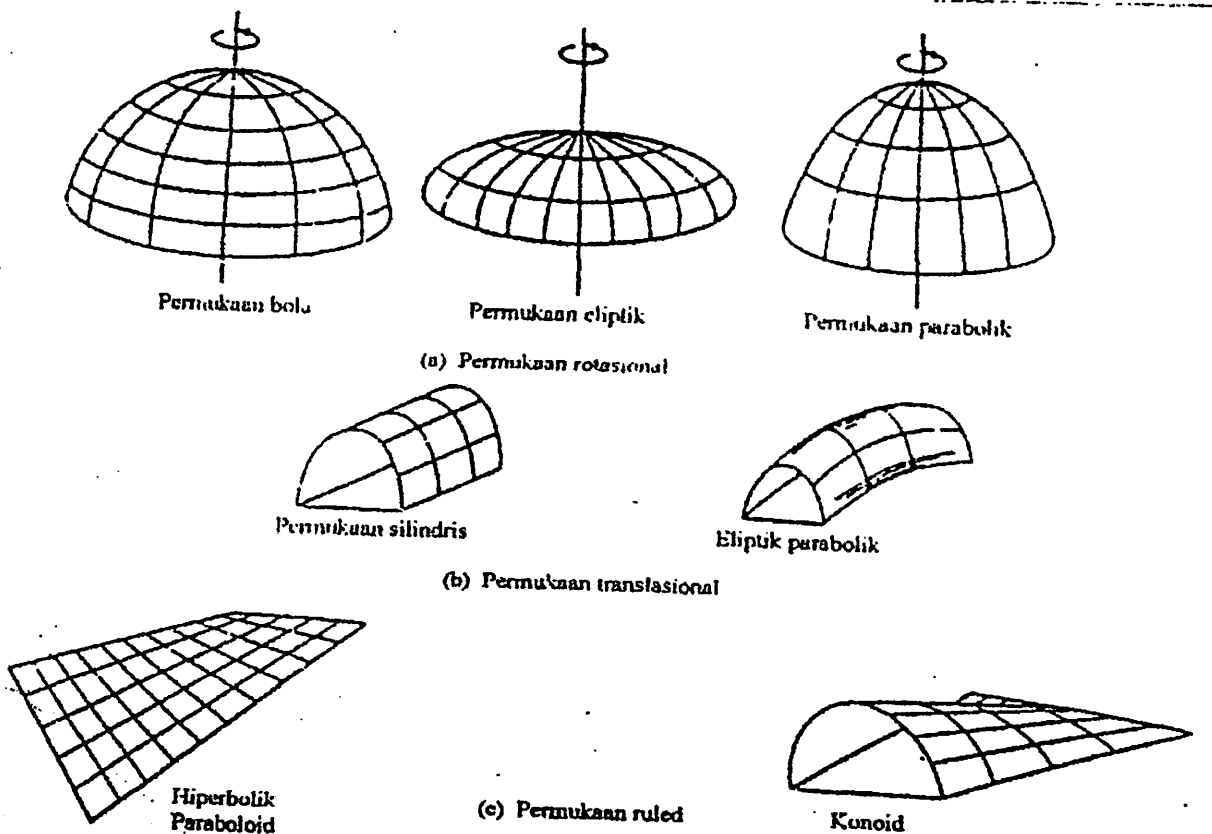
BAB II

DASAR TEORI

2.1 Struktur Cangkang

Cangkang adalah bentuk struktural tiga dimensional yang kaku dan tipis yang mempunyai permukaan lengkung. Permukaan cangkang dapat mempunyai sembarang bentuk, yaitu :

1. Permukaan *rotasional* (bola, eliptik, parabolik)
2. Permukaan *translasional* (silindris, eliptik paraboloid)
3. Permukaan *ruled* (hiperbilik paraboloid, konoid)



Gambar 2.1 Bentuk Permukaan Cangkang

Beban-beban yang bekerja pada permukaan cangkang diteruskan ke tanah dengan menimbulkan tegangan geser, tarik, dan tekan pada arah dalam bidang (*in-plane*) permukaan tersebut. Tipisnya permukaan cangkang tidak adanya tahanan momen yang berarti. Struktur cangkang tipis khususnya cocok digunakan untuk memikul beban terbagi rata pada atap gedung. Sebagai akibat cara elemen struktur ini memikul beban dalam bidang (terutama dengan cara tarik dan tekan), struktur cangkang dapat sangat tipis dan mempunyai bentang relatif besar. Perbandingan bentang-tebal sebesar 400-500 dapat saja digunakan (misalnya tebal 8 cm) mungkin saja digunakan untuk kubah yang berbentang 30 sampai 38 meter. Cangkang tipis ini menggunakan material yang relatif baru dikembangkan, misalnya beton bertulang yang didesain khusus untuk membuat permukaan cangkang. Bentuk-bentuk tiga dimensional lain, misalnya kubah pasangan bata, mempunyai ketebalan lebih besar, dan tidak dapat dikelompokkan sebagai struktur yang memikul tegangan dalam bidang karena, pada struktur tebal seperti ini, momen lentur sudah mulai dominan.

(Schodek, D.L., *Struktur*, hal. 450-451)

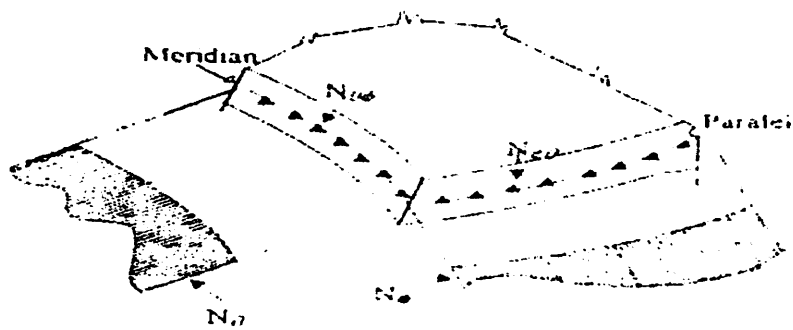
2.1.1 Aksi Membran

Cara yang baik untuk mempelajari perilaku permukaan cangkang yang dibebani adalah memandangnya sebagai analogi dari membrane, yaitu elemen permukaan yang sedemikian tipisnya hingga hanya gaya tarik yang timbul padanya. Lembaran tipis dari karet adalah contoh-contoh membran. Membran yang memikul beban tegak lurus dari permukaannya akan berdeformasi secara tiga dimensional disertai terjadinya gaya tarik pada permukaan membran. Yang penting adalah

adanya dua kumpulan gaya internal pada permukaan membran yang mempunyai arah saling tegak lurus dan adanya tegangan geser tangensial pada permukaan membran, yang juga berfungsi memikul beban. (Schodek, D.L., *Struktur*, hal. 453)

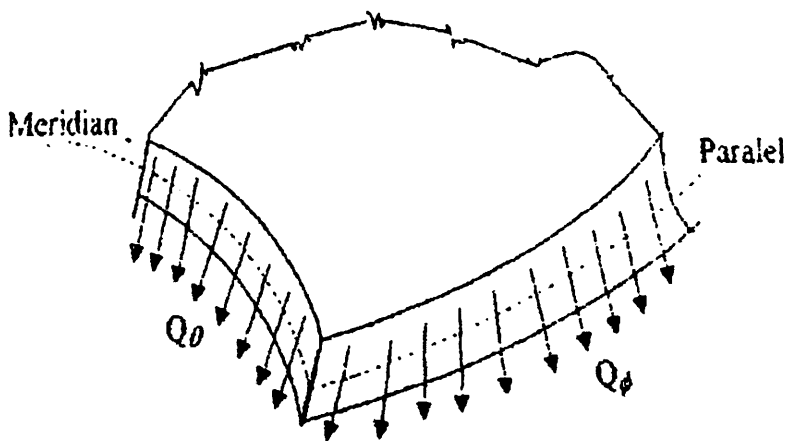
Pada penyelesaian selaput putar kubah (*spherical dome*) diadakan suatu pendekatan yang bertolak dari hubungan gaya-gaya yang saling bekerja pada struktur permukaan kurva dari sebuah kubah. Metode yang sederhana untuk penyelesaiannya adalah teori membran dimana teori ini menganggap dengan suatu pendekatan bahwa gaya lintang, momen lentur, dan momen puntir yang bekerja pada penampang pelat kubah sangat kecil pengaruhnya sehingga dapat diabaikan. Jadi teori ini pada penyelesaian konstruksi selaput kubah menganggap bahwa penahan dasar terhadap beban luar adalah tarikan, tekanan dan geser pada penampang selaput kubah.

Gaya normal dan gaya geser pada penampang pelat cangkang disebut juga gaya membran, yang bekerja ditengah-tengah penampang kubah seperti pada gambar 2.2 di mana N_ϕ dan $N_{\phi\theta}$ merupakan gaya membran yang bekerja pada arah meridian, serta N_θ dan $N_{\theta\phi}$ merupakan gaya membran yang bekerja pada arah pararel, satuan dalam kg.m^{-1}



Gambar 2.2 Gaya-Gaya Membran

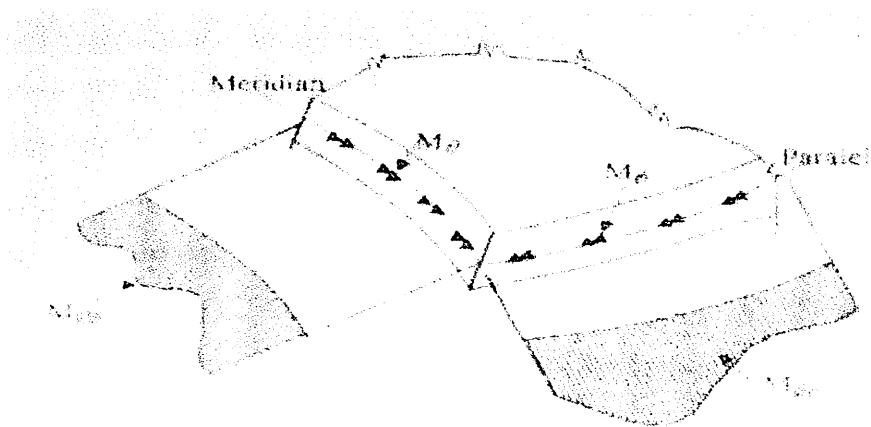
Sedangkan gaya lintang pada penampang bekerja tegak lurus sumbu arah meridian dan paralel pada penampang kubah seperti pada gambar dimana Q_ϕ merupakan gaya lintang arah meridian dan Q_θ merupakan gaya lintang arah paralel, satuan dalam Kg.m^{-1}



Gambar 2.3 Perpindahan Gaya-Gaya Geser

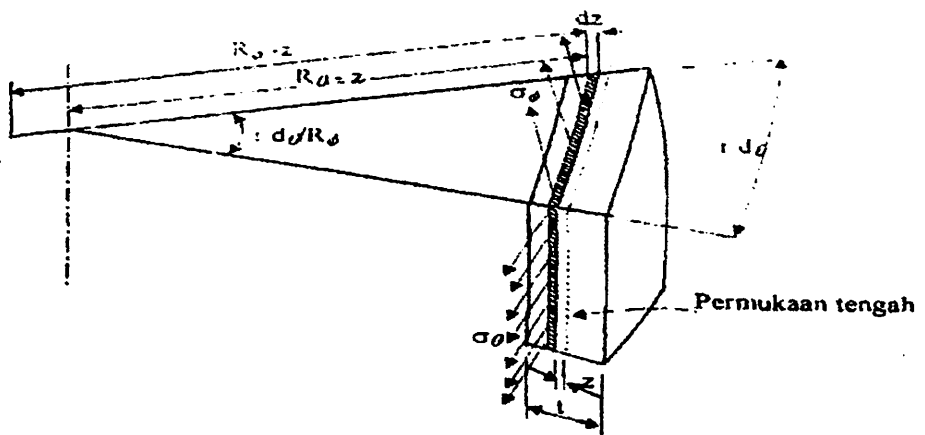
(Baker, E.H., et.al, Structural Analysys Of Shell, hal. 4-5)

Momen lentur dan momen puntir yang bekerja pada arah meridian maupun arah paralel memiliki nilai positif bila searah dengan jarum jam seperti yang ditunjukkan arah anak panah dan arah momen pada gambar.



Gambar 2.4 Perpindahan Momen-Momen Pada Pelat

Suatu prinsip dasar untuk memperhitungkan gaya-gaya di atas maka diambil suatu elemen seluas d_A dengan ketebalan sebesar d dari sebuah selaput kubah seperti pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Tegangan-Tegangan pada Elemen Pelat

Sisi elemen d_A diambil suatu satuan panjang, maka penampang normal terhadap lingkaran paralel $d_A = (R-Z) / (R \cdot dz) = (1-Z/R) dz$

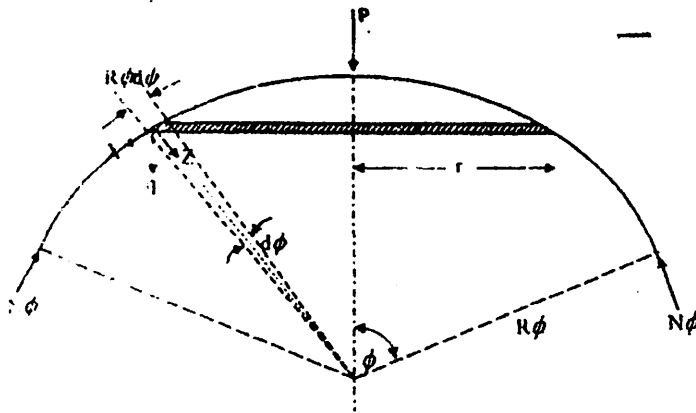
(Baker, E.H., et.al, Structural Analysis Of Shell, hal. 5)

2.1.2 Sistem Pembebanan Statika

❖ Beban simetris

Pembebanan luar yang bekerja akibat gaya gravitasi pada permukaan selaput kubah, seperti berat sendiri selaput kubah dan beban terpusat di puncak kubah, maka didapat komponen gaya:

1. Gaya luar arah y sama dengan nol
2. $N_{\theta\phi} = N_{\phi\theta} = 0$ (keadaan simetris)



Gambar 2.6 Pembebanan di Puncak Kubah

Didapat persamaan secara umum akan lebih sederhana:

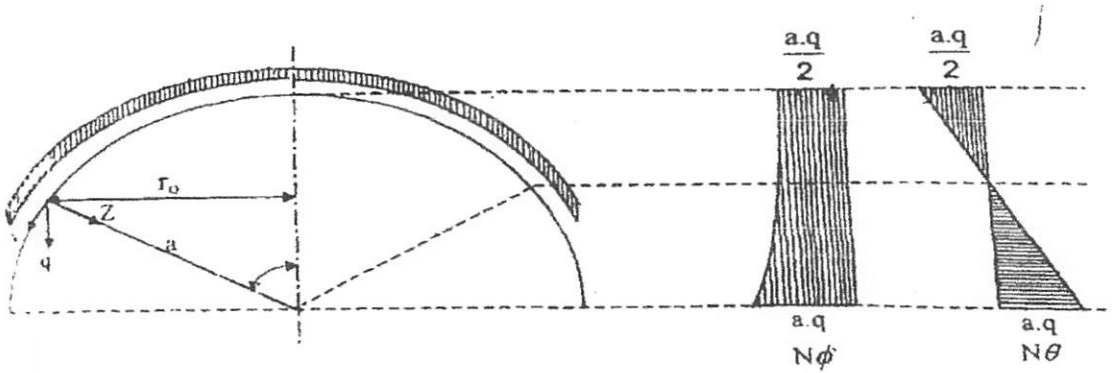
$$N_{\phi} = \frac{-P\phi}{2\pi \cdot r \cdot \sin\phi} \dots\dots\dots(2-1)$$

Bila persamaan (2-1) dimasukkan ke persamaan (2-8) maka didapat:

$$N_{\phi} = \frac{p\phi}{2\pi \cdot R\phi \cdot \sin^2\phi} - \frac{Pz \cdot R}{\sin\phi} \dots\dots\dots(2-2)$$

(Billington, D.P., Thin Shell Concrete Structures, hal. 39-40)

❖ **Beban merata di atas permukaan kubah**



Gambar 2.7 **Beban Merata pada Permukaan Kubah**

Gaya membran arah median, dipakai persamaan :

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= \frac{-2.a.q.(1-\cos\phi)}{2\pi.a.\sin^2\phi} \\
 &= \frac{-a.q.(-\cos\phi)}{(1-\cos^2\phi)} \\
 &= \frac{-a.q}{1+\cos\phi} \dots\dots\dots(2-3)
 \end{aligned}$$

Gaya membran arah pararel, dipakai persamaan

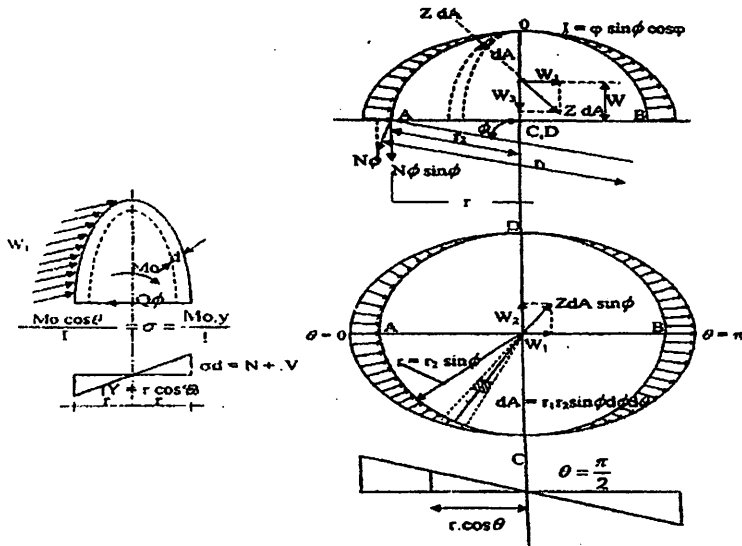
$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= \frac{2\pi.a^2.q.(1-\cos\phi)}{2\pi.a.\sin^2.\phi} - \frac{q.\cos\phi.a.\sin\phi}{\sin\phi} \\
 &= \frac{a.q}{1+\cos\phi} - a.q.\cos\phi \\
 &= a.q \left(\frac{1}{1+\cos\phi} - \cos\phi \right) \dots\dots\dots(2-4)
 \end{aligned}$$

❖ **Beban Tidak Simetris**

Pembebanan ini terjadi angin kencang yang bertiup pada permukaan kubah. Tekanan angin yang bertiup tegak lurus terhadap bidang permukaan kubah, sehingga gaya-gaya yang bekerja pada permukaan kubah adalah :

$$P_x = P_y = 0 \text{ (tidak ada arah x dan y)}$$

$$P_z = W \cdot \sin \phi \cdot \cos \phi$$



Gambar 2.8 Pengaruh Beban Merata Angin pada Permukaan Kubah

Akibat beban angin:

$$N\phi = \frac{W \cdot a \cdot \cos\phi}{3 \cdot \sin^3} (3 \cdot \cos^2\phi - \cos^4\phi - 2 \cdot \cos\phi) \dots\dots\dots(2-5)$$

$$N\phi = \frac{W \cdot a \cdot \cos\phi}{3 \cdot \sin^3} (2 \cdot \cos\phi - 2\cos^4\phi - 3\sin^2\phi) \dots\dots\dots(2-6)$$

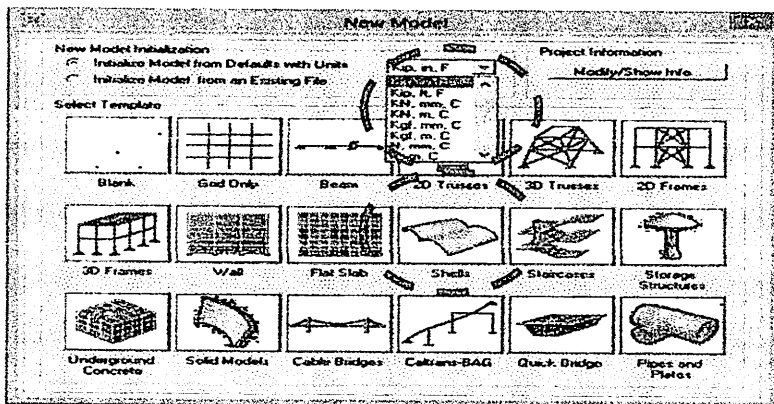
(Fischer, L., 1968. Theory and Practice Of Shell Structures, hal:264-268)

2.1.3 Analisa Cangkang Pada Program Aplikasi Etabs v13

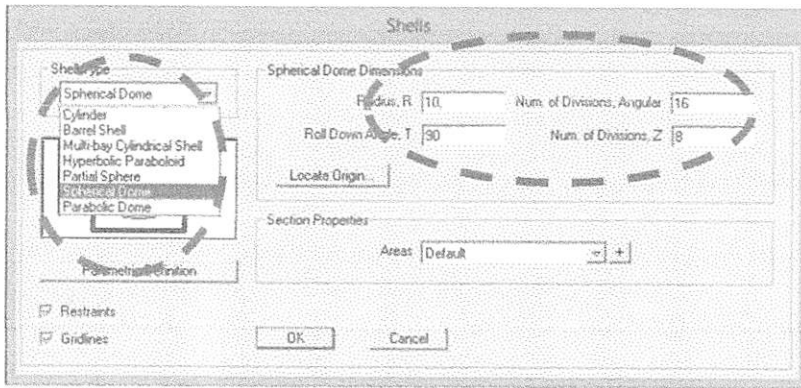
Salah satu kelebihan program adalah kemampuannya untuk melakukan modeling yang sangat canggih. Dengan program tersebut kita dapat melakukan analisis untuk hampir semua model struktur dengan mudah. Dalam menggambar model struktur sebuah bentuk kubah, kita dapat merasakan kemudahan yang ditawarkan pada program dalam memodelkan struktur yang paling realistis sesuai dengan model yang ada di lapangan tanpa kesulitan sama sekali.

Dalam menggambar kubah tersebut kita memerlukan sedikit bantuan pada program SAP untuk menentukan sudut arah meridian (ϕ) dan paralel (θ) (T, *tangensial*) sesuai diameter kubah yang diinginkan. Berikut penggambaran ilustrasi:

1. Klik menu pada file > New model
2. Ubah satuan yang kita inginkan
3. Klik tombol *shells*, kemudian isi data *shells* tersebut:
 - Pilih *Spherical dome* pada pilahan *shells* tipe
 - *Radius* (jari - jari silinder) = 7,5 m
 - *Number of division, Z* (segmen vertikal): = 8
 - *Number of division, angular* (segmen lingkaran) = 16
 - *Roll, down angle, T* (sudut) = 90
 - Klik Ok

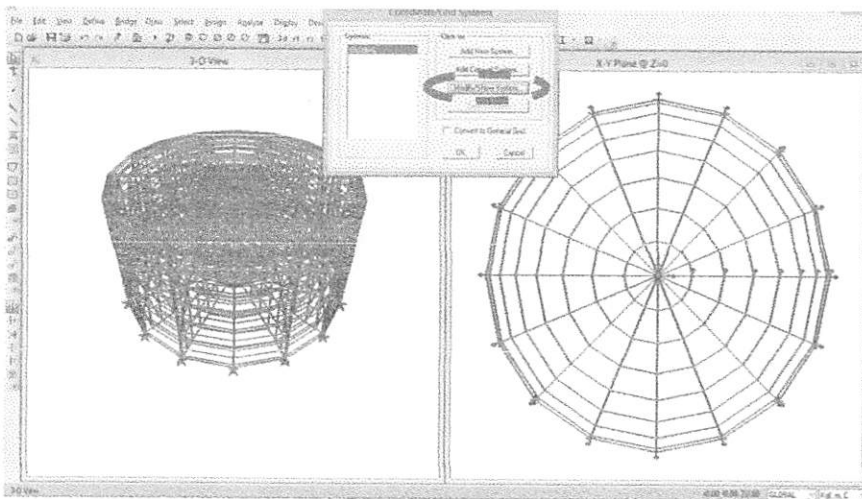


Gambar 2.9 Memilih template shells

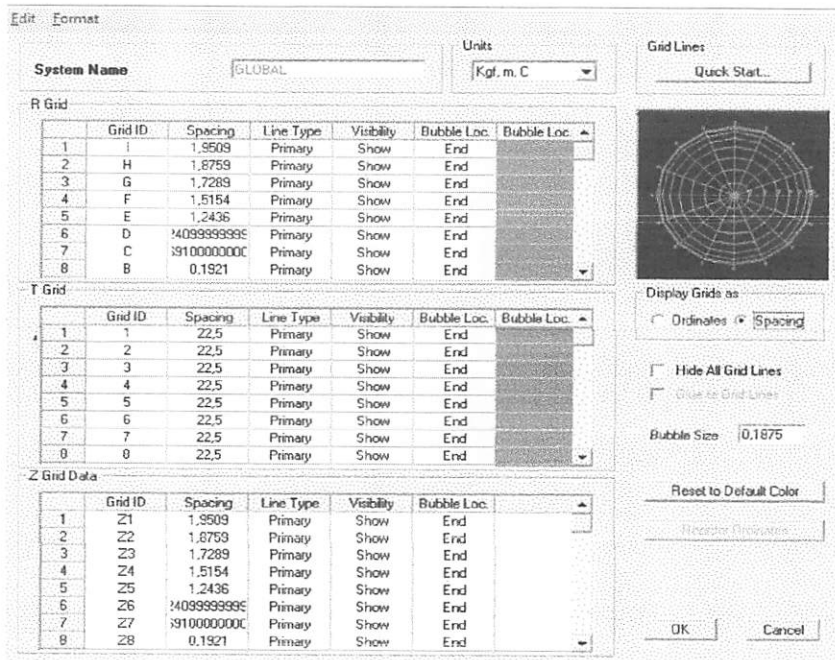


Gambar 2.10 Menambahkan *Spherical Dome*

- Lalu muncul tampilan seperti berikut ini:
- Dengan klik kanan, lalu pilih edit grid data
- Pilih modify show, setelah itu kita bisa mengkopi grid atau jarak radius dan sudut yang sudah dihitung pada program.



Gambar 2.11 Hasil Penggambaran Model Struktur



Gambar 2.12 Hasil Radius dan Sudut Struktur Kubah

- Copy koordinat jarak – jarak sudut dan radius tersebut ke program Etabs v13, lalu gambar kubah sesuai pada gambar yang ada di SAP

Kelemahan pada Etabs V.13 adalah tidak tersedia bentuk bermacam-macam struktur seperti struktur kubah.

(sumber; Handi Pramono dan Rekan SAP 2000)

2.1.4 Sistem Pembebanan Cangkang Pada Program Aplikasi Etabs v13

Selaput kubah akan dimodelkan langsung Dengan memanfaatkan elemen shells pada program Etabs v13, dengan adanya shells kita bisa memasukkan pembebanan dengan mudah. Pembebanan yang diperhitungkan adalah pembebanan beban merata dan terpusat (beban mati dan beban hidup), dan juga beban angin sesuai SNI yang diisyaratkan.

2.1.5 Kontrol Lipat

Ketebalan selaput dan jari-jari meridian kubah sebagai kelangsingan selaput kubah hanya mampu menahan tegangan tekan pada batas tertentu saja, yaitu tegangan kritis. Tegangan kritis ini menunjukkan terjadinya peristiwa pada selaput akibat gaya membran arah meridian. Untuk menghitung tegangan ini digunakan rumus zoelly, yaitu :

$$\sigma_{Ecr} = \frac{E_c d}{a \sqrt{3} (-\mu^2)} = \frac{E_c d}{a \sqrt{3}}$$

dimana :

d = tebal selaput kubah (cm)

a = jari-jari meridian kubah (cm)

μ = angka poisson (= nol)

σ_{Ecr} = tegangan tekan pada selaput

Faktor keamanan yang diberikan untuk kontruksi selaput kubah adalah 4, sehingga tegangan maksimum yang terjadi pada selaput adalah :

$$\sigma_{max} = \frac{E_{cr}}{4} \text{ kg/cm}^2$$

2.2 Struktur Portal

Struktur Portal adalah himpunan atau kumpulan elemen-elemen yang tersusun secara teratur, yang berfungsi untuk memikul dan meneruskan beban-beban yang ditanggungnya dengan aman sampai ke tanah.

Berdasarkan fungsi beban yang dipikul, elemen struktur dibedakan menjadi 2, yaitu:

- Kolom adalah elemen struktur yang berfungsi untuk mendukung beban aksial tekan.
- Balok dan pelat adalah elemen struktur lentur.

2.2.1 Struktur Rangka Terbuka

Untuk konsep rangka terbuka yang menjadi elemen struktur adalah struktur balok dan kolom. Jadi pada struktur rangka terbuka ini hanya kolom yang menahan beban lateral. Pada struktur rangka terbuka, terdapat rangka ruang lengkap yang memikul beban gravitasi, sedangkan beban lateral dipikul oleh dinding struktural.

2.3 Pembebanan

2.3.1 Beban Mati

Menurut peraturan *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* pada SNI 03-1727-2013 (pasal 3.1.1 hal:15) beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta layan terpasang lain termasuk berat keran.

Contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung (PPPURG 03-1727-1989; tabel 2.1) yaitu:

1. Baja $= 7.850 \text{ kg/m}^3$
2. Beton Bertulang $= 2.400 \text{ kg/m}^3$

Kemudian untuk berat sendiri komponen gedung yaitu:

1. Adukan semen per cm tebal = 21 kg/m²
2. Penutup lantai keramik per m² = 24 kg/m²
3. Langit-langit = 11 kg/m²
4. Dinding setengah batu per m² = 250 kg/m²
5. Penggantung = 7 kg/m²

2.3.2 Beban Hidup

Menurut peraturan *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* pada SNI 1727-2013 (pasal 4.1 hal:18) beban hidup adalah Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban mati, dan beban lainnya. Selanjutnya beban hidup akan direncanakan berdasarkan tabel SNI 1727-2013 pasal 4 hal. 25 dengan beban hidup terdistribusi merata dan terpusat minimum.

2.3.3 Beban Angin

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2013 pasal 26.1.2.1 hal:41), dalam menentukan tekanan angin tipe SPBAU (Sistem Penahan Beban angin utama) adalah dengan melalui beberapa langkah, yaitu:

1. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain.
2. Menentukan kecepatan angin dasar, V (m/s), untuk kategori risiko yang sesuai.

3. Menentukan parameter beban angin:

- Faktor arah angin, K_d
- Kategori eksposur
- Faktor topografi, K_{zt}
- Faktor efek tiupan angin, G
- Klasifikasi ketertutupan
- Koefisien tekanan internal, G_{cpi}

4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h

5. Menentukan tekanan velositas q , atau q_h (N/m^2)

6. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N

7. Hitung tekanan angin, p (N/m^2), pada setiap permukaan bangunan gedung

2.3.4 Beban Hujan Rencana

Setiap bagian di suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila system drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran rencananya.

$$R = 5,2 (ds + dh) \text{ (SNI 1727-2013; 8.3)}$$

Dalam SI: $R = 0,0098 (ds + dh)$

Dimana:

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam lb/ft^2 (kN/m^2). Apabila istilah atap yang tidak melendut' digunakan,

lendutan dari beban (termasuk beban mati) tidak perlu diperhitungkan ketika menentukan jumlah air hujan pada atap.

d_s = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk system drainase sekunder apabila system drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. (mm)

d_s = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk system drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam in. (mm)

2.3.5 Analisis Gaya Gempa

Secara umum analisa struktur terhadap beban gempa dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Analisis beban statik ekuivalen adalah suatu cara analisis struktur dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban statik horizontal yang diperoleh dengan hanya memperhitungkan respon ragam getar yang pertama. Biasanya distribusi gaya geser tingkat ragam getar yang pertama ini disederhanakan sebagai segitiga terbalik.
2. Analisis dinamik adalah analisis struktur dimana pembagian gaya geser gempa di seluruh tingkat diperoleh dengan memperhitungkan pengaruh dinamis gerakan tanah terhadap struktur.

2.4 Ketentuan Umum Bangunan Dalam Pengaruh Gempa

2.4.1 Faktor Keutamaan

Untuk berbagai kategori gedung bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur bangunan gedung selama umur gedung yang diharapkan. Pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I).

Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Katagori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki lisiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan penkanaan- Fasilitas sementara- Gudang penyimpanan- Rumah iaqa dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko 1,111,1V, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">- Perumahan- Rumah toko dan rumah kantor- Pasar- Gedung perkantoran- Gedung apartemen / rumah susun- Pusat perbelanjaan / mall- Bangunan industri- Fasilitas manufaktur- Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">- Bioskop	III

<ul style="list-style-type: none"> - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang periting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya 	IV

<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam katagori resiko IV.</p>	
--	--

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

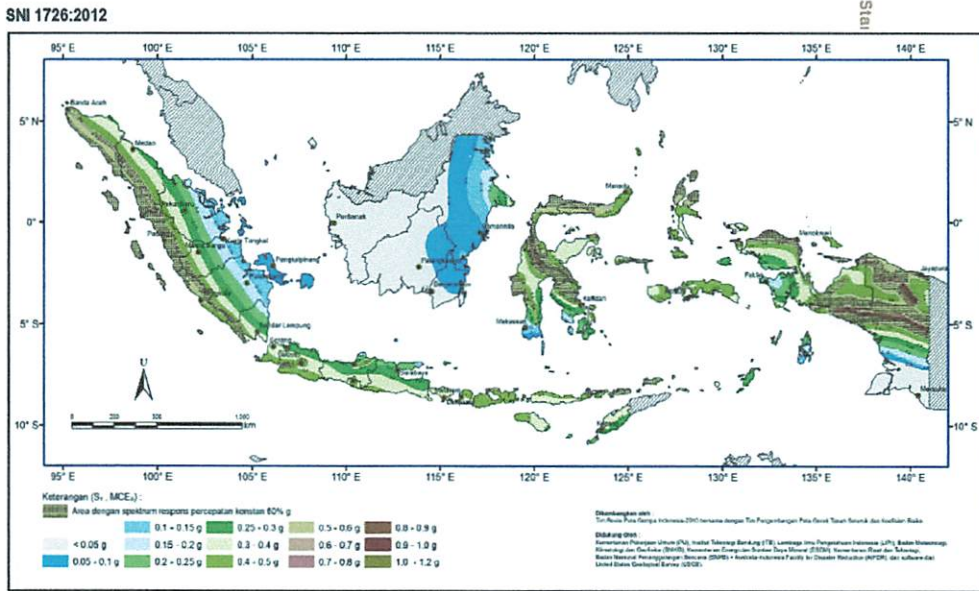
Katagori Resiko Bangunan	I
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.5

Sumber : SNI 1726 2012

2.4.2 Wilayah Gempa

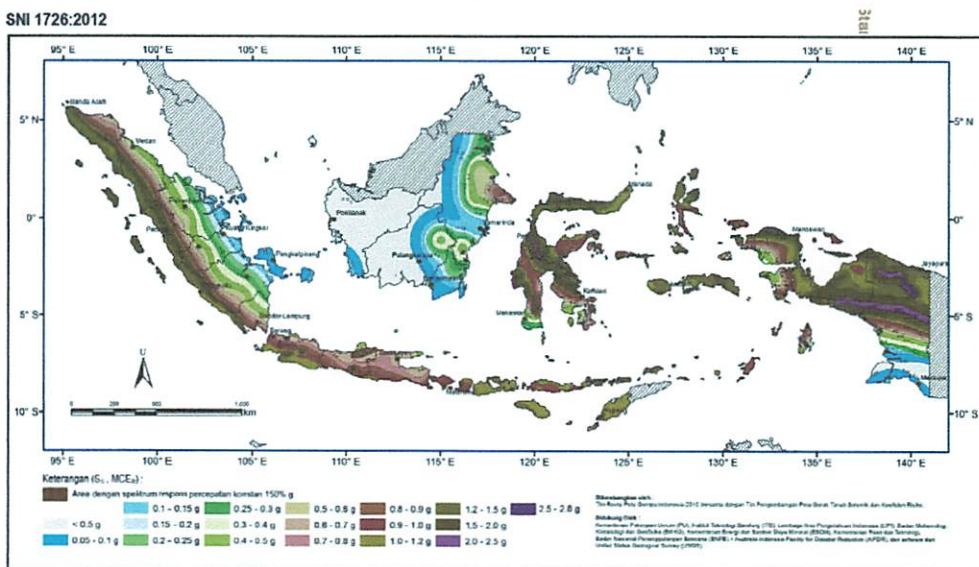
Menurut peta hazard gempa Indonesia 2010, meliputi peta percepatan puncak (PGA) dan respon Spektra percepatan di batuan dasar (SB) untuk periode pendek 0.2 detik (S_s) dan untuk periode 1.0 detik (S₁) dengan redaman 5% mewakili tiga level hazard gempa yaitu 500, 1000, dan 2500 tahun atau memiliki kemungkinan terlampaui 10 % dalam 50 tahun, 10 % dalam 100 tahun dan 2 % dalam 50 tahun. Definisi batuan dasar SB adalah lapisan batuan di bawah permukaan tanah yang memiliki nilai kerapatan rambat gelombang geser (V_s) mencapai 750 m/detik dan tidak ada lapisan batuan lain dibawahnya yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang geser yang kurang

dari itu. Pada perencanaan Masjid Al-Ma'rif Kota Samarinda digunakan wilayah gempa yang disusun berdasarkan peta respon spektrum percepatan periode pendek 0.2 detik di batuan dasar S_B untuk probabilitas terlampaui 10 % dalam 50 Tahun (redaman 5%).



Sumber : SNI 1726 2012

Gambar 2.13 Peta Wilayah di Indonesia untuk S_1



Sumber : SNI 1726 2012

Gambar 2.14 Peta Wilayah di Indonesia untuk S_2

2.4.3 Jenis Tanah Setempat

Perambatan Gelombang percepatan puncak Efektif Batuan Dasar (PPEBD) Melalui lapisan tanah dibawah bangunan diketahui dapat memperbesar gempa rencana di muka tanah tergantung pada jenis lapisan tanah. Pengaruh gempa rencana dimuka tanah di tentukan dari hasil perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar kemuka tanah dengan menggunakan gerakan gempa masukan dengan percepatan puncak untuk batuan dasar.

Tabel 2.3 Klasifikasi situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	S_n (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik sebagai berikut: Rawan dan beipotens gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung		

	<p>sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</p> <p>Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$)</p> <p>Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$)</p> <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 m$ dengan $S_u < 50 kPa$</p>
--	--

Sumber : SNI 1726 2012 ✓

2.4.4 Faktor Respon Gempa

Faktor respon gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi, besarnya nilai faktor respon gempa diperoleh dari perhitungan S_s dan S_1 .

Tabel 2.4 Koefisien situs F_a

Site Class	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,2$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
SF	SS^b				

Catatan: Gunakan interpolasi linier untuk angka tengah S_s

Sumber: SNI 1726 2012

Tabel 2.5 Kategori Lokasi F_v untuk menentukan Nilai S_1

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE _a terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 0,1$	$S_1 0,2$	$S_1 0,3$	$S_1 0,4$	$S_1 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^a				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS^a = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Sumber: SNI 1726 2012

2.4.5 S_{DS} dan S_{D1}

Menentukan percepatan spektral desain S_{DS} dan S_{D1} berdasarkan SNI

1726 hal 22.

$$S_{DS} = \frac{2}{3}(f_a S_s)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3}(f_v S_1)$$

2.4.6 Menentukan Kategori Desain Seismik

Tabel 2.6 Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	B
$0.330 \leq S_{DS} < 0.50$	C	C
$0.500 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726 2012

Tabel 2.7 Kategori Desain Gempa (KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode 1.0 detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	B
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	C	C
$0.200 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726 2012

2.4.7 Pemilihan Sistem Struktur

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi

salah satu tipe yang ditunjukkan dalam tabel

Tabel 2.8 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Tabel 9-Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

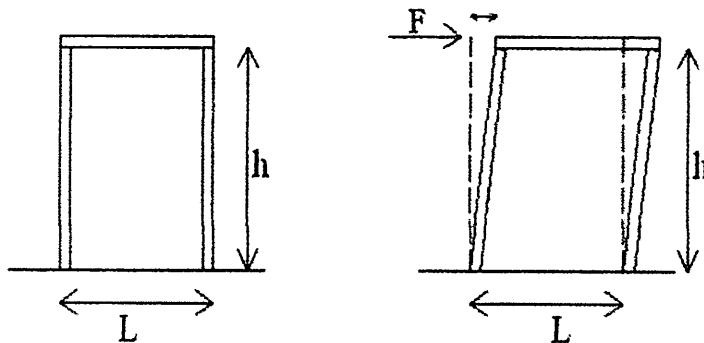
Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R'	Faktor kestabilan sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, H_s (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^a	E ^a	F ^a
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bracing terkawang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	3½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^b	TI ^c	TI
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^c	TI ^c	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkawang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembuatan	3½	3 ^a	3½	10	10	10	10	10

Sumber: SNI 1726:2012

CATATAN: TB = Tidak Dibatasi TI = Tidak Dijinkan

2.4.8 Defleksi Lateral

Besarnya simpangan horizontal (*drift*) yang harus di pertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku, yaitu untuk kinerja batas layan struktur dan kinerja batas ultimit. Simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *Drift Indeks* (Cormac, 1981). Seperti yang digambarkan pada gambar 2.4, Δ merupakan defleksi lateral dari suatu struktur portal.



Gambar 2.15 Defleksi Lateral

Drift Indeks dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Drift indeks} = \frac{\Delta}{h}$$

Dimana:

Δ = besar defleksi maksimum yang terjadi (m)

h = Ketinggian struktur portal

Besarnya drift Indeks tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur misalnya beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa. Dengan ketinggian struktur yang sama, semakin besar defleksi maksimum yang terjadi semakin besar pula drift indeks.

2.4.9 Batasan Simpangan Antara lantai Tingkat

Simpangan antar lantai tingkat desain (z) seperti ditentukan dalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, 7.9.2, atau 12.1, tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a ,) seperti didapatkan dan Tabel berikut:

Tabel 2.9 Simpangan antar lantai ijin $\Delta_a^{a,b}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}$ ^c	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 16 ; hal 66

2.5 Faktor Keamanan

➤ Faktor Beban

Menurut *SNI 2847-2013* tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan tata cara. Kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam Pers. (9-1) sampai (9-7). Keamanan untuk beban-beban tersebut dapat dibuat secara kombinasi, dengan ketentuan pada tabel berikut:

Tabel 2.10 Kombinasi Pembebanan

No.	Kombinasi Beban	Pers.
1.	$U = 1,4 D$	(9-1)
2.	$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$	(9-2)
3.	$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$	(9-3)
4.	$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$	(9-4)
5.	$U = 1,2 D + 1,0E + 1,0L$	(9-5)
6.	$U = 0,9D + 1,0W$	(9-6)
7.	$U = 0,9D + 1,0E$	(9-7)

Sumber: *SNI 2847 – 2013*

Keterangan :

U = Beban Kombinasi Ultimit

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

W = Beban Angin

E = Beban Gempa

Faktor beban pada beban hidup L diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan public, dan semua luasan dimana L lebih besar dari $4,8 \text{ kN/m}^2$. Bila W didasarkan pada beban angin tingkat layan, 1,6 w harus digunakan sebagai pengganti dari 1,0 W dan 0,8 W harus digunakan sebagai pengganti dari 0,5 W . Dihilangkan karena tidak relevan, lihat daftar Deviasi. (*Daftar deviasi teknis SNI 2847 terhadap ACI 318M) - SNI 2847-2013*)

➤ Faktor reduksi kekuatan

Kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari standar ini, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ). Untuk itu ϕ ditentukan pada SNI 2847–2013 pasal 9.3.2, 9.3.4., dan 9.3.5 sebagai berikut:

Tabel 2.11 Faktor Reduksi Kekuatan Desain

No.	Keterangan	Faktor reduksi (ϕ)
1.	Penampang terkendali Tarik	0,9
2.	Penampang terkendali tekan	0,75
	a. Komponen struktur dengan tulangan spiral	
	b. Komponen struktur bertulang lainnya	0,65
3.	Geser dan torsi	0,75
4.	Tumpuan pada beton	0,65
5.	Daerah angkur pasca Tarik	0,85
6.	Model strat dan pengikat, strat, pengikat, daerah pertemuan, dan daerah tumpuan dalam model	0,75

7.	Penampang lentur komponen struktur pra tarik:	
	a. Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer	0,75
	b. Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran \emptyset boleh ditingkatkan secara linier dari	0,75 sampai 0,9

Sumber: SNI 2847 – 2013

2.6 Desain Beban Lentur dan Aksial

Desain pada komponen struktur didasarkan pada asumsi yang diatur dalam SNI 2847-2013. Asumsi yang digunakan antara lain:

- A. Regangan maksimum yang dapat dimanfaatkan pada serat tekan beton terluar adalah 0,003
- B. Tegangan tulangan $\sigma_s = E_s \times \epsilon_s \leq 400 \text{ MPa}$
- C. Distribusi tegangan beton dianggap berbentuk persegi ekuivalen
- D. untuk $f'_c \leq 28 \text{ MPa}$, β_1 diambil sebesar 0,85. Untuk $f'_c > 28 \text{ MPa}$, β_1 direduksi sebesar 0,05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa.

Tetapi nilai β_1 tidak boleh $> 0,65$

Beban lentur dan aksial pada SNI 2847-2013 mengatur mengenai beban lentur dan beban aksial pada komponen struktur pada pasal 10. Secara umum, peraturan mengenai beban lentur dan aksial adalah sebagai berikut:

- A. Desain beban aksial θP_n dari komponen struktur tekan tidak boleh $> \theta P_{n_{max}}$ yang dihitung dengan persamaan:
 - $\theta P_{n_{max}} = 0,85 \theta [0,85 f'_c (A_g - A_s) + f_y A_s]$ untuk komponen struktur dengan tulangan spiral, dan

- $\theta Pn_{max} = 0,80 \theta [0,85 f'c (Ag - As) + fy As]$ untuk komponen struktur dengan tulangan pengikat

B. Luas tulangan minimum pada komponen struktur lentur:

$$As_{min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{fy} bw d \text{ tapi tidak } < \frac{1,4}{fy} bw d$$

C. Luas tulangan maksimum pada komponen struktur lentur:

$$As_{max} = \rho_{max} b d = \frac{0,85 f'c \beta_1}{fy} \cdot \frac{0,003}{0,003 + \epsilon_{smax}} \text{ dengan } \epsilon_{smax} = 0,004$$

dimana:

Ag = luas bruto penampang beton (mm^2)

b_w = lebar badan (mm)

b = lebar muka tekan komponen struktur (mm)

β_1 = faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral

$f'c$ = kekuatan tekan beton (MPa)

fy = kekuatan leleh tulangan (MPa)

ϵ_s = regangan tulangan dan baja struktural

Es = modulus elastisitas tulangan dan baja struktural (MPa)

As = luas tulangan tarik (mm^2)

ρ = rasio tulangan

θ = faktor reduksi

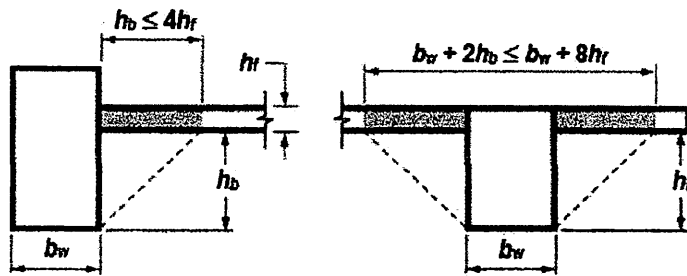
d = jarak dari serat tekan ke pusat tulangan tarik (mm)

Pn = kekuatan aksial nominal penampang (N)

2.7 Perencanaan Elemen Struktur Beton Bertulang

2.7.1 Perhitungan Balok

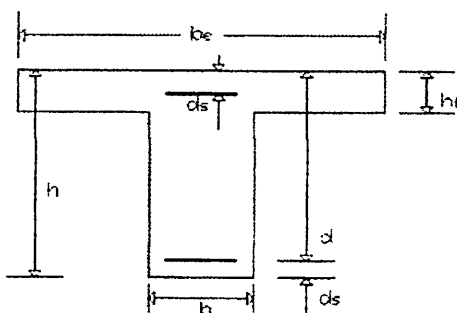
Menurut SNI 2847-2013 pasal 13.2.4, Untuk konstruksi monolit atau komposit penuh, suatu balok mencakup bagian slab pada setiap sisi balok yang membentang dengan jarak yang sama dengan proyeksi balok di atas atau di bawah slab tersebut, yang mana yang lebih besar, tetapi tidak lebih besar dari empat kali tebal slab.



Gambar 2.16 Contoh Bagian Slab yang Disertakan Dengan Balok

Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.12.2 lebar pelat efektif (b_e) sebagai sayap balok-T tidak boleh melebihi $\frac{1}{4}$ panjang bentang balok, dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi:

a. 8 kali tebal slab; dan



di sebelahnva.

$$b_e \leq \frac{1}{4} \cdot \lambda$$

$$b_e \leq 8 \cdot h_f$$

$$b_e \leq \frac{1}{2} \cdot \lambda_n, \text{ dengan :}$$

$$\lambda = \text{bentang balok (as-as),}$$

Gambar 2.17 Syarat lebar efektif Balok T

Berdasarkan jenis tulangan yang akan dipasang pada balok, hitungan balok T dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

1. Balok “T” dengan tulangan tunggal

Balok “T” dengan tulangan tunggal yaitu balok “T” tersebut hanya di pasang tulangan pada daerah penampang tarik saja. Keadaan ini terjadi jika factor momen pikul $K \leq K_{maks}$.

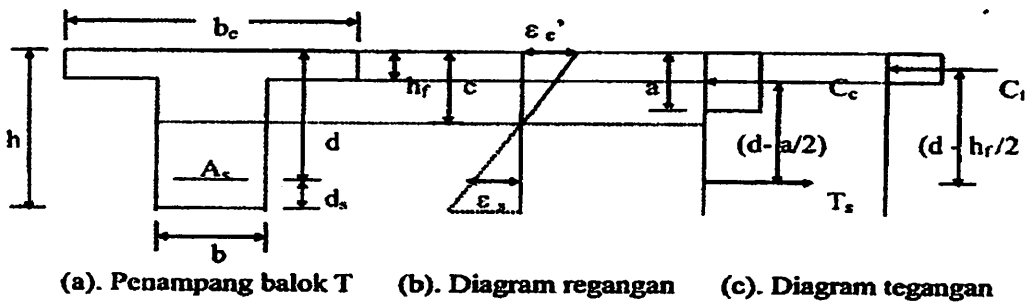
2. Balok “T” dengan tulangan rangkap

Balok “T” dengan tulangan rangkap yaitu balok “T” tersebut dipasang tulangan pada daerah penampang Tarik dan penampang tekan. Keadaan ini terjadi jika factor momen pikul $K > K_{maks}$.

Langkah-langkah Perhitungan:

1. Balok T dengan Tulangan Tunggal

Bentuk penampang, gambar diagram regangan dan tegangan balok “T” dengan tulangan tunggal digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.18 Diagram Regangan – Tegangan Balok “T” Bertulangan Tunggal

a) Hitungan tulangan longitudinal.

Tulangan longitudinal balok ‘T’ dengan tulangan tunggal dihitung dengan langkah berikut:

1. Dihitung faktor momen pikul K dengan syarat: $K \leq K_{maks}$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b_e \cdot d^2}$$

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1) \cdot f_c'}{(600 + f_y)^2}$$

Jika $K > K_{maks}$, maka dihitung dengan tulangan rangkap

2. Dihitung tinggi blok tegangan beton tekan ekuivalen a

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

Jika $a < h_f$: maka beton tekan berada di sayap (disebut balok T palsu), dihitung sebagai balok persegi panjang dengan lebar balok = b_e (lihat langkah 3)).

Jika $a > h_f$: maka beton tekan berada di badan (disebut balok T asli), dihitung sebagai balok T, mula-mula dihitung luas sayap = A_f (lihat langkah 4)).

3. Untuk nilai $a < h_f$, hitungan dilanjutkan sebagai berikut:

- (a). Dihitung luas tulangan perlu ($A_{s,u}$) dengan memilih yang besar dari nilai A_s atau $A_{s,min}$ pada persamaan berikut:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_e}{f_y}$$

$$A_{s,min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \cdot b_w d$$

atau

$$A_{s,min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w d$$

- (b). Dilanjutkan ke langkah 5).

4. Untuk nilai $a > h_f$, hitungan dilanjutkan sebagai berikut:

(a). Dihitung luas transformasi sayap A_f dan momen nominal

sayap M_{nf}

$$A_f = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot h_f \cdot (b_e - b)}{f_y}$$

$$M_{nf} = A_f \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{h_f}{2}\right)$$

(b). Dihitung momen nominal badan M_{nw} dan faktor pikul K_w

$$M_{nw} = (M_u / \phi) - M_{nf}$$

$$K_w = M_{nw} / (b \cdot d^2)$$

Syarat : K_w harus $\leq K_{max}$

Jika $K_w \geq K_{max}$ maka dihitung dengan tulangan rangkap

(c). Dihitung tinggi blok beton tekan persegi ekuivalen a dan luas

tulangan A_1

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K_w}{0,85 \cdot f_c'}}\right) \cdot d$$

$$A_1 = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y}$$

(d). Dihitung luas tulangan perlu ($A_{s,u}$) dengan memilih yang

besar dari nilai A_s atau $A_{s, min}$ dengan persamaan berikut:

$$A_s = A_1 + A_f$$

$$A_{s, min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} \cdot b_w d$$

atau

$$A_{s,min} = \frac{1.4}{f_y} \cdot b_w d$$

(e). Dilanjutkan ke langkah 5

5. Dihitung jumlah tulangan n berdiameter X

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot X^2}$$

Digunakan tulangan tarik $A_s = n D X$, luasnya $\geq A_{s,u}$

Tulangan tekan $A_s' = 2 D X$ (ditambahkan)

b) Hitungan momen rencana.

Hitungan momen rencana balok “T” bertulang tunggal dilaksanakan dengan langkah berikut:

1. Dihitung tinggi blok tegangan beton tekan ekuivalen a

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

Jika $a < h_f$: maka beton tekan berada di sayap (disebut balok T palsu), dihitung sebagai balok persegi panjang dengan lebar balok $= b_e$ (lihat langkah 2)).

Jika $a > h_f$: maka beton tekan berada di badan (disebut balok T asli), dihitung sebagai balok T, mula-mula dihitung luas sayap $= A_f$ (lihat langkah 3)).

2. Untuk nilai $a < h_f$, hitungan dilanjutkan sebagai berikut:

(a). Dikontrol : rasio tulangan ρ_1 harus $\leq \rho_{max}$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_e \cdot d}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

Jika $\rho > \rho_{max}$ maka ukuran balok kurang besar.

- (b). Dikontrol : semua tulangan tarik harus sudah leleh ($a \leq a_{maks,leleh}$)

$$a_{maks,leleh} = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d_d}{600 + f_y}$$

d_d adalah jarak antara titik berat tulangan tarik paling dalam dan tepi serat beton tekan.

Jika $a > a_{maks,leleh}$ maka ukuran balok kurang besar.

- (c). Dihitung momen nominal M_n dan momen rencana M_r

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

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

3. Untuk nilai $a > h_f$, hitungan dilanjutkan sebagai berikut:

- (a). Dihitung luas transformasi sayap A_f dan momen nominalnya

$$M_{nf}$$

$$A_f = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot h_f \cdot (b_e - b)}{f_y}$$

$$M_{nf} = A_f \cdot f_y \cdot (d - \frac{h_f}{2})$$

- (b). Dikontrol rasio tulangan ρ_1 harus $\leq \rho_{maks}$

$$\rho_1 = \frac{A_s - A_f}{b \cdot d}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

Jika $\rho > \rho_{max}$ maka ukuran balok kurang besar.

(c). Dihitung tinggi blok tegangan beton tekan persegi ekuivalen

a dengan syarat: $a \leq a_{maks,leleh}$

$$a = \frac{(A_s - A_f) \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$a_{maks,leleh} = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d_d}{600 + f_y}$$

Jika $a > a_{maks,leleh}$ maka ukuran balok kurang besar.

(d). Dihitung momen nominal M_n dan momen rencana M_r

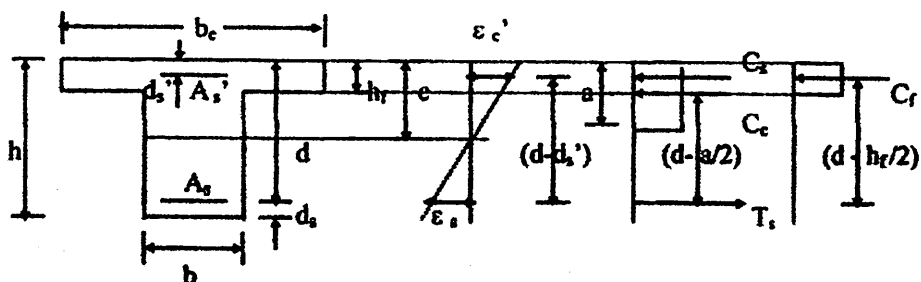
$$M_{nw} = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$M_{nf} = A_f \cdot f_y (d - h_f/2)$$

$$M_n = M_{nw} + M_{nf} = M_r = \phi \cdot M_n$$

2. Balok T dengan Tulangan Rangkap

Bentuk penampang, gambar diagram regangan – tegangan balok “T” dengan tulangan rangkap digambarkan sebagai berikut:



(a). Penampang balok T (b). Diagram regangan (c). Diagram tegangan

Gambar 2.19 Diagram Regangan – Tegangan Balok “T” Bertulangan Rangkap

a) Hitungan tulangan longitudinal.

Tulangan longitudinal balok ‘T’ dengan tulangan rangkap dihitung dengan langkah berikut:

1. Dihitung faktor momen pikul K dengan syarat: $K \leq K_{\max}$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b_e \cdot d}$$

$$K_{\max} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 (600 + fy - 225 \cdot \beta_1) \cdot fc'}{(600 + fy)^2}$$

syarat K harus $> K_{\max}$

Dipilih $K_1 \leq K_{\max}$, (agar hemat dipakai $K_1 = 0,8 \cdot K_{\max}$)

2. Dihitung tinggi blok tegangan beton tekan ekuivalen a_1

$$a_1 = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K_1}{0,85 \cdot fc'}} \right) \cdot d$$

Jika $a_1 < hf$: maka beton tekan berada di sayap (disebut balok T palsu), dihitung sebagai balok persegi panjang dengan lebar balok $= b_e$ (lihat langkah 3)).

Jika $a_1 > hf$: maka beton tekan berada di badan (disebut balok T asli), dihitung sebagai balok T, mula-mula dihitung luas sayap A_1 (lihat langkah 4)).

3. Untuk nilai $a_1 < hf$, hitungan dilanjutkan sebagai berikut:

- (a). Dihitung nilai A_1 dan A_2

$$A_1 = \frac{0,85 \cdot fc' \cdot a_1 \cdot b_e}{fy}$$

$$A_2 = \frac{(K - K_1) \cdot b_e \cdot d^2}{(d - d'_s) \cdot fy}$$

- (b). Dihitung luas tulangan tarik perlu ($A_{s,u}$) dan tulangan tekan perlu ($A'_{s,u}$)

$$A_{s,u} = A_1 + A_2$$

$$A_{s,u}' = A_2$$

(c). Digunakan tulangan tarik $A_s = n D X$, luasnya harus $\geq A_{s,u}$

Tulangan tekan $A_s' = n'D X$, luasnya harus $\geq A_{s,u}'$

4. Untuk nilai $a_1 > h_f$, hitungan dilanjutkan sebagai berikut:

(a). Dihitung luas transformasi sayap A_f dan momen nominal sayap

$$M_{nf}$$

$$A_f = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot h_f \cdot (b_e - b)}{f_y}$$

$$M_{nf} = A_f \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{h_f}{2}\right)$$

(b). Dihitung momen nominal badan M_{nw} dan faktor pikul K_w dan

$$K_1$$

$$M_{nw} = (M_f / \phi) - M_{nf}$$

$$K_w = M_{nw} / (b \cdot d^2)$$

Syarat : K_w harus $> K_{max}$

Jika $K_w \leq K_{max}$ (agar hemat dipakai $K_1 = 0,8 K_{max}$)

(c). Dihitung tinggi balok beton tekan persegi ekuivalen a dan luas

tulangan A_1 dan A_2

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K_1}{0,85 \cdot f_c'}}\right) \cdot d$$

$$A_1 = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y}$$

$$A_2 = \frac{(K_w - K_1) \cdot b_e \cdot d^2}{(d - d_s') \cdot f_y}$$

(d). Dihitung luas tulangan tarik perlu ($A_{s,u}$) dan tulangan tekan

perlu ($A'_{s,u}$)

$$A_{s,u} = A_f + A_1 + A_2$$

$$A_{s,u}' = A_2$$

(e). Digunakan tulangan tarik $A_s = n D X$, luasnya harus $\geq A_{s,u}$

Tulangan tekan $A_s' = n' D X$, luasnya harus $\geq A_{s,u}'$

b) Hitungan momen rencana.

Hitungan momen rencana balok "T" bertulang rangkap dilaksanakan dengan langkah berikut:

1. Dihitung tinggi balok tegangan beton tekan ekuivalen a_1

$$a_1 = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

Jika $a_1 < h_f$: maka beton tekan berada di sayap (disebut balok T palsu), dihitung sebagai balok persegi panjang dengan lebar balok $= b_e$ (lihat langkah 2).

Jika $a_1 > h_f$: maka beton tekan berada di badan (disebut balok T asli), dihitung sebagai balok T, mula-mula dihitung luas sayap $= A_f$ (lihat langkah 3).

2. Untuk nilai $a < h_f$, hitungan dilanjutkan sebagai berikut:

(a). Dikontrol : rasio tulangan ρ_1 harus $\leq \rho_{max}$

$$\rho_1 = \frac{A_s - A_s'}{b_e \cdot d}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \times 100\%$$

Jika $\rho_1 > \rho_{\max}$ maka ukuran balok kurang besar.

(b). Dihitung nilai batas tulangan leleh ($a_{\min,leleh}$)

$$a_{\min,leleh} = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d_s'}{600 - f_y}$$

(c). Dibandingkan nilai a_1 dan $a_{\min,leleh}$

Jika $a_1 \geq a_{\min,leleh}$: maka tulangan tekan sudah leleh, dilanjutkan ke langkah (d).

Jika $a_1 < a_{\min,leleh}$: maka tulangan tekan belum leleh, dilanjutkan ke langkah (e).

(d). Untuk $a_1 \geq a_{\min,leleh}$ hitungan dilanjutkan berikut:

(1). Dikontrol : a_1 harus $\leq a_{\max,leleh}$ (semua tulangan tarik harus sudah leleh)

$$a_{\max,leleh} = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d_d}{600 + f_y}$$

Jika $a_1 > a_{\max,leleh}$, maka ukuran balok kurang besar.

(2). Dihitung momen nominal (M_{nc} , M_{ns} , M_n) dan momen rencana M_r , dimana M_r harus $> M_u$

$$M_{ns} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_1 \cdot b_e \cdot (d - a_1/2)$$

$$M_{ns} = A_s' \cdot f_y \cdot (d - d_s')$$

$$M_n = M_{nc} + M_{ns}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

(e). untuk $a_1 < a_{\min,leleh}$ hitungan dilanjutkan berikut:

(1). Dihitung nilai p , q , a , dan tegangan baja tekan f_s'

$$p = \frac{600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

$$q = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot A_s' \cdot d_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

$$a = \sqrt{p^2 + q} - p \text{ Dengan syarat: } a \leq a_{\text{maks,leleh}}$$

$$f_s' = 600 \left(\frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \right)$$

- (2). Dihitung momen nominal (M_{nc} , M_{ns} , M_n) dan momen rencana M_r , dimana M_r harus $> M_u$

$$M_{ns} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_1 \cdot b_e \cdot (d - a_1/2)$$

$$M_{ns} = A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d_s')$$

$$M_n = M_{nc} + M_{ns}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

3. Untuk nilai $a_1 > h_f$, hitungan dilanjutkan sebagai berikut:

- (a). Dihitung luas transformasi sayap A_f dan momen nominalnya

$$M_{nf}$$

$$A_f = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot h_f \cdot (b_e - b)}{f_y}$$

$$M_{nf} = A_f \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{h_f}{2} \right)$$

- (b). Dihitungan tinggi blok beton tekan persegi ekuivalen a dan

$$a_{\text{min,leleh}}$$

$$a = \frac{(A_s - A_s' - A_f) \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$a_{\text{min,leleh}} = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d_s'}{600 - f_y}$$

- (c). Untuk nilai $a \geq a_{\text{min,leleh}}$, maka tulangan tekan sudah leleh

(dipakai $f_s' = f_y$), dan dilanjutkan sebagai berikut:

(1). Dikontrol : a_1 harus $\leq a_{maks,leleh}$ (semua tulangan tarik harus sudah leleh)

(2). Dihitung momen nominal M_n dan momen rencana M_r :

$$M_{nw} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$M_{nf} = A_f \cdot f_y \cdot (d - h_f/2)$$

$$M_{ns} = A_s' \cdot f_y \cdot (d - d_s')$$

$$M_n = M_{nw} + M_{nf} + M_{ns}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

(d). Dihitung nilai $a < a_{min,leleh}$, maka tulangan tekan belum leleh dan dihitung:

(1). Dihitung nilai p, q, a , dan tegangan baja tekan f_s'

$$p = \frac{600 \cdot A_s' - (A_s - A_f) \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

$$q = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot A_s' \cdot d_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

$$a = \sqrt{p^2 + q} - p \text{ Dengan syarat: } a \leq a_{maks,leleh}$$

$$f_s' = 600 \left(\frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \right)$$

(2). Dihitung momen nominal M_n dan momen rencana M_r :

$$M_{nw} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot (d - a/2)$$

$$M_{nf} = A_f \cdot f_y \cdot (d - h_f/2)$$

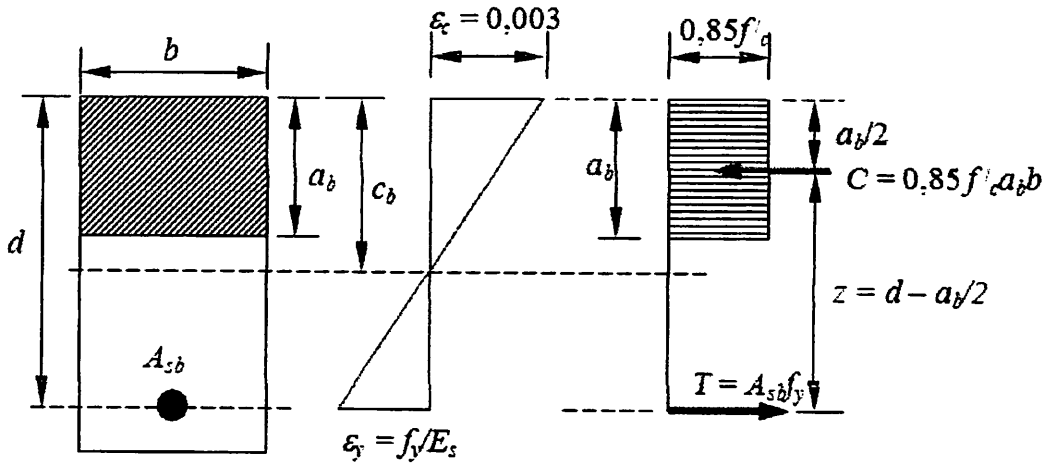
$$M_{ns} = A_s' \cdot f_s' \cdot (d - d_s')$$

$$M_n = M_{nw} + M_{nf} + M_{ns}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

Analisis balok bertulang tunggal

Dalam perencanaan penampang persegi dengan tulangan tunggal, diagram distribusi regangan dan tegangan yang terjadi:



Gambar 2.20 Diagram Tegangan – Regangan Tulangan Tunggal Balok

Persamaan Keseimbangan:

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$\sum H = 0 \rightarrow C_c = T_s$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y \rightarrow a = A_s \cdot f_y / 0,85 \cdot f'_c \cdot b$$

$$M_n = T_s \cdot z \text{ atau } M_n = C_c \cdot z \text{ dimana: } z = d - a/2$$

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

$$= A_s \cdot f_y (d - (A_s \cdot f_y / 2 \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot b)))$$

$$= A_s \cdot f_y \cdot d - (A_s^2 \cdot f_y^2 / 1,7 \cdot f'_c \cdot b)$$

$$\text{maka, } \frac{f_y^2}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} A_s^2 - (f_y \cdot d) A_s + M_n = 0$$

Dengan rumus ABC didapat:

$$A_{Sperlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mn}{0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

$$A_{Smin} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d \text{ atau } \frac{\sqrt{f'_c}}{4 f_y} \cdot b_w \cdot d$$

$$A_{Smax} = \rho_{max} = 0,75 \rho_b \rightarrow A_{sb} = 0,85 \beta_1 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

β_1 merupakan faktor pengali yang dapat dihitung sebagai berikut:

Untuk $f'_c \leq 28$ MPa, $\beta_1 = 0,85$

Untuk $f'_c > 28$ MPa, $\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{f'_c - 28}{7} \cdot 0,05 \right) \geq 0,65$

(Sumber SNI 2847-2013)

Memeriksa rasio tulangan $\rho_{min} < \rho_b < \rho_{maks}$

- $A_{Smin} < A_s < A_{Smaks}$: dapat dilanjutkan dengan mendesain (memilih tulangan yang diinginkan)
- $A_{Smin} < A_s > A_{Smaks}$: dicek ulang dengan memperbesar penampang atau memperkecil beban rencana
- $A_{Smin} > A_s < A_{Smaks}$: maka yang digunakan untuk mendesain A_{Smin}

Menghitung luas tulangan dengan persamaan :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Menghitung kapasitas momen balok :

$$\text{Syarat } (\phi M_n > M_u)$$

Menghitung jumlah tulangan dengan persamaan :

$$\text{jumlah tul}(n) = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}$$

Menghitung tulangan tekan

$$A_s' = 0,2 A_s$$

Menghitung jarak tulangan

$$S = \frac{100}{n-1}$$

2.7.2 Perhitungan Tulangan Geser Pada Balok

Komponen struktur yang mengalami lentur akan mengalami juga kehancuran geser, selain kehancuran tarik/tekan. Sehingga dalam perencanaan struktur yang mengalami lentur selain direncanakan tulangan lentur, juga harus direncanakan tulangan geser.

Desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada SNI 2847-2013 pasal 11.1.1 adalah :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_c = kuat geser nominal yang disediakan oleh beton pada penampang yang ditinjau

V_s = kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser pada penampang yang ditinjau

V_n = kuat geser nominal pada penampang yang ditinjau.

Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.1 adalah :

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

Dimana :

b_w = Lebar badan balok

d = jarak dari serat terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

Ada 2 keadaan :

Bila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$, maka harus dipasang tulangan geser minimum dengan

luas tulangan adalah :

$$A_v = \frac{0,35 b_w \cdot s}{f_y}$$

Dan bila $V_u > \phi V_c$, maka harus dipasang tulangan geser, sedangkan besar

gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan adalah :

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

Dimana :

A_v = Luas tulangan geser dalam daerah sejarak s .

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \cdot d^2$$

S = spasi tulangan geser dalam arah parallel dengan tulangan longitudinal.

Sedangkan untuk spasi sengkang adalah :

$$s \leq \frac{1}{2} d$$

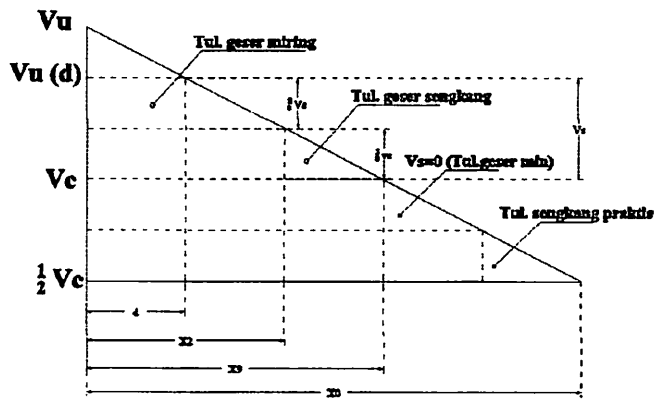
$$s \leq 600 \text{ mm}$$

Sedangkan bila $V_s > 0,33\sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$, maka spasi tulangan adalah :

$$s \leq \frac{1}{4} d$$

$$s \leq 300 \text{ mm}$$

Dalam hal ini V_s tidak boleh lebih besar dari $0,66\sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$

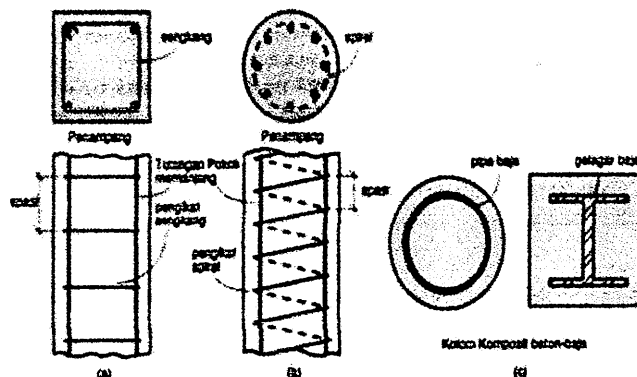


Gambar 2.21 Diagram Gaya Geser

2.7.3 Perhitungan Kolom

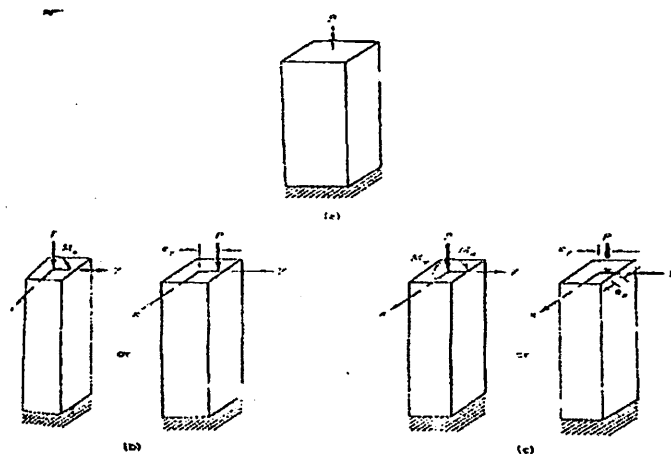
Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Bentuk dan susunan tulangan pada kolom dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu:

- Kolom segiempat atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang.
- Kolom bundar/lingkaran dengan tulangan lateral berupa sengkang atau spiral.
- Kolom komposit yang terdiri atas beton pada profil baja struktural di dalamnya.



Gambar 2.22 Jenis-Jenis Kolom

Berdasarkan posisi beban terhadap penampang melintang, kolom dapat diklasifikasikan atas kolom dengan beban sentris dan beban eksentris. Kolom yang mengalami beban sentris berarti tidak mengalami momen lentur, akan tetapi pada prakteknya semua kolom hendaknya direncanakan terhadap eksentrisitas yang diakibatkan oleh hal-hal yang tak terduga, seperti tidak tepatnya pembuatan acuan beton. Kolom dengan beban eksentris mengalami momen lentur selain juga gaya aksial. Momen ini dapat dikonversikan menjadi suatu beban P dengan eksentrisitas e . Momen lentur dapat beraksial tunggal (*uniaxial*) dan beraksial rangkap (*biaxial*).



Gambar 2.23 Jenis kolom berdasarkan posisi beban pada penampang melintang: (a) kolom dengan beban sentris; (b) beban aksial ditambah momen satu sumbu (uniaxial); (c) beban aksial ditambah momen dua sumbu (biaxial).

Gambar 2.23 Beban Sentris dan Eksentris

(Edward G. Nawy., P.E, *Beton Bertulang*, hal. 306-307)

Keruntuhan kolom dapat terjadi apabila tulangan bajanya leleh karena tarik, atau terjadinya kehancuran pada beton yang tertekan. Selain itu dapat pula kolom mengalami keruntuhan apabila terjadi kehilangan stabilitas lateral, yaitu terjadi tekuk. Apabila kolom runtuh karena kegagalan materialnya kolom ini diklasifikasikan sebagai kolom pendek.

Apabila kolom panjang bertambah, kemungkinan kolom runtuh karena tekuk semakin besar. Dengan demikian ada suatu transisi dari kolom pendek ke kolom panjang yang terdefinisi dengan menggunakan perbandingan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.10.1 hal:78 :

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22$$

di mana,

k = faktor panjang bebas kolom

l_u = panjang tak tertumpu kolom

r = jari-jari inersia kolom ($r = \sqrt{I/A}$)

I = momen inersia

A = luas penampang

➤ **Kekuatan kolom pendek dengan beban sentris:**

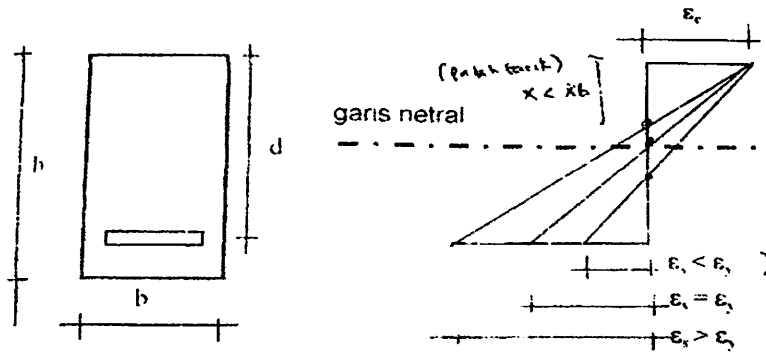
$$P_0 = 0,85 \cdot f'c (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y$$

Desain beban aksial θP_n dari komponen struktur tekan tidak boleh $>$ $\theta P_{n_{max}}$ yang dihitung dengan persamaan:

- $\phi P_{n_{max}} = 0,85 \phi [0,85 f'c (A_g - A_s) + f_y A_s]$ untuk komponen struktur dengan tulangan spiral, dan
- $\phi P_{n_{max}} = 0,80 \phi [0,85 f'c (A_g - A_s) + f_y A_s]$ untuk komponen struktur dengan tulangan pengikat

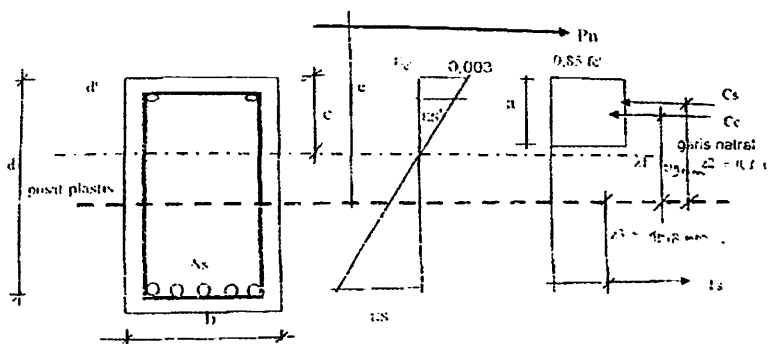
Syarat: $P_u < \phi P_n$

➤ Analisis kolom dalam kondisi seimbang (X_b)



Gambar 2.24 Kolom Analisis Kondisi Seimbang

Kondisi ini akan tercapai pada saat regangan beton tekan $\epsilon_c = 0,003$ dan pada saat bersamaan nilai regangan tulangan tarik mencapai regangan lelehnya $\epsilon_s = \epsilon_y = f_y/E_s$ didapatkan nilai $X_b = 600 \cdot d / f_y + 600$

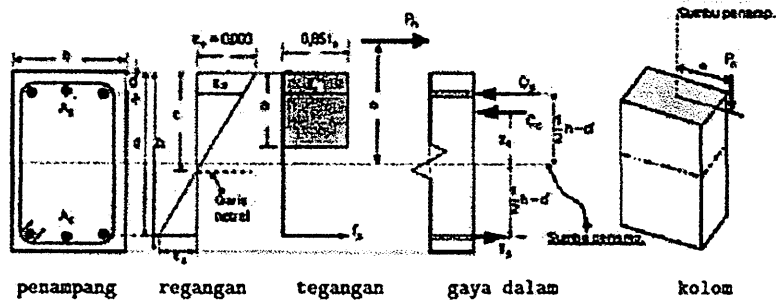


Gambar 2.25 Diagram Tegangan – Regangan Kolom Sentris

Pada penampang kolom yang dibebani akan terjadi 3 kemungkinan:

1. Jika netral $X < X_b$, maka tulangan tarik akan leleh lebih dulu daripada beton tekan (Patah Tarik)
2. Jika garis netral $X > X_b$, maka beton akan hancur lebih dulu daripada tulangan tarik (Patah desak)
3. Jika garis netral $X = X_b$, maka beton tekan dan tulangan tarik akan hancur pada saat yang sama (Kondisi seimbang)

➤ **Kekuatan kolom yang dibebani eksentrisitas (aksial dan lentur):**



Gambar 2.26 Diagram Tegangan – Regangan Kolom Eksentris

$$\Sigma H = 0$$

$$P_n + T_s - C_c - C_s = 0 \longrightarrow P_n = C_c + C_s - T_s$$

dimana:

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c)$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$\text{jadi, } P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c) - A_s \cdot f_s$$

• **Momen nominal terhadap pusat plastis:**

Untuk tulangan simetris ($A_s = A_s'$) letaknya pusat plastis berada ditengah-tengah penampang $h/2$

$$M_n = P_n \cdot e = C_c \cdot z_1 + C_s \cdot z_2 + T_s \cdot z_3$$

dimana:

$$z_1 = h/2 - a/2 ; z_2 = h/2 - d' ; z_3 = d - h/2$$

sehingga dapat ditulis:

$$M_n = P_n \cdot e = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b (h/2 - a/2) + A_s' \cdot f_s' (h/2 - d') + A_s \cdot f_s (d - h/2)$$

Catatan:

Untuk tegangan tulangan tekan $f_s' > f_y$ maka dipakai f_y

Untuk tegangan tulangan tekan $f_s > f_y$ maka dipakai f_y

Untuk tegangan tulangan tekan $f_s' < f_y$ maka dipakai f_s' yang ada

Untuk tegangan tulangan tekan $f_s < f_y$ maka dipakai f_s yang ada

Dimana:

a = Tinggi blok tegangan ekuivalen

$f_s' = f_s$ = Tegangan baja yang tertekan

M_n = Momen tahanan nominal

➤ Diagram interaksi kolom

Diagram interaksi adalah grafik hubungan antara gaya aksial dan momen dari suatu penampang kolom.

Untuk menggambar grafik tersebut diperlukan data-data seperti dimensi, tebal selimut kolom, diameter tulangan utama/sengkang, jumlah tulangan, tegangan leleh tulangan, tegangan hancur beton.

Prosedur perhitungan:

1. Didapatkan nilai P_u dan M_u dari program Etabs v9
2. Menghitung P_u dan M_u pada kondisi patah desak
3. Menghitung P_u dan M_u pada kondisi patah tarik

Selain prosedur pembuatan diagram interaksi kolom dilaksanakan dengan memperhitungkan kekuatan kolom berdasarkan kondisi beban pada suatu penampang kolom dan juga untuk mempermudah dapat menggunakan program bantuan komputer yang dinamakan PCACOL. Diagram interaksi kolom ini

juga menghasilkan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) yang mampu ditahan oleh kolom.

Kolom dikatakan mampu menahan beban yang bekerja apabila nilai beban aksial perlu sebesar P_u dan beban momen perlu sebesar M_u yang sudah diplotkan pada sumbu diagram, titik potongnya berada di dalam diagram interaksi. Tetapi sebaliknya jika titik potongnya berada diluar diagram interaksi, maka kolom tersebut tidak mampu menahan beban yang bekerja. (Ali Asroni, 2010 : 17 - 18)

➤ **Penulangan Kolom**

Batasan tulangan pada komponen struktur yang mengalami gaya tekan menurut SNI 03-2847-2013 pasal 10.9 adalah

- a. Luas tulangan longitudinal A_{st} tidak boleh kurang dari $0,01 A_g$ atau lebih dari $0,08 A_g$
- b. Untuk kolom dengan sengkang spiral

$$\rho_{s \min} = 0,45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{f_c}{f_y} \right)$$

- Untuk kolom dengan pengikat spiral minimum harus ada = 6 buah
- Untuk kolom dengan pengikat sengkang segiempat minimum harus ada = 4 buah

Jarak maksimum antar tulangan baik untuk pengikat sengkang maupun spiral jarak bersih antar tulangan memanjang harus $> 1,5 d_b$ atau 40 mm dan < 150 mm

Tebal selimut beton pelindung tulangan pokok berpengikat sengkang maupun spiral harus ≥ 40 mm

2.7.4 Perhitungan Tulangan Sengkang Kolom

SNI 2847-2013 mengatur mengenai beban geser pada komponen struktur pada pasal 11. Secara umum, peraturan mengenai aksial adalah sebagai berikut.

- Desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada $\phi V_n \geq V_u$ dimana V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang dan V_n adalah kekuatan geser nominal yang dihitung dengan persamaan $V_n = V_s + V_c$ dengan V_c adalah gaya geser yang disediakan oleh beton dan V_s adalah gaya geser yang disediakan oleh tulangan sengkang.
- Nilai V_c diatur dalam persamaan berikut:
 - Komponen struktur yang dikenai tekan aksial

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 Ag} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_w d$$

Dimana:

Nu = gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang yang terjadi serentak dengan V_u atau T_u , diambil positif sebagai tekan dan negatif untuk Tarik, N

- Tulangan geser diatur dengan persamaan

$$V_s = \frac{A_v f_y d (\sin \alpha + \cos \alpha)}{s}$$

- Tulangan geser dibutuhkan bila $V_u \geq \frac{1}{2} \phi V_c/2$

BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1 Umum

Data yang diperoleh berupa data dalam bentuk gambar kerja yaitu:

- Gambar layout bangunan Masjid Al-Ma'ruf
- Gambar denah bangunan lantai 2, lantai 3, dan lantai atap
- Gambar tampak dan potongan
- Gambar rencana balok dan kolom

3.2 Data Perencanaan

- Fungsi bangunan : Tempat beribadah umat Islam
- Struktur utama:
 - Jumlah lantai : 3 lantai
 - Jenis struktur : Beton bertulang
 - Tinggi bangunan : 22,25 m
 - Bentang memanjang : 43 m
 - Bentang melintang : 37 m
 - Tebal pelat lantai : 15 cm
- Struktur kubah:
 - Diameter kubah : 15 diameter
 - Jenis struktur : Beton bertulang
 - Tinggi kubah : 7,5 m
 - Tebal plat/selaput kubah : 8 cm

- Struktur menara:
 - Jenis struktur : Beton bertulang
 - Tinggi bangunan : 38,25 m
 - Luas menara
 - Elevasi 15,55 sampai 26,55 : Bentang memanjang = 4,6 m
 - : Bentang melintang = 4,6 m
 - Elevasi 26,55 sampai 38,25 : Bentang memanjang = 2,65 m
 - : Bentang melintang = 2,65 m
 - Tebal pelat : 12 cm
- Data konstruksi:
 - Mutu beton : $f'c = 35 \text{ MPa}$
 - Mutu baja tulangan : $f_y = 240 \text{ MPa}$ untuk mutu baja tulangan polos
 - : $f_y = 400 \text{ MPa}$ untuk mutu baja tulangan *deform/ulir*

3.3 Beban Mati dan Hidup Pada Lantai

a. Beban hidup (SNI 03-1727-2013)

1. Berat hidup lantai masjid/pertemuan = 479 kg/m²
2. Berat atap datar = 96 kg/m²

b. Beban mati (SNI 03-1727-1989)

1. Berat beton bertulang = 2400 kg/m³
2. Berat adukan spesi per cm tebal = 21 kg/m²

3. Berat penutup lantai	=	24	kg/m ²
4. Berat penggantung langit-langit	=	7	kg/m ²
5. Berat langit-langit	=	11	kg/m ²
6. Berat kaca tebal 3-4 mm	=	10	kg/m ²
7. Berat pasangan ½ bata merah	=	250	kg/m ²
8. Berat ME (asumsi)	=	10	kg/m ²
9. Berat plat baja 5mm (PT Steel)	=	117	kg/m ²
10. Berat aluminium composit panel	=	4,5	kg/m ²
11. Berat pipa baja sch40 10" (PT Steel)	=	59,2	kg/m ²
12. Berat pipa baja sch40 8" (PT Steel)	=	42,1	kg/m ²
13. Berat pipa baja sch40 5" (PT Steel)	=	21,7	kg/m ²
14. Berat pipa baja sch40 4" (PT Steel)	=	16	kg/m ²
15. Berat H-beam L100x100x6x8	=	17,2	kg/m ²

c. Beban air hujan (SNI 03-1727-2013)

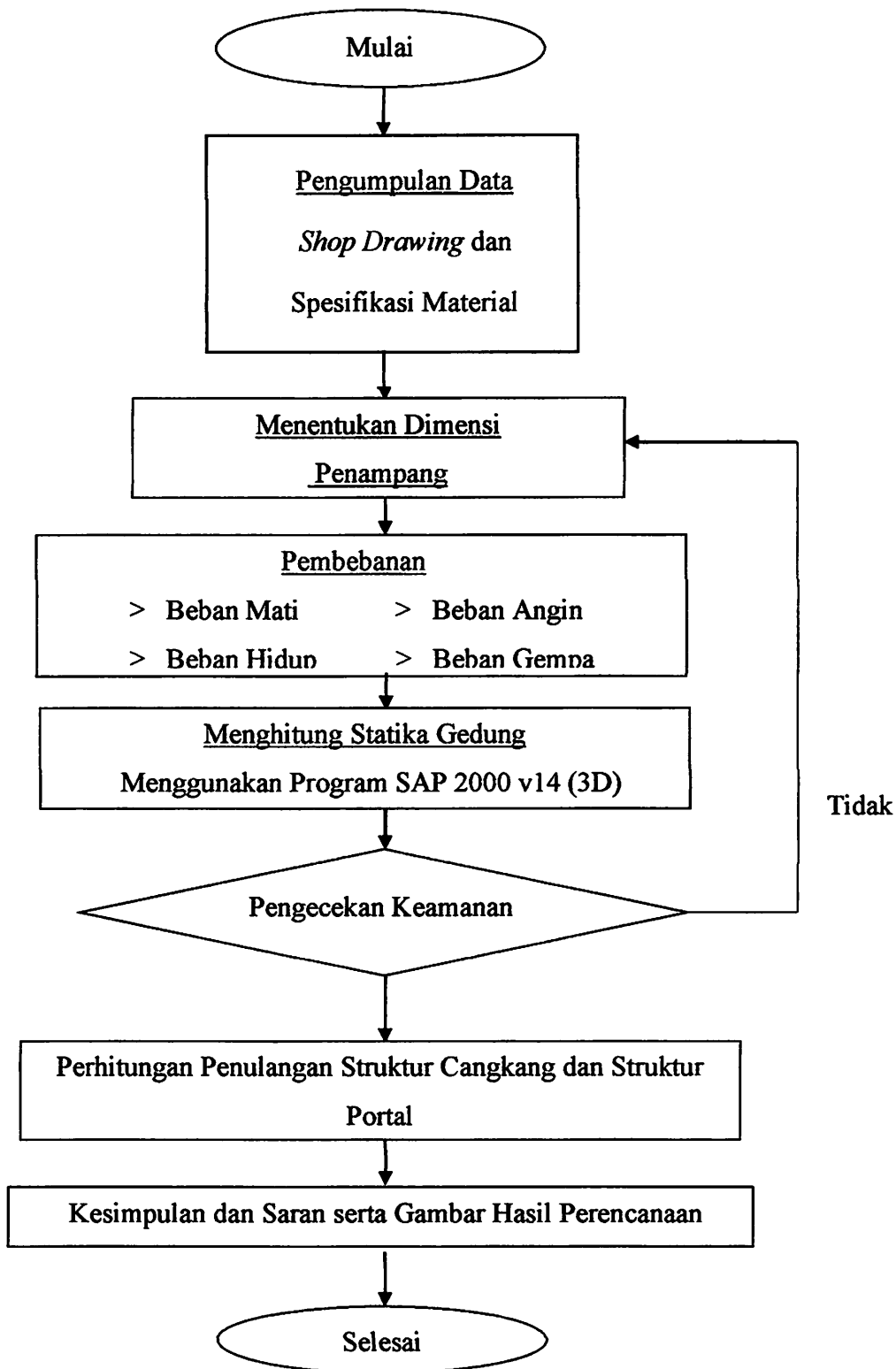
$$R = 0,0098 (ds+dh), \text{ dalam kN/m}^2$$

ds = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam mm, asumsi ds = 30 mm

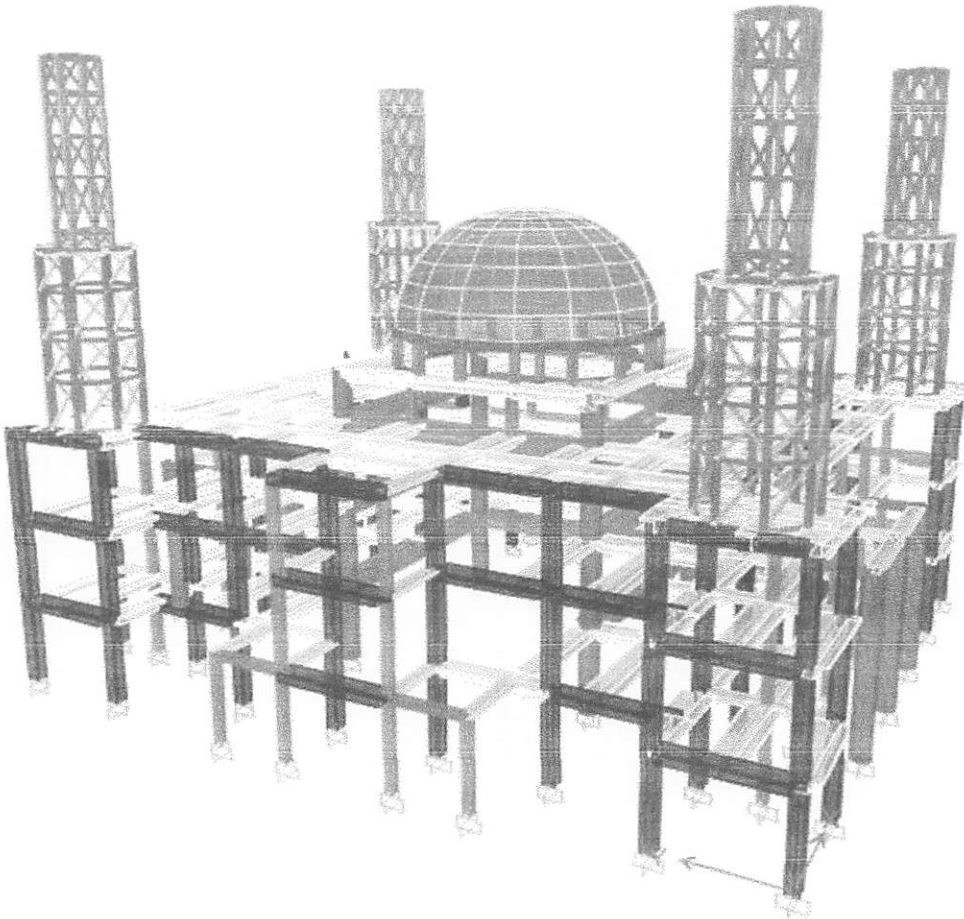
dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut air rencana (tinggi hidrolis), dalam mm, asumsi dh = 30 mm

$$\begin{aligned} R &= 0,0098 \cdot (ds+dh) \\ &= 0,0098 \cdot (30+30) \\ &= 0,59 \text{ kN/m}^2 = 59 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

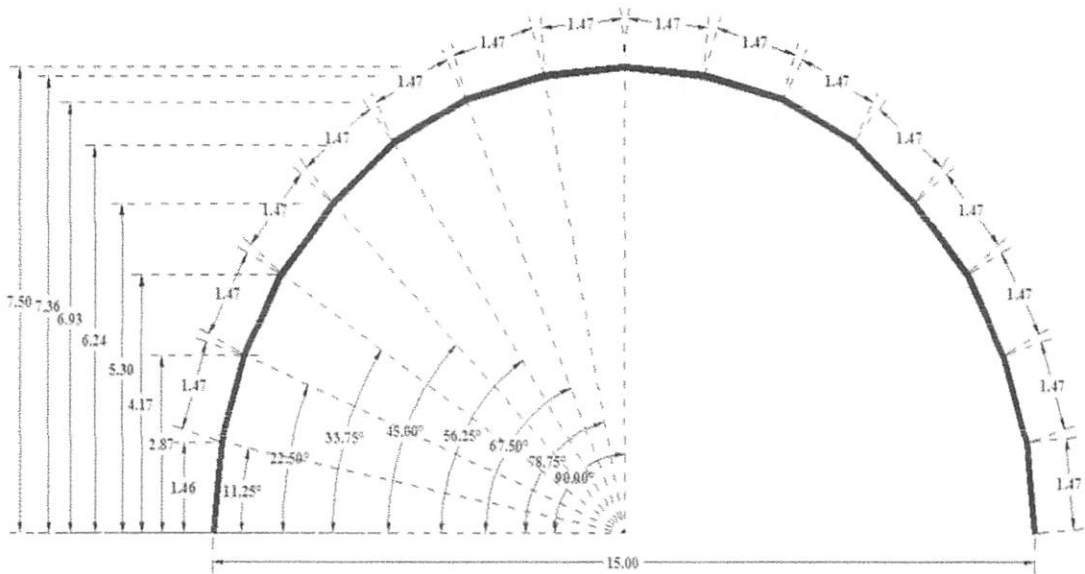
3.4 Diagram Alir Analisa Perencanaan



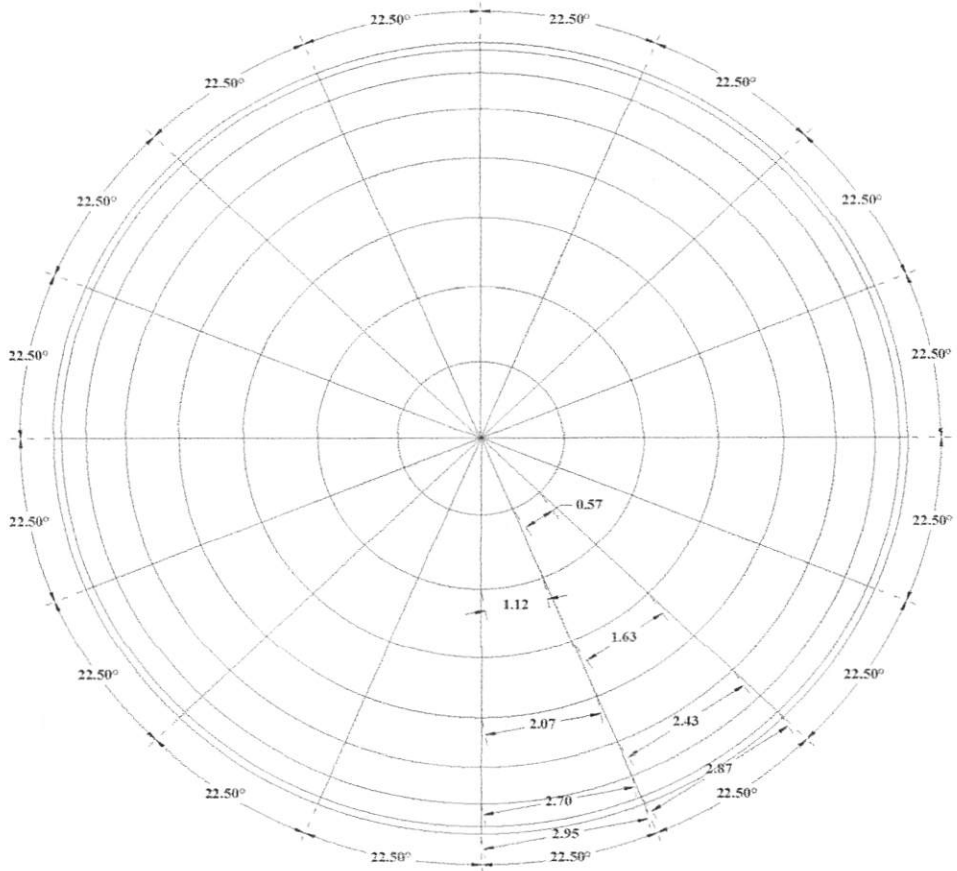
Gambar 3.1 Bagan Alur Tahapan Perencanaan Struktur Atas Bangunan Masjid Al-Ma'ruf



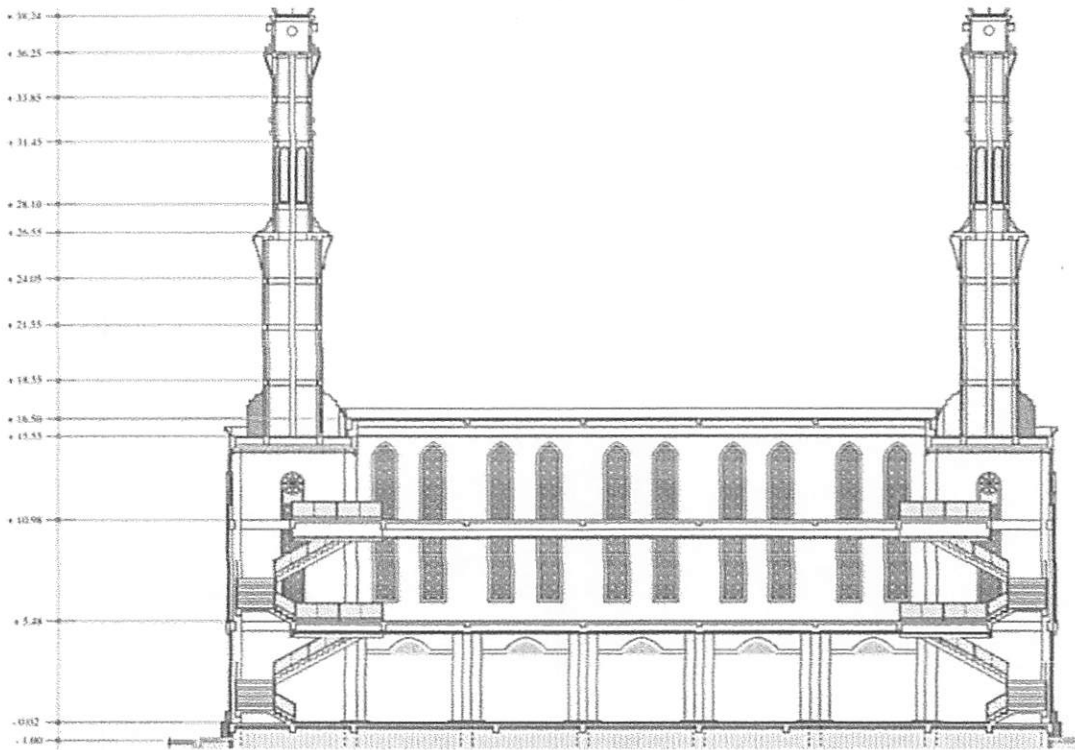
Gambar 3.2 Pemodelan 3 Dimensi Struktur Masjid Al-Ma'ruf



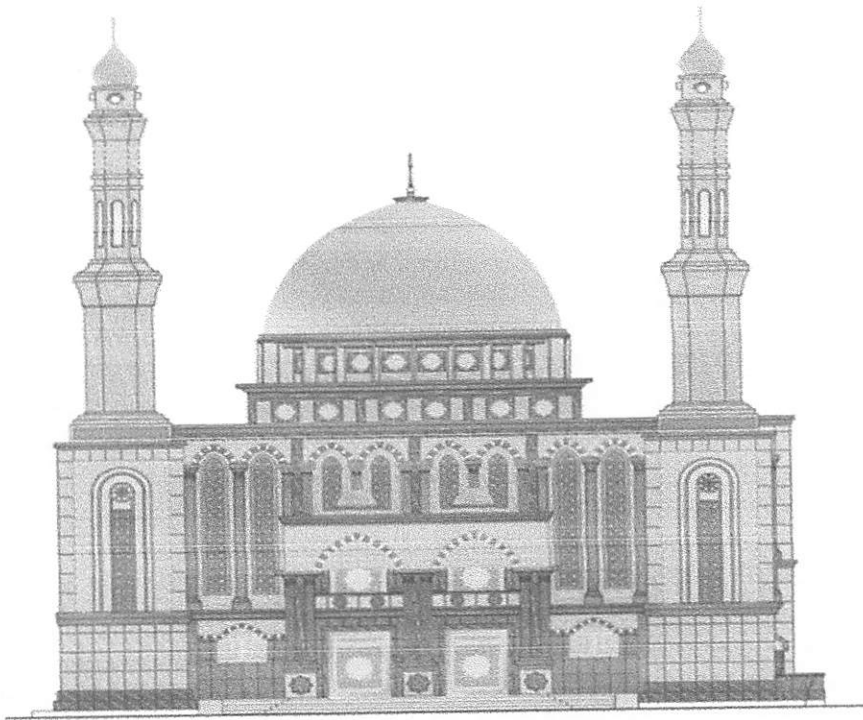
Gambar 3.3 Kubah Tampak Samping



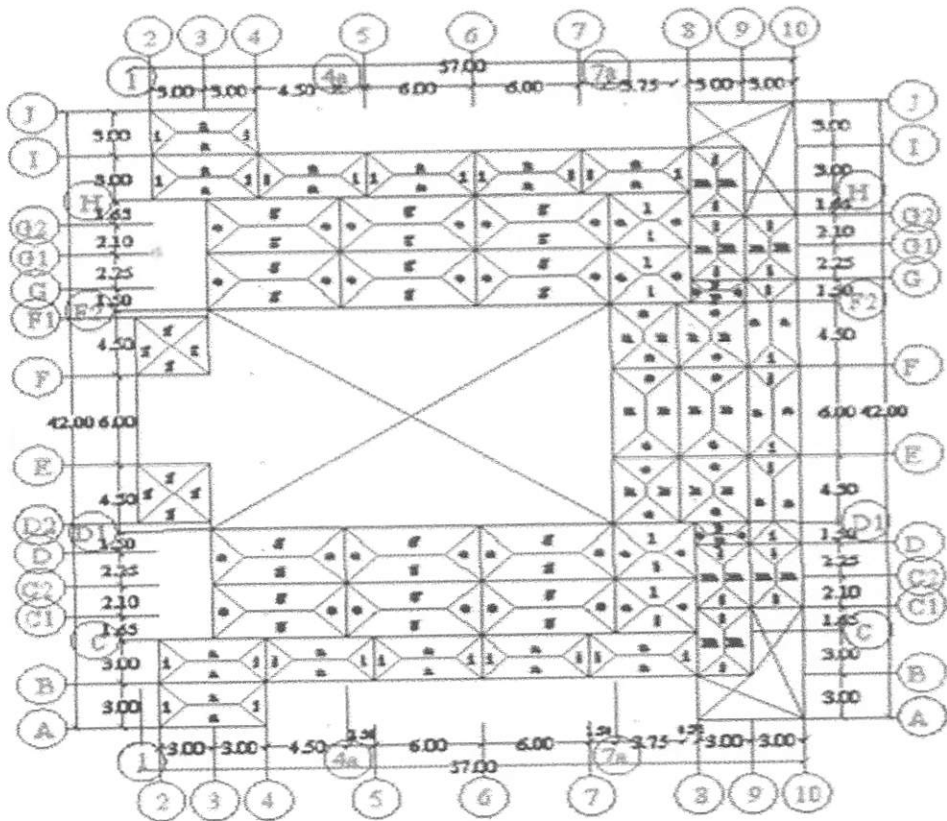
Gambar 3.4 Kubah Tampak Atas



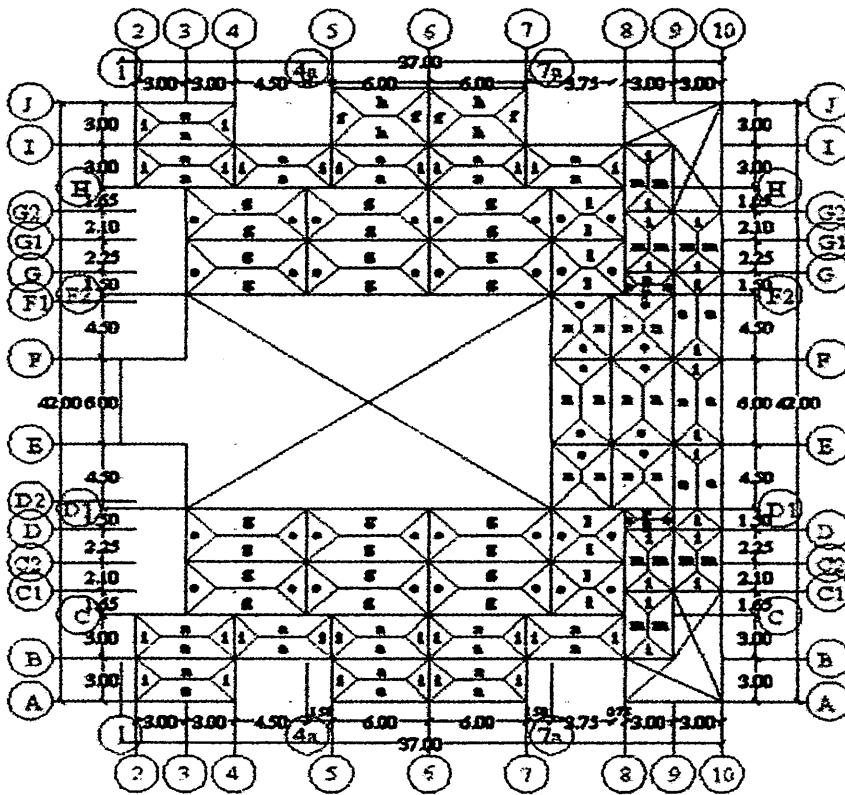
Gambar 3.5 Masjid Tampak Samping



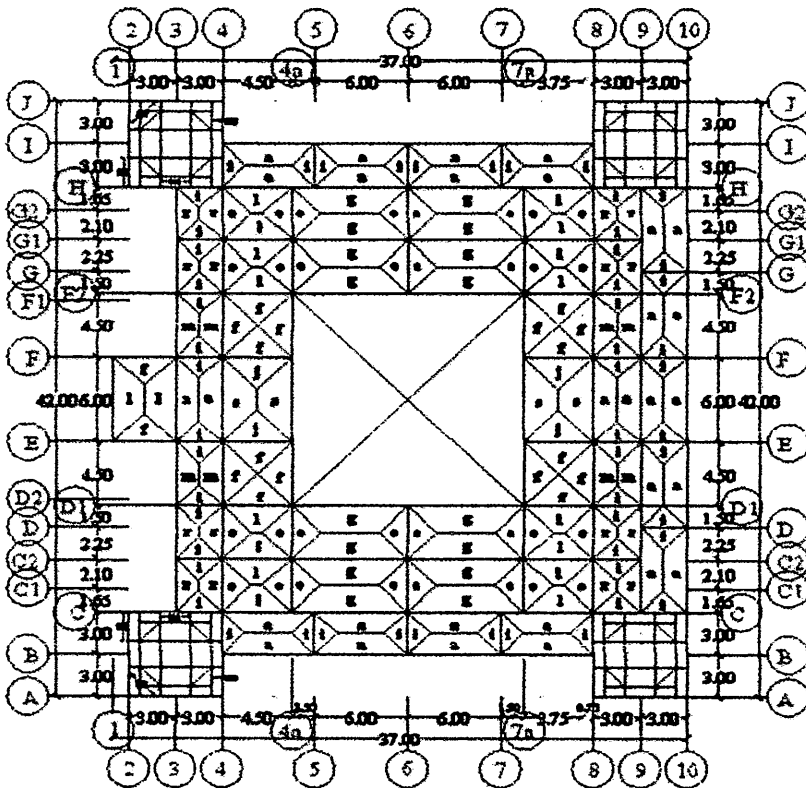
Gambar 3.6 Masjid Tampak Depan



Gambar 3.7 Perencanaan Perataan Beban Lantai 2



Gambar 3.8 Perencanaan Perataan Beban Lantai 3

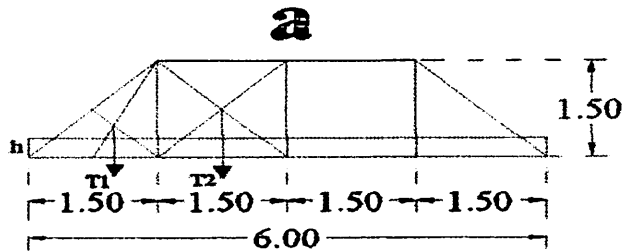


Gambar 3.9 Perencanaan Perataan Beban Lantai Atap

3.5 Perhitungan Perataan Beban

- Perhitungan perataan struktur utama

1. Perataan beban tipe a



$$T_1 = 1/2 \times 1,50 \times 1,50 = 1,13 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 1,50 \times 1,50 = 2,25 \text{ m}^2 +$$

$$Ra=Rb = 3,38 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= Ra \times \frac{1}{2} L - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 1,5 + 1,5 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 1,5 \right) \\ &= 3,38 \times \frac{1}{2} 6,0 - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 1,5 + 1,5 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 1,5 \right) \\ &= 6,188 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times ha \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times ha \times 6,0^2 \\ &= 4,5 \text{ ha} \end{aligned}$$

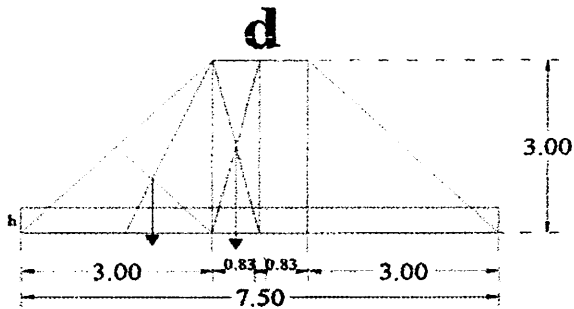
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$6,19 = 4,5 \text{ ha}$$

$$ha = \frac{6,2}{4,5}$$

$$ha = 1,38 \text{ m}$$

2. Perataan beban tipe d



$$T_1 = \frac{1}{2} \times 3,00 \times 3,00 = 4,50 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 0,83 \times 3,00 = 2,49 \text{ m}^2 +$$

$$Ra=Rb = 6,99 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= Ra \times \frac{1}{2} L - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 3,00 + 0,83 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 0,83 \right) \\ &= 6,99 \times \frac{1}{2} \times 7,5 - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 3,00 + 0,83 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 0,83 \right) \\ &= 16,944 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times ha \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times ha \times 7,5^2 \\ &= 7 \text{ ha} \end{aligned}$$

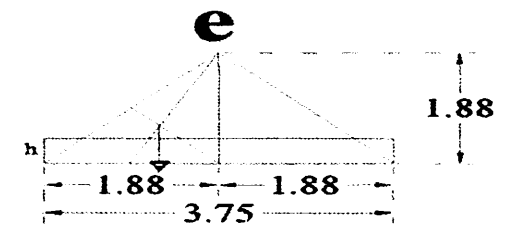
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$16,9 = 7 \text{ ha}$$

$$ha = \frac{17}{7}$$

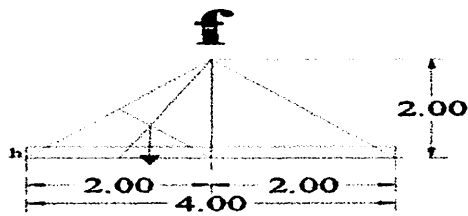
$$ha = 2,41 \text{ m}$$

3. Perataan beban tipe e



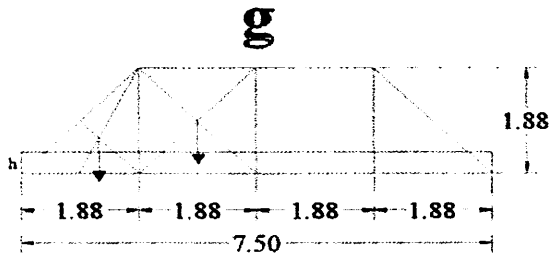
$$h = \frac{2}{3} \times 1,88 = 1,25 \text{ m}$$

4. Perataan beban tipe f



$$h = \frac{2}{3} \times 2,00 = 1,33 \text{ m}$$

5. Perataan beban tipe g



$$T_1 = \frac{1}{2} \times 1,88 \times 1,88 = 1,77 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 1,88 \times 1,88 = 3,53 \text{ m}^2 +$$

$$Ra=Rb = 5,30 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= Ra \times \frac{1}{2} L - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 1,88 + 1,88 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 1,88 \right) \\ &= 5,30 \times \frac{1}{2} \times 7,5 - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 1,88 + 1,88 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 1,88 \right) \\ &= 12,129 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times ha \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times ha \times 7,5^2 \\ &= 7 \text{ ha} \end{aligned}$$

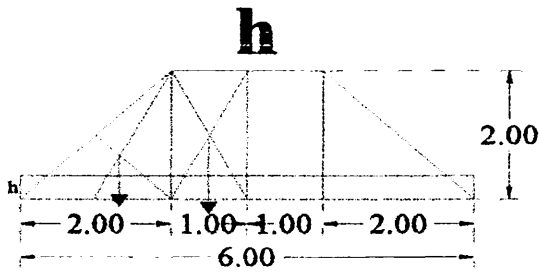
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$12,1 = 7 \text{ ha}$$

$$ha = \frac{12}{7}$$

$$ha = 1,72 \text{ m}$$

6. Perataan beban tipe h



$$T_1 = \frac{1}{2} \times 2,00 \times 2,00 = 2,00 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 1,00 \times 2,00 = 2,00 \text{ m}^2 +$$

$$\underline{\text{Ra=Rb}} = 4,00 \text{ m}^2$$

$$M_{\max 1} = \text{Ra} \times \frac{1}{2} L - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 2,00 + 1,00 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 1,00 \right)$$

$$= 4,00 \times \frac{1}{2} 6,0 - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 2,00 + 1,00 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 1,00 \right)$$

$$= 7,667 \text{ m}^3$$

$$M_{\max 2} = \frac{1}{8} \times h_a \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times h_a \times 6,0^2$$

$$= 4,5 h_a$$

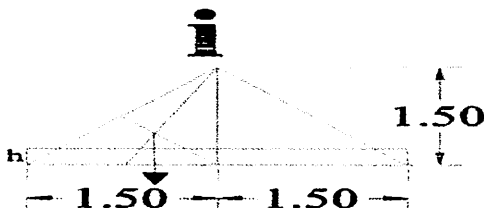
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$7,7 = 4,5 h_a$$

$$h_a = \frac{7,7}{4,5}$$

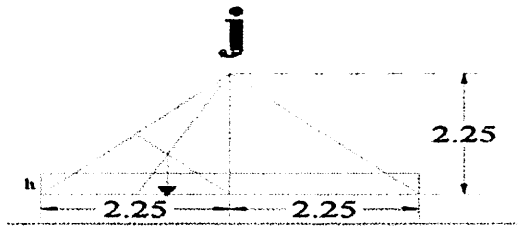
$$h_a = 1,70 \text{ m}$$

7. Perataan beban tipe i



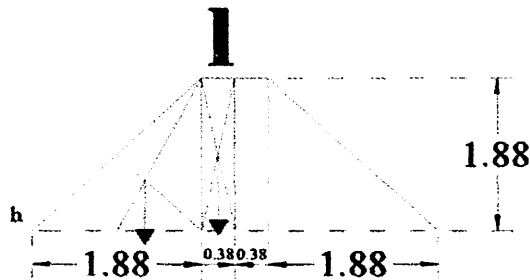
$$h = \frac{2}{3} \times 1,50 = 1,00 \text{ m}$$

8. Perataan beban tipe j



$$h = \frac{2}{3} \times 2,25 = 1,50 \text{ m}$$

9. Perataan beban tipe l



$$T_1 = \frac{1}{2} \times 1,88 \times 1,88 = 1,77 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 0,38 \times 1,88 = 0,71 \text{ m}^2 +$$

$$Ra=Rb = 2,48 \text{ m}^2$$

$$M_{\max 1} = Ra \times \frac{1}{2} L - T1 \left(\frac{1}{3} \times 1,88 + 0,38 \right) - T2 \left(\frac{1}{2} \times 0,38 \right)$$

$$= 2,48 \times \frac{1}{2} 4,5 - T1 \left(\frac{1}{3} \times 1,88 + 0,38 \right) - T2 \left(\frac{1}{2} \times 0,38 \right)$$

$$= 3,669 \text{ m}^3$$

$$M_{\max 2} = \frac{1}{8} \times ha \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times ha \times 4,5^2$$

$$= 2,5 \text{ ha}$$

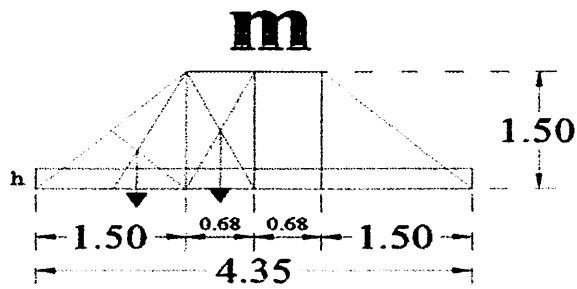
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$3,7 = 2,5 \text{ ha}$$

$$ha = \frac{3,7}{2,5}$$

$$ha = 1,45 \text{ m}$$

10. Perataan beban tipe m



$$T_1 = 1/2 \times 1,50 \times 1,50 = 1,13 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 0,68 \times 1,50 = 1,02 \text{ m}^2 +$$

$$Ra=Rb = 2,15 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= Ra \times \frac{1}{2} L - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 1,50 + 0,68 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 0,68 \right) \\ &= 2,15 \times \frac{1}{2} \times 4,4 - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 1,50 + 0,68 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 0,68 \right) \\ &= 2,991 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times ha \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times ha \times 4,4^2 \\ &= 2,4 \text{ ha} \end{aligned}$$

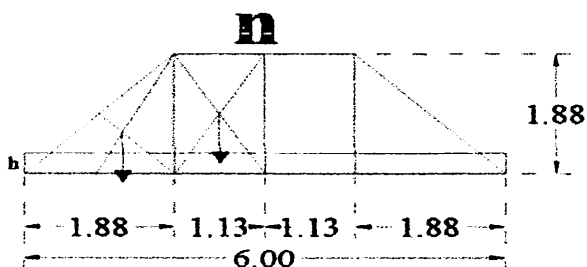
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$3,0 = 2,4 \text{ ha}$$

$$ha = \frac{3}{2,4}$$

$$ha = 1,26 \text{ m}$$

11. Perataan beban tipe n



$$T_1 = 1/2 \times 1,88 \times 1,88 = 1,77 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 1,13 \times 1,88 = 2,12 \text{ m}^2 +$$

$$Ra=Rb = 3,89 \text{ m}^2$$

$$M_{\max 1} = Ra \times \frac{1}{2} L - T1 \left[\frac{1}{3} \times 1,88 + 1,13 \right] - T2 \left[\frac{1}{2} \times 1,13 \right]$$

$$= 3,89 \times \frac{1}{2} \times 6,0 - T1 \left[\frac{1}{3} \times 1,88 + 1,13 \right] - T2 \left[\frac{1}{2} \times 1,13 \right]$$

$$= 7,370 \text{ m}^3$$

$$M_{\max 2} = \frac{1}{8} \times ha \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times ha \times 6,0^2$$

$$= 4,5 \text{ ha}$$

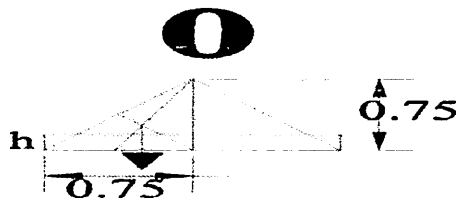
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$7,4 = 4,5 \text{ ha}$$

$$ha = \frac{7,4}{4,5}$$

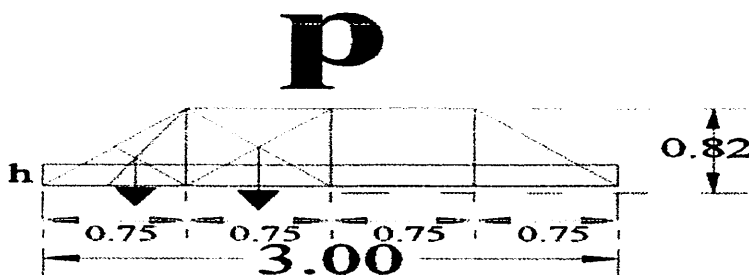
$$ha = 1,64 \text{ m}$$

12. Perataan beban tipe o



$$h = 2/3 \times 0,75 = 0,50 \text{ m}$$

13. Perataan beban tipe p



$$T_1 = 1/2 \times 0,75 \times 0,82 = 0,31 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 0,75 \times 0,82 = 0,62 \text{ m}^2 +$$

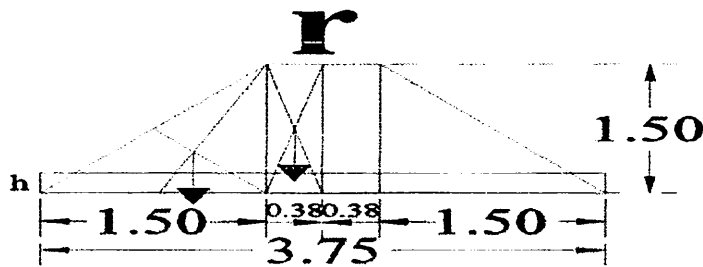
$$Ra=Rb = 0,92 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= R_a \times \frac{1}{2} L - T_1 \left[\frac{1}{3} \times 0,75 + 0,75 \right] - T_2 \left[\frac{1}{2} \times 0,75 \right] \\
 &= 0,92 \times \frac{1}{2} \times 3,0 - T_1 \left[\frac{1}{3} \times 0,75 + 0,75 \right] - T_2 \left[\frac{1}{2} \times 0,75 \right] \\
 &= 0,846 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times h_a \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times h_a \times 3,0^2 \\
 &= 1,1 \text{ ha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= M_{\max 2} \\
 0,8 &= 1,1 \text{ ha} \\
 h_a &= \frac{0,8}{1,1} \\
 h_a &= 0,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

14. Perataan beban tipe r



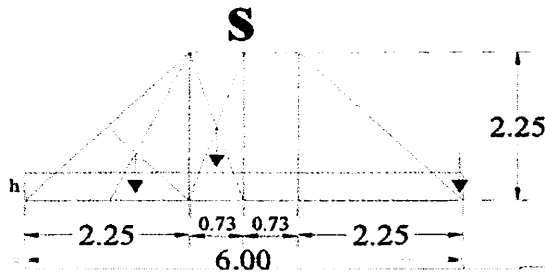
$$\begin{aligned}
 T_1 &= \frac{1}{2} \times 1,50 \times 1,50 = 1,13 \text{ m}^2 \\
 T_2 &= 0,38 \times 1,50 = 0,57 \text{ m}^2 + \\
 \hline
 R_a=R_b &= 1,70 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= R_a \times \frac{1}{2} L - T_1 \left[\frac{1}{3} \times 1,50 + 0,38 \right] - T_2 \left[\frac{1}{2} \times 0,38 \right] \\
 &= 1,70 \times \frac{1}{2} \times 3,0 - T_1 \left[\frac{1}{3} \times 1,50 + 0,38 \right] - T_2 \left[\frac{1}{2} \times 0,38 \right] \\
 &= 1,444 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times h_a \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times h_a \times 3,0^2 \\
 &= 1,1 \text{ ha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= M_{\max 2} \\
 1,4 &= 1,1 \text{ ha} \\
 \text{ha} &= \frac{1,4}{1,1} \\
 \text{ha} &= 1,28 \text{ m}
 \end{aligned}$$

15. Perataan beban tipe s



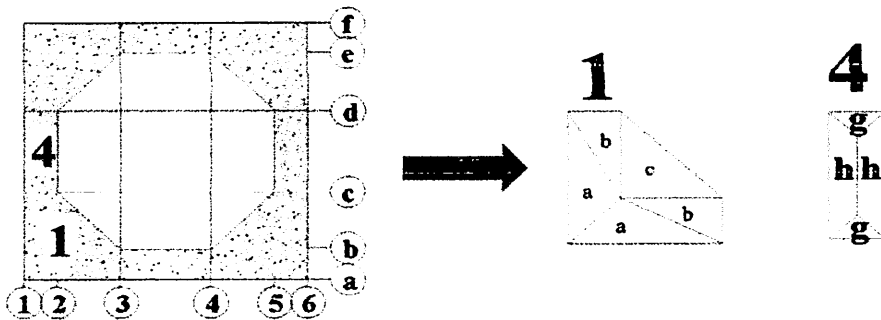
$$\begin{aligned}
 T_1 &= \frac{1}{2} \times 2,25 \times 2,25 = 2,53 \text{ m}^2 \\
 T_2 &= 0,73 \times 2,25 = 1,64 \text{ m}^2 + \\
 \text{Ra=Rb} &= 4,17 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= \text{Ra} \times \frac{1}{2} L - T_1 \left[\frac{1}{3} \times 2,25 + 0,73 \right] - T_2 \left[\frac{1}{2} \times 0,73 \right] \\
 &= 4,17 \times \frac{1}{2} 6,0 - T_1 \left[\frac{1}{3} \times 2,25 + 0,73 \right] - T_2 \left[\frac{1}{2} \times 0,73 \right] \\
 &= 8,175 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

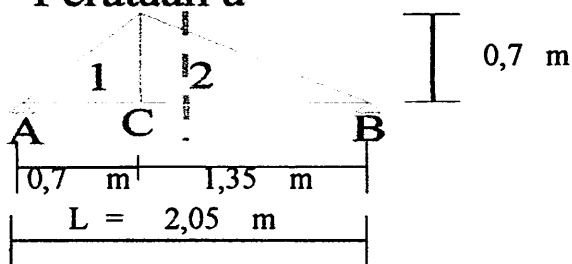
$$\begin{aligned}
 M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times \text{ha} \times L^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times \text{ha} \times 6,0^2 \\
 &= 4,5 \text{ ha}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= M_{\max 2} \\
 8,2 &= 4,5 \text{ ha} \\
 \text{ha} &= \frac{8,2}{4,5} \\
 \text{ha} &= 1,82 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Perataan Beban Lantai Menara dan Lantai Atap 1



Perataan a



$$T1 = 0,245 \text{ m}^2$$

$$T2 = 0,4725 \text{ m}^2$$

$$\sum M_B = 0$$

$$\rightarrow [R_a \times 2,05] - [0,245 \times 1,58] - [0,473 \times 0,9]$$

$$\rightarrow 2,05 R_a - 0,813 = 0$$

$$\rightarrow 2,05 R_a = 0,813$$

$$R_a = \frac{0,813}{2,050} = 0,3967 \text{ m}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$\rightarrow [-R_b \times 2,05] + [0,245 \times 0,467] + [0,473 \times 1,150]$$

$$\rightarrow -2,05 R_b + 0,658 = 0$$

$$\rightarrow -2,05 R_b = -0,658$$

$$\rightarrow 2,050 R_b = 0,658$$

$$R_b = \frac{0,658}{2,050} = 0,321 \text{ m}$$

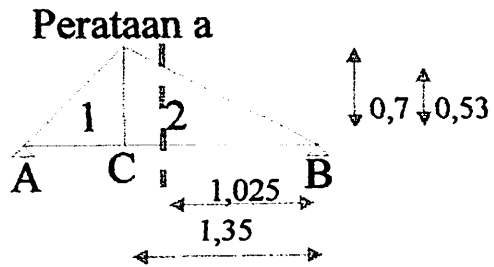
Kontrol:

$$R_a + R_b = T1 + T2$$

$$0,397 + 0,321 = 0,245 + 0,473$$

$$0,718 = 0,718 \quad \text{Ok}$$

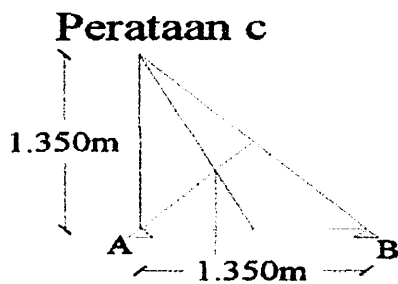
$$t_2 = 0,272 \text{ m}^2$$



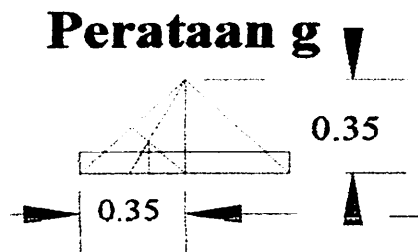
$$\begin{aligned} M1 &= \left\{ \begin{matrix} Rb & \times & 1/2 L \end{matrix} \right\} - \left\{ \begin{matrix} t_2 & \times & 0,342 \end{matrix} \right\} \\ &= \left\{ \begin{matrix} 0,321 & \times & 1,025 \end{matrix} \right\} - \left\{ \begin{matrix} 0,272 & \times & 0,342 \end{matrix} \right\} \\ &= 0,236 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M2 &= \frac{1}{8} \times h \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times h \times 2,05^2 \\ &= 0,525 h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h \rightarrow 0,525 h &= 0,236 \\ h &= \frac{0,236}{0,525} = 0,449 \text{ m} \end{aligned}$$

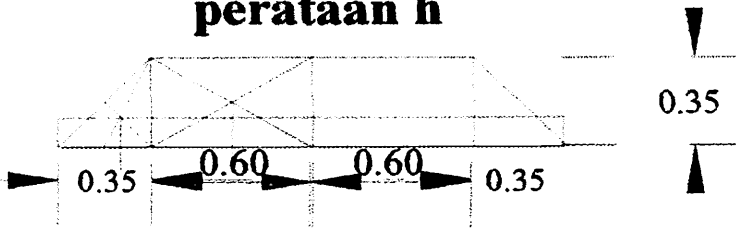


$$h = \frac{2}{3} \times 1,35 = 0,90 \text{ m}$$



$$h = \frac{2}{3} \times 0,00 = 0,00 \text{ m}$$

perataan h



$$T_1 = 1/2 \times 0,35 \times 0,35 = 0,06 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 0,60 \times 0,35 = 0,21 \text{ m}^2 +$$

$$Ra=Rb = 0,27 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= Ra \times \frac{1}{2} L - T_1 \left[\frac{1}{3} \times 0,35 + 0,60 \right] - T_2 \left[\frac{1}{2} \times 0,60 \right] \\ &= 0,27 \times \frac{1}{2} \times 1,9 - T_1 \left[\frac{1}{3} \times 0,35 + 0,60 \right] - T_2 \left[\frac{1}{2} \times 0,60 \right] \\ &= 0,151 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \times ha \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times ha \times 1,9^2 \\ &= 0,5 \text{ ha} \end{aligned}$$

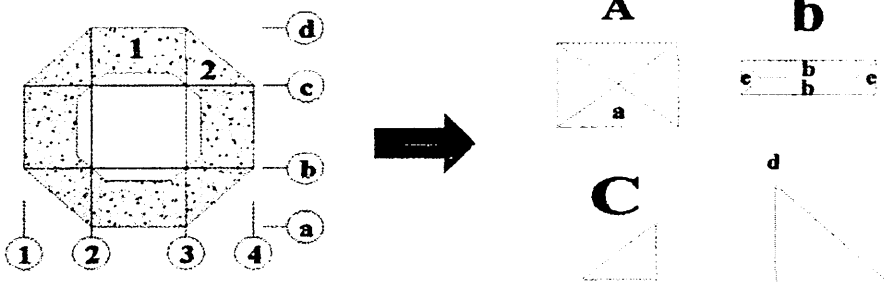
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

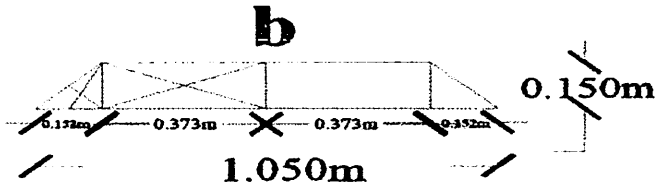
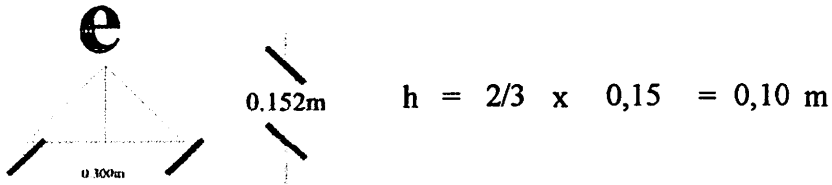
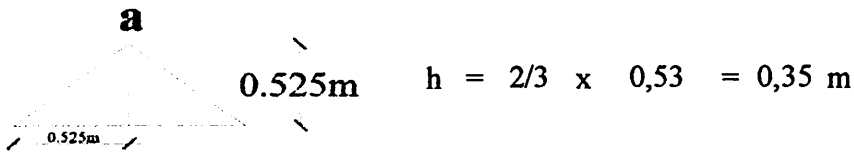
$$0,2 = 0,5 \text{ ha}$$

$$ha = \frac{0,2}{0,5}$$

$$ha = 0,33 \text{ m}$$

- Perataan Beban Lantai Menara Atas





$$T_1 = \frac{1}{2} \times 0,15 \times 0,15 = 0,01 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 0,37 \times 0,15 = 0,06 \text{ m}^2$$

$$Ra=Rb = 0,07 \text{ m}^2$$

$$M_{\max 1} = Ra \times \frac{1}{2} L - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 0,15 + 0,37 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 0,37 \right)$$

$$= 0,07 \times \frac{1}{2} \times 1,05 - T_1 \left(\frac{1}{3} \times 0,15 + 0,37 \right) - T_2 \left(\frac{1}{2} \times 0,37 \right)$$

$$= 0,020 \text{ m}^3$$

$$M_{\max 2} = \frac{1}{8} \times ha \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times ha \times 1,1^2$$

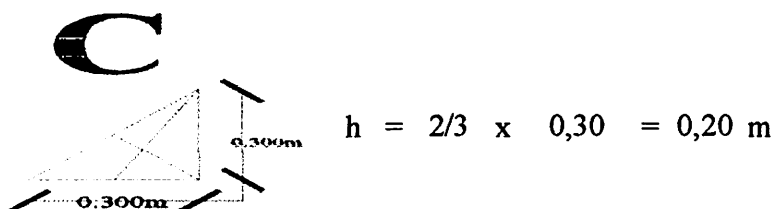
$$= 0,1 \text{ ha}$$

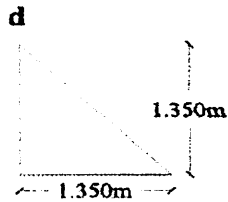
$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$0,02 = 0,1 \text{ ha}$$

$$ha = \frac{0,02}{0,1}$$

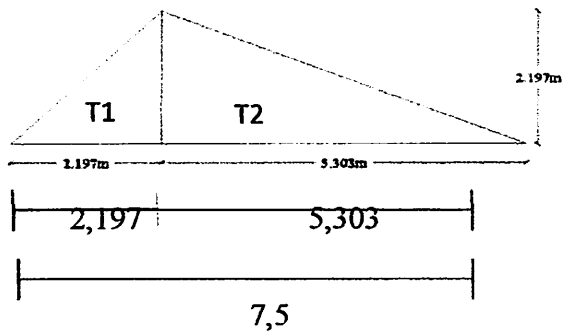
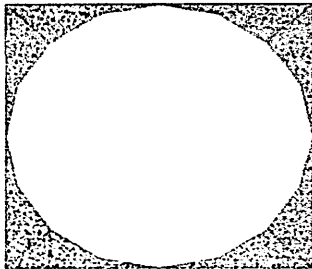
$$ha = 0,146 \text{ m}$$





$$h = \frac{2}{3} \times 1,35 = 0,90 \text{ m}$$

- Perataan Beban Lantai Atap 2



$$T1 = 2,4134 \text{ m}^2$$

$$T2 = 5,8253 \text{ m}^2$$

$$\sum MB = 0$$

$$\rightarrow [Ra \times 7,50] - [2,413 \times 6,04] - [5,825 \times 3,5]$$

$$\rightarrow 7,50 Ra - 35,160 = 0$$

$$\rightarrow 7,50 Ra = 35,160$$

$$Ra = \frac{35,160}{7,500} = 4,688 \text{ m}$$

$$\sum MA = 0$$

$$\rightarrow [-Rb \times 7,50] + [2,413 \times 1,465] + [5,825 \times 3,965]$$

$$\rightarrow -7,50 Rb + 26,630 = 0$$

$$\rightarrow -7,50 Rb = -26,630$$

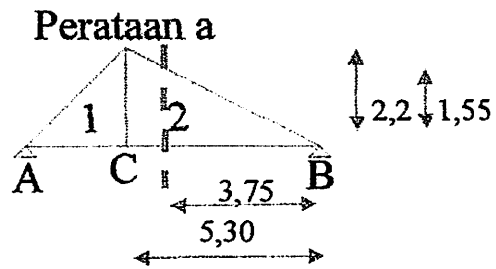
$$\rightarrow 7,500 Rb = 26,630$$

$$Rb = \frac{26,630}{7,500} = 3,551 \text{ m}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{rclcl} Ra & + & Rb & = & T1 & + & T2 \\ 4,688 & + & 3,551 & = & 2,413 & + & 5,825 \\ & & 8,239 & = & 8,239 & & \text{Ok} \end{array}$$

$$t_2 = 2,913 \text{ m}^2$$



$$\begin{aligned} M1 &= \left\{ R_b \times \frac{1}{2} L \right\} - \left\{ t_2 \times 1,250 \right\} \\ &= \left\{ 3,551 \times 3,750 \right\} - \left\{ 2,913 \times 1,250 \right\} \\ &= 9,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M2 &= \frac{1}{8} \times h \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times h \times 7,50^2 \\ &= 7,031 h \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h \rightarrow 7,031 h &= 9,7 \\ h &= \frac{9,7}{7,031} = 1,376 \text{ m} \end{aligned}$$

BAB IV

PERHITUNGAN ANALISA DIMENSI DAN PEMBEBANAN

4.1 Perencanaan Dimensi Penampang Balok

Konstruksi Balok-T

→ Balok Induk

- Panjang balok = 7,5 m

Tinggi balok $h = 1/10 L - 1/15 L \rightarrow$ diambil $1/12$

$$h = 1/12 \cdot 7,5 = 0,7 \text{ m}$$

Lebar balok $b = 1/2 h - 2/3 h \rightarrow$ diambil $2/3$

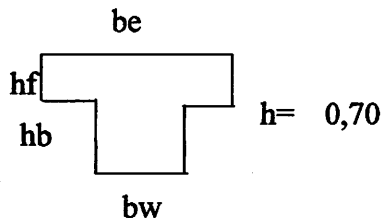
$$b = 2/3 \cdot 0,7 = 0,5 \text{ m}$$

$$b_w = 0,50 \text{ m}$$

$$h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$h_b = 0,55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} b_e &= 2 h_b + b_w \leq b_w + 8 \cdot h_f \\ &= \left[2 \cdot 0,55 \right] + 0,5 \leq 0,50 + \left[8 \cdot 0,15 \right] \\ &= 1,6 \text{ m} \leq 1,7 \text{ m} \quad (\text{Ok}) \end{aligned}$$



Dalam SNI 2847-2013 pasal 8.12.2 hal 63 lebar slab efektif (b_e)

sebagai sayap balok T tidak boleh melebihi $1/4$ bentang balok (L)

dan lebar efektif sayap masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi $1/2$ jarak bersih ke badan sebelahnya (L_n)

$$b_e = 1,6 \text{ m} < \left[1/4 \cdot 7,5 = 1,875 \text{ m} \right] \quad (\text{Ok})$$

$$b_e = \frac{1,6 - 0,50}{2} = 0,55 \text{ m} < \frac{1}{2} \cdot 6,9 = 3,45 \text{ m} \quad (\text{Ok})$$

- Panjang balok = 4 m

Tinggi balok $h = 1/10 L - 1/15 L \rightarrow$ diambil $1/10$

$$h = 1/10 \cdot 4 = 0,40 \text{ m}$$

Lebar balok $b = 1/2 h - 2/3 h \rightarrow$ diambil $2/3$

$$b = 2/3 \cdot 0,4 = 0,3 \text{ m}$$

$$b_w = 0,30 \text{ m}$$

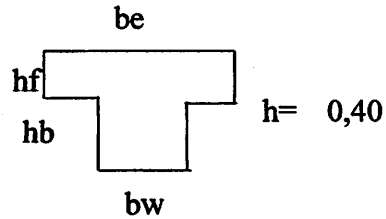
$$h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$h_b = 0,25 \text{ m}$$

$$b_e = 2 h_b + b_w \leq b_w + 8 \cdot h_f$$

$$= [2 \cdot 0,25] + 0,3 \leq 0,30 + [8 \cdot 0,15]$$

$$= 0,8 \text{ m} \leq 1,5 \text{ m} \quad (\text{Ok})$$



Dalam SNI 2847-2013 pasal 8.12.2 hal 63 lebar slab efektif (b_e)

sebagai sayap balok T tidak boleh melebihi $1/4$ bentang balok (L)

dan lebar efektif sayap masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi $1/2$ jarak bersih ke badan sebelahnya (L_n)

$$b_e = 0,8 \text{ m} < \left[1/4 \cdot 4 = 1 \text{ m} \right] \quad (\text{Ok})$$

$$b_e = \frac{0,8 - 0,30}{2} = 0,25 \text{ m} < \frac{1}{2} \cdot 3,6 = 1,8 \text{ m} \quad (\text{Ok})$$

- Panjang balok = 15 m

Tinggi balok $h = 1/10 L - 1/15 L \rightarrow$ diambil $1/15$

$$h = 1/15 \cdot 15 = 1,00 \text{ m}$$

Lebar balok $b = 1/2 h - 2/3 h \rightarrow$ diambil $2/3$

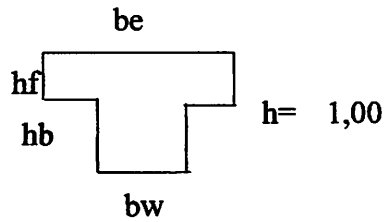
$$b = 2/3 \cdot 1,0 = 0,7 \text{ m}$$

$$b_w = 0,70 \text{ m}$$

$$h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$h_b = 0,85 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} b_e &= 2 h_b + b_w \leq b_w + 8 \cdot h_f \\ &= (2 \cdot 0,85) + 0,7 \leq 0,70 + (8 \cdot 0,15) \\ &= 2,4 \text{ m} \geq 1,9 \text{ m} \quad (\text{Maka dipakai yang terkecil}) \end{aligned}$$



Dalam SNI 2847-2013 pasal 8.12.2 hal 63 lebar slab efektif (b_e) sebagai sayap balok T tidak boleh melebihi $1/4$ bentang balok (L) dan lebar efektif sayap masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi $1/2$ jarak bersih ke badan sebelahnya (L_n)

$$b_e = 1,9 \text{ m} < \left[1/4 \cdot 15 = 3,75 \text{ m} \right] \quad (\text{Ok})$$

$$b_e = \frac{1,9 - 0,70}{2} = 0,6 \text{ m} < \frac{1}{2} \cdot 14 = 7 \text{ m} \quad (\text{Ok})$$

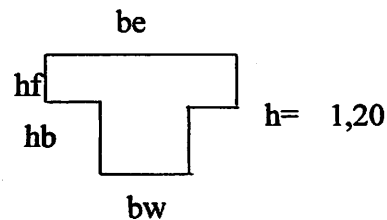
- Panjang balok = 3,1 m (Balok Konsol)

$$b_w = 0,70 \text{ m}$$

$$h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$h_b = 1,05 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} b_e &= 2 h_b + b_w \leq b_w + 8 \cdot h_f \\ &= (2 \cdot 1,05) + 0,7 \leq 0,70 + (8 \cdot 0,15) \\ &= 2,8 \text{ m} \geq 1,9 \text{ m} \quad \text{Maka dipakai yang terkecil} \end{aligned}$$



Konstruksi Balok-L

→ Balok Induk

- Panjang balok = 7,5 m

Tinggi balok $h = 1/10 L - 1/15 L \rightarrow$ diambil $1/12$

$$h = 1/12 \cdot 7,5 = 0,7 \text{ m}$$

Lebar balok $b = 1/2 h - 2/3 h \rightarrow$ diambil $2/3$

$$b = 2/3 \cdot 0,7 = 0,5 \text{ m}$$

$$b_w = 0,5 \text{ m}$$

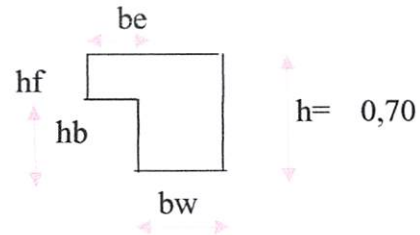
$$h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$h_b = 0,55 \text{ m}$$

$$b_e = h_b \leq 4 \cdot h_f$$

$$= 0,6 \text{ m} \leq 4 \cdot 0,15$$

$$= 0,6 \text{ m} \leq 0,6 \quad (\text{Ok})$$



Dalam SNI 2847-2013 pasal 8.12.2 hal 63 lebar efektif (b_e) dari masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi $6x$ tebal pelat, $1/12$ panjang bentang balok, dan $1/2 x$ jarak bersih ke badan sebelahnya (L_n)

$$b_e = 0,55 \text{ m} < \left\{ \begin{array}{l} 1/12 \cdot 7,5 = 0,625 \text{ m} \\ 1/2 \cdot 6,9 = 0,575 \text{ m} \end{array} \right\} \quad (\text{Ok})$$

$$b_e = 0,55 \text{ m} < \left\{ \begin{array}{l} 1/12 \cdot 7,5 = 0,625 \text{ m} \\ 1/2 \cdot 6,9 = 0,575 \text{ m} \end{array} \right\} \quad (\text{Ok})$$

- Panjang balok = 4 m

Tinggi balok $h = 1/10 L - 1/15 L \rightarrow$ diambil $1/10$

$$h = 1/10 \cdot 4 = 0,40 \text{ m}$$

Lebar balok $b = 1/2 h - 2/3 h \rightarrow$ diambil $2/3$

$$b = 2/3 \cdot 0,4 = 0,3 \text{ m}$$

$$b_w = 0,3 \text{ m}$$

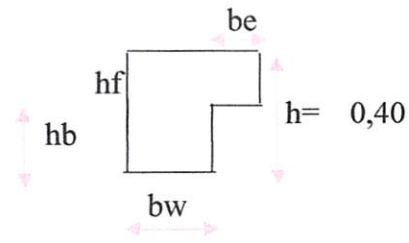
$$h_f = 0,15 \text{ m}$$

$$h_b = 0,25 \text{ m}$$

$$b_e = h_b \leq 4 \cdot h_f$$

$$= 0,25 \text{ m} \leq 4 \cdot 0,15$$

$$= 0,25 \text{ m} \leq 0,6 \quad (\text{Ok})$$



Dalam SNI 2847-2013 pasal 8.12.2 hal 63 lebar efektif (b_e) dari masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi $6x$ tebal pelat, $1/12$ panjang bentang balok, dan $1/2 x$ jarak bersih ke badan sebelahnya (L_n)

$$b_e = 0,25 \text{ m} < \left\{ \begin{array}{l} 1/12 \cdot 4 = 0,333 \text{ m} \\ 1/2 \cdot 3,6 = 0,3 \text{ m} \end{array} \right\} \quad (\text{Ok})$$

$$b_e = 0,25 \text{ m} < \left\{ \begin{array}{l} 1/12 \cdot 4 = 0,333 \text{ m} \\ 1/2 \cdot 3,6 = 0,3 \text{ m} \end{array} \right\} \quad (\text{Ok})$$

Konstruksi Balok Persegi

→ Balok Lingkar

- Panjang balok = 2,9 m

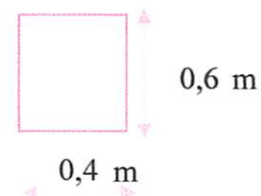
Tinggi balok $h = 1/10 L - 1/15 L \rightarrow$ diambil $1/12$

$$h = 1/12 \cdot 2,9 = 0,2 \text{ m}$$

Lebar balok $b = 1/2 h - 2/3 h \rightarrow$ diambil $2/3$

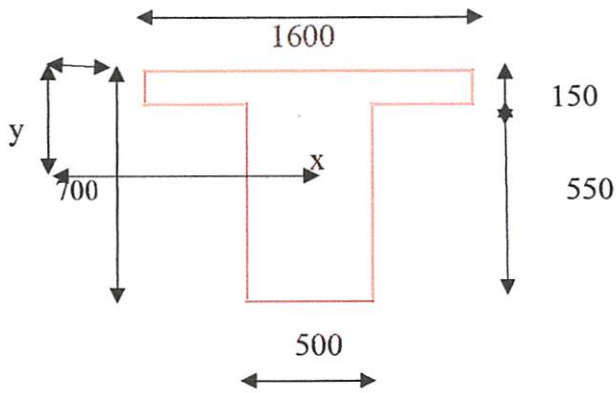
$$b = 2/3 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ m}$$

Perbesar penampang menjadi 40/60 cm



- Menentukan tebal plat (awal rencana $t = 15 \text{ cm}$)

- Diambil balok = 0,5 / 0,7



Merencanakan titik berat balok T terhadap tepi atas:

$$\left[hf \cdot Be \cdot \frac{1}{2} hf \right] + \left[bw \cdot hb \cdot \left(\frac{1}{2} hb + hf \right) \right] y$$

$$\left[150 \cdot 1600 \cdot \frac{1}{2} \cdot 150 \right] + \left[500 \cdot 550 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 550 + 150 \right) \right] y$$

$$\left[18000000 \quad + \quad 116875000 \right] y$$

=

$$\left[hf \cdot Be \right] + \left[bw \cdot hb \right] y$$

$$\left[150 \cdot 1600 \right] + \left[500 \cdot 550 \right] y$$

$$240000 \quad + \quad 275000 \quad y$$

$$y = \frac{18000000 + 116875000}{240000 + 275000} = 261,9 \text{ mm}$$

Menghitung momen inersia balok T

$$I_b = \frac{1}{12} Be \cdot hf^3 + Be \cdot hf \cdot \left[y - \frac{hf}{2} \right]^2 +$$

$$\frac{1}{12} bw \cdot hb^3 + bw \cdot hb \cdot \left[h - y - \frac{hb}{2} \right]^2$$

$$= \frac{1}{12} 1600 \cdot 150^3 + 1600 \cdot 150 \cdot \left[262 - 75 \right]^2 +$$

$$\frac{1}{12} 500 \cdot 550^3 + 500 \cdot 550 \cdot \left[700 - 262 - 275 \right]^2$$

$$= 23081320793 \text{ mm}^4 = 230813 \text{ cm}^4$$

Menghitung momen inersia plat

$$\begin{aligned} I_p &= 1/12 L \cdot hf^3 \Rightarrow (L=7500 \times 3750 \text{ mm panjang} \times \text{lebar plat}) \\ &= 1/12 \cdot 7500 \cdot 150^3 \\ &= 2109375000 \text{ mm}^4 = 21094 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung modulus elastisitas (Ecb dan Ecp) balok dan pelat

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{35} \\ &= 27805,6 \text{ MPa atau N/mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung α_f

$$\begin{aligned} \alpha_f &= \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} \\ &= \frac{27805,6 \cdot 23081320793}{27805,6 \cdot 2109375000} = 10,9 \end{aligned}$$

Menghitung α_{fm}

$$\alpha_{fm} = \frac{10,9 + 10,9 + 10,9 + 10,9}{4} = 10,9 > 2$$

Untuk α_{fm} lebih besar dari 2 ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari rumus dibawah : (SNI 2837-2013 pasal 9.5.3.3 hal:72)

$$\begin{aligned} h &= \frac{\ell_n \cdot 0,8 + \frac{f_y}{1400}}{36 + 9 \cdot \beta} \Rightarrow \ell_n = \text{panjang bersih balok ke} \\ & \quad \text{balok } (7,5 - (2 \times (1/2 \times 0,7))) \text{ m} \\ & \quad \beta = L_y/L_x = \frac{7500}{3750} = 2 \\ &= \frac{6800 \cdot 0,8 + \frac{400}{1400}}{36 + 9 \cdot 2} \quad \text{(Pelat dua arah)} \\ &= 136,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perencanaan asumsi awal tebal pel = 150 mm telah memenuhi

- Dimensi Penampang Kolom

- Kolom lantai 1,2,3 dan atap 1 dan 2

- Dipakai kolom berukuran 60 / 60 cm
- Dipakai kolom berukuran 40 / 40 cm
- Dipakai kolom berukuran $\phi = 100$ cm

- Dimensi Struktur Menara

- Dimensi kolom

- Pipa baja SCH 40 = ϕ 10 inc = 25 cm , ϕ 8 inc = 20 cm

- Dimensi bracing

- Pipa baja SCH 40 = ϕ 4 inc = 10 cm , ϕ 3 inc = 7,6 cm

- Dimensi balok/H-beam

- L100x100x8x6

4.2 Perhitungan Pembebanan Plat Lantai

- Perhitungan pembebanan plat lantai 2 dan 3

Beban mati:

Berat beton bertulang	=	0,15	.	2400	=	360	Kg/m ²
Berat langit-langit (plafond)	=			11	=	11	Kg/m ²
Berat ME	=				=	10	Kg/m ²
Berat penggantung	=			7	=	7	Kg/m ²
Berat semen per cm	=	5	.	21	=	105	Kg/m ²
Berat penutup lantai	=			24	=	24	Kg/m ²
						<hr/>	
						qD	= 517 Kg/m ²

Beban hidup: (qL)

Berat muatan hidup lantai masjid/pertemuan	=	479	Kg/m ²
--	---	-----	-------------------

- Perhitungan pembebanan plat lantai atap

Beban mati:

Berat beton bertulang	=	0,15	.	2400	=	360	Kg/m ²
Berat ME	=				=	10	Kg/m ²
Berat langit-langit (plafond)	=			11	=	11	Kg/m ²
Berat penggantung	=			7	=	7	Kg/m ²
Berat semen per cm	=	5	.	21	=	105	Kg/m ²
						<hr/>	
						qD	= 493 Kg/m ²

Beban hidup:

Berat atap datar	qL	=	96	Kg/m ²
------------------	----	---	----	-------------------

- **Perhitungan pembebanan plat lantai atap 1**

Beban mati:

$$\begin{aligned} \text{Berat beton bertulang} &= 0,15 \cdot 2400 = 360 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat langit-langit (plafond)} &= 11 = 11 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat penggantung} &= 7 = 7 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat semen per cm} &= 5 \cdot 21 = 105 \text{ Kg/m}^2 + \\ &\qquad\qquad\qquad \text{qD} = \underline{483} \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban hidup:

$$\text{Berat atap datar} \qquad\qquad\qquad \text{qL} = 96 \text{ Kg/m}^2$$

- **Perhitungan pembebanan plat lantai menara**

Beban mati:

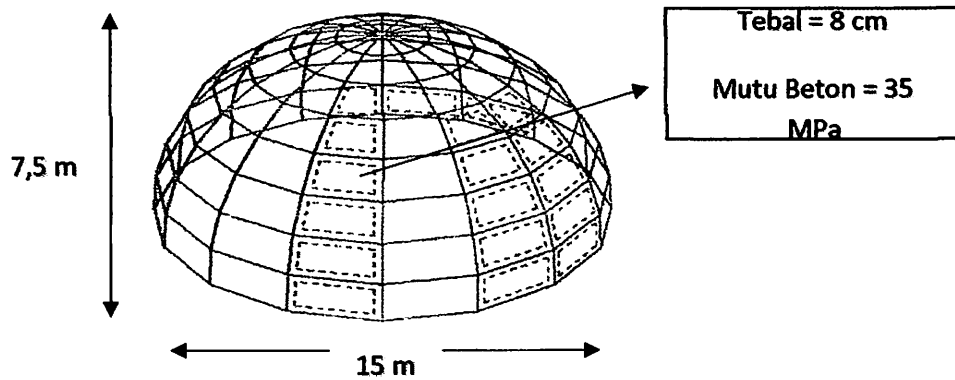
$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri beton bertulang} &= 0,12 \cdot 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat plat baja 5mm} &= 117 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat semen per cm} &= 5 \cdot 21 = 105 \text{ Kg/m}^2 + \\ &\qquad\qquad\qquad \text{qD} = \underline{510} \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban hidup:

$$\text{Berat atap datar} \qquad\qquad\qquad \text{qL} = 96 \text{ Kg/m}^2$$

4.3 **Pembebanan Struktur Cangkang Kubah**

Selaput kubah akan dimodelkan langsung dengan memanfaatkan elemen shell dalam ETABS v13. Elemen shell merupakan elemen dua dimensi (luasan) atau gabungan sifat plane dan membrane. Plate adalah elemen luasan yang menahan gaya pada arah tegak lurus bidang plat, sedangkan membrane adalah searah bidang plat, inilah contoh bentuk kubah yang akan dimodelkan dalam aplikasi



4.1 Gambar Pembebanan Kubah

- Beban Merata

- Beban Mati

$$\text{Berat spesi per cm tebal} = 8 \cdot 21 = 168 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

$$\text{Berat atap melengkung} = 96 \text{ kg/m}$$

- Beban Pusat

$$\text{Lampu gantung (asumsi)} = 1700 \text{ kg}$$

4.4 Perhitungan Pembebanan Dinding

- Pembebanan dinding lantai 1, 2, 3

→ Pembebanan dinding penuh

$$\text{tinggi dinding} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Berat granit} = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat pasangan 1/2 bata merah} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 5 \cdot 250 = 1250 \text{ kg/m}$$

$$= 5 \cdot 24 = 120 \text{ kg/m} +$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} = 1370 \text{ kg/m}$$

→ Pembebanan dinding + sebagian kaca

$$\text{tinggi dinding} = 5 - 1,7 = 3,3 \text{ m}$$

$$\text{Berat pasangan 1/2 bata merah} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{tinggi kaca} = 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Berat kaca} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 3,3 \cdot 250 + 1,7 \cdot 10 = 842 \text{ kg/m}$$

Pembebanan dinding struktur menara

→ Pembebanan dinding (Aluminium composit panel 3,5 - 5,6 kg/m²)

$$\text{tinggi dinding} = 2,5 \text{ m}$$

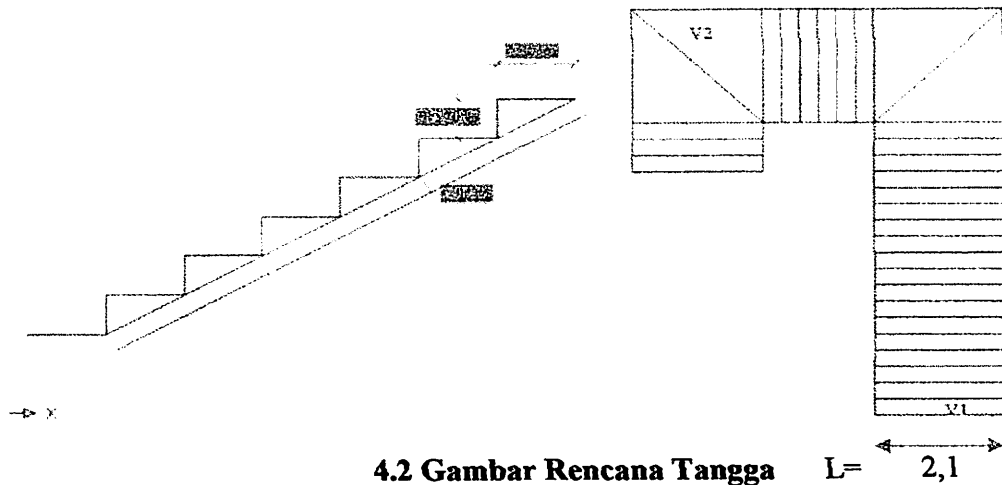
$$\text{Berat Aluminium} = 45 \text{ kg/m}^2 \text{ (tebal 10mm)}$$

$$q = 2,5 \cdot 45 = 112,5 \text{ kg/m}$$

Tabel 4.1 Pembebanan Dinding Struktur Menara

No	Beban dinding pada elevasi	Tinggi	Berat ACP	Berat Total Dinding
1	Elevasi +16,5	3 m	45 kg/m ²	135 kg/m
2	Elevasi +19,5	2,5 m	45 kg/m ²	113 kg/m
3	Elevasi +22	2,87 m	45 kg/m ²	129 kg/m
4	Elevasi +24,87	2,43 m	45 kg/m ²	109 kg/m
5	Elevasi +27,3	0,94 m	45 kg/m ²	42,3 kg/m
6	Elevasi +28,24	3,4 m	45 kg/m ²	153 kg/m
7	Elevasi +31,5	2,35 m	45 kg/m ²	106 kg/m
8	Elevasi +33,85	2,4 m	45 kg/m ²	108 kg/m
9	Elevasi +36,25	2 m	45 kg/m ²	90 kg/m

4.5 Perhitungan Pembebanan Tangga



$$\begin{aligned}
 V1 &= A1 \cdot t \cdot B_j \text{ beton bertulang} \\
 &= [0,30 \cdot 0,17 \cdot 0,15] \cdot 2400 \\
 &= 18,36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{total1} &= \text{Jumlah anak tangga} \times \text{volume} \\
 &= 27 \cdot 18,36 \\
 &= 495,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V2 &= Vol \cdot t \cdot B_j \text{ beton bertulang} \\
 &= \left[\frac{1}{2} \cdot 0,17 \cdot 2,10 \cdot 0,15 \right] \cdot 2400 \\
 &= 64,26 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{total2} &= \text{Jumlah anak tangga} \times \text{volume} \\
 &= 4 \cdot 64,26 \\
 &= 257 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Beban mati pada tangga

Berat sendiri	=	Vtotal / 1 m	=	752,76 kg/m
Berat tegel keramik	=	24	=	24 kg/m
Berat spesi	=	3 \cdot 21	=	63 kg/m
Berat relling/pegangan tangan	=	0,1 \cdot 111	=	11,1 kg/m +
			<u>qD</u>	<u>850,86 kg/m</u>

Nilai qD pembebanan tangga akan distribusikan pada balok yang berada didekat tangga dan hasil tersebut dibagi 2 pada lantai masing-masing

Tabel 4.2 Pembebanan Tangga

Lantai	Line	Kode Balok	Berat qD	Lantai	Line	Kode Balok	Berat qD
Lantai 2 dan 3	G2	9-10	425,43	Lantai 2 dan 3	A	8-10	425,43
	J	9-10	425,43		B	8-9	425,43
	I	8-9	425,43		C1	9-10	425,43
	10	G2-J	425,43		10	A-C1	425,43
	9	G2-I	425,43		9	B-C1	425,43
	8	I-J	425,43		8	A-B	425,43

4.6 Pembebanan Balok Lantai 2

- Pembebanan Balok Lantai 2 Line A (8-10)

Beban mati

$$\text{Beban tangga} = 425,4 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Tinggi Dinding} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi granit} = 5,5 \text{ m}$$

$$\text{Berat dinding (1/2 bata)} = 250 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat granit} = 24 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Beban tangga} = 425 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat granit} = 5,5 \cdot 24 = 132 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding bata} = 5 \cdot 250 = 1250 \text{ kg/m} +$$

$$\text{qD} = 1807 \text{ kg/m}$$

- Pembebanan Balok Lantai 3 Line B (5-6)

Beban mati

$$\text{Tebal plat lantai} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis beton} = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Tinggi Dinding} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi granit} = 5,5 \text{ m}$$

$$\text{Berat dinding (1/2 bata)} = 250 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Berat granit} = 24 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Perataan beban tipe a} = 1,38 \text{ m}$$

$$\text{Berat plat lantai} = 1,38 \cdot 493 = 678 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat granit} = 5,5 \cdot 24 = 132 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding bata} = 5 \cdot 250 = 1250 \text{ kg/m} +$$

$$\text{qD} = 2060 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$\text{Beban hidup } qL = 1,38 \cdot 96 = 132 \text{ kg/m}$$

Pembebanan Balok Lantai Atap 1**Beban mati**

$$\text{Tebal plat lantai} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Berat jenis beton} = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Perataan beban tipe j} = 1,38 \text{ m}$$

$$\text{Berat plat lantai} = 1,38 \cdot 483,00 \text{ qD} = 665 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$\text{Beban hidup } qL = 1,38 \cdot 96,00 = 132 \text{ kg/m}$$

Perhitungan pembebanan balok selanjutnya akan ditabelkan:

TABEL PEMBEBANAN PADA BALOK

Lantai	Line	Kode Balok	Perataan beban tipe 1	Perataan beban tipe 2	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding / kaca /granit	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
			m	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI 2 DAN 3 MELINTANG	A	2-4	1,38	0	517	479	1370	2080,875	658,63
	A	8-10	0,00	0	0	0	1370	1370	0,00
	B	2-4	1,38	1,38	517	479	0	1421,75	1317,25
	B	4-5	1,38	0,00	517	479	1370	2080,875	658,63
	B	5-6	1,38	0,00	517	479	1370	2080,875	658,63
	B	6-7	1,38	0,00	517	479	1370	2080,875	658,63
	B	7-8	1,38	0,00	517	479	1370	2080,875	658,63
	B	8-9	1,00	0,00	517	479	842	1359	479,00
	C	2-4	1,38	1,25	517	479	1370	2728,848333	1258,97
	C	4-5	1,38	1,72	517	479	0	1602,698266	1484,90
	C	5-6	1,38	1,72	517	479	0	1602,698266	1484,90
	C	6-7	1,38	1,25	517	479	0	1358,848333	1258,97
	C	7-8	1,38	1,45	517	479	0	1460,232961	1352,90
	C1	8-9	1,00	1,00	517	479	0	1034	958,00
	C1	9-10	1,00	0,00	517	479	842	1359	479,00
	C2	3-4a	1,72	1,72	517	479	0	1783,646532	1652,55
	C2	4a-6	1,72	1,72	517	479	0	1783,646532	1652,55
	C2	6-7a	1,72	1,72	517	479	0	1783,646532	1652,55
	C2	7a-8	1,45	1,45	517	479	0	1498,715922	1388,56
	D	8-9	0,75	1,00	517	479	0	905,6116667	839,05
	D	9-10	1,00	1,00	517	479	0	1034	958,00
	D1	3-4a	1,72	0,00	517	479	0	891,8232659	826,27
	D1	4a-6	1,72	0,00	517	479	0	891,8232659	826,27
	D1	6-7a	1,72	0,00	517	479	0	891,8232659	826,27
	D1	7a-7b	1,25	1,45	517	479	0	1397,331294	1294,63
	D1	7b-9	0,75	1,25	517	479	0	1036,585	960,40
	D2	1-3	1,33	0	517	479	1370	2059,333333	638,67
	E	1-3	1,33	0	517	479	0	689,3333333	638,67
	E	7a-7b	1,25	1,25	517	479	0	1295,946667	1200,69
	E	7b-9	1,25	1,25	517	479	0	1295,946667	1200,69
E	9-10	1,00	1,00	517	479	0	1034	958,00	
Karena bangunan simetris nilai qD dan qL sama untuk pembebanan balok selanjutnya									
LANTAI 2 DAN 3 MEMANJANG	1	D2-E	1,33	0	517	479	1370	2059,333333	638,67
	2	A-B	1,00	0	517	479	1370	1887	479,00
	2	B-C	1,00	0,00	517	479	1370	1887	479,00
	3	C-C2	1,25	0,00	517	479	1370	2017,973333	600,35
	3	C2-D	1,25	0,00	517	479	1370	2017,973333	600,35
	3	D-E	1,33	1,25	517	479	0	1337,306667	1239,01
	4	A-B	1,00	0,00	517	479	1370	1887	479,00
	4	B-C	1,00	1,00	517	479	0	1034	958,00
	4a	C-C2	1,25	1,25	517	479	0	1295,946667	1200,69
	4a	C2-D2	1,25	1,25	517	479	0	1295,946667	1200,69
	5	B-C	1,00	1,00	517	479	0	1034	958,00
	6	B-C	1,00	1,00	517	479	0	1034	958,00
	6	C-C2	1,25	1,00	517	479	0	1164,973333	1079,35
	6	C2-D2	1,25	1,25	517	479	0	1295,946667	1200,69
	7	B-C	1,00	1,00	517	479	0	1034	958,00
	7a	C-C2	1,25	1,25	517	479	0	1295,946667	1200,69
	7a	C2-D2	1,25	1,25	517	479	0	1295,946667	1200,69
	7a	D1-E	1,64	0,00	517	479	0	846,746353	784,51
	7b	D1-E	1,64	1,64	517	479	0	1693,492706	1569,02
	8	A-B	0,00	0,00	0	0	1370	1370	0,00

LANTAI 2 DAN 3 MEMANJANG	8	B-C	1,00	1,26	517	479	0	1170,77652	1084,72
	8	C-C1	1,25	1,26	517	479	0	1301,749853	1206,07
	8	C1-C2	1,25	1,26	517	479	0	1301,749853	1206,07
	8	C2-D	1,25	1,26	517	479	0	1301,749853	1206,07
	8	D-D1	1,25	0,50	517	479	0	906,4733333	839,85
	9	B-C1	1,26	0	0	0	842	842	0,00
	9	C1-D	1,26	1,26	517	479	0	1307,55304	1211,45
	9	D-D1	0,50	1,38	517	479	0	969,375	898,13
	9	D1-E	1,38	1,64	517	479	0	1557,621353	1443,13
	10	A-C	0	0	0	0	1370	1370	0,00
	10	C-C1	0	0	0	0	1370	1370	0,00
	10	C1-D	1,26	0	517	479	1370	2023,77652	605,72
	10	D-E	1,38	0	517	479	1370	2080,875	658,63
	1	E-F	0	0	0	0	1370	1370	0,00
	7a	E-F	1,64	0	517	479	0	846,746353	784,51
7b	E-F	1,64	1,64	517	479	0	1693,492706	1569,02	
9	E-F	1,64	1,38	517	479	0	1557,621353	1443,13	
10	E-F	1,38	1,38	517	479	1370	2791,75	1317,25	

Karena bangunan simetris nilai qD dan qL sama untuk pembebanan balok selanjutnya

TABEL PEMBEBANAN PADA BALOK

Lantai	Line	Kode Balok	Perataan beban tipe 1	Perataan beban tipe 2	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding / kaca /granit	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
			m	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI ATAP MELINTANG	B	4-5	1,38	0	493	96	0	677,88	132,00
	B	5-6	1,38	0	493	96	0	677,88	132,00
	B	6-7	1,38	0,00	493	96	0	677,88	132,00
	B	7-8	1,38	0,00	493	96	0	677,88	132,00
	C	4-4a	1,38	1,45	493	96	0	1392,45	271,15
	C	4a-5	1,38	1,72	493	96	0	1528,30	297,60
	C	5-6	1,38	1,72	493	96	0	1528,30	297,60
	C	6-7	1,38	1,72	493	96	0	1528,30	297,60
	C	7-7a	1,38	3,17	493	96	0	2242,87	436,75
	C	7a-8	1,38	1,45	493	96	0	1392,45	271,15
	C2	3-4	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	C2	4-4a	1,45	1,45	493	96	0	1429,14	278,29
	C2	4a-6	1,72	1,72	493	96	0	1700,85	331,20
	C2	6-7a	1,72	1,72	493	96	0	1700,85	331,20
	C2	7a-8	1,45	1,45	493	96	0	1429,14	278,29
	C2	8-9	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	D	9-10	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	D1	3-4	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	D1	4-4a	1,33	1,45	493	96	0	1371,90	267,15
	D1	4a-6	1,72	0,00	493	96	0	850,42	165,60
	D1	6-7a	1,72	0,00	493	96	0	850,42	165,60
	D1	7a-8	1,33	1,45	493	96	0	1371,90	267,15
	D1	8-9	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	E	1-3	1,33	0	493	96	0	657,33	128,00
	E	3-4	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	E	4-4a	1,50	1,33	493	96	0	1396,83	272,00
	E	7a-8	1,50	1,33	493	96	0	1396,83	272,00
	E	8-9	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	E	9-10	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00

Karena bangunan simetris nilai qD dan qL sama untuk pembebanan balok selanjutnya									
LANTAI ATAP MEMANJANG	3	C-C2	1,28	0	493	96	0	632,88	123,24
	3	C2-D	1,28	0	493	96	0	632,88	123,24
	3	D-D1	1,28	0	493	96	0	632,88	123,24
	3	D1-E	1,26	0	493	96	0	623,43	121,40
	4	C-C2	1,28	1,25	493	96	0	1250,77	243,56
	4	C2-D1	1,28	1,25	493	96	0	1250,77	243,56
	4	D1-E	1,26	1,26	493	96	0	1246,85	242,80
	4a	C-C2	1,25	1,25	493	96	0	1235,79	240,64
	4a	C2-D1	1,25	1,25	493	96	0	1235,79	240,64
	4a	D1-E	1,33	0	493	96	0	657,33	128,00
	5	B-C	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	6	B-C	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	6	C-C2	1,25	1,25	493	96	0	1235,79	240,64
	6	C2-D1	1,25	1,25	493	96	0	1235,79	240,64
	7	B-C	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	7a	C-C2	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	7a	C2-D1	1,00	1,00	493	96	0	986,00	192,00
	8	C-C2	1,28	1,25	493	96	0	1250,77	243,56
	8	C2-D1	1,28	1,25	493	96	0	1250,77	243,56
	8	D1-E	1,26	1,26	493	96	0	1246,85	242,80
	9	C-C2	1,38	1,28	493	96	0	1310,76	255,24
	9	C2-D	1,38	1,28	493	96	0	1310,76	255,24
	9	D-D1	1,38	1,28	493	96	0	1310,76	255,24
	9	D1-E	1,26	1,38	493	96	0	1301,30	253,40
	10	C-D	1,38	0	493	96	0	677,88	132,00
	10	D-E	1,38	0	493	96	0	677,88	132,00
	1	E-F	1,45	0	493	96	0	714,57	139,15
	3	E-F	1,45	1,38	493	96	0	1392,45	271,15
	4	E-F	1,38	1,82	493	96	0	1573,55	306,41
	4a	E-F	1,82	0	493	96	0	895,67	174,41
7a	E-F	1,82	0	493	96	0	895,67	174,41	
8	E-F	1,38	1,82	493	96	0	1573,55	306,41	
9	E-F	1,38	1,38	493	96	0	1355,75	264,00	
10	E-F	1,38	0	493	96	0	677,88	132,00	
Karena bangunan simetris nilai qD dan qL sama untuk pembebanan balok selanjutnya									
TABEL PEMBEBANAN PADA BALOK									
Lantai	Line	Kode Balok	Perataan beban tipe 1	Perataan beban tipe 2	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
			m	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI MENARA ELEVASI +16,55 MELINTANG	a	1-3	0,45	0	510	96	0	228,92	43,09
	a	3-4	0,33	0	510	96	0	170,42	32,08
	a	4-6	0,45	0	510	96	0	228,92	43,09
	b	3-4	0,33	0	510	96	135	305,42	32,08
	c	1-2	0,23	0,9	510	96	0	578,00	108,80
	c	2-3	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	c	3-4	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	c	4-5	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	c	5-6	0,23	0,9	510	96	0	578,00	108,80
	b-c	2-3	0,90	0	510	96	135	594,00	86,40
Karena bangunan simetris nilai qD dan qL sama untuk pembebanan balok selanjutnya									

LANTAI MENARA ELEVASI +16,55 MEMANJANG	1	a-c	0,45	0,00	510	96	0	228,92	43,09
	1	c-d	0,33	0,00	510	96	0	170,42	32,08
	1	d-f	0,45	0,00	510	96	0	228,92	43,09
	2	c-d	0,33	0,00	510	96	135	305,42	32,08
	3	a-b	0,23	0,90	510	96,00	0,00	578,00	108,80
	3	b-c	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	c-d	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	d-e	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3	e-f	0,23	0,90	510	96,00	0,00	578,00	108,80
2-3	b-c	0,90	0	510	96	135	594,00	86,40	

Karena bangunan simetris nilai qD dan qL sama untuk pembebanan balok selanjutnya

Lantai	Line	Kode Balok	Perataan beban tipe 1	Perataan beban tipe 2	Berat Plat (beban mati)	Berat Plat (beban hidup)	Berat dinding	Beban Mati (qD)	Beban Hidup (qL)
			m	m	m	m	kg/m	kg/m	kg/m
LANTAI MENARA ELEVASI +26,55 MELINTANG	a	2-3	0,35	0	510	96	0	178,50	33,60
	b	1-2	1,20	0	510	96	0	612,68	115,33
	b	2-3	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00
	b	3-4	1,20	0	510	96	0	612,68	115,33
	b-a	2-3	0,148	0	510	96	42,3	117,60	14,17

Karena bangunan simetris nilai qD dan qL sama untuk pembebanan balok selanjutnya

LANTAI MENARA ELEVASI +26,55 MEMANJANG	1	b-c	0,35	0,00	510,00	96,00	0,00	178,50	33,60
	2	a-b	1,20	0,00	510,00	96,00	0,00	612,68	115,33
	2	b-c	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2	c-d	1,20	0,00	510,00	96,00	0,00	612,68	115,33
	2-3	a-b	0,15	0,00	510,00	96,00	42,30	117,60	14,17

Karena bangunan simetris nilai qD dan qL sama untuk pembebanan balok selanjutnya

4.7 Perhitungan Beban Air Hujan Terhadap Atap

Tabel Pembebanan Air Hujan						
Lantai	Line	Kode Balok	Perataan Beban Tipe 1	Perataan Beban Tipe 2	Beban Air Hujan (R)	(ΣR) Beban Air Hujan
			m	m	kg/m ²	kg/m
Lantai Atap Melintang	B	4-5	1,38	0	59	81,125
	B	5-6	1,38	0	59	81,125
	B	6-7	1,38	0	59	81,125
	B	7-8	1,38	0	59	81,125
	C	4-4a	1,38	1,45	59	166,64
	C	4a-5	1,38	1,72	59	182,90
	C	5-6	1,38	1,72	59	182,90
	C	6-7	1,38	1,72	59	182,90
	C	7-7a	1,38	3,17	59	268,42
	C	7a-8	1,38	1,45	59	166,64
	C2	3-4	1,00	1	59	118
	C2	4-4a	1,45	1,45	59	171,03
	C2	4a-6	1,72	1,72	59	203,55
	C2	6-7a	1,72	1,72	59	203,55
	C2	7a-8	1,45	1,45	59	171,03
	C2	8-9	1,00	1	59	118
	D	9-10	1,00	1	59	118
	D1	3-4	1,00	1	59	118
	D1	4-4a	1,33	1,45	59	164,18
	D1	4a-6	1,72	0	59	101,77
	D1	6-7a	1,72	0	59	101,77
	D1	7a-8	1,33	1,45	59	164,18
	D1	8-9	1,00	1	59	118

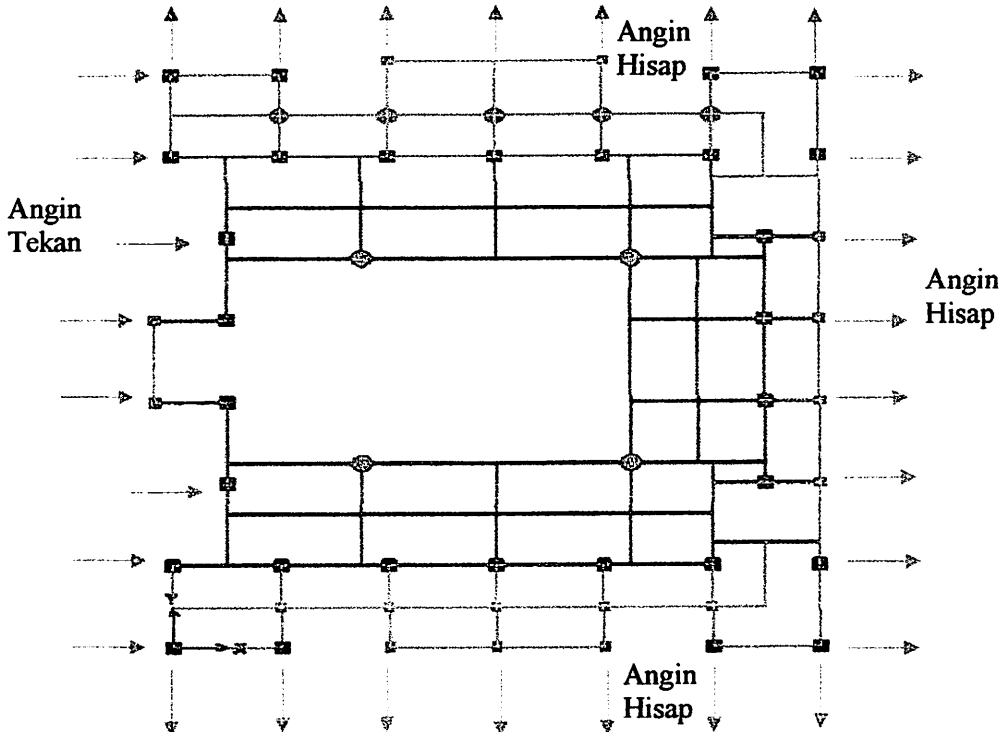
Tabel Pembebanan Air Hujan						
Lantai	Line	Kode Balok	Perataan Beban Tipe 1	Perataan Beban Tipe 2	Beban Air Hujan	(ΣR) Beban Air Hujan
			m	m	kg/m ²	kg/m
Lantai Atap Melintang	E	1-3	1,33	0	59	78,67
	E	3-4	1,00	1	59	118
	E	4-4a	1,50	1,33	59	167,17
	E	7a-8	1,50	1,33	59	167,17
	E	8-9	1,00	1	59	118,00
	E	9-10	1,00	1	59	118,00
Karena bangunan simetris nilai R sama untuk pembebanan balok selanjutnya						
Lantai Atap Memanjang	3	C-C2	1,28	0	59	75,74
	3	C2-D	1,28	0	59	75,74
	3	D-D1	1,28	0	59	75,74
	3	D1-E	1,26	0	59	74,61
	4	C-C2	1,28	1,25	59	149,69
	4	C2-D1	1,28	1,25	59	149,69
	4	D1-E	1,26	1,26	59	149,22
	4a	C-C2	1,25	1,25	59	147,89
	4a	C2-D1	1,25	1,25	59	147,89
	4a	D1-E	1,33	0	59	78,67
	5	B-C	1,00	1	59	118
	6	B-C	1,00	1	59	118,00
	6	C-C2	1,25	1,25	59	147,89
	6	C2-D1	1,25	1,25	59	147,89
	7	B-C	1,00	1	59	118,00
7a	C-C2	1,00	1	59	118	

Tabel Pembebanan Air Hujan						
Lantai	Line	Kode Balok	Perataan Beban Tipe 1	Perataan Beban Tipe 2	Beban Air Hujan	(ΣR) Beban Air Hujan
			m	m	kg/m ²	kg/m
Lantai Atap Memanjang	7a	C2-D1	1,00	1,00	59	118,00
	8	C-C2	1,28	1,25	59	149,6869
	8	C2-D1	1,28	1,25	59	149,69
	8	D1-E	1,26	1,26	59	149,22
	9	C-C2	1,38	1,28	59	156,87
	9	C2-D	1,38	1,28	59	156,87
	9	D-D1	1,38	1,28	59	156,87
	9	D1-E	1,26	1,38	59	155,73
	10	C-D	1,38	0,00	59	81,13
	10	D-E	1,38	0,00	59	81,13
	1	E-F	1,45	0,00	59	85,52
	3	E-F	1,45	1,38	59	166,64
	4	E-F	1,38	1,82	59	188,31
	4a	E-F	1,82	0,00	59	107,19
	7a	E-F	1,82	0,00	59	107,19
	8	E-F	1,38	1,82	59	188,31
	9	E-F	1,38	1,38	59	162,25
	10	E-F	1,38	0,00	59	81,125

Karena bangunan simetris nilai R sama untuk pembebanan balok selanjutnya

4.8 Perhitungan Beban Angin

- Perhitungan Pembebanan Angin Struktur Utama



Gambar 4.3 Bidang Yang Menerima Tekanan Angin dan Hisapan Angin

Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727-2013 hal 64

Langkah 1 : Menentukan kategori resiko bangunan gedung yaitu struktur gedung pertemuan (bangunan masjid tidak ada) dalam kategori resiko 3 (SNI 1726-2012; hal: 15)

Langkah 2 : Menentukan kecepatan angin dasar, V , untuk kategori yang sesuai diambil, sebesar = 40 km/jam
= 11,1 m/s

Langkah 3 : Menentukan parameter beban angin

1. Faktor arah angin (K_d)

Karena tipe struktur termasuk dalam sistem penahan beban angin utama, maka: diambil $K_d = 0,85$ (SNI 1727-2013; pasal 26.6; hal:50)

2. Kategori eksposur (kekasaran permukaan)

Masuk dalam eksposur, B (SNI 1727-2013 pasal 26.7.2;hal:51)
(Daerah perkotaan)

3. Faktor topografi (Kzt)

Karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam pasal 26.8.1 maka, diambil $Kzt = 1,0$ (SNI 1727-2013 pasal 26.8.2;hal 54)

4. Faktor efek tiupan angin (G)

Diambil $G = 0,85$ (SNI 1727-2013 pasal 26.9.1;hal:54)

5. Klasifikasi ketertutupan

Merupakan jenis bangunan gedung tertutup maka koef. Tekanan internal diambil : $G_{cpi} = 0,18$

(SNI 1727-2013; Pasal 26.11.1; hal 60 dan Tabel 26.11-1)

Langkah 4 : Tentukan eksposur tekanan velositas, Kz atau Kh :

$$Z = 16,5 \text{ m} \quad (\text{SNI 1727:2013 Tabel 27.3-1; hal; 65})$$

$$\text{Eksposur } C = 0,81 + \frac{15,2 - 16,5}{18 - 16,5} \times 0,81 - 0,85 = 0,845$$

$$\alpha = 7 \quad (\text{SNI 1727:2013 Tabel 26.9-1; hal; 57})$$

$$Z_g = 365,76 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} K_z &= 2,01 \times \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{2/\alpha} \\ &= 2,01 \times \left(\frac{16,5}{365,76} \right)^{2/7} = 0,829 \end{aligned}$$

Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas, q_z atau q_h

$$\begin{aligned} q &= 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \\ &= 0,613 \times 0,829 \times 1,0 \times 0,85 \times 11,1^2 \\ &= 53,35 \text{ N/m}^2 \quad (\text{SNI 1727:2013 pasal 27.3.2; hal; 66}) \end{aligned}$$

Langkah 6 : Tentukan koefisien tekan eksternal, C_p

$$C_{pt} \rightarrow q_z = 0,8 \quad (\text{SNI 1727:2013 tabel 27.4-1; hal; 68})$$

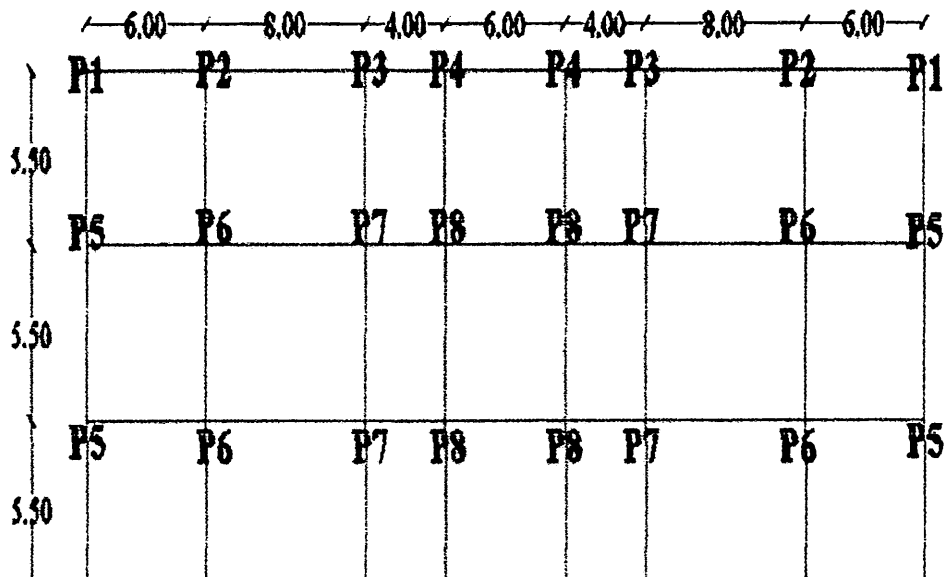
$$C_{ph} \rightarrow q_h = -0,46 \quad (L/B = 43/37 = 1,162)$$

$$C_{ph} = 0,5 + \frac{1 - 1,16 \times 0,5 - 0,3}{2 - 1,16} = 0,46$$

Langkah 7 : Menghitung tekanan angin, p (SNI 1727:2013; 27.4.1 ; hal; 66)

$$\begin{aligned} p \text{ tekan} &= q_z \cdot G \cdot C_{pt} \\ &= 53,35 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \\ &= 36,28 \text{ N/m}^2 = 3,628 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

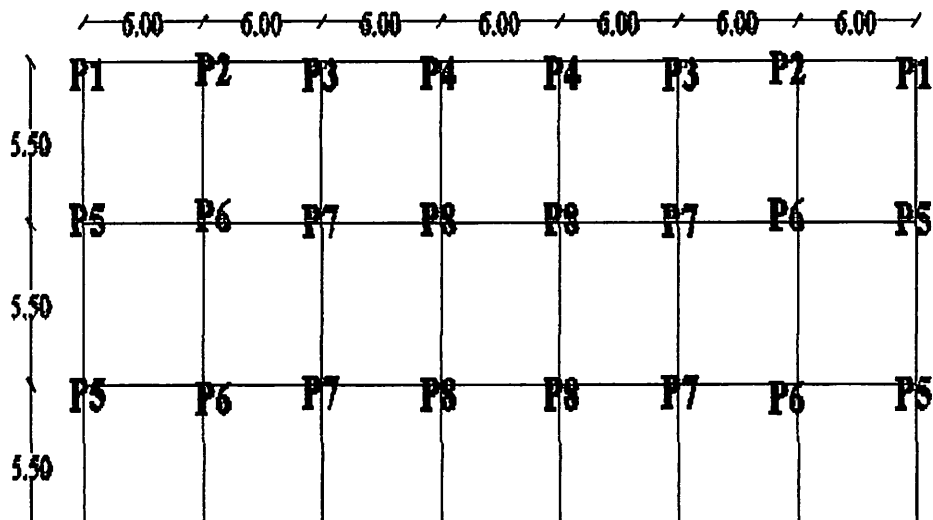
$$\begin{aligned} p \text{ hisap} &= q_z \cdot G \cdot C_{ph} \\ &= 53,35 \cdot 0,85 \cdot -0,46 \\ &= -20,9 \text{ N/m}^2 = -2,09 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.4 Titik Beban Angin Tampak Kiri

Tabel 4.3 Pembebanan Angin Tampak Kiri

No	Tekanan Angin (kg/m ²)	Jarak vertikal atas (m)	Jarak vertikal bawah (m)	Jarak horizontal kiri (m)	Jarak horizontal kanan (m)	Beban Angin (kg)
P1	3,628	0	5,5	0	6	29,927
P2	3,628	0	5,5	6	8	69,830
P3	3,628	0	5,5	8	4	59,854
P4	3,628	0	5,5	4	6	49,878
P5	3,628	5,5	5,5	0	6	59,854
P6	3,628	5,5	5,5	6	8	139,660
P7	3,628	5,5	5,5	8	4	119,708
P8	3,628	5,5	5,5	4	6	99,757

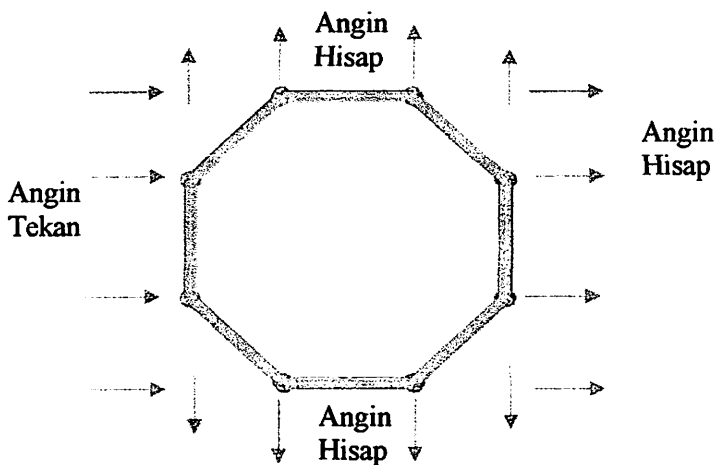


Gambar 4.5 Titik Beban Angin Tampak Kanan, Depan, dan Belakang

Tabel 4.4 Pembebanan Angin Tampak Kanan, Depan, Belakang

No	Tekanan Angin (kg/m ²)	Jarak vertikal atas (m)	Jarak vertikal bawah (m)	Jarak horizontal kiri (m)	Jarak horizontal kanan (m)	Beban Angin (kg)
P1	-2,094	0	5,5	0	6	-17,279
P2	-2,094	0	5,5	6	6	-34,559
P3	-2,094	0	5,5	6	6	-34,559
P4	-2,094	0	5,5	6	6	-34,559
P5	-2,094	5,5	5,5	0	6	-34,559
P6	-2,094	5,5	5,5	6	6	-69,117
P7	-2,094	5,5	5,5	6	6	-69,117
P8	-2,094	5,5	5,5	6	6	-69,117

- Perhitungan Pembebanan Angin Struktur Menara



Gambar 4.6 bidang yang menerima tekanan angin dan hisapan angin

Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727-2013 hal 64

Langkah 1 : Menentukan kategori resiko bangunan gedung yaitu struktur gedung pertemuan (bangunan masjid tidak ada) dalam kategori resiko 3 (SNI 1726-2012; hal: 15)

Langkah 2 : Menentukan kecepatan angin dasar, V , untuk kategori yang sesuai diambil, sebesar = 80 km/jam
 = 22,2 m/s

Langkah 3 : Menentukan parameter beban angin

1. Faktor arah angin (K_d)

Karena tipe struktur termasuk dalam sistem rangka batang menara, maka: diambil $K_d = 0,95$ (SNI 1727-2013; pasal 26.6; hal:50)

2. Kategori eksposur (kekasaran permukaan)

Masuk dalam eksposur, B (SNI 1727-2013 pasal 26.7.2; hal:51) (Daerah perkotaan)

3. Faktor topografi (K_{zt})

Karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam pasal 26.8.1 maka, diambil $K_{zt} = 1,0$ (SNI 1727-2013 pasal 26.8.2 hal;54)

4. Faktor efek tiupan angin (G)

Diambil $G = 0,85$ (SNI 1727-2013 pasal 26.9.1; hal:54)

5. Klasifikasi ketertutupan

Merupakan jenis bangunan gedung tertutup maka koef. Tekanan internal diambil : $G_{Cpi} = 0,18$

(SNI 1727-2013; Pasal 26.11.1; hal 60 dan Tabel 26.11-1)

Langkah 4 : Tentukan eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h :

$$Z = 38,25 \text{ m} \quad (\text{SNI 1727:2013 Tabel 27.3-1; hal; 65})$$

$$\text{Eksposur } C = 1,04 + \frac{36,6 - 38,25}{42,7 - 38,25} \times 1,04 - 1,09 = 1,059$$

$$\alpha = 7$$

(SNI 1727:2013 Tabel 26.9-1; hal; 57)

$$Z_g = 365,76 \text{ m}$$

$$K_z = 2,01 \times \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{2/\alpha}$$

$$= 2,01 \times \left(\frac{38,25}{365,76} \right)^{2/7} = 1,054$$

Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas, q_z atau q_h

$$q = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$= 0,613 \times 1,054 \times 1,0 \times 0,95 \times 22,2^2$$

$$= 303,2 \text{ N/m}^2 \quad (\text{SNI 1727:2013 pasal 27.3.2; hal; 66})$$

Langkah 6 : Tentukan koefisien tekan eksternal, C_p

$$C_{pt} \rightarrow q_z = 0,8 \quad (\text{SNI 1727:2013 tabel 27.4-1; hal; 68})$$

$$C_{ph} \rightarrow q_h = -0,50 \quad (L/B = 4,6/4,6 = 1)$$

Langkah 7 : Menghitung tekanan angin, p (SNI 1727:2013; 27.4.1 ; hal; 66)

$$p_{\text{tekan}} = q_z \cdot G \cdot C_{pt} - q_z \cdot G C_{pi}$$

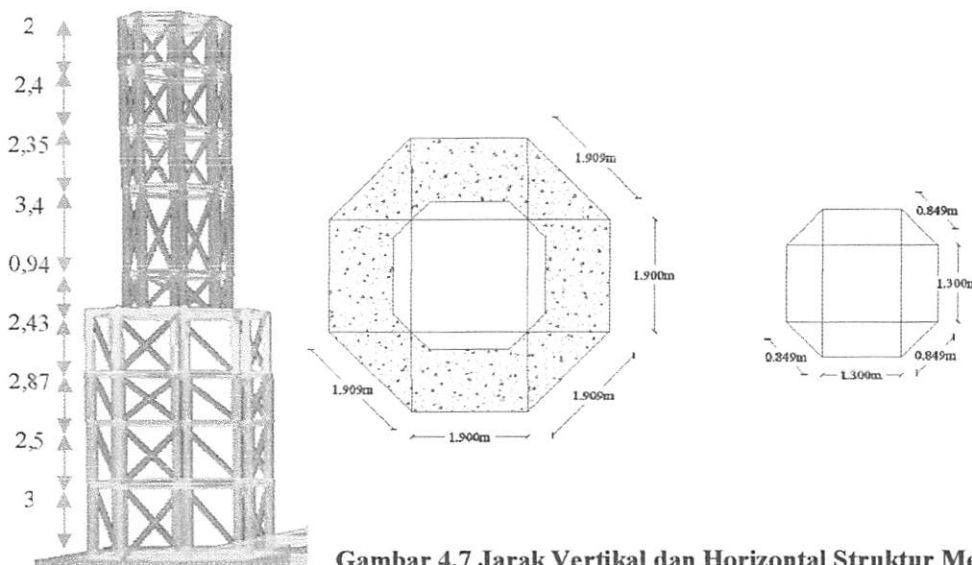
$$= 303,2 \cdot 0,85 \cdot 0,8 - 303,2 \cdot 0,18$$

$$= 151,6 \text{ N/m}^2 = 15,16 \text{ kg/m}^2$$

$$p_{\text{hisap}} = q_z \cdot G \cdot C_{ph} - q_z \cdot G C_{pi}$$

$$= 303,2 \cdot 0,85 \cdot -0,50 - 303,2 \cdot 0,18$$

$$= -74,3 \text{ N/m}^2 = -7,43 \text{ kg/m}^2$$



Gambar 4.7 Jarak Vertikal dan Horizontal Struktur Menara

Tabel 4.5 Pembebanan Angin Tiup Struktur Menara

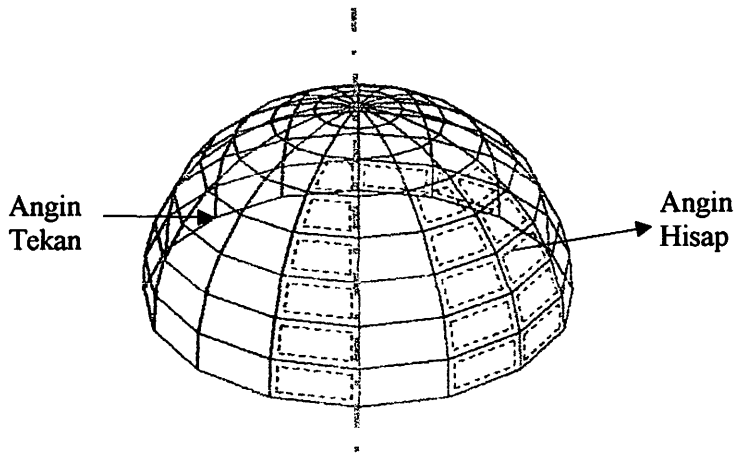
No	Tekanan Angin (kg/m ²)	Jarak vertikal atas (m)	Jarak vertikal bawah (m)	Jarak horizontal kiri (m)	Jarak horizontal kanan (m)	Beban Angin (kg)
P1	15,162	3	0	1,9	1,9	43,212
P2	15,162	2,5	3	1,9	1,9	79,223
P3	15,162	2,87	2,5	1,9	1,9	77,350
P4	15,162	2,43	2,87	1,9	1,9	76,342
P5	15,162	0,94	2,43	1,9	1,9	48,542
P6	15,162	3,4	0,94	0,849	1,3	35,353
P7	15,162	2,35	3,4	1,3	0,849	46,839
P8	15,162	2,4	2,35	0,849	1,3	38,693
P9	15,162	2	2,4	1,3	0,849	35,842

Tabel 4.6 Pembebanan Angin Hisap Struktur Menara

No	Tekanan Angin (kg/m ²)	Jarak vertikal atas (m)	Jarak vertikal bawah (m)	Jarak horizontal kiri (m)	Jarak horizontal kanan (m)	Beban Angin (kg)
P1	-7,430	3	0	1,9	1,9	-21,174
P2	-7,430	2,5	3	1,9	1,9	-38,819
P3	-7,430	2,87	2,5	1,9	1,9	-37,902
P4	-7,430	2,43	2	1,9	1,9	-31,267
P5	-7,430	0,94	2,5	1,9	1,9	-24,280
P6	-7,430	3,4	1,6	0,849	1,3	-19,958
P7	-7,430	2,35	3,4	1,3	0,849	-22,951
P8	-7,430	2,4	2,35	0,849	1,3	-18,960
P9	-7,430	2	2,4	1,3	0,849	-17,563



- Perhitungan Pembebanan Angin Struktur Kubah



Gambar 4.8 bidang yang menerima tekanan angin dan hisapan angin

Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727-2013 hal 64

Langkah 1 : Menentukan kategori resiko bangunan gedung yaitu struktur gedung pertemuan (bangunan masjid tidak ada) dalam kategori resiko 3 (SNI 1726-2012; hal: 15)

Langkah 2 : Menentukan kecepatan angin dasar, V , untuk kategori yang sesuai diambil, sebesar = 80 km/jam
= 22,2 m/s

Langkah 3 : Menentukan parameter beban angin

1. Faktor arah angin (K_d)

Karena tipe struktur termasuk dalam sistem atap lengkung kubah, maka: diambil $K_d = 0,85$ (SNI 1727-2013; pasal 26.6; hal:50)

2. Kategori eksposur (kekasaran permukaan)

Masuk dalam eksposur, B (SNI 1727-2013 pasal 26.7.2; hal:51) (Daerah perkotaan)

3. Faktor topografi (K_{zt})

Karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam pasal

26.8.1 maka, diambil $Kzt = 1,0$ (SNI 1727-2013 pasal 26.8.2 hal;54)

4. Faktor efek tiupan angin (G)

Diambil $G = 0,85$ (SNI 1727-2013 pasal 26.9.1;hal:54)

5. Klasifikasi ketertutupan

Merupakan jenis bangunan gedung tertutup maka koef. Tekanan internal diambil : $GCpi = 0,18$

(SNI 1727-2013; Pasal 26.11.1; hal 60 dan Tabel 26.11-1)

Langkah 4 : Tentukan eksposur tekanan velositas, Kz atau Kh :

$$Z = 29,5 \text{ m} \quad (\text{SNI 1727:2013 Tabel 27.3-1; hal; 65})$$

$$\text{Eksposur } C = 0,96 + \frac{28,8 - 29,5}{30,5 - 29,5} \times 0,96 - 0,99 = 0,981$$

$$\alpha = 7 \quad (\text{SNI 1727:2013 Tabel 26.9-1; hal; 57})$$

$$Zg = 365,76 \text{ m}$$

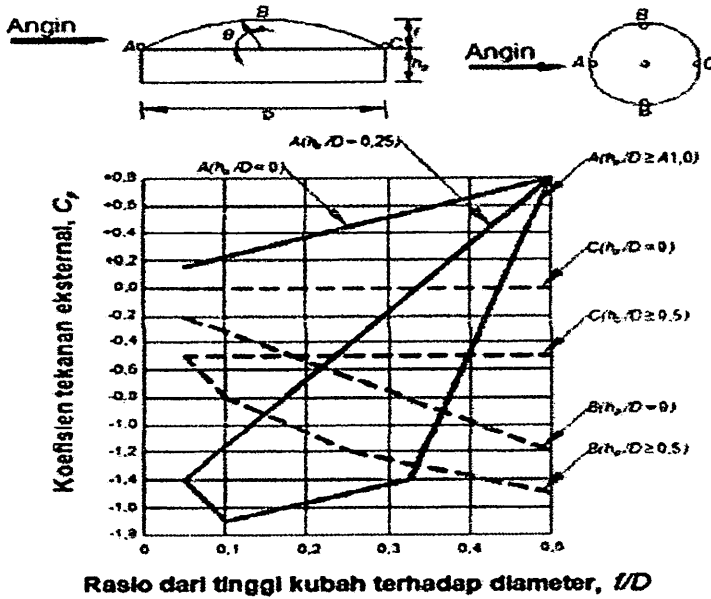
$$\begin{aligned} Kz &= 2,01 \times \left(\frac{Z}{Zg} \right)^{2/\alpha} \\ &= 2,01 \times \left(\frac{29,5}{365,76} \right)^{2/7} = 0,979 \end{aligned}$$

Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas, qz atau qh

$$\begin{aligned} q &= 0,613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times V^2 \\ &= 0,613 \times 0,979 \times 1,0 \times 0,85 \times 22,2^2 \\ &= 251,9 \text{ N/m}^2 \quad (\text{SNI 1727:2013 pasal 27.3.2; hal; 66}) \end{aligned}$$

Langkah 6 : Tentukan koefisien tekan eksternal, Cp

Didapatkan dari grafik (SNI 1727:2013 tabel 27.4-2; hal; 69)



Koefisien tekanan eksternal untuk kubah dengan dasar lingkaran
(Adaptasi dari Eurocode, 1995)

Gambar 4.9 Grafik Koefisien Tekanan Eksternal Kubah

$D = 15 \text{ m}$ (Panjang kubah) ; $f = 7,5 \text{ m}$ (Tinggi kubah)

Rasio dari tinggi kubah = $f/D = 7,5 / 15 = 0,5$

$H_o = 16,5 \text{ m}$ (Tinggi bangunan)

$$A = \text{Tekanan angin tiup} \rightarrow H_o / D = 16,5 / 15 = 1,1 > 0,5$$

didapatkan nilai dari grafik $C_{pt} \rightarrow q_z = 0,8$

$$C = \text{Tekanan angin hisap} \rightarrow H_o / D = 16,5 / 15 = 1,1 > 0,5$$

didapatkan nilai dari grafik $C_{ph} \rightarrow q_h = -0,5$

Langkah 7 : Menghitung tekanan angin, p (SNI 1727:2013; 27.4.1 ; hal; 66)

$$\begin{aligned} p_{\text{tekan}} &= q_z \cdot G \cdot C_{pt} - q_z \cdot G C_{pi} \\ &= 251,9 \cdot 0,85 \cdot 0,8 - 251,9 \cdot 0,18 \\ &= 126 \text{ N/m}^2 = 12,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\text{hisap}} &= q_z \cdot G \cdot C_{ph} - q_z \cdot G C_{pi} \\ &= 251,9 \cdot 0,85 \cdot -0,50 - 251,9 \cdot 0,18 \end{aligned}$$

$$= -61,7 \text{ N/m}^2 = -6,17 \text{ kg/m}^2$$


- Untuk P tekan didapatkan $12,6 \text{ kg/m}^2 \times \text{jari-jari } 7,5 \text{ m} = 94,47 \text{ kg/m}$
- Untuk P hisap didapatkan $-6,17 \text{ kg/m}^2 \times \text{jari-jari } 7,5 \text{ m} = -46,3 \text{ kg/m}$

4.9 Perhitungan Beban Gempa

4.9.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan & Faktor Keutamaan

Kategori risiko struktur bangunan dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 4.7 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Berdasarkan fungsi bangunan masjid Al-ma'ruf atau dianggap sebagai gedung pertemuan, gedung ini termasuk dalam kategori risiko : III

Adapun faktor keutamaan gempa gedung ini ditentukan berdasarkan tabel berikut

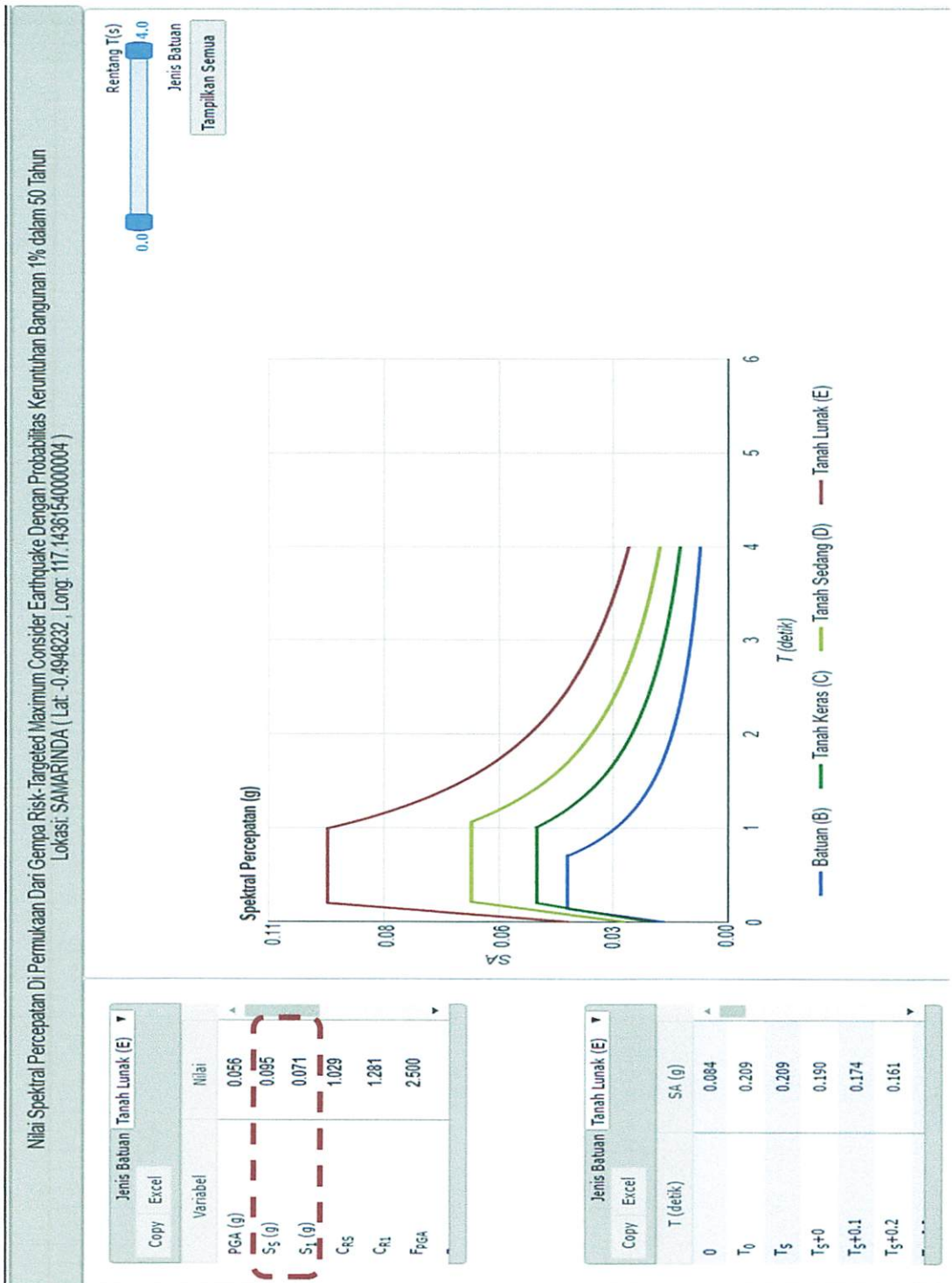
Tabel 4.8 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Berdasarkan kategori risiko gedung ini yakni : III, maka faktor keutamaan gempa yakni : 1,25

4.9.2 Parameter Percepatan Gempa (S_s, S_1)

Menentukan nilai parameter percepatan gempa dapat menggunakan bantuan puskim.pu.go.id untuk wilayah Surabaya, sebagai berikut :



Gambar 4.10 Nilai Parameter Percepatan Gempa

Berdasarkan hasil Puskim tersebut, dapat diketahui nilai parameter yakni :

S_s : 0.095 g

S_1 : 0.071 g

4.9.3 Kategori Desain Seismik (KDS)

1) Menentukan klasifikasi dan koefisien kelas situs

Klasifikasi situs dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut :

Tabel 4.9 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_a	\bar{s}_v (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, dan 3. Kuat geser unrallir $\bar{s}_v < 25 kPa$		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1) Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah, - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m), - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$), - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_v < 50$ kPa.		

Dengan mengetahui klasifikasi situs tanah yakni : (SE)Tanah lunak maka dapat ditentukan koefisien F_a dan F_v sesuai tabel berikut :

Tabel 4.10 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik (S_S)				
	$S_S \leq 0,25$	$S_S = 0,5$	$S_S = 0,75$	$S_S = 1,0$	$S_S \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Dengan demikian untuk $S_s = 0,095$ diperoleh $F_a = 2,5$

Tabel 4.11 Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik (S_I)				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Dengan demikian untuk $S_1 = 0,071$ diperoleh $F_v = 3,5$

2) Menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1}

Dengan mengetahui klasifikasi dan koefisien kelas situs maka dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= \frac{2}{3} \times F_a \times S_s \\
 &= \frac{2}{3} \times 2,5 \times 0,095 \\
 &= 0,158 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{D1} &= \frac{2}{3} \times F_v \times S_1 \\
 &= \frac{2}{3} \times 3,5 \times 0,071 \\
 &= 0,166 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menentukan kategori desain seismik berdasarkan tabel dibawah ini :

Tabel 4.12. KDS Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A I	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Diketahui nilai $S_{DS} = 0,158 \text{ g} < 0,167$ Untuk Kategori Risiko : III maka termasuk kategori desain seismik A

Tabel 4.13 KDS Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	B
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	C
$0,200 \leq S_{D1}$	D	D

Diketahui nilai $S_{D1} = 0,166 \text{ g} < 0,167$ Untuk Kategori Risiko : III maka termasuk kategori desain seismik A

- Persyaratan Perancangan Untuk Kategori Desain Seismik A

Bangunan gedung dan non gedung dengan kategori desain seismik A hanya perlu memenuhi ketentuan-ketentuan di bawah ini. Elemen non-struktural dalam kategori desain seismik A dibebaskan dan ketentuan-ketentuan desain seismik. (SNI 1726 2012; pasal 6.6 hal:25)

- **Gaya Lateral**

Setiap struktur harus dianalisis untuk pengaruh gaya lateral statik yang diaplikasikan secara independen di kedua arah ortogonal. Pada setiap arah yang ditinjau, gaya lateral statik harus diaplikasikan secara simultan di tiap lantai. Untuk tujuan analisis, gaya lateral di tiap lantai dihitung sebagai berikut (SNI 1726-2012; pasal 6.6.3 hal:25):

$$F_x = 0,01 W_x$$

Dimana:

F_x = Gaya lateral rencana yang diaplikasikan pada lantai x

W_x = Bagian beban mati total struktur, yang bekerja pada lantai x

4.9.4 Perhitungan Berat Sendiri Bangunan

—> Lantai 2

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m ² /kg/m ³	m	m	m	m		kg
Balok 70/100	2400	0,85	0,7	42			59976
Balok 50/70	2400	0,55	0,5	453			298980
Balok 30/40	2400	0,25	0,3	61			10980
Kolom D100	2400	1/4*3,14*1 ²			8,25	4	62172
Kolom 60/60	2400	0,6	0,6		8,25	50	356400
Kolom 40/40	2400	0,4	0,4		8,25	16	50688
Pelat lantai	517		36	42			781704
Dinding	250			87	7,65		166387,5
Granit	24			60	7,65		11016
Kaca	10			50	2,55		1275
Tangga							425,43
w =							1800003,93

—> Lantai 3

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m ² /kg/m ³	m	m	m	m		kg
Balok 70/100	2400	0,85	0,7	42			59976
Balok 50/70	2400	0,55	0,5	453			298980
Balok 30/40	2400	0,25	0,3	98			17640
Kolom D100	2400	1/4*3,14*1 ²			5,5	10	103620
Kolom 60/60	2400	0,6	0,6		5,5	50	237600
Kolom 40/40	2400	0,4	0,4		5,5	16	33792
Pelat lantai	517		36	42			781704

Dinding	250			105	4,9		128625
Granit	24			60	4,9		7056
Kaca	10			34	1,7		578
Tangga							425,43
w =							1669996,43

→ **Lantai Atap**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat	
Beban mati	kg/m ² /kg/m ³	m	m	m	m		kg	
Balok 70/100	2400	0,85	0,7	56			79968	
Balok 50/70	2400	0,55	0,5	587			387420	
Balok 30/40	2400	0,25	0,3	70			12600	
Kolom D100	2400	1/4*3,14*1 ²			4,25	4	32028	
Kolom 60/60	2400	0,6	0,6		2,75	50	118800	
Kolom 40/40	2400	0,4	0,4		2,75	16	16896	
Kolom 40/40	2400	0,4	0,4		1,5	6	3456	
Pelat lantai	493		24	30			354960	
Dinding	250			105	2,75		72187,5	
Granit	24			60	2,75		3960	
Kaca	10			34	0,85		289	
Kaca	10			56	1,5		840	
Pelat lantai	493	(Luas persegi - Luas segi delapan)					4	56616,12
K. Menara 10"	59,2				1,5	8	710,4	
Braching 5"	21,7				1,8	8	312,48	
H-Bm L100x100	17,2			1,9		8	261,44	
Dinding ACP	45			1,9	1,5	8	1026	
w =							1142330,94	

→ Lantai Atap 1

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat	
Beban mati	kg/m ² /kg/m ³	m	m	m	m		kg	
Balok 50/70	2400	0,55	0,5	156			102960	
Balok 35/55	2400	0,4	0,35	46,4			15590,4	
Kolom D100	2400	1/4*3,14*1 ²			1,5	4	11304	
Kolom 40/40	2400	0,4	0,4		1,5	6	3456	
Kolom 40/40	2400	0,4	0,4		1,25	16	7680	
Pelat lantai	483	(Luas persegi - Luas lingkaran)						23365,125
Kaca	10			56	1,5		840	
Kaca	10			46,4	1,25		580	
w =							165775,525	

→ Lantai Atap 2

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
Balok 35/55	2400	0,55	0,35	46,4			21436,8
Kolom 40/40	2400	0,4	0,4		1,25	16	7680
Kaca	10			46,4	1,25		580
Kubah	2400	4/3*7,5*7,5*0,08					14400
Lampu gantung							1700
Total beban mati (w)							45796,8

—► **Lantai Menara 1**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 10"	59,2				2,75	8	1302,4
Braching 5"	21,7				3,35	8	581,56
H-Bm L100x100	17,2			1,9		8	261,44
Dinding ACP	45			1,9	2,75	8	1881
Total beban mati (w)							4026,4

—► **Lantai Menara 2**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 10"	59,2				2,685	8	1271,616
Braching 5"	21,7				3,25	8	564,2
H-Bm L100x100	17,2			1,9		8	261,44
Dinding ACP	45			1,9	2,685	8	1836,54
Total beban mati + (w)							3933,796

—► **Lantai Menara 3**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 10"	59,2				2,65	16	2510,08
Braching 5"	21,7				3,25	8	564,2
H-Bm L100x100	17,2			1,9		8	261,44
Dinding ACP	45			1,9	2,65	8	1812,6
Total beban mati (w)							5148,32

—→ **Lantai Menara 4**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 10"	59,2				1,215	8	575,424
K.Menara 8"	42,1				0,47	8	158,296
Braching 5"	21,7				1,55	8	269,08
Braching 4"	16,0				0,7	8	89,6
Pelat lantai	510	(Luas segi delapan 1 - Luas segi delapan 2)					2570,4
Balok 40/30	2400	0,25	0,3	18,4			1,38
H-Bm L100x100	17,2			1,9		8	261,44
Dinding ACP	45			1,9	1,685	8	1152,54
Total beban mati (w)							5078,16

—→ **Lantai Menara 5**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 8"	42,1				2,17	8	730,856
Braching 4"	16,0				2,4	8	307,2
H-Bm L100x100	17,2			1,15		8	158,24
Dinding ACP	45			1,15	2,17	8	898,38
Total beban mati (w)							2094,676

—→ **Lantai Menara 6**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 8"	42,1				2,875	8	968,3
Braching 4"	16,0				3	8	384

H-Bm L100x100	17,2			1,15		8	158,24
Dinding ACP	45			1,15	2,875	8	1190,25
Total beban mati (w)							2700,79

—→ **Lantai Menara 7**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 8"	42,1				2,375	8	799,9
Braching 4"	16,0				2,6	8	332,8
H-Bm L100x100	17,2			1,15		8	19,78
Dinding ACP	45			1,15	2,375	8	122,91
Total beban mati (w)							1275,39

—→ **Lantai Menara 8**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 8"	42,1				2,2	8	740,96
Braching 4"	16,0				2,45	8	313,6
H-Bm L100x100	17,2			1,15		8	158,24
Dinding ACP	45			1,15	2,2	8	910,8
Total beban mati (w)							2123,6

—→ **Lantai Menara 9**

Berat Bangunan	Berat jenis	Tebal (h)	Lebar (b)	Panjang (L)	Tinggi	Jumlah batang	Total Berat
Beban mati	kg/m/kg/m ²	m	m	m	m		kg
K.Menara 8"	42,1				1	8	336,8
Braching 4"	16,0				1,15	8	147,2

H-Bm L100x100	17,2			19,8			340,56
Dinding ACP	45			1,15	1	8	414
Total beban mati (w)							1238,56

- Perhitungan Gaya Lateral

$$F_x = 0,01 \quad W_x$$

Tabel 4.14 Beban Gempa Yang Bekerja Pada Titik Pusat Massa

Lantai	W total (kg)	F _x	F _x (100%) (kg)	F _y (30%) (kg)	F _x (30%) (kg)	F _y (100%) (kg)
Lantai 2	1800003,93	0,01	18000,04	5400,01	5400,01	18000,04
Lantai 3	1669996,43	0,01	16699,96	5009,99	5009,99	16699,96
Lantai atap	1142330,94	0,01	11423,31	3426,99	3426,99	11423,31
Lantai atap 1	165775,525	0,01	1657,76	497,33	497,33	1657,76
Lantai atap 2	45796,8	0,01	457,97	137,39	137,39	457,97
Lantai menara 1	4026,4	0,01	40,26	12,08	12,08	40,26
Lantai menara 2	3933,796	0,01	39,34	11,80	11,80	39,34
Lantai menara 3	5148,32	0,01	51,48	15,44	15,44	51,48
Lantai menara 4	5078,16	0,01	50,78	15,23	15,23	50,78
Lantai menara 5	898,38	0,01	8,98	2,70	2,70	8,98
Lantai menara 6	2700,79	0,01	27,01	8,10	8,10	27,01
Lantai menara 7	1275,38625	0,01	12,75	3,83	3,83	12,75
Lantai menara 8	2123,6	0,01	21,24	6,37	6,37	21,24
Lantai menara 9	1238,56	0,01	12,39	3,72	3,72	12,39

Menghitung Eksentrisitas Rencana ed :

b = Lebar bangunan

Lantai 2-lantai atap b = 37 m

Lantai atap1 dan atap2 b = 15,00 m

Lantai menara 1 - 4 $b = 4,60 \text{ m}$

Lantai menara 5 - 9 $b = 2,65 \text{ m}$

- untuk $0 < e \leq 0.3 b$

$$e_d = 1,5 e + 0,05 b$$

- untuk $e > 0.3 b$

$$e_d = 1,33 e + 0,1 b$$

(Sumber: SNI-03-1726-2002; Pasal : 5.4.3; hal : 25)

Tabel 4.15 Pusat Massa, Pusat Rotasi, dan Eksentrisitas

Lantai	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)	
	xCM	yCM	xCR	yCR	x	y
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
2	18,98	21,00	18,40	21,01	0,58	0,01
3	19,09	21,10	19,02	21,02	0,07	0,08
Atap	19,17	21,00	19,22	21,01	0,05	0,01
Atap 1	18,00	21,00	18,66	21,01	0,66	0,01
Atap 2	18,0	21,00	18,33	21,00	0,29	0,00
Menara 1 (A)	3,00	39,00	3,40	38,56	0,40	0,44
Menara 1 (B)	33,00	39,00	32,66	38,56	0,34	0,44
Menara 1 (C)	3,00	3,00	3,40	3,44	0,40	0,44
Menara 1 (D)	33,00	3,00	32,66	3,44	0,34	0,44
Menara 2 (A)	3,00	39,00	3,23	38,75	0,23	0,25
Menara 2 (B)	33,00	39,00	32,80	38,75	0,20	0,25
Menara 2 (C)	3,00	3,00	3,23	3,25	0,23	0,25
Menara 2 (D)	33,00	3,00	32,80	3,25	0,20	0,25
Menara 3 (A)	3,00	39,00	3,15	38,84	0,15	0,16
Menara 3 (B)	33,00	39,00	32,87	38,84	0,13	0,16
Menara 3 (C)	3,00	3,00	3,15	3,17	0,15	0,17
Menara 3 (D)	33,00	3,00	32,87	3,16	0,13	0,16

Menara 4 (A)	3,00	39,00	3,12	38,87	0,12	0,13
Menara 4 (B)	33,00	39,00	32,90	38,87	0,10	0,13
Menara 4 (C)	3,00	3,00	3,12	3,13	0,12	0,13
Menara 4 (D)	33,00	3,00	32,90	3,13	0,10	0,13
Menara 5 (A)	3,00	39,00	3,09	38,91	0,09	0,09
Menara 5 (B)	33,00	39,00	32,93	38,91	0,07	0,09
Menara 5 (C)	3,00	3,00	3,09	3,09	0,09	0,09
Menara 5 (D)	33,00	3,00	32,93	3,09	0,07	0,09
Menara 6 (A)	3,00	39,00	3,03	38,97	0,03	0,03
Menara 6 (B)	33,00	39,00	32,98	38,97	0,02	0,03
Menara 6 (C)	3,00	3,00	3,03	3,03	0,03	0,03
Menara 6 (D)	33,00	3,00	32,98	3,03	0,02	0,03
Menara 7 (A)	3,00	39,00	3,02	38,98	0,02	0,02
Menara 7 (B)	33,00	39,00	32,98	38,98	0,02	0,02
Menara 7 (C)	3,00	3,00	3,02	3,02	0,02	0,02
Menara 7 (D)	33,00	3,00	32,98	3,02	0,02	0,02
Menara 8 (A)	3,00	39,00	3,02	38,98	0,02	0,02
Menara 8 (B)	33,00	39,00	32,99	38,98	0,01	0,02
Menara 8 (C)	3,00	3,00	3,02	3,02	0,02	0,02
Menara 8 (D)	33,00	3,00	32,99	3,02	0,01	0,02
Menara 9 (A)	3,00	39,00	3,01	38,98	0,01	0,02
Menara 9 (B)	33,00	39,00	32,99	38,98	0,01	0,02
Menara 9 (C)	3,00	3,00	3,01	3,02	0,01	0,02
Menara 9 (D)	33,00	3,00	32,99	3,02	0,01	0,02

- Misal diambil lantai 2

- untuk $0 < e \leq 0.3 b \longrightarrow b = 37 \text{ m}$

Lantai 2 $e_x = 0 < 0,58 \leq 11,10 \text{ (*Ok)}$

$e_y = 0 < 0,01 \leq 11,10 \text{ (*Ok)}$

Maka digunakan rumus $e_d = 1,5 e + 0,05 b$

- Misal diambil lantai atap 1
 - untuk $0 < e \leq 0.3 b \longrightarrow b = 15 \text{ m}$
 - Lantai 2 $e_x = 0 < 0,66 \leq 4,50 \text{ (*Ok)}$
 - $e_y = 0 < 0,01 \leq 4,50 \text{ (*Ok)}$
 - Maka digunakan rumus $e_d = 1,5 e + 0,05 b$

- Misal diambil lantai menara 1 (A)
 - untuk $0 < e \leq 0.3 b \longrightarrow b = 4,60 \text{ m}$
 - Lantai 2 $e_x = 0 < 0,40 \leq 1,38 \text{ (*Ok)}$
 - $e_y = 0 < 0,44 \leq 1,38 \text{ (*Ok)}$
 - Maka digunakan rumus $e_d = 1,5 e + 0,05 b$

- Misal diambil lantai menara 5 (A)
 - untuk $0 < e \leq 0.3 b \longrightarrow b = 2,65 \text{ m}$
 - Lantai 2 $e_x = 0 < 0,09 \leq 0,80 \text{ (*Ok)}$
 - $e_y = 0 < 0,09 \leq 0,80 \text{ (*Ok)}$
 - Maka digunakan rumus $e_d = 1,5 e + 0,05 b$

Tabel 4.16 Perhitungan Eksentrisitas Rencana dan Koordinat Pusat Massa Baru Akibat Eksentrisitas

Lantai	Eksentrisitas (e)		ed = 1,5e + 0,05b		Koordinat pusat massa (ed - pusat rotasi)	
	x	y	x	y	x	y
	2	0,58	0,01	2,72	1,86	15,67
3	0,07	0,08	1,95	1,98	17,07	19,04
Atap	0,05	0,01	1,92	1,87	17,30	19,14
Atap 1	0,66	0,01	1,73	0,76	16,92	20,25
Atap 2	0,29	0,00	1,19	0,76	17,14	20,25
Menara 1 (A)	0,40	0,44	0,83	0,89	2,57	37,67
Menara 1 (B)	0,34	0,44	0,74	0,89	31,92	37,67

Menara 1 (C)	0,40	0,44	0,83	0,89	2,57	2,55
Menara 1 (D)	0,34	0,44	0,74	0,89	31,92	2,55
Menara 2 (A)	0,23	0,25	0,58	0,61	2,65	38,14
Menara 2 (B)	0,20	0,25	0,52	0,61	32,28	38,14
Menara 2 (C)	0,23	0,25	0,58	0,61	2,65	2,64
Menara 2 (D)	0,20	0,25	0,52	0,61	32,28	2,64
Menara 3 (A)	0,15	0,16	0,46	0,48	2,69	38,36
Menara 3 (B)	0,13	0,16	0,42	0,48	32,45	38,36
Menara 3 (C)	0,15	0,17	0,46	0,48	2,69	2,69
Menara 3 (D)	0,13	0,16	0,42	0,48	32,45	2,69
Menara 4 (A)	0,12	0,13	0,41	0,43	2,71	38,44
Menara 4 (B)	0,10	0,13	0,38	0,43	32,52	38,44
Menara 4 (C)	0,12	0,13	0,41	0,43	2,71	2,70
Menara 4 (D)	0,10	0,13	0,38	0,43	32,51	2,70
Menara 5 (A)	0,09	0,09	0,26	0,27	2,82	38,64
Menara 5 (B)	0,07	0,09	0,24	0,27	32,69	38,64
Menara 5 (C)	0,09	0,09	0,26	0,27	2,82	2,82
Menara 5 (D)	0,07	0,09	0,24	0,27	32,69	2,82
Menara 6 (A)	0,03	0,03	0,17	0,18	2,85	38,79
Menara 6 (B)	0,02	0,03	0,17	0,18	32,81	38,79
Menara 6 (C)	0,03	0,03	0,17	0,18	2,85	2,85
Menara 6 (D)	0,02	0,03	0,17	0,18	32,81	2,85
Menara 7 (A)	0,02	0,02	0,16	0,17	2,86	38,81
Menara 7 (B)	0,02	0,02	0,16	0,17	32,83	38,81
Menara 7 (C)	0,02	0,02	0,16	0,17	2,86	2,86
Menara 7 (D)	0,02	0,02	0,16	0,17	32,82	2,86
Menara 8 (A)	0,02	0,02	0,16	0,16	2,86	38,82
Menara 8 (B)	0,01	0,02	0,15	0,16	32,83	38,82
Menara 8 (C)	0,02	0,02	0,16	0,16	2,86	2,86
Menara 8 (D)	0,01	0,02	0,15	0,16	32,83	2,86

Menara 9 (A)	0,01	0,02	0,15	0,16	2,86	38,83
Menara 9 (B)	0,01	0,02	0,15	0,16	32,84	38,83
Menara 9 (C)	0,01	0,02	0,15	0,16	2,86	2,86
Menara 9 (D)	0,01	0,02	0,15	0,16	32,84	2,86

4.9.5 Kontrol Drift

Tabel 4.17 Faktor, Cd, dan Ω Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Tabel 9-Faktor R , C_d , dan Ω untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_c	Faktor pembesaran defleksi, C_d	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_c (m)				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
24 Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25 Rangka baja dengan bracing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26 Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C Sistem rangka pemikul momen								
1 Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2 Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	T1
3 Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10	T1	T1
4 Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	T1	T1	T1
5 Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6 Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	T1	T1	T1
7 Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	T1	T1	T1	T1
8 Rangka beton bertulang komposit pemikul momen khusus	5	3	4½	TB	TB	TB	TB	TB
9 Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	T1	T1	T1
10 Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	T1	T1

Sumber: SNI 1726-2012

Faktor Keutamaan Gempa (I_e) = 1,25 (Kategori III)

Koefisien Modifikasi Respon (R) = 3

Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 2,5

Simpangan antar lantai ijin = 0,010 h

Simpangan antar lantai arah x

Simpangan antar lantai arah y

δ_{ex} Lantai atap

δ_{ey} Lantai atap

= dx atap - dx lantai 3

= dy atap - dy lantai 3

= 2,5 - 2

= 3 - 2,3

= 0,5 mm

= 0,7 mm

Tabel 4.18 Simpangan Horizontal Struktur (Lantai 2 sampai Atap 2)

Lantai	Tinggi lantai	Simpangan Struktur		Simpangan Antar Lantai	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
		dx	dy	δ_{ex}	δ_{ey}
		mm	mm	mm	mm
Atap 2	2500	3,50	4,10	0,50	0,50
Atap 1	3000	3,00	3,60	0,50	0,60
Atap	5500	2,50	3,00	0,50	0,70
3	5500	2,00	2,30	1,00	1,30
2	5500	1,00	1,00	1,00	1,00
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 4.19 Simpangan Horizontal Struktur (Lantai menara 1 sampai 9)

Lantai	Tinggi lantai	Simpangan Struktur		Simpangan Antar Lantai	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
		dx	dy	δ_{ex}	δ_{ey}
		mm	mm	mm	mm
Menara 9	2000	13,00	7,10	1,60	0,40
Menara 8	2400	11,40	6,70	1,80	0,50
Menara 7	2350	9,60	6,20	1,90	0,40
Menara 6	3400	7,70	5,80	2,70	0,70
Menara 5	940	5,00	5,10	0,30	-0,10
Menara 4	2430	4,70	5,20	0,60	0,50
Menara 3	2870	4,10	4,70	0,60	0,60
Menara 2	2500	3,50	4,10	0,50	1,10
Menara 1	3000	3,00	3,00	0,50	0,00
Atap	5500	2,50	3,00	2,50	3,00

Dimana :

$dx =$ Simpangan struktur arah x

$dy =$ Simpangan struktur arah y

$\delta_x =$ Simpangan antar lantai arah x

$\delta_y =$ Simpangan antar lantai arah y

Defleksi arah x (Lantai 2)

$$\delta_{e2x} = 1,00 \text{ mm}$$

Perpindahan yang diperbesar

$$\begin{aligned}\delta_{x2} &= \frac{C_d \cdot \delta_{e2x}}{I_E} \\ &= \frac{2,5 \cdot 1,00}{1,25} = 2 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,010 \cdot h \\ &= 0,010 \cdot 5500 \\ &= 55,0 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= \delta_{x2} \leq \Delta_a \\ &= 2 \leq 55,0 \text{ .. OK!}\end{aligned}$$

Defleksi arah y (Lantai 2)

$$\delta_{e2y} = 1,00 \text{ mm}$$

Perpindahan yang diperbesar

$$\begin{aligned}\delta_{y2} &= \frac{C_d \cdot \delta_{e2y}}{I_E} \\ &= \frac{2,5 \cdot 1,0}{1,25} = 2 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0,010 \cdot h \\ &= 0,010 \cdot 5500 \\ &= 55,0 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= \delta_{y2} \leq \Delta_a \\ &= 2 \leq 55,0 \text{ .. OK!}\end{aligned}$$

Defleksi arah x (Lantai 3)

$$\delta_{e3x} = 1,00 \text{ mm}$$

$$\delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) = 0,00 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned}\delta_{x3} &= \frac{C_d \cdot \delta_{e3x}}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 1,000}{1,25} = 2 \text{ mm}\end{aligned}$$

Defleksi arah y (Lantai 3)

$$\delta_{e3} = 1,30 \text{ mm}$$

$$\delta_3 = (\delta_{e3} - \delta_{e2}) = 0,30 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned}\delta_{x3} &= \frac{C_d \cdot (\delta_{e3y})}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 1,300}{1,25} = 2,6 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\Delta_{3x} = \frac{C_d \cdot (\delta_{e3} - \delta_{e2})}{I_E}$$

$$= \frac{3 \cdot 0,000}{1,25} = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta_{3y} = \frac{C_d \cdot (\delta_{e3} - \delta_{e2})}{I_E}$$

$$= \frac{3 \cdot 0,300}{1,25} = 0,6 \text{ mm}$$

$$\Delta_{a3} = 0,010 \cdot h$$

$$= 0,010 \cdot 5500$$

$$= 55,0 \text{ mm}$$

$$\Delta_{a3} = 0,010 \cdot h$$

$$= 0,010 \cdot 5500$$

$$= 55,0 \text{ mm}$$

$$\Delta_3 = \delta_3 \leq \Delta_a$$

$$= 0 \leq 55,000 \text{ .. OK!}$$

$$\Delta_3 = \delta_3 \leq \Delta_a$$

$$= 0,6 \leq 55,000 \text{ .. OK!}$$

Tabel 4.20 Kontrol Simpangan antar lantai 2 Sampai Atap 2

Lantai	tinggi lantai	Perpindahan elastis		Perpindahan diperbesar		Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ)		Simpangan antar lantai yang di izinkan		
		δ_{ex}	δ_{ey}	δ_x	δ_y	x	y	Δ_a	$\Delta < \Delta_a$	
								0,010 h	$\Delta x < \Delta_a$	$\Delta y < \Delta_a$
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Aman!	Aman!
At 2	2500	0,50	0,50	1,00	1,00	0,00	-0,20	25,00	Aman!	Aman!
At 1	3000	0,50	0,60	1,00	1,20	0,00	-0,20	30,00	Aman!	Aman!
Atap	5500	0,50	0,70	1,00	1,40	-1,00	-1,20	55,00	Aman!	Aman!
3	5500	1,00	1,30	2,00	2,60	0,00	0,60	55,00	Aman!	Aman!
2	5500	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	55,00	Aman!	Aman!
1	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Aman!	Aman!

Catatan : Δ^+ = Perpindahan positif maksimum

Δ^- = Perpindahan negatif maksimum

Tabel 4.21 Kontrol Simpangan antar lantai Menara 1 Sampai 9

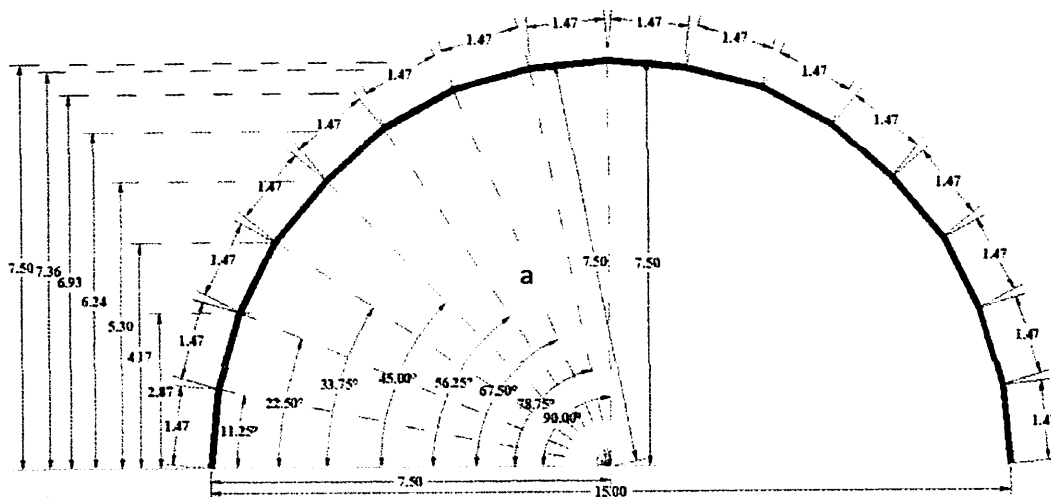
Lantai	tinggi lantai	Perpindahan elastis		Perpindahan diperbesar		Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ)		Simpangan antar lantai yang di izinkan		
		δ_{ex}	δ_{ey}	δ_x	δ_y	x	y	Δ_a	$\Delta < \Delta_a$	
								0,010 h		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	$\Delta x < \Delta_a$	$\Delta y < \Delta_a$	
M 9	2000	1,60	0,40	3,20	0,80	-0,40	-0,20	20,00	Aman!	Aman!
M 8	2400	1,80	0,50	3,60	1,00	-0,20	0,20	24,00	Aman!	Aman!
M 7	2350	1,90	0,40	3,80	0,80	-1,60	-0,60	23,50	Aman!	Aman!
M 6	3400	2,70	0,70	5,40	1,40	4,80	1,60	34,00	Aman!	Aman!
M 5	940	0,30	-0,10	0,60	-0,20	-0,60	-1,20	9,40	Aman!	Aman!
M 4	2430	0,60	0,50	1,20	1,00	0,00	-0,20	24,30	Aman!	Aman!
M 3	2870	0,60	0,60	1,20	1,20	0,20	-1,00	28,70	Aman!	Aman!
M 2	2500	0,50	1,10	1,00	2,20	0,00	2,20	25,00	Aman!	Aman!
M 1	3000	0,50	0,00	1,00	0,00	-4,00	-6,00	30,00	Aman!	Aman!
Atap	5500	2,50	3,00	5,00	6,00	5,00	6,00	55,00	Aman!	Aman!

Catatan : Δ^+ = Perpindahan positif maksimum

Δ^- = Perpindahan negatif maksimum

BAB V
PERHITUNGAN ANALISA PENULANGAN

5.1 Penulangan Cangkang



5.1 Gambar Struktur Kubah

5.1.1 Perhitungan Gaya Membran Akibat Beban Merata

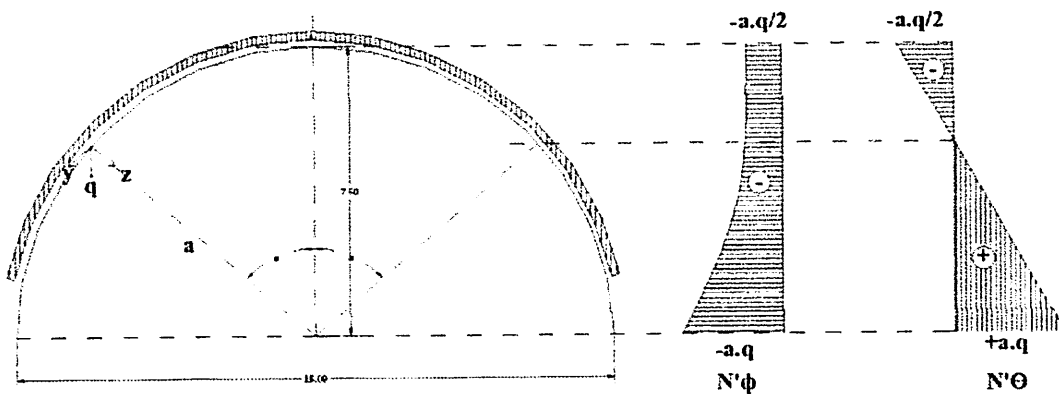
- Beban Merata

- Beban Mati

$$\text{Berat spesi per cm tebal} = 8 \cdot 21 \cdot 1,2 = 168 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Hidup

$$\begin{aligned} \text{Berat atap melengkung} & 96 \cdot 1,6 = 153,6 \text{ kg/m}^2 + \\ q & = 321,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$



5.2 Gambar Gaya Membran Akibat Beban Merata

(Menurut David P. Bilington hal:41 gaya membran arah meridian dan paralel untuk beban merata menggunakan persamaan :)

- Gaya membran arah meridian:

Sudut 0°

$$N'_\phi = - \frac{a \cdot q}{1 + \cos \phi} = - \frac{7,5 \cdot 321,6}{1 + \cos 0} = - \frac{7,5 \cdot 321,6}{1 + 1}$$

$$= -1206 \text{ kg/m}$$

Sudut $11,25^\circ$

$$N'_\phi = - \frac{a \cdot q}{1 + \cos \phi} = - \frac{7,5 \cdot 321,6}{1 + \cos 11,25} = - \frac{7,5 \cdot 321,6}{1 + 0,981}$$

$$= -1217,7 \text{ kg/m}$$

Hasil perhitungan selanjutnya untuk arah meridian ditabelkan

- Gaya membran arah paralel:

Sudut 0°

$$N'_\Theta = a \cdot q \left[\frac{1}{1 + \cos \phi} - \cos \phi \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= 7,5 \cdot 321,6 \cdot \left\{ \frac{1}{1 + \cos 0} - \cos 0 \right\} \\
 &= 7,5 \cdot 321,6 \cdot \left\{ \frac{1}{1 + 1} - 1 \right\} \\
 &= -1206 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Sudut $11,25^\circ$

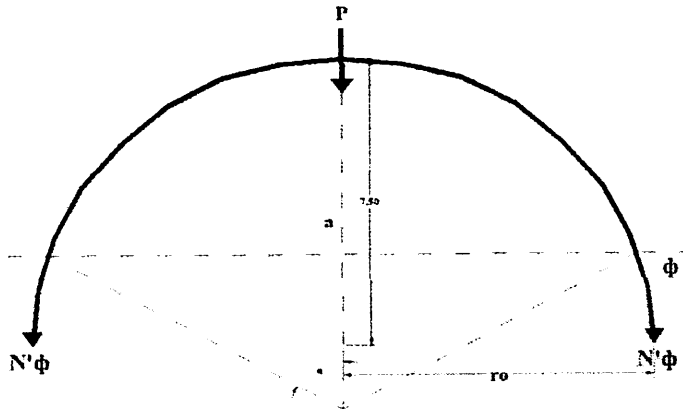
$$\begin{aligned}
 N'\Theta &= a \cdot q \cdot \left\{ \frac{1}{1 + \cos \phi} - \cos \phi \right\} \\
 &= 7,5 \cdot 321,6 \cdot \left\{ \frac{1}{1 + \cos 11,25} - \cos 11,25 \right\} \\
 &= 7,5 \cdot 321,6 \cdot \left\{ \frac{1}{1 + 0,98} - 0,981 \right\} \\
 &= -1148 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya untuk arah pararel ditabelkan

Tabel 5.1 Gaya Membran Akibat Beban Merata

α	a	q	$\cos\phi$	1	Arah meridian	Arah pararel
($^\circ$)	(m)	(kg/m ²)		$1 + \cos\phi$	$N'\phi$ (kg/m)	$N'\Theta$ (kg/m)
0	7,5	321,6	1,000	0,500	-1206	-1206
11,25	7,5	321,6	0,981	0,505	-1218	-1148
22,5	7,5	321,6	0,924	0,520	-1254	-975
33,75	7,5	321,6	0,831	0,546	-1317	-689
45	7,5	321,6	0,707	0,586	-1413	-293
56,25	7,5	321,6	0,556	0,643	-1551	211
67,5	7,5	321,6	0,383	0,723	-1744	821
78,75	7,5	321,6	0,195	0,837	-2018	1548
90	7,5	321,6	0,000	1,000	-2412	2412

5.1.2 Perhitungan Gaya Membran Akibat Beban Pusat



5.3 Gambar Gaya Membran Akibat Beban Pusat

Berat lampu gantung diasumsikan = 1700 kg

(Menurut David P.Bilington hal:46 gaya membran arah meridian dan paralel untuk beban pusat menggunakan persamaan :)

- Gaya membran arah meridian:

Sudut 90°

$$\begin{aligned}
 N'\phi &= - \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot a \cdot \sin^2 \cdot \phi} \\
 &= - \frac{1700}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,5 \cdot \sin^2 \cdot 90} \\
 &= - \frac{1700}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,5 \cdot 1,000} \\
 &= - 36,093 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

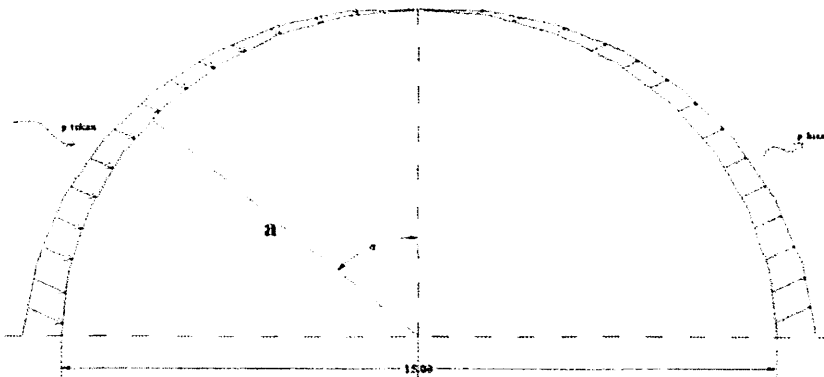
- Gaya membran arah paralel:

Sudut 90°

$$N'\theta = \frac{p}{2 \cdot \pi \cdot a \cdot \sin^2 \cdot \phi}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1700}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,5 \cdot \sin^2 \cdot 90} \\
 &= \frac{1700}{2 \cdot 3,14 \cdot 7,5 \cdot 1,000} \\
 &= 36,093 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

5.1.3 Perhitungan Gaya Membran Akibat Beban Angin



5.4 Gambar Gaya Membran Akibat Beban Angin

Perhitungan Sebelumnya didapatkan nilai pembebanan angin untuk,

$$p \text{ tekan} = 12,6 \text{ kg/m}^2$$

$$p \text{ hisap} = -6,2 \text{ kg/m}^2$$

- Gaya membran arah meridian:

Sudut 0° (P tekan)

$$\begin{aligned}
 N^\phi &= \frac{p \cdot a \cdot \cos\theta}{3 \cdot \sin^3 \phi} \left[3 \cdot \cos^2 \phi - \cos^4 \phi - \cos \phi \right] \\
 &= \frac{12,6 \cdot 7,5 \cdot 1}{3 \cdot 0} \left[3 \cdot 1 - 1 - 1 \right] \\
 &= 0 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Sudut 11,25 ° (P tekan)

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= \frac{p \cdot a \cdot \cos\theta}{3 \cdot \sin^3 \phi} \cdot \left(3 \cdot \cos^2 \phi - \cos^4 \phi - \cos \phi \right) \\
 &= \frac{12,6 \cdot 7,5 \cdot 0,981}{3 \cdot 0,0074} \cdot \left(3 \cdot 0,96194 - 0,93 - 0,98 \right) \\
 &= 4076,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Gaya membran arah meridian:

Sudut 0 ° (P hisap)

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= \frac{p \cdot a \cdot \cos\theta}{3 \cdot \sin^3 \phi} \cdot \left(3 \cdot \cos^2 \phi - \cos^4 \phi - \cos \phi \right) \\
 &= \frac{-6,2 \cdot 7,5 \cdot 1}{3 \cdot 0} \cdot \left(3 \cdot 1 - 1 - 1 \right) \\
 &= 0 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Sudut 11,25 ° (P hisap)

$$\begin{aligned}
 N_{\phi} &= \frac{p \cdot a \cdot \cos\theta}{3 \cdot \sin^3 \phi} \cdot \left(3 \cdot \cos^2 \phi - \cos^4 \phi - \cos \phi \right) \\
 &= \frac{-6,2 \cdot 7,5 \cdot 0,981}{3 \cdot 0,0074} \cdot \left(3 \cdot 0,96194 - 0,93 - 0,98 \right) \\
 &= -2005,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan selanjutnya untuk arah meridian ditabelkan

Tabel 5.2 Akibat Beban Angin Tiup dan Hisap Arah Meridian

α	a	p (t')	p (h')	$\cos\phi$	$3 \cdot \sin^3\phi$	$3 \cdot \cos^2\phi$	$\cos^4\phi$	p tekan	p hisap
(°)	(m)	(kg/m ²)	(kg/m ²)					N'φ (kg/m)	N'φ (kg/m)
0	7,5	12,6	-6,2	1,000	0,000	3,000	1,000	0,000	0,000
11,25	7,5	12,6	-6,2	0,981	0,022	2,886	0,925	4076,365	-2005,83
22,5	7,5	12,6	-6,2	0,924	0,168	2,561	0,729	471,630	-232,07
33,75	7,5	12,6	-6,2	0,831	0,514	2,074	0,478	116,782	-57,46
45	7,5	12,6	-6,2	0,707	1,061	1,500	0,250	34,202	-16,83
56,25	7,5	12,6	-6,2	0,556	1,724	0,926	0,095	8,376	-4,12
67,5	7,5	12,6	-6,2	0,383	2,366	0,439	0,021	0,538	-0,26
78,75	7,5	12,6	-6,2	0,195	2,830	0,114	0,001	-0,536	0,26
90	7,5	12,6	-6,2	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,00

- Gaya membran arah paralel:

Sudut 0 ° (P tekan)

$$\begin{aligned}
 N'\Theta &= \frac{p \cdot a \cdot \cos\theta}{3 \cdot \sin^3 \phi} \cdot \left(2 \cdot \cos^2 \phi - 2 \cdot \cos^4 \phi - 3 \cdot \sin^2 \phi \right) \\
 &= \frac{12,6 \cdot 7,5 \cdot 1}{3 \cdot 0} \cdot \left(2 \cdot 1 - 2 - 0 \right) \\
 &= 0 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Sudut 11,25 ° (P tekan)

$$\begin{aligned}
 N'\Theta &= \frac{p \cdot a \cdot \cos\theta}{3 \cdot \sin^3 \phi} \cdot \left(2 \cdot \cos^2 \phi - 2 \cdot \cos^4 \phi - 3 \cdot \sin^2 \phi \right) \\
 &= \frac{12,6 \cdot 7,5 \cdot 0,981}{3 \cdot 0,0074} \cdot \left(2 \cdot 0,96194 - 1,8507 - 0,1142 \right) \\
 &= -170 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Gaya membran arah paralel:

Sudut 0° (P hisap)

$$N'\Theta = \frac{p \cdot a \cdot \cos\theta}{3 \cdot \sin^3 \phi} \cdot \left(2 \cdot \cos^2 \phi - 2 \cdot \cos^4 \phi - 3 \cdot \sin^2 \phi \right)$$

$$= \frac{-6,2 \cdot 7,5 \cdot 1}{3 \cdot 0} \cdot \left(2 \cdot 1 - 2 - 0 \right)$$

$$= 0 \text{ kg/m}$$

Sudut $11,25^\circ$ (P tekan)

$$N'\Theta = \frac{p \cdot a \cdot \cos\theta}{3 \cdot \sin^3 \phi} \cdot \left(2 \cdot \cos^2 \phi - 2 \cdot \cos^4 \phi - 3 \cdot \sin^2 \phi \right)$$

$$= \frac{-6,2 \cdot 7,5 \cdot 0,981}{3 \cdot 0,0074} \cdot \left(2 \cdot 0,96194 - 1,8507 - 0,1142 \right)$$

$$= 83,855 \text{ kg/m}$$

Hasil perhitungan selanjutnya untuk arah paralel ditabelkan

Tabel 5.3 Akibat Beban Angin Tiup dan Hisap Arah Paralel

α ($^\circ$)	a (m)	p (t') (kg/m ²)	p (h') (kg/m ²)	cos θ	3.sin ³ ϕ	2.cos ² ϕ	2.cos ⁴ ϕ	p tekan	
								N' Θ (kg/m)	N' Θ (kg/m)
0	7,5	12,6	-6,2	1,000	0,000	2,000	2,000	0,000	0,000
11,25	7,5	12,6	-6,2	0,981	0,022	1,924	1,851	-170,416	83,855
22,5	7,5	12,6	-6,2	0,924	0,168	1,707	1,457	-98,322	48,380
33,75	7,5	12,6	-6,2	0,831	0,514	1,383	0,956	-76,245	37,518
45	7,5	12,6	-6,2	0,707	1,061	1,000	0,500	-63,000	31,000
56,25	7,5	12,6	-6,2	0,556	1,724	0,617	0,191	-50,150	24,677
67,5	7,5	12,6	-6,2	0,383	2,366	0,293	0,043	-35,322	17,380
78,75	7,5	12,6	-6,2	0,195	2,830	0,076	0,003	-18,320	9,015
90	7,5	12,6	-6,2	0,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Kombinasi gaya membran akibat beban tetap:

I = Beban merata

II = Beban terpusat

Tabel 5.4 Kombinasi Gaya Membran Akibat Beban Tetap

α	I	I	II	II	I+II	I+II
(°)	$N\phi$ (kg/m)	$N\theta$ (kg/m)	$N\phi$ (kg/m)	$N\theta$ (kg/m)	$N\phi$ (kg/m)	$N\theta$ (kg/m)
0	-1206	-1206	0	0	-1206	-1206
11,25	-1218	-1148	0	0	-1218	-1148
22,5	-1254	-975	0	0	-1254	-975
33,75	-1317	-689	0	0	-1317	-689
45	-1413	-293	0	0	-1413	-293
56,25	-1551	211	0	0	-1551	211
67,5	-1744	821	0	0	-1744	821
78,75	-2018	1548	0	0	-2018	1548
90	-2412	2412	-36	36	-2448	2448

Kombinasi gaya membran akibat beban sementara:

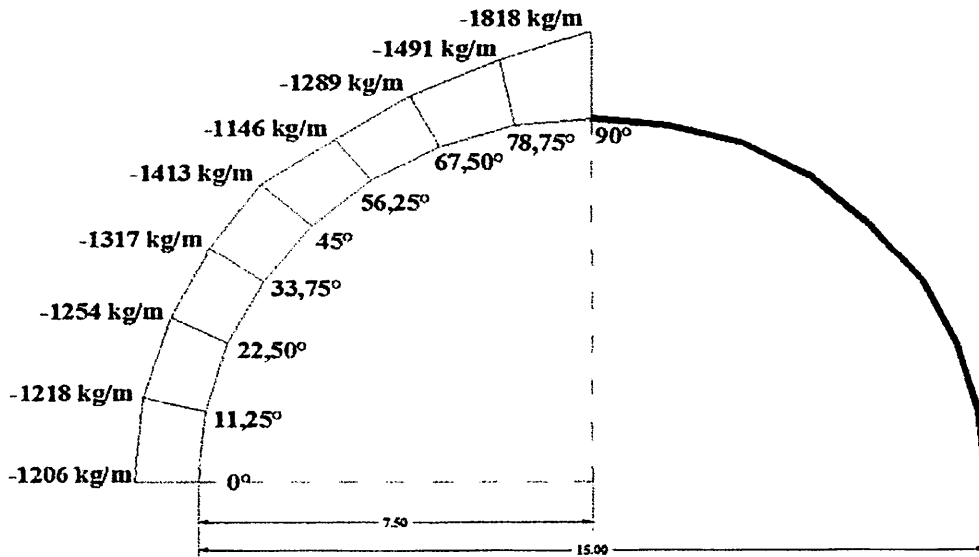
I = Beban merata + Beban terpusat + Beban angin tekan

II = Beban merata + Beban terpusat + Beban angin hisap

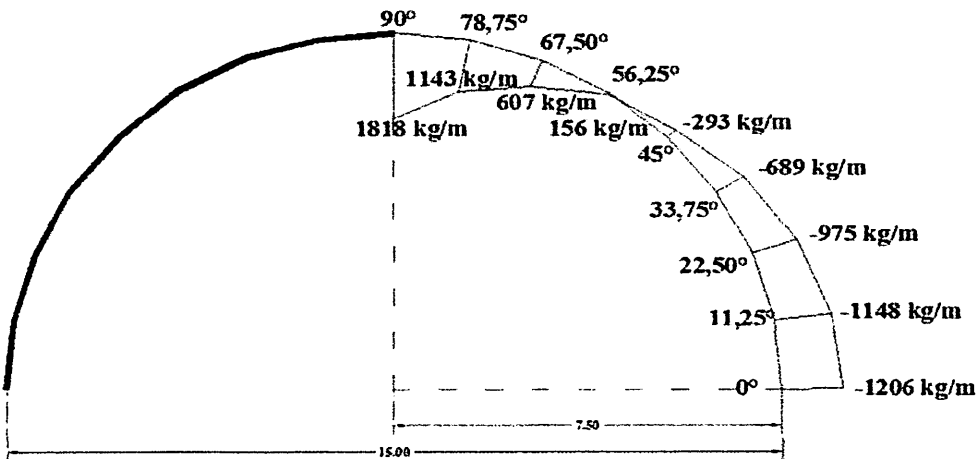
Tabel 5.5 Kombinasi Gaya Membran Akibat Beban Sementara

α	I	I	II	II	I+II	I+II
(°)	$N\phi$ (kg/m)	$N\theta$ (kg/m)	$N\phi$ (kg/m)	$N\theta$ (kg/m)	$N\phi$ (kg/m)	$N\theta$ (kg/m)
0	-1206	-1206	-1206	-1206	-2412	-2412
11,25	2859	-1318	-3224	-1064	-365	-2382
22,5	-782	-1073	-1486	-926	-2268	-1999
33,75	-1200	-765	-1374	-651	-2575	-1416
45	-1379	-356	-1430	-262	-2808	-617

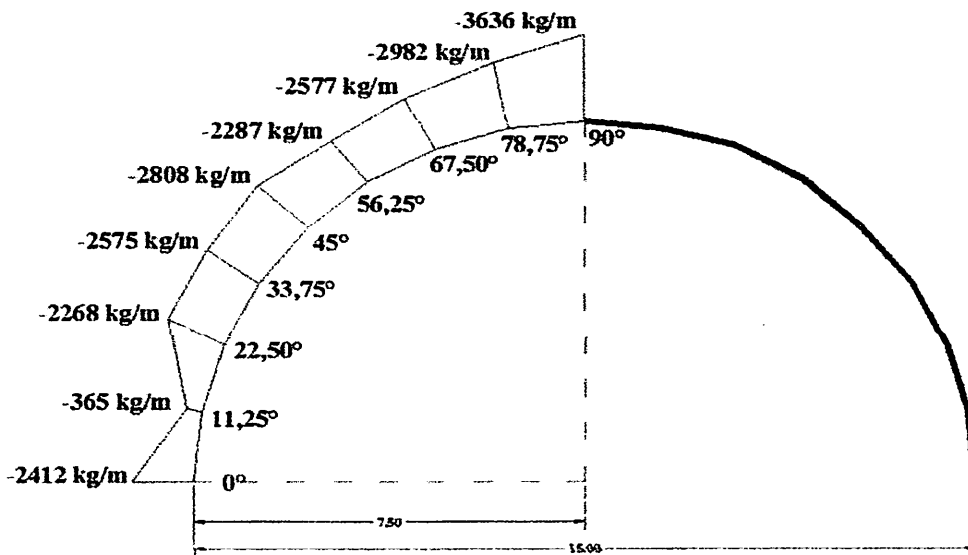
56,25	-1542	160	-1555	235	-3097	396
67,5	-1744	786	-1745	839	-3489	1625
78,75	-2019	1529	-2018	1557	-4037	3086
90	-2448	2448	-2448	2448	-4896	4896



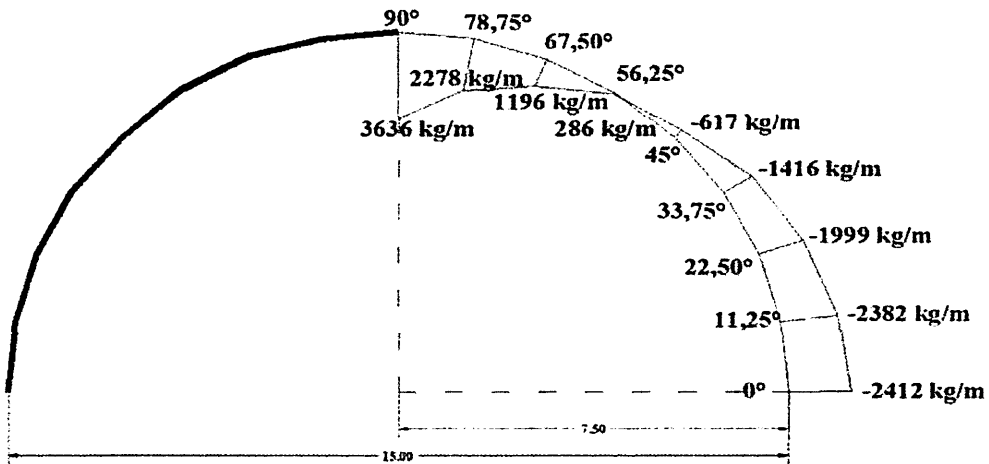
5.5 Gambar Gaya Membran Arah Meridian Akibat Beban Tetap



5.6 Gambar Gaya Membran Arah Pararel Akibat Beban Tetap



5.7 Gambar Gaya Membran Arah Meridian Akibat Beban Sementara



5.8 Gambar Gaya Membran Arah Pararel Akibat Beban Sementara

Didapatkan gaya membran terbesar:

$$\text{Arah meridian: } N'\phi = -4896 \text{ kg/m} = -48,962 \text{ N/mm}$$

$$\text{Arah paralel } N'\theta = 4896 \text{ kg/m} = 48,9619 \text{ N/mm}$$

(Menurut David P. Bilington hal:237 untuk tulangan longitudinal/utama diasumsikan yang berdasarkan analisa cangkang, kita dapat menentukan momen tulangan dengan persamaan:

$$M_x = -0,29 \cdot Eh^2 \cdot \epsilon_{\phi 0} \cdot \Psi(\beta x)$$

$$\begin{aligned} \text{dimana: } \epsilon_{\phi 0} &= \frac{N'\phi}{Eh} \quad (Eh = \text{modulus elastisitas beton}) \\ &= \frac{-48,962}{200000} = -0,000245 \end{aligned}$$

$$\Psi(\beta x) = 1 \quad (\text{konstanta})$$

Arah meridian:

$$\begin{aligned} M'\phi &= -0,29 \cdot Eh^2 \cdot \epsilon_{\phi 0} \cdot \Psi(\beta x) \\ &= -0,29 \cdot 200000^2 \cdot -0,000245 \cdot 1 \\ &= 2839788 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Arah paralel:

$$\begin{aligned} M'\theta &= -0,29 \cdot Eh^2 \cdot \epsilon_{\phi 0} \cdot \Psi(\beta x) \\ &= -0,29 \cdot 200000^2 \cdot 0,00024 \cdot 1 \\ &= -2839788 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Karena hasil arah meridian dan arah paralel sama, gunakan salah satu untuk menghitung A_s tulangan; = 2839788 Nmm

$$M_u = 2839788 \text{ N.mm}$$

Dipakai Tulangan plat = ϕ 10

$$p = 20 \text{ mm}$$

$$d = h - 1/2 \cdot \phi - p$$

$$= 80 - 1/2 \cdot 10 - 20$$

$$= 55 \text{ mm} \quad ; f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad ; f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Momen nominal} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2839788}{0,9} = 3155320 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_n}{0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right\} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot 55}{240} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 3155320,4}{0,85 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot 55^2}} \right\} \\ &= 6817,7 \cdot \left[1 - 0,96430 \right] \\ &= 6817,7 \cdot 0,03570 \\ &= 243,3837 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0,002 \cdot b \cdot h \\ &= 0,002 \cdot 1000 \cdot 80 \\ &= 160 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 \longrightarrow f_c' = < 28 \text{ MPa}$$

$$f_c = 35 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - \frac{(35 - 28) \cdot 0,05}{7}$$

$$= 0,8$$

$$A_s \text{ max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} \cdot 1000 \cdot 55$$

$$= 2921,9 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 243,4 \text{ mm}^2 > A_s \text{ min} = 160 \text{ mm}^2$$

$$< A_s \text{ max} = 2921,9 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $A_{s,u} = 243,4 \text{ mm}^2$

Direncanakan tulangan = $\emptyset 10$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_s \cdot b}{A_{s,u}} = \frac{78,5 \cdot 1000}{243} = 323 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

syarat maksimum = $3 \cdot h = 3 \cdot 80 = 240 \text{ mm}$

Kontrol:

$$A_s = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{78,5 \cdot 1000}{240} = 327,1 \text{ mm}^2 > 243 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

kekuatan minimum harus ditempatkan keseluruhan pada cangkang.

Daerah tegangan minimum sebesar 20% disetiap dua arah, maka sangat disarankan untuk kontrol keretakan atau terjadinya tulangan susut pada penampang atas

$$A_s = 0,2 \cdot 243,4 = 48,68 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan = ϕ 6

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 28,3 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_s \cdot b}{A_{s,u}} = \frac{28,26 \cdot 1000}{48,7} = 581 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

Kontrol: syarat maksimum 300 mm

$$A_s = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{28,26 \cdot 1000}{300} = 94,2 \text{ mm}^2 > 28 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

5.1.4 Kontrol Lipat

Tegangan beton yang timbul akibat gaya membran

$$f_c = \frac{N}{A_c} \longrightarrow \text{dimana } A_c = \text{Luas penampang beton (1000x80)mm}$$

Diketahui

$$\text{Gaya } N'_{\phi} = -48,96 \text{ N/mm}$$

$$\text{Gaya } N'_{\theta} = 48,96 \text{ N/mm}$$

- Gaya N'_{ϕ}

$$F_c = \frac{N}{A_c} = \frac{-48,96}{80000} = -0,0006 \text{ N/mm}^2$$

- Gaya N'_{θ}

$$F_c = \frac{N}{A_c} = \frac{48,96}{80000} = 0,0006 \text{ N/mm}^2$$

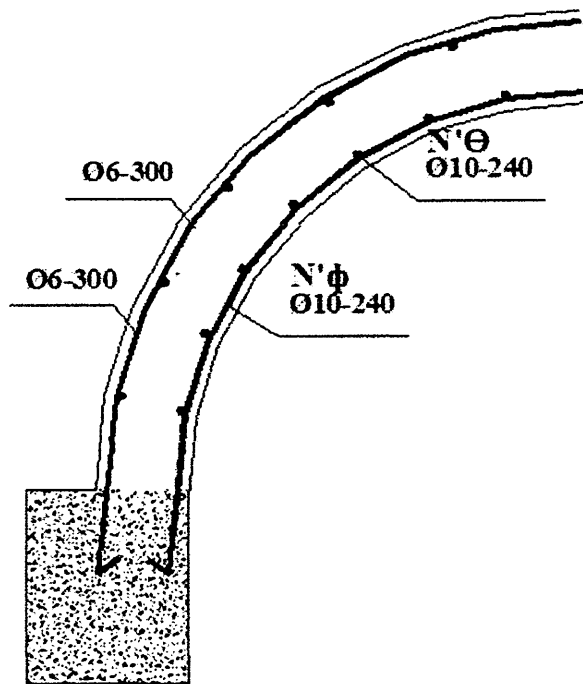
$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{35} \\ &= 27805,6 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{E_c \cdot h}{r \cdot \sqrt{3}} = \frac{27805,6 \cdot 80}{7500 \cdot \sqrt{3}} = 171,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma}{4} = \frac{171,2}{4} = 42,81 \text{ N/mm}^2$$

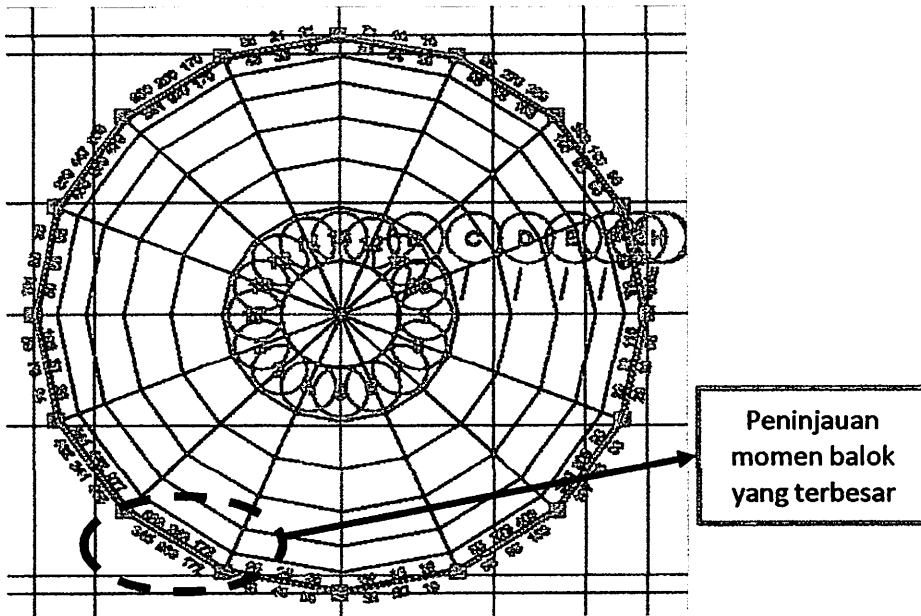
$$\text{Gaya } N'_{\phi} = -0,0006 \text{ N/mm}^2 < 42,8 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$\text{Gaya } N'_{\theta} = 0,0006 \text{ N/mm}^2 < 42,8 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$



5.9 Gambar Tulangan Struktur Cangkang Kubah

5.2 Penulangan Balok Lingk



5.10 Gambar Balok Lingk

Diketahui: (dari program Etabs v13 (Kombinasi 2 = 1,2D+1,6L+0,5R))

$$\text{Mu tumpuan} = 276684598 \text{ N.mm} \quad ; \quad b = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Mu lapangan} = 267819157 \text{ N.mm} \quad ; \quad h = 600 \text{ mm}$$

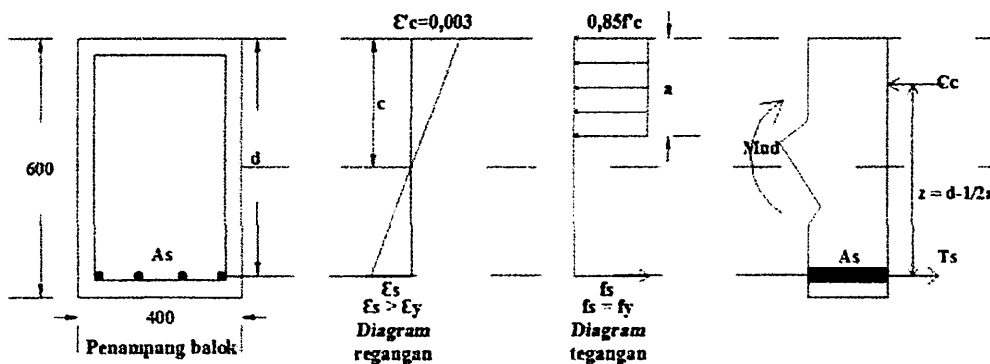
$$\text{Momen puntir} = 11631853,5 \text{ N.mm} \quad ; \quad f_c = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Gaya lintang} = 476050,4 \text{ N} \quad ; \quad f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$d = h - p - \phi - 1/2 D \quad ; \quad f_{ys} = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$= 600 - 40 - 10 - 1/2 \cdot 22$$

$$= 539 \text{ mm}$$



5.11 Gambar Diagram Regangan-Tegangan Dari Gaya Dalam Penampang

Direncanakan tulangan utama = 4 D 22

$$\begin{aligned} \text{maka, } A_s &= 4 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 22^2 = 4 \cdot 1/4 \cdot 3,14 \cdot 22^2 \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{\sqrt{35}}{4 \cdot 400} \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 797,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dan tidak boleh lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1,4}{400} \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 754,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 \longrightarrow f_c' = < 28 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} f_c = 35 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 &= 0,85 - \frac{[35 - 28] \cdot 0,05}{7} \\ &= 0,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ max}} &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d \\ &= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 5772,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s = 1519,8 \text{ mm}^2 &> A_{s \text{ min}} = 754,6 \text{ mm}^2 \\ &< A_{s \text{ max}} = 5772,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan $A_s, u = 1519,8 \text{ mm}^2$

(Maka tulangan tarik leleh)

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b & ; & \quad T_s = A_s \cdot f_y \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot a \cdot 400 & & \quad = 1519,8 \cdot 400 \\ &= 11900 a & & \quad = 607904 \end{aligned}$$

$$C_c = T_s \quad \longrightarrow \quad a = \frac{T_s}{C_c} = \frac{607904}{11900} = 51,08 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} z &= d - a / 2 \\ &= 539 - 51,08 / 2 \\ &= 513,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n = T_s \cdot z = 607904 \cdot 513,5 = 312133060 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \phi \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 312133060 \\ &= 280919754 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka $M_{u,ap} = 267819157 \text{ N.mm} < M_n = 280919754 \text{ N.mm}$ (Ok)

Cek penempatan tulangan (Jika jarak bersih antar tulangan = 40 mm)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan utama} &\rightarrow n \cdot D &= 4 \cdot 22 &= 88 \text{ mm} \\ \text{Spasi} &\rightarrow (n - 1) \cdot 40 &= (4 - 1) \cdot 40 &= 120 \text{ mm} \\ \text{Sengkang} &\rightarrow 2 \cdot \phi &= 2 \cdot 10 &= 20 \text{ mm} \\ \text{Penutup beton} &\rightarrow 2 \cdot p &= 2 \cdot 40 &= 80 \text{ mm} + \\ &&& \underline{\hspace{1.5cm}} \\ &&&= 308 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka lebar balok (b) = 400 mm > 308 mm

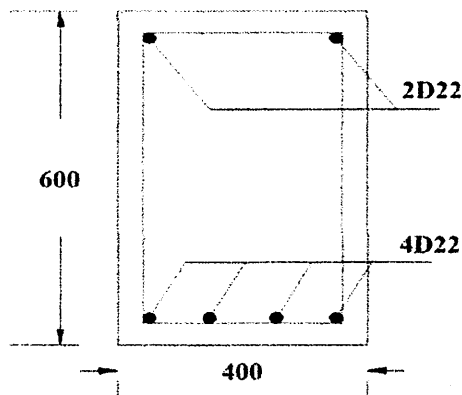
Untuk tulangan tekan digunakan tulangan praktis untuk mencegah terjadinya tulangan susut dan suhu pada penampang beton:

$$As' = 20\% \cdot As = 0,2 \cdot 1519,8 = 303,952 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan = D 22

$$As = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As}{As'} = \frac{379,9}{304,0} = 1,25 \rightarrow 2 \text{ buah}$$



5.12 Gambar Penulangan Balok Lintang Pada Lapangan

Untuk Momen Tumpuan: Menggunakan metode empiris

$$Mu = 276684598 \text{ N.mm}$$

$$\varnothing \text{ Tulangan utama diperkirakan} = D \ 22 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ Tulangan sengkang diperkirakan} = \varnothing \ 10 \text{ mm}$$

$$p = 40 \text{ mm}$$

$$d' = p + 1/2 \varnothing \text{ Tul. Utama} + \varnothing \text{ Tul. Sengkang}$$

$$= 40 + 0,5 \cdot 22 + 10 = 61 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 600 - 61$$

$$= 539 \text{ mm}$$

$$\text{Momen nominal (Mnd)} = \frac{Mu}{\phi} = \frac{276684598}{0,9} = 307427331 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_n}{0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right\} \\ &= \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 539}{400} \cdot \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 307427331}{0,85 \cdot 35 \cdot 400 \cdot 539^2}} \right\} \\ &= 16035,3 \cdot \left\{ 1 - 0,90673 \right\} \\ &= 16035,3 \cdot 0,09327 \\ &= 1495,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{\sqrt{35}}{4 \cdot 400} \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 797,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dan tidak boleh lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1,4}{400} \cdot 400 \cdot 539 \end{aligned}$$

$$= 754,6 \text{ mm}^2$$

$$\beta_1 = 0,85 \longrightarrow f_c' = < 28 \text{ MPa}$$

$$f_c = 35 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - \frac{[35 - 28] \cdot 0,05}{7}$$

$$= 0,8$$

$$A_s \text{ max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot 35 \cdot 0,8}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \cdot 400 \cdot 539$$

$$= 5772,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 1495,7 \text{ mm}^2 > A_s \text{ min} = 754,6 \text{ mm}^2$$

$$< A_s \text{ max} = 5772,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka digunakan tulangan } A_s, u = 1495,7 \text{ mm}^2$$

(Cukup digunakan tulangan tunggal)

Direncanakan tulangan = $\emptyset 22$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ min}}{A_s} = \frac{1495,7}{379,9} = 3,9366 \rightarrow 4 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan = $4 \emptyset 22$

$$A_s = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 1519,8 \text{ mm}^2$$

Jadi, A_s yang digunakan $> A_s, u$

$$1519,8 \text{ mm}^2 > 1495,7 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

Menghitung kapasitas momen terfaktor M_u

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1519,8 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 400} = 51,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_{nk} &= \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left\{ d - \frac{a}{2} \right\} \\ &= 0,9 \cdot 1519,8 \cdot 400 \cdot \left\{ 539 - \frac{51,1}{2} \right\} \\ &= 280919754 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Jadi, $M_u = 276684598 \text{ N.mm} < \phi M_{nk} = 280919754 \text{ N.mm}$ (Ok)

Cek penempatan tulangan (Jika jarak bersih antar tulangan = 25 mm)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan utama} &\rightarrow n \cdot \emptyset = 4 \cdot 22 = 88 \text{ mm} \\ \text{Spasi} &\rightarrow (n - 1) \cdot 25 = (4 - 1) \cdot 25 = 75 \text{ mm} \\ \text{Sengkang} &\rightarrow 2 \cdot \emptyset = 2 \cdot 10 = 20 \text{ mm} \\ \text{Penutup beton} &\rightarrow 2 \cdot p = 2 \cdot 40 = 80 \text{ mm} + \\ &= 263 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka lebar balok (b) = 400 mm > 263 mm

(Penyusunan tulangan tarik 4D22 untuk satu lapis mencukupi)

Untuk tulangan tekan diambil 20% x A_s yang digunakan

$$20\% \cdot 1519,8 \text{ mm}^2 = 303,95 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan = $\emptyset 22$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 379,9 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ tekan}}{A_s} = \frac{304,0}{379,9} = 0,8 \rightarrow 2 \text{ buah}$$

Maka digunakan tulangan = 2 $\emptyset 22$

$$A_s = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 759,9 \text{ mm}^2$$

Jadi,

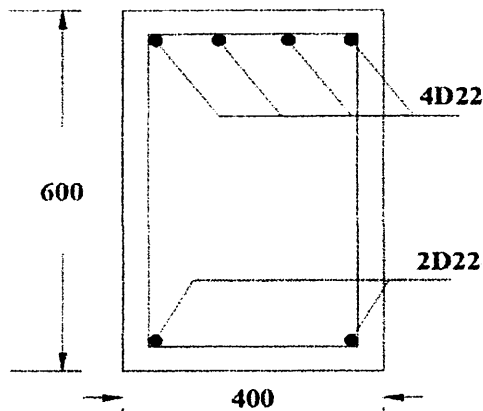
$$\begin{aligned} \text{As yang digunakan} &> \text{As tekan} \\ 759,9 \text{ mm}^2 &> 304,0 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

Cek penempatan tulangan (Jika jarak bersih antar tulangan = 25 mm)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan utama} &\rightarrow n \cdot \emptyset = 2 \cdot 22 = 44 \text{ mm} \\ \text{Spasi} &\rightarrow (n - 1) \cdot 25 = (2 - 1) \cdot 25 = 25 \text{ mm} \\ \text{Sengkang} &\rightarrow 2 \cdot \emptyset = 2 \cdot 10 = 20 \text{ mm} \\ \text{Penutup beton} &\rightarrow 2 \cdot p = 2 \cdot 40 = 80 \text{ mm} + \\ &= 169 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka lebar balok (b) = 400 mm > 169 mm

('Penyusunan tulangan tekan 2D22 untuk satu lapis mencukupi')



5.13 Gambar Penulangan Balok Lingkar Pada Tumpuan

- Penulangan Geser

Diketahui: (dari program Etabs v13 (Kombinasi 2 = 1,2D+1,6L+0,5R))

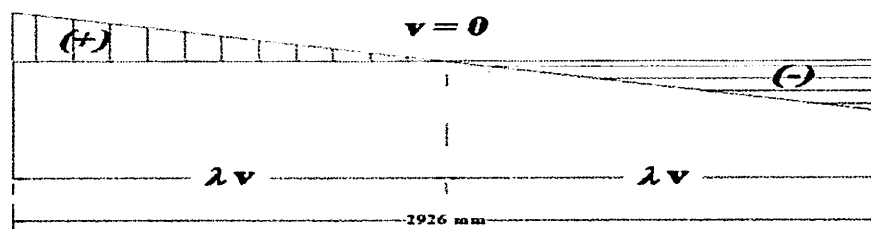
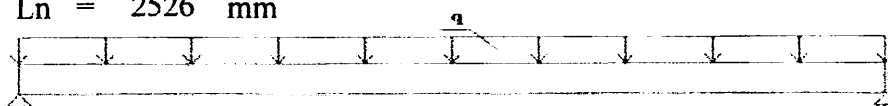
$$V_u = 476050,4 \text{ N} \quad ; \quad f_c = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad ; \quad f_{ys} = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 2926 \text{ mm} \quad ; \quad d = 539 \text{ mm}$$

$$L_n = 2526 \text{ mm}$$



5.14 Gambar Diagram Gaya Geser Sepanjang Bentang Balok

* Gaya geser yang ditahan oleh beton

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 539$$

$$= 216836,2 \text{ N}$$

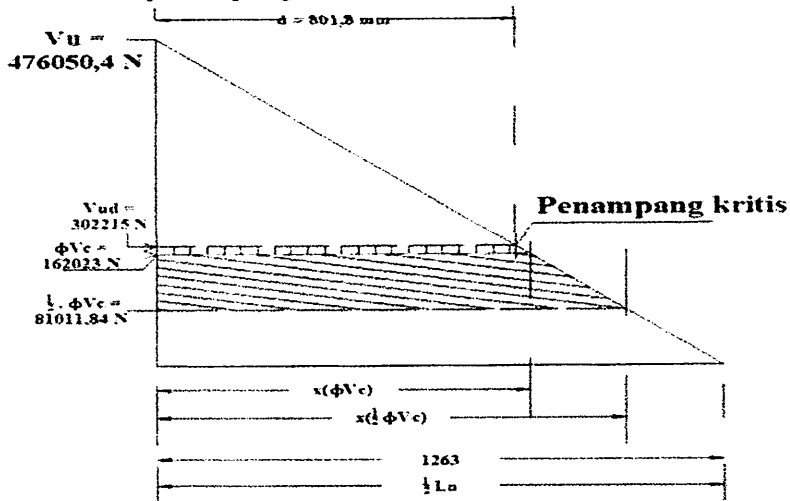
$$\phi V_c = 0,75 \cdot 216836,2 = 162627,1 \text{ N}$$

$$1/2 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 216836,2 = 81313,56 \text{ N}$$

* Karena $V_u > 1/2 \cdot \phi V_c$; (Perlu tulangan geser)

(SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.1 hal 93)

dilihat dari etabs, gaya geser dari jarak muka kolom $d = 801,8$ mm
(untuk daerah penampang kritis)



$$\begin{aligned}
 V_{ud} &= V_{ut} + \frac{d}{1/2 \cdot L_n} \cdot V_u - V_{ut} \\
 &= 0 + \frac{801,8}{1263} \cdot 476050 - 0 \\
 &= 302215 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Mencari jarak $\phi \cdot V_c$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{x} &= \frac{V_u}{L_n/2} \\
 \Rightarrow x &= L_n/2 \cdot \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{V_u} \\
 \Rightarrow &= 1263 \cdot \frac{476050 - 0,75 \cdot 216836,2}{476050,4} \\
 &= 831,54 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Mencari jarak $1/2 \phi \cdot V_c$

$$\Rightarrow \frac{V_u - \phi \cdot V_c / 2}{x} = \frac{V_u}{L_n/2}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow x &= L_n/2 \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{V_u} \\ \Rightarrow &= 1263 \frac{476050 - 0,75 \cdot 216836,2}{476050,4} \\ &= 1047,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kuat geser nominal yang harus ditahan oleh tulangan geser dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_{ud} - \phi \cdot V_c}{\phi} \\ &= \frac{302215 - 0,75 \cdot 216836}{0,75} \\ &= 186117 \text{ N} \end{aligned}$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9 hal:93 V_s tidak boleh lebih besar dari :

$$\begin{aligned} V_s &= 0,66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \\ &= 0,66 \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 841834 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, $186117 < 841834$ Ok

Spasi tulangan geser sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.2 dihitung dengan persamaan:

$$s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{V_s} \rightarrow \begin{array}{l} \text{(} A_v \text{ adalah luas tulangan geser)} \\ \text{yang berada dalam spasi } s \\ \text{(SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.2)} \end{array}$$

Dengan tulangan sengkang $\emptyset = 10 \text{ mm}$ (dua kaki)

$$A_{v,u} = \frac{\pi \cdot \emptyset^2 \cdot 3,14 \cdot 10^2}{2} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{2}$$

$$= 157,00 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{157,00 \cdot 240 \cdot 539}{186116,8}$$

$$= 109,1 \text{ mm}$$

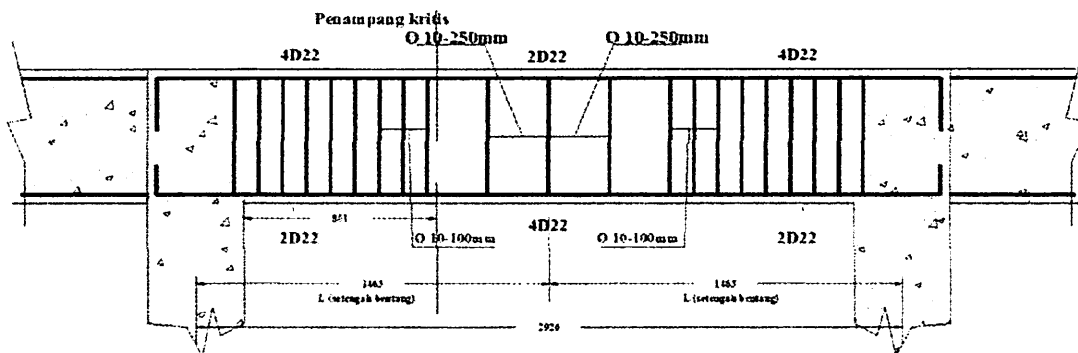
Jadi, digunakan sengkang dengan jarak $x = 1047$ adalah $\emptyset 10 - 109,1 \text{ mm}$

Maka, spasi/jarak tulangan maksimum (s) sengkang vertikal:

$$s \leq 1/2 \cdot d$$

$$109,1 \leq 1/2 \cdot 539$$

$$109,1 \leq 269,5 \text{ mm}$$



5.15 Gambar Penulangan Geser pada badan Balok

- Penulangan Torsi

Diketahui: (dari program Etabs v13 (Kombinasi 2 = 1,2D+1,6L+0,5R))

$$T_u = 11631853 \text{ N.mm} \quad ; \quad f_c = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad ; \quad f_{ys} = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 2926 \text{ mm} \quad ; \quad d = 539 \text{ mm}$$

$$L_n = 2526 \text{ mm}$$

$$T_n = T_u / \phi = 11631853 / 0,75 = 15509138 \text{ N.mm}$$

Pengaruh torsi boleh diabaikan apabila momen torsi terfaktor (T_u) kurang dari:

$$T_u < \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right)$$

$$11631853 < 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{57600000000}{2000} \right)$$

$$11631853 > 10606347,8 \text{ N.mm} \quad (\text{Maka Perlu Tulangan Torsi})$$

Keterangan

A_{cp} = Luas penampang

P_{cp} = Keliling penampang

- Kontrol dimensi balok terhadap puntir

A_{oh} = Luas batas daerah begel terluar, dan

P_h = Keliling batas begel terluar

$$A_{oh} = [400 - 2,4] \cdot [600 - 2,4]$$

$$= 237606 \text{ mm}^2 \quad \longrightarrow \quad \text{dikuadratkan} = 56456497185 \text{ mm}^4$$

$$P_h = 2 \cdot [400 - 2,4] \cdot [600 - 2,4]$$

$$= 1990,4 \text{ mm}$$

Dimensi untuk penampang solid sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2}$$

$$\sqrt{\left(\frac{476050,4}{400 \cdot 539}\right)^2 + \left(\frac{11631853 \cdot 1990,4}{1,7 \cdot 56456497185}\right)^2}$$

= 2,22 MPa

Tidak boleh lebih dari:

$$= \phi \cdot \frac{V_c}{b \cdot d} + \sqrt{0,66 \cdot f_c}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{216836,16}{400 \cdot 539} + \sqrt{0,66 \cdot 35}$$

= 4,36 MPa

Jadi, 2,22 < 4,36 (Dimensi balok memenuhi syarat)

$$A_0 = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot 237605,76 = 201964,9 \text{ mm}^2$$

Bila T_u melebihi torsi terkecil yang terdeteksi, maka desain penampang harus berdasarkan pada: (SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6 hal:96)

$$\phi \cdot T_n \geq T_u$$

T_n harus dihitung dengan:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot\theta$$

dijadikan luas begel torsi:

$$\frac{A_{vt}}{S} = \frac{T_n}{2 \cdot A_0 \cdot f_{yt} \cdot \cot\theta}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{15509138}{2 \cdot 201964,9 \cdot 240 \cdot \cot 45} \\
 &= 0,259 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas begel torsi per meter, $A_{vt} = \frac{T_n \cdot S}{2 \cdot A_0 \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$
(jika $S = 1000 \text{ mm}$)

$$\begin{aligned}
 &= 0,259 \cdot S = 0,259 \cdot 1000 \\
 &= 259 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 luas tulangan longitudinal tambahan untuk menahan torsi, A_t tidak boleh kurang dari dari:

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot \theta \\
 &= \frac{259}{1000} \cdot 1990 \cdot \left(\frac{240}{400} \right) \cdot \cot 45 \\
 &= 191,0566 \text{ mm}^2 < 259 \text{ mm}^2 \quad (\text{Ok})
 \end{aligned}$$

Tulangan geser digunakan $\phi 10 - 109,1 \text{ mm}$

Luas tulangan geser per meter:

$$\begin{aligned}
 A_{vs} &= \frac{n \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot S}{s} \\
 &= \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 \cdot 1000}{109,1} \\
 &= 1439 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan geser dan torsi ($A_{vs} + A_{vt}$)

$$\text{Luas total begel} = A_{vs} + A_{vt} = 1439 + 259 = 1698 \text{ mm}^2$$

Luas minimum sengkang tertutup transversal harus dihitung dengan sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.2 :

$$\begin{aligned}
 &= A_v + 2 \cdot A_t = 0,062 \cdot \left[\begin{array}{l} f_c \cdot \frac{b \cdot S}{f_{yt}} \\ 35 \cdot \frac{400 \cdot 1000}{240} \end{array} \right] \\
 &= A_v + 2 \cdot A_t = 0,062 \cdot \left[\begin{array}{l} f_c \cdot \frac{b \cdot S}{f_{yt}} \\ 35 \cdot \frac{400 \cdot 1000}{240} \end{array} \right] \\
 &(A_v + 2 \cdot A_t) = 611,33 \text{ mm}^2 < 1698 \text{ mm}^2 \text{ Ok}
 \end{aligned}$$

tetapi tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,35 \cdot b \cdot S}{f_{yt}} = \frac{0,35 \cdot 400 \cdot 1000}{240} \\
 &= 583,33 \text{ mm}^2 < 611,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas tulangan torsi total minimal sesuai SNI 2847-2002 pasal 13.6.5.2 dan SNI 2847-2002 pasal 13.6.5.3 :

$$\begin{aligned}
 &\frac{75 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot S}{1200 \cdot f_{yt}} = \frac{75 \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 1000}{1200 \cdot 240} \\
 &= 616,26 \text{ mm}^2 < 1698 \text{ mm}^2 \text{ Ok}
 \end{aligned}$$

$$\frac{b \cdot S}{3 \cdot f_{yt}} = \frac{400 \cdot 1000}{3 \cdot 240} = 555,56 \text{ mm}^2 < 1698 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

Jarak tulangan geser total, s

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{n \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot S}{A_{vs} + A_{vt}} \\
 &= \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 \cdot 1000}{1698} \\
 &= 92,468 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s = Ph / 8 = 1990 / 8 = 248,8 \text{ mm}$$

$$s \leq 300 \text{ mm}$$

Digunakan paling kecil, yaitu $s = 92,468 = 90 \text{ mm}$

Jadi, digunakan tulangan geser $\phi 10 - 90 \text{ mm}$

- Tulangan lentur torsi

$$A_t = \frac{A_{vt}}{S} \cdot Ph \cdot \frac{f_{yt}}{f_y} \cdot \cot \theta$$

$$= \frac{259}{1000} \cdot 1990 \cdot \frac{240}{400} \cdot \cot 45$$

$$= 191,1 \text{ mm}^2$$

- Tulangan lentur (tumpuan), $A_{st} = 4 D_{22} + 2 D_{22}$

$$A_{st} = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 1519,8 \text{ mm}^2$$

$$= 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 759,9 \text{ mm}^2$$

$$= 2280 \text{ mm}^2$$

Kontrol luas tulangan longitudinal dan torsi ($A_t + A_{st}$)

$$\text{Luas total begel} = A_t + A_{st} = 191,1 + 2280 = 2471 \text{ mm}^2$$

Luas total minimum tulangan torsi longitudinal, $A_{\ell, \min}$ sesuai SNI 2847

- 2013 pasal 11.5.5.1 hal:98

$$A_{\ell, \min} = \frac{0,42 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_{cp}}{f_y} + \frac{A_t}{S} \cdot Ph \cdot \frac{f_{yt}}{f_y}$$
$$= \frac{0,42 \cdot \sqrt{35} \cdot 240000}{400} + \frac{191}{1000} \cdot 1990 \cdot \frac{240}{400}$$
$$= 1262,7 \text{ mm}^2 < 2471 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi syarat})$$

Dimana A_t/s tidak boleh diambil kurang dari 0,175 b/fyt

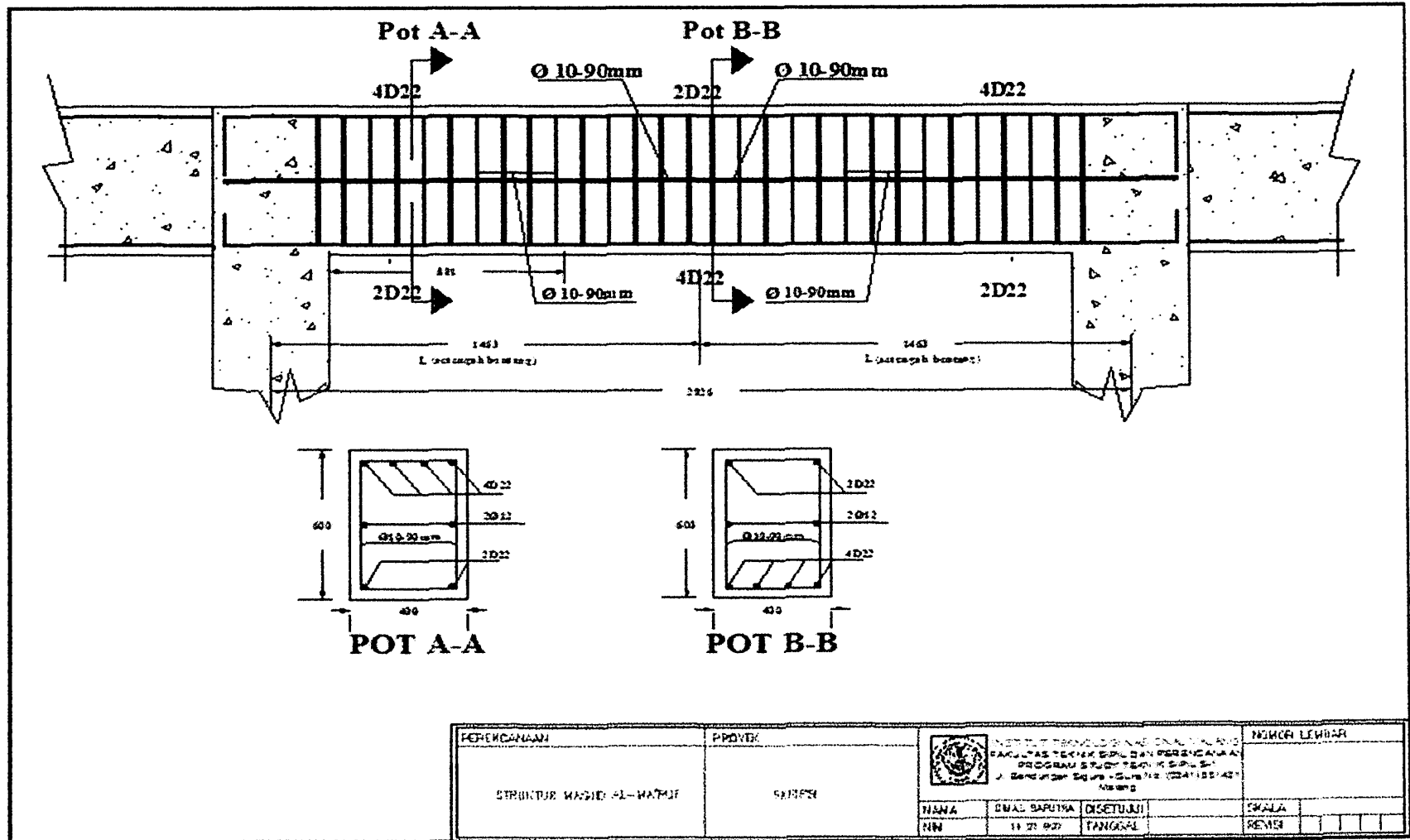
$$= \frac{191}{1000} > \frac{0,175 \cdot 400}{240}$$

$$= 0,1911 > 0,161667 \quad (\text{Memenuhi syarat})$$

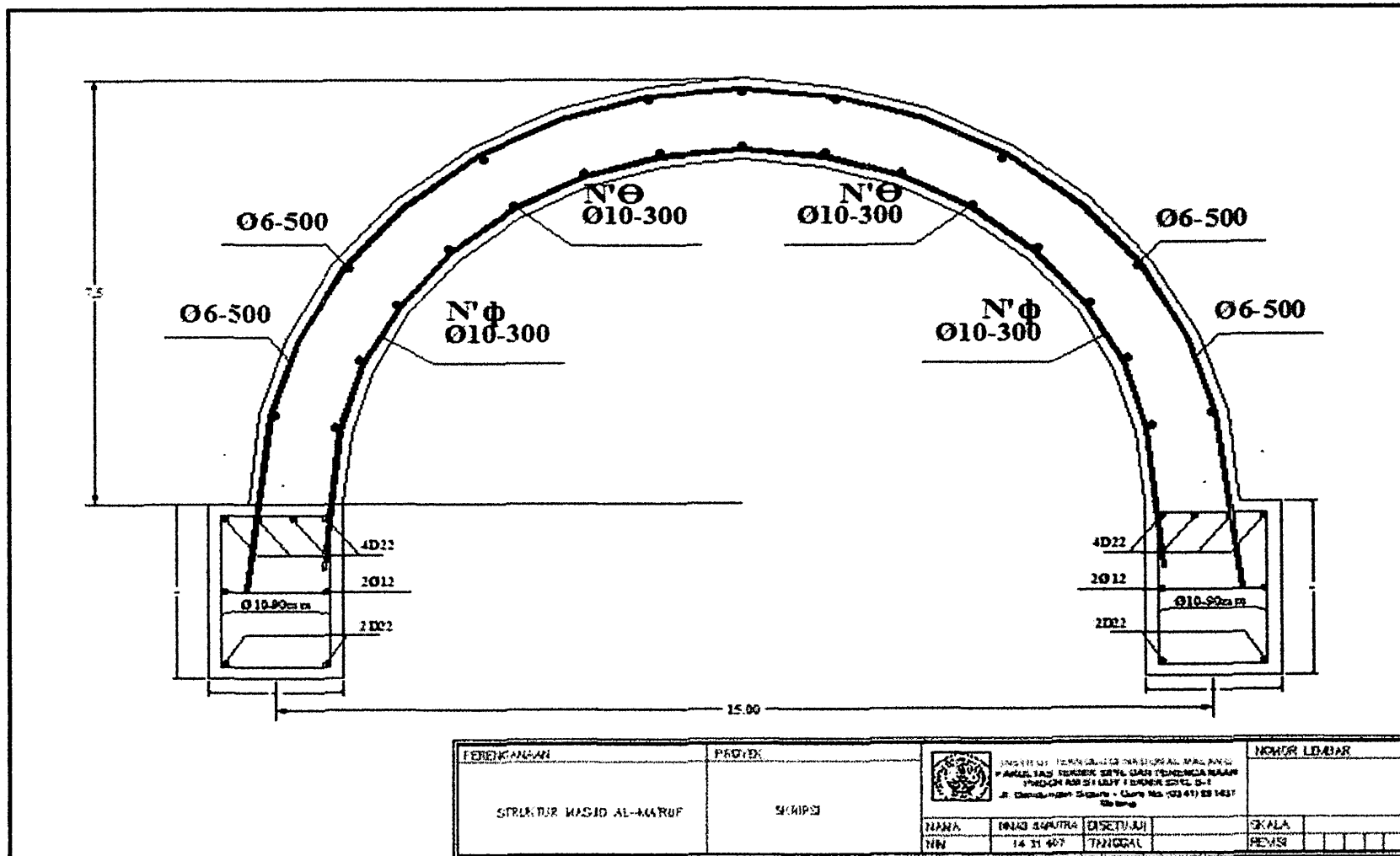
Jumlah tulangan longitudinal torsi, n

$$n = \frac{A_t}{1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2} = \frac{191}{1/4 \cdot 3,14 \cdot 12^2}$$
$$= 1,69 = 2 \text{ buah}$$

Jadi, digunakan 2 ϕ 12 di kanan-kiri balok (kanan satu dan kiri satu)



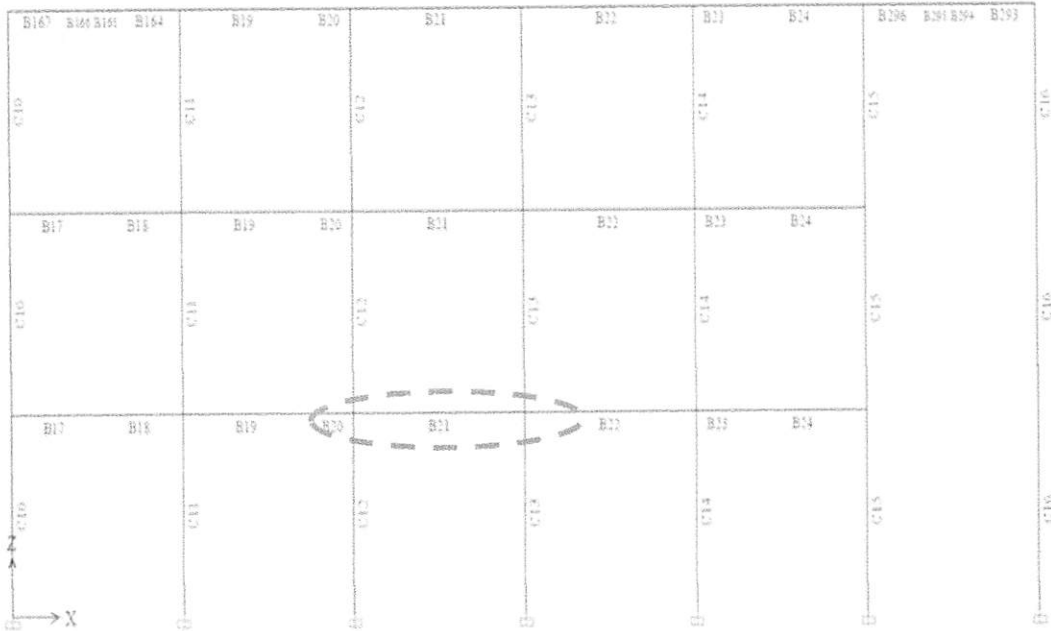
5.16 Gambar Penulangan Balok Dengan Torsi



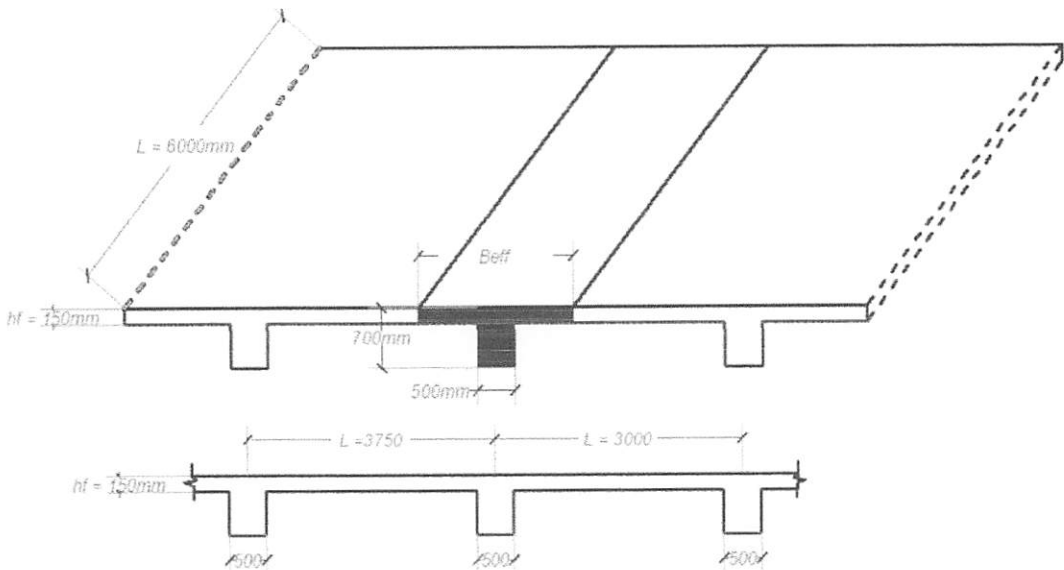
5.17 Gambar Potongan Penulangan Cangkang Dan Balok Lingkar

5.3 Penulangan Balok T

Penulangan yang direncanakan adalah pada balok induk lantai 2 melintang 5-6 (line C) dengan dimensi 50/70 sepanjang 6 m



5.18 Gambar Peninjauan Penulangan Balok T Lantai 2



5.19 Gambar Potongan Peninjauan Balok T Lantai 2

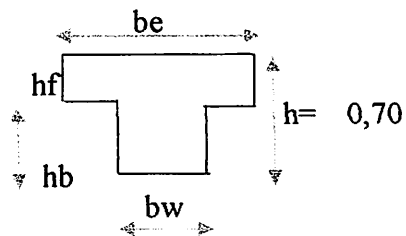
Data perencanaan:

$$\begin{aligned}
 b &= 500 \text{ mm} & ; & \quad p = 40 \text{ mm} \\
 h &= 700 \text{ mm} & ; & \quad \text{Ø Tulangan utama} = D \ 19 \text{ mm} \\
 f_c &= 35 \text{ N/mm}^2 & ; & \quad \text{Ø Tulangan sengkang} = \text{Ø} \ 10 \text{ mm} \\
 f_y &= 400 \text{ N/mm}^2 & ; & \quad \text{Bentang balok Induk T (L)} = 6000 \text{ mm} \\
 f_{ys} &= 240 \text{ N/mm}^2 & ; & \quad \text{Bentang bersih balok (Ln)} = 5400 \text{ mm} \\
 d &= h - \text{selimut beton} - \text{Ø sengkang} - 1/2 \text{ Ø tulangan utama} \\
 &= 700 - 40 - 10 - 1/2 \cdot 19 \\
 &= 641 \text{ mm} \\
 d' &= h - d \\
 &= 700 - 640,5 \\
 &= 59,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Menghitung be efektif

- Panjang balok = 6 m

$$\begin{aligned}
 b_w &= 0,50 \text{ m} \\
 h_f &= 0,15 \text{ m} \\
 h_b &= 0,55 \text{ m}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 b_e &= 2 \cdot h_b + b_w \leq b_w + 8 \cdot h_f \\
 &= \left[2 \cdot 0,55 \right] + 0,5 \leq 0,50 + \left[8 \cdot 0,15 \right] \\
 &= 1,5 \text{ m} \leq 1,7 \text{ m} \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 8.12.2 hal 63 lebar slab efektif (b_e) sebagai sayap balok T tidak boleh melebihi $1/4$ bentang balok (L) dan lebar efektif sayap masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi $1/2$ jarak bersih ke badan sebelahnya (L_n)

$$b_e = 1,5 \text{ m} \geq \left[1/4 \cdot 6 = 1,5 \text{ m} \right] \text{ (Ok)}$$

$$b_e = \frac{1,5 - 0,50}{2} = 0,5 \text{ m} < \frac{1}{5} \cdot 5 = 2,5 \text{ m (Ok)}$$

- Menghitung As tulangan tarik (direncanakan = 6 D 19)

$$A_s = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 = 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 1700,3 \text{ mm}^2$$

- Menghitung As' tulangan tekan (direncanakan = 3 D 19)

$$A_{s'} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 = 850,16 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{\sqrt{35}}{4 \cdot 400} \cdot 500 \cdot 640,5 \\ &= 1184,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dan tidak boleh lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d \\ &= \frac{1,4}{400} \cdot 500 \cdot 640,5 \\ &= 1120,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$- A_s = 1700 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ min}} = 1184 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $A_s = 1700 \text{ mm}^2$

$$- A_{s'} = 850 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ min}} = 1184 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan $A_{s'} = 1184 \text{ mm}^2$

- Diasumsikan tulangan bagi plat sepanjang $b_{\text{efet}} = \emptyset 6 - 300$

$$b_e = 1500 \text{ mm} \longrightarrow n = \frac{1500}{300} + 1 = 7 \text{ buah}$$

$$A_s = 7 \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot 6^2 = 7 \cdot 1/4 \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 197,82 \text{ mm}^2$$

A. Perhitungan penulangan tumpuan kiri (Frame B21)

$$M_u^+ = 89715425 \text{ N.mm}$$

$$M_u^- = 179430850 \text{ N.mm}$$

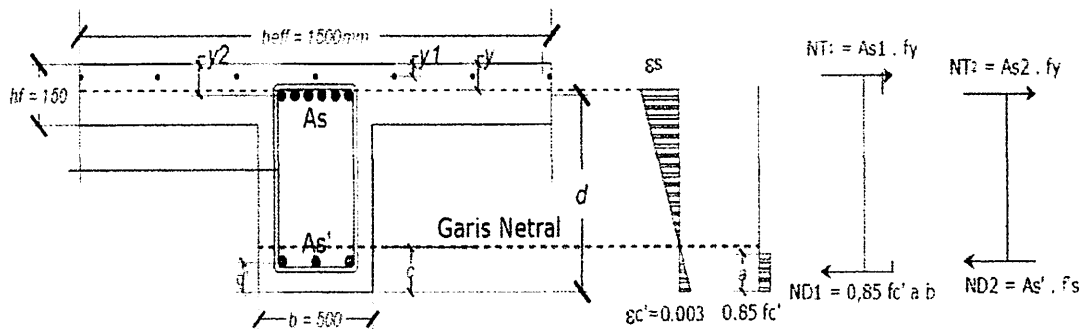
- Kontrol Momen Negatif

$$\text{Total } A_s \text{ tarik} = A_{s \text{ tarik balok}} + A_{s \text{ tarik plat}}$$

$$= 1700 + 197,82$$

$$= 1898 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s'_{\text{tekan balok}} = 1184 \text{ mm}^2$$



Gambar 5.20 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan kiri

$$y_1 = \text{Selimut beton plat} + 1/2 \text{ } \emptyset \text{ tul. Plat}$$

$$= 20 + 1/2 \cdot 10$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = \text{Selimut beton} + \emptyset \text{ tul. sengkang } x + 1/2 \text{ } \emptyset \text{ tul. Tarik balok}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 19$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$

$$y = \frac{A_{s \text{ plat}} \cdot y_1 + A_{s \text{ balok}} \cdot y_2}{\text{Total } A_s \text{ tarik}}$$

$$= \frac{197,82 \cdot 25 + 1700 \cdot 60}{1898}$$

$$= 59,5$$

$$= 55,9 \text{ mm}$$

$$d = h - y_2 = 700 - 59,5 = 640,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 700 - 640,5 = 59,5 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan harus dicari menggunakan persamaan :

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + (A_s' \cdot f_s') = A_s \cdot f_y$$

$$\text{substitusi nilai: } f_s' = \frac{(c-d')}{c} \cdot 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c-d')}{c} \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600A_s' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[0,85 \cdot 35 \cdot 0,8 \cdot 500 \right] \cdot c^2 + \left[600 \cdot 1184 - 197,82 \cdot 240 - 1700 \cdot 400 \right] \cdot c - \left[600 \cdot 1184 \cdot 60 \right] = 0$$

$$\begin{matrix} 11900 & c^2 & + & -17116,594 & c & - & 42273810,3 & = & 0 \\ a & & & b & & & c & & \end{matrix}$$

digunakan rumus abc dapat dihitung nilai c

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{- -17116,594 \pm \sqrt{-17116,594^2 - 4 \cdot 11900 \cdot -42273810}}{2 \cdot 11900}$$

$$= \frac{-17116,594 + 1418635,38}{23800} = 60,3 \text{ mm}$$

$$= \frac{-17116,594 - 1418635,38}{23800} = -58,887 \text{ mm}$$

jadi digunakan $c = 60,33 \text{ mm} > d' = 59,5 \text{ mm}$ (ok)

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot c \\ &= 0,8 \cdot 60,33 = 48,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{60,33 - 59,50}{60,33} \cdot 0,003 = 0,000041$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{640,5 - 60,33}{641} \cdot 0,003 = 0,0027$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,0020$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum dihitung tegangan pada tulangan tekan

$$\begin{aligned} f_s &= \epsilon_s' \cdot E_s \\ &= 0,000041 \cdot 200000 \\ &= 8,2126 < 400 \text{ MPa} \quad \text{ok} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} ND_1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 48,26 \cdot 500 \\ &= 717876 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND_2 &= A_s' \cdot f_s \\ &= 1184 \cdot 8,2126 \\ &= 9725 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT_1 &= A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \\
 &= 198 \cdot 240 \\
 &= 47477 \text{ N}
 \end{aligned}$$

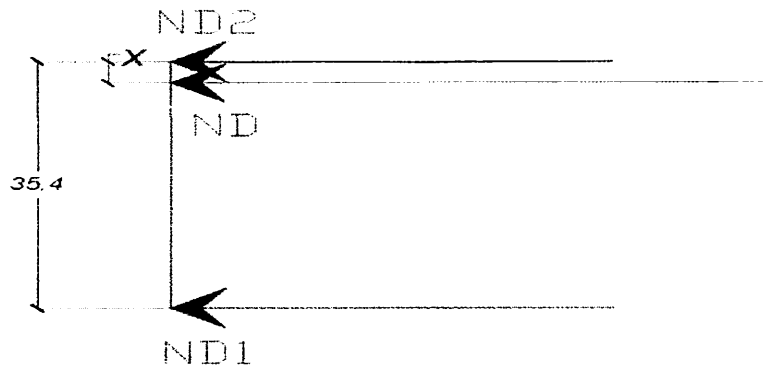
$$\begin{aligned}
 NT_2 &= A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \\
 &= 1700 \cdot 400 \\
 &= 680124 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tekan:

$$\begin{aligned}
 NT &= NT_1 + NT_2 \\
 &= 47477 + 680124 \\
 &= 727601 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND &= ND_1 + ND_2 \\
 &= 717876 + 9725 \\
 &= 727601 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak dari } ND_1 \text{ ke } ND_2 &= d' - a / 2 \\
 &= 59,5 - 48,26 / 2 = 35,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Perhitungan letak ND yaitu:

Dimisalkan ND terletak disebelah atas ND₁

$$\sum M_{(\text{gaya})} = \sum M_{(\text{Resultan})}$$

$$\begin{aligned}
 - ND_1 \cdot X + ND_2 \cdot 0 &= - ND (x) \\
 - 47477 \cdot 35,4 + 680124 \cdot 0 &= - 727601 \cdot x \\
 - 1679241 &= - 727601 \cdot x \\
 x &= 2,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Z₁ = Jarak dari NT₁ ke ND

$$= h - \frac{a}{2} - y_1 - d' - x$$

$$= 700 - \frac{48,26}{2} - 25,0 - 59,5 - 2,3$$

$$= 593,7 \text{ mm}$$

$$Z_2 = \text{Jarak dari } NT_2 \text{ ke ND}$$

$$= d - \{ d' - x \}$$

$$= 640,5 - \{ 59,5 - 2,3 \}$$

$$= 583,3 \text{ mm}$$

$$M_n = NT_1 \cdot Z_1 + NT_2 \cdot Z_2$$

$$= 47477 \cdot 593,7 + 680124 \cdot 583,3$$

$$= 424907627 \text{ N.mm}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,9 \cdot 424907627$$

$$= 382416864 \text{ N.mm} > M_u = 179430850 \text{ N.mm (Aman)}$$

- Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut:

- Tulangan terpasang daerah tekan 6 D 19 → { As' = 1700 mm² }
- Tulangan terpasang daerah tarik 3 D 19 → { As = 850 mm² }
- digunakan Asmin → { As' = 1184 mm² }
- Tulangan bagi plat terpasang di sepanjang beff
 $7 \text{ } \emptyset \text{ } 6 \rightarrow \{ As = 197,82 \text{ mm}^2 \}$

$$\text{Total } As' \text{ tekan} = As'_{\text{tekan balok}} + As'_{\text{tekan plat}}$$

$$= 1700 + 197,82$$

$$= 1898 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } As_{\text{tarik balok}} = 1184 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = \text{Selimut beton plat} + 1/2 \text{ } \phi \text{ tul. Plat}$$

$$= 20 + 1/2 \cdot 10$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = \text{Selimut beton} + \phi \text{ tul. sengkang } x + 1/2 \phi \text{ tul. tekan balok}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 19$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$

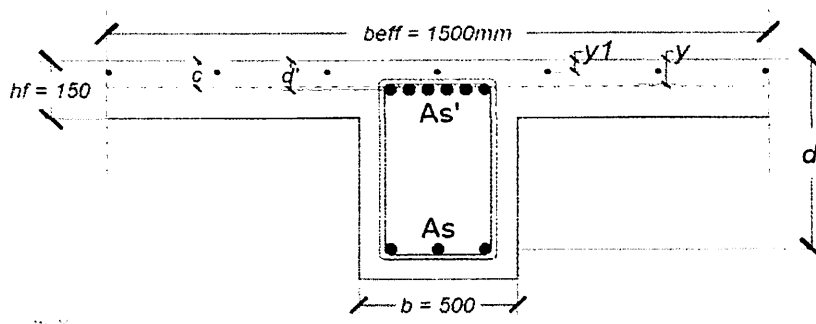
$$y = \frac{As'_{\text{plat}} \cdot y_1 + As'_{\text{balok}} \cdot y_2}{\text{Total As tekan}}$$

$$= \frac{197,82 \cdot 25 + 1700 \cdot 60}{1898}$$

$$= 55,9 \text{ mm}$$

$$= 55,9 \text{ mm}$$

$$d = h - y_2 = 700 - 59,5 = 640,5 \text{ mm}$$



Gambar 5.21 Penampang Balok Tumpuan kiri momen positif

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan harus dicari menggunakan persamaan :

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + (As' \cdot fs') = As \cdot fy$$

$$\text{substitusi nilai: } fs' = \frac{(c-d')}{c} \cdot 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c-d')}{c} \cdot 600 = As \cdot Fy$$

Substitusi nilai : $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[\begin{matrix} 0,85 & \cdot & 35 & \cdot & 0,8 & \cdot & 500 \\ 400 \end{matrix} \right] \cdot c^2 + \left[\begin{matrix} 600 & \cdot & 1898 & - & 1184 & \cdot \\ 60 \end{matrix} \right] \cdot c - 600 \cdot 1898 = 0$$

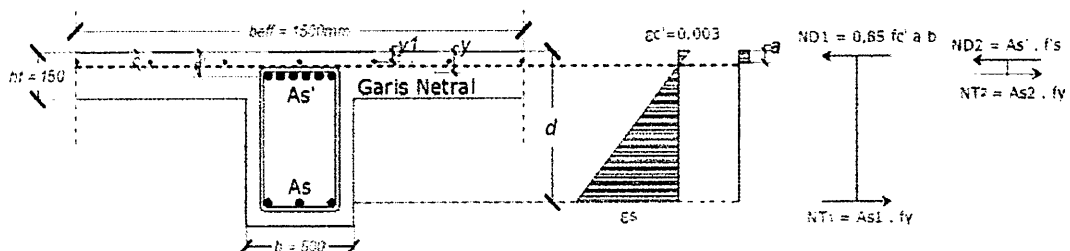
$$\begin{matrix} 11900 & c^2 & + & 665221,862 & c & - & 67763241 & = & 0 \\ a & & & b & & & c & & \end{matrix}$$

digunakan rumus abc dapat dihitung nilai c

$$\begin{aligned} c &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\ &= \frac{-665221,862 \pm \sqrt{665221,862^2 - 4 \cdot 11900 \cdot -67763241}}{2 \cdot 11900} \\ &= \frac{-665221,862 + 1915215,5}{23800} = 52,5 \text{ mm} \\ &= \frac{-665221,862 - 1915215,5}{23800} = -108,42 \text{ mm} \end{aligned}$$

jadi digunakan $c = 52,52 \text{ mm} < d' = 60 \text{ mm}$ No

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik, maka nilai c harus dihitung ulang



Gambar 5.22 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan kiri Yang Sudah Dihitung Ulang

Misal garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot beff + A_{s_{plat}}' \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

Substitusi nilai : $f_s' = \frac{c - y_1}{c} \cdot 600$ dan $f_s = f_{y_{ulir}}$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + A_{s_{plat}}' \cdot \frac{c - y_1}{c} \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

Substitusi nilai : $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}}' - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = 0$$

$$\left[\begin{array}{cccc} 0,85 & \cdot & 35 & \cdot & 0,8 & \cdot & 1500 \\ 400 & - & 850 & \cdot & 400 \end{array} \right] \cdot c^2 + \left[\begin{array}{ccc} 600 & \cdot & 197,8 - 1700 \\ 600 & \cdot & 197,8 - 25 \end{array} \right] \cdot c - 2967300 = 0$$

$$35700 \cdot c^2 + \begin{matrix} a & & b & & c \\ -901494 & & & & \end{matrix} \cdot c - 2967300 = 0$$

digunakan rumus abc dapat dihitung nilai c

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-901494 \pm \sqrt{-901494^2 - 4 \cdot 35700 \cdot -2967300}}{2 \cdot 35700}$$

$$= \frac{-901494 + 1111945,08}{71400} = 28,2 \text{ mm}$$

$$= \frac{-901494 - 1111945,08}{71400} = -2,9475 \text{ mm}$$

jadi digunakan $c = 28,2 \text{ mm} < d' = 60 \text{ mm}$ (Ok)
 $> y_1 = 25 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,8 \cdot 28,2 = 22,56 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 fs' &= \epsilon s' \cdot Es \\
 &= \frac{c - y1}{c} \cdot \epsilon s' \cdot Ec \\
 &= \frac{28,2 - 25}{28,2} \cdot 0,003 \cdot 200000 = 68,074 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$fs = fy_{ulir} = 400 \text{ MPa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 ND_1 &= 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot beff \\
 &= 0,85 \cdot 35 \cdot 22,56 \cdot 1500 \\
 &= 1006720 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND_2 &= As'_{plat} \cdot fs' \\
 &= 198 \cdot 68,074 \\
 &= 13466 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT_1 &= As_1 \cdot fy_{ulir} \\
 &= 1700 \cdot 400 \\
 &= 680124 \text{ N}
 \end{aligned}$$

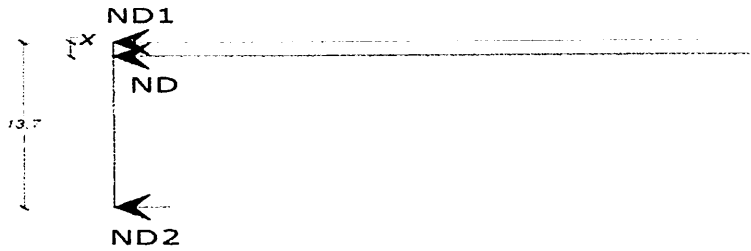
$$\begin{aligned}
 NT_2 &= As_2 \cdot fy_{ulir} \\
 &= 850 \cdot 400 \\
 &= 340062 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tekan:

$$\begin{aligned}
 NT &= NT_1 + NT_2 \\
 &= 680124 + 340062 \\
 &= 1020186 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND &= ND_1 + ND_2 \\
 &= 1006720 + 13466 \\
 &= 1020186 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak dari ND1 ke ND2} &= y1 - a / 2 \\
 &= 25 - 22,56 / 2 \\
 &= 13,72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Perhitungan letak ND yaitu:

Dimisalkan ND terletak disebelah ND_1

$$\sum M_{(gaya)} = \sum M_{(Resultan)}$$

$$\begin{aligned}
 - ND_1(0) - ND_2 \cdot 13,72 &= - ND(x) \\
 - 1006720 \cdot 0 - 13466 \cdot 14 &= -1020186 \cdot x \\
 - 184762,9 &= -1020186 \cdot x \\
 x &= 0,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Z_1 = Jarak dari NT1 ke ND

$$\begin{aligned}
 &= d - \frac{a}{2} - x \\
 &= 640,5 - \frac{22,56}{2} - 0,2 \\
 &= 629 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Z_2 = Jarak dari NT2 ke ND

$$\begin{aligned}
 &= d' - \frac{a}{2} - x \\
 &= 60 - \frac{22,56}{2} - 0,2 \\
 &= 48,04 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= NT_1 \cdot Z_1 + NT_2 \cdot Z_2 \\
 &= 680124 \cdot 629,0 + 340062 \cdot 48,0 \\
 &= 444160884 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 444160884 \\
 &= 399744795 \text{ N.mm} > M_u = 89715425 \text{ N.mm} \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

Syarat kuat momen yang terpasang menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2

$$M_n^+ \geq 1/2 M_n^-$$

$$444160883,9 \text{ N.mm} \geq 1/2 \cdot 424907626,5 \text{ N.mm}$$

$$444160883,9 \text{ N.mm} \geq 212453813,3 \text{ N.mm}$$

B. Perhitungan penulangan Lapangan (Frame B21)

$$M_u^+ = 66838848,8 \text{ N.mm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut:

- Tulangan terpasang daerah tekan 3 D 19 \longrightarrow $\left. \begin{array}{l} As' = 850 \text{ mm}^2 \\ \text{digunakan Asmin} \longrightarrow As' = 1184 \text{ mm}^2 \end{array} \right\}$
- Tulangan terpasang daerah tarik 6 D 19 \longrightarrow $\left. \begin{array}{l} As = 1700 \text{ mm}^2 \end{array} \right\}$
- Tulangan plat bagi terpasang di sepanjang beff
 $7 \varnothing 6 \longrightarrow \left. \begin{array}{l} As' = 197,82 \text{ mm}^2 \end{array} \right\}$

$$\begin{aligned} \text{Total } As' \text{ tekan} &= As'_{\text{tekan balok}} + As'_{\text{tekan plat}} \\ &= 1184 + 197,82 \\ &= 1382 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

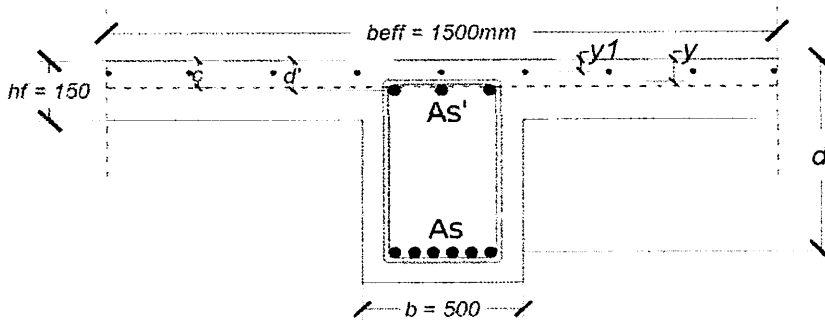
$$\text{Tulangan tarik } As \text{ tarik}_{\text{balok}} = 1700 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} y_1 &= \text{Selimut beton plat} + 1/2 \varnothing \text{ tul. Plat} \\ &= 20 + 1/2 \cdot 10 \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= \text{Selimut beton} + \varnothing \text{ tul. sengkang } x + 1/2 \varnothing \text{ tul. tekan balok} \\ &= 40 + 10 + 1/2 \cdot 19 \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{As'_{\text{plat}} \cdot y_1 + As'_{\text{balok}} \cdot y_2}{\text{Total } As \text{ tekan}} \\ &= \frac{197,82 \cdot 25 + 850 \cdot 60}{1382} \\ &= 40,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d = h - y_2 = 700 - 59,5 = 640,5 \text{ mm}$$



Gambar 5.23 Penampang Balok lapangan momen positif

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan harus dicari menggunakan persamaan :

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + (As' \cdot fs') = As \cdot fy$$

$$\text{substitusi nilai: } fs' = \frac{(c-d')}{c} \cdot 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c-d')}{c} \cdot 600 = As \cdot fy$$

Substitusi nilai : $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$\left[0,85 \cdot 35 \cdot 0,8 \cdot 1500 \right] \cdot c^2 + \left[600 \cdot 1382 - 1700 \cdot 60 \right] \cdot c - 600 \cdot 1382 \cdot 60 = 0$$

$$35700 \cdot c^2 + 728007,761 \cdot c - 49335984,3 = 0$$

a

b

c

digunakan rumus abc dapat dihitung nilai c

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

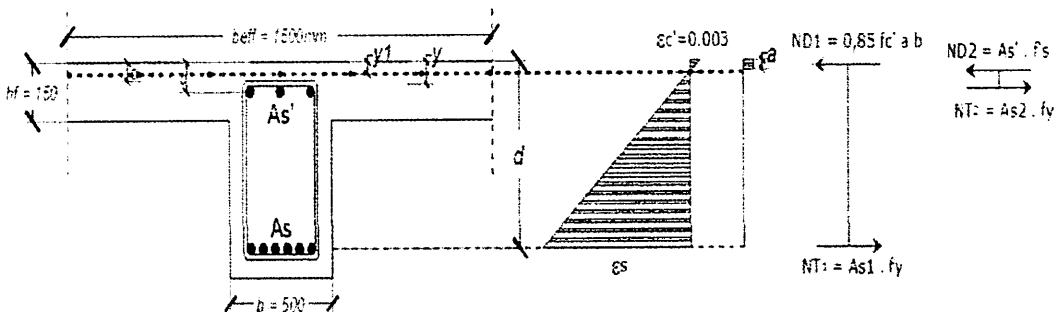
$$= \frac{-728007,761 \pm \sqrt{728007,761^2 - 4 \cdot 35700 \cdot -49335984}}{2 \cdot 35700}$$

$$= \frac{-728007,761 + 2752303,37}{71400} = 28,4 \text{ mm}$$

$$= \frac{-728007,761 - 2752303,37}{71400} = -48,744 \text{ mm}$$

jadi digunakan $c = 28,35 \text{ mm} < d' = 60 \text{ mm}$ No

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik, maka nilai c harus dihitung ulang



Gambar 5.24 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Lapangan Yang Sudah Dihitung Ulang

Misal garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + A_{s_{plat}}' \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{c - y_1}{c} \cdot 600 \text{ dan } f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + A_{s_{plat}}' \cdot \frac{c - y_1}{c} \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}}' - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = 0$$

$$\left[\begin{array}{cccc} 0,85 & 35 & 0,8 & 1500 \\ 400 & - 850 & 400 & \end{array} \right] \cdot c^2 + \left[\begin{array}{ccc} 600 & 197,8 & - 1700 \\ 600 & - 197,8 & 25 \end{array} \right] \cdot c - 600 \cdot 197,8 \cdot 25 = 0$$

$$35700 c^2 + -901494 c - 2967300 = 0$$

a
b
c

digunakan rumus abc dapat dihitung nilai c

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$= \frac{-(-901494) \pm \sqrt{(-901494)^2 - 4 \cdot 35700 \cdot (-2967300)}}{2 \cdot 35700}$$

$$= \frac{-(-901494) + 1111945,08}{71400} = 28,2 \text{ mm}$$

$$= \frac{-(-901494) - 1111945,08}{71400} = -2,9475 \text{ mm}$$

jadi digunakan $c = 28,2 \text{ mm} < d' = 60 \text{ mm}$ (Ok)
 $> y1 = 25 \text{ mm}$

$$a = \beta1 \cdot c$$

$$= 0,8 \cdot 28,2 = 22,56 \text{ mm}$$

$$fs' = \epsilon s' \cdot Es$$

$$= \frac{c - y1}{c} \cdot \epsilon s' \cdot Ec$$

$$= \frac{28,2 - 25}{28,2} \cdot 0,003 \cdot 200000 = 68,074 \text{ MPa}$$

$$fs = fy_{ulir} = 400 \text{ MPa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot beff$$

$$= 0,85 \cdot 35 \cdot 22,56 \cdot 1500$$

$$= 1006720 \text{ N}$$

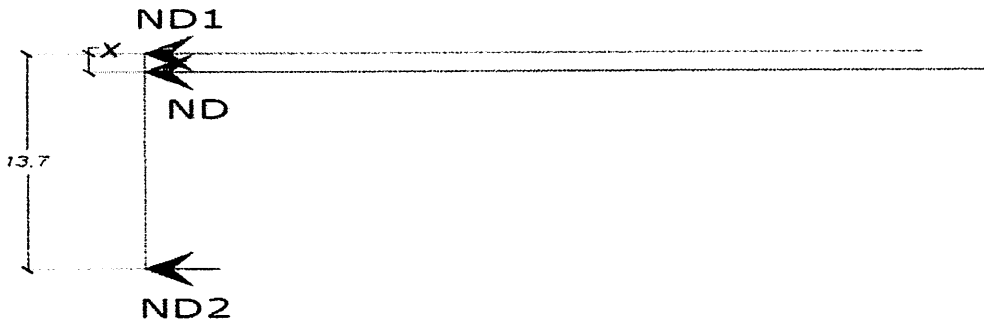
$$ND_2 = As'_{plat} \cdot fs'$$

$$\begin{aligned}
 &= 198 \cdot 68,074 \\
 &= 13466 \text{ N} \\
 NT_1 &= As_1 \cdot fy_{ulir} \\
 &= 1700 \cdot 400 \\
 &= 680124 \text{ N} \\
 NT_2 &= As_2 \cdot fy_{ulir} \\
 &= 850 \cdot 400 \\
 &= 340062 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tekan:

$$\begin{aligned}
 NT &= NT_1 + NT_2 & ND &= ND_1 + ND_2 \\
 &= 680124 + 340062 & &= 1006720 + 13466 \\
 &= 1020186 \text{ N} & &= 1020186 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak dari ND1 ke ND2} &= y1 - a / 2 \\
 &= 25 - 22,56 / 2 \\
 &= 13,72 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Perhitungan letak ND yaitu:

Dimisalkan ND terletak disebelah ND₁

$$\begin{aligned}
 \sum M_{(gaya)} &= \sum M_{(Resultan)} \\
 - ND_1 (0) - ND_2 \cdot 13,72 &= - ND (x) \\
 - 1006720 \cdot 0 - 13466 \cdot 13,7 &= -1020186 \cdot x \\
 - 184762,9 &= -1020186 \cdot x \\
 x &= 0,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= \text{Jarak dari NT1 ke ND} \\
 &= d - \frac{a - x}{2} \\
 &= 640,5 - \frac{22,56 - 0,2}{2} \\
 &= 629 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= \text{Jarak dari NT2 ke ND} \\
 &= d' - \frac{a - x}{2} \\
 &= 60 - \frac{22,56 - 0,2}{2} \\
 &= 48,04 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= N_{T_1} \cdot Z_1 + N_{T_2} \cdot Z_2 \\
 &= 680124 \cdot 629,0 + 340062 \cdot 48,0 \\
 &= 444160884 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 444160884 \\
 &= 399744795 \text{ N.mm} > M_u = 66838849 \text{ N.mm} \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan penulangan tumpuan kanan (Frame B106)

$$M_u^+ = 44236818,2 \text{ N.mm}$$

$$M_u^- = 88473636 \text{ N.mm}$$

- Kontrol Momen Negatif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut:

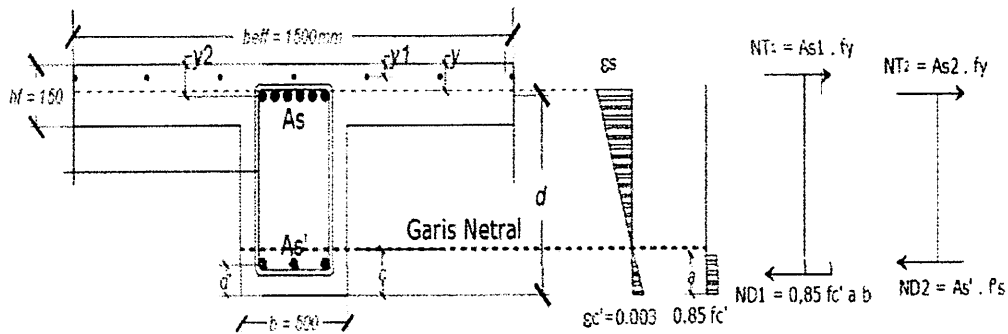
$$\begin{aligned}
 - \text{ Tulangan terpasang daerah tarik } & 6 \text{ D } 19 \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} A_s = 1700 \text{ mm}^2 \\ A_s' = 850 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} \\
 - \text{ Tulangan terpasang daerah tekan } & 3 \text{ D } 19 \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} A_s' = 850 \text{ mm}^2 \\ A_{smin} = 1184 \text{ mm}^2 \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff

$$7 \text{ } \phi \text{ } 6 \longrightarrow \left\{ A_s' = 197,82 \text{ mm}^2 \right\}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total As tarik} &= A_{s \text{ tarik balok}} + A_{s \text{ tarik plat}} \\
 &= 1700 + 197,82 \\
 &= 1898 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan tekan } A_{s' \text{ tekan balok}} = 1184 \text{ mm}^2$$



Gambar 5.25 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan kiri

$$\begin{aligned}
 y1 &= \text{Selimut beton plat} + 1/2 \text{ } \phi \text{ tul. Plat} \\
 &= 20 + 1/2 \cdot 10 \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y2 &= \text{Selimut beton} + \phi \text{ tul. sengkang } x + 1/2 \phi \text{ tul. Tarik balok} \\
 &= 40 + 10 + 1/2 \cdot 19 \\
 &= 59,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{A_{s \text{ plat}} \cdot y1 + A_{s \text{ balok}} \cdot y2}{\text{Total As tarik}} \\
 &= \frac{197,82 \cdot 25 + 1700 \cdot 60}{1898} \\
 &= 55,9 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$d = h - y2 = 700 - 59,5 = 640,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 700 - 640,5 = 59,5 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan harus dicari menggunakan persamaan :

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + (A_{s'} \cdot f_s') = A_s \cdot f_y$$

$$\text{substitusi nilai: } fs' = \frac{(c-d')}{c} \cdot 600$$

$$(0,85 \cdot fc \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c-d')}{c} \cdot 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot fc' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot fc' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot fc \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c - As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot fc \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} - As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$\left[\begin{array}{ccc} 0,85 & 35 & 0,8 \\ 240 & -1700 & 400 \end{array} \right] \cdot c^2 + \left[\begin{array}{ccc} 600 & 1184 & -197,82 \\ 600 & 1184 & 60 \end{array} \right] \cdot c - \left[\begin{array}{ccc} & & \\ & & \end{array} \right] = 0$$

$$\begin{array}{ccc} 11900 & c^2 & + \quad -17116,594 & c & - & 42273810,3 & = & 0 \\ a & & & b & & c & & \end{array}$$

digunakan rumus abc dapat dihitung nilai c

$$\begin{aligned} c &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\ &= \frac{- -17116,594 \pm \sqrt{-17116,594^2 - 4 \cdot 11900 \cdot -42273810}}{2 \cdot 11900} \\ &= \frac{- -17116,594 + 1418635,38}{23800} = 60,3 \text{ mm} \\ &= \frac{- -17116,594 - 1418635,38}{23800} = -58,887 \text{ mm} \end{aligned}$$

jadi digunakan $c = 60,33 \text{ mm} > d' = 59,5 \text{ mm}$ (ok)

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot c \\ &= 0,8 \cdot 60,33 = 48,26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{c - d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{60,33 - 59,50}{60,33} \cdot 0,003 = 0,000041$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{640,5 - 60,33}{641} \cdot 0,003 = 0,0027$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,0020$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_{s'}$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum dihitung tegangan pada tulangan tekan

$$\begin{aligned} f_s &= \epsilon_{s'} \cdot E_s \\ &= 0,000041 \cdot 200000 \\ &= 8,2126 < 400 \text{ MPa} \quad \text{ok} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} ND_1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 48,26 \cdot 500 \\ &= 717876 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND_2 &= A_{s'} \cdot f_s \\ &= 1184 \cdot 8,2126 \\ &= 9725 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT_1 &= A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \\ &= 198 \cdot 240 \\ &= 47477 \text{ N} \end{aligned}$$

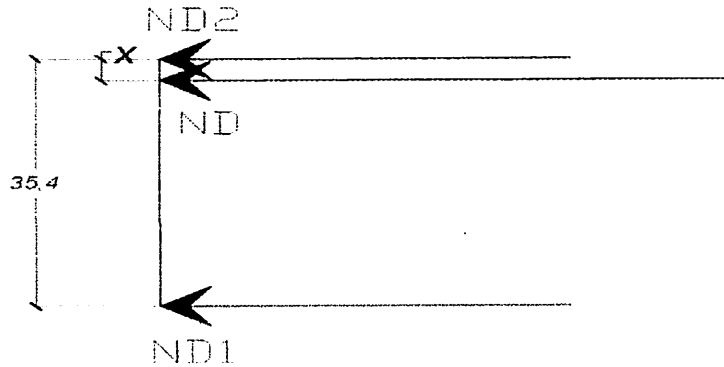
$$\begin{aligned} NT_2 &= A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \\ &= 1700 \cdot 400 \\ &= 680124 \text{ N} \end{aligned}$$

Resultan gaya tekan:

$$\begin{aligned} NT &= NT_1 + NT_2 \\ &= 47477 + 680124 \\ &= 727601 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND &= ND_1 + ND_2 \\ &= 717876 + 9725 \\ &= 727601 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak dari } ND_1 \text{ ke } ND_2 &= d' - a / 2 \\ &= 59,5 - 48,26 / 2 = 35,4 \text{ mm} \end{aligned}$$



Perhitungan letak ND yaitu:

Dimisalkan ND terletak disebelah atas ND_1

$$\sum M_{(gaya)} = \sum M_{(Resultan)}$$

$$\begin{aligned} - ND_1 \cdot X + ND_2 \cdot 0 &= - ND(x) \\ - 47477 \cdot 35,4 + 680124 \cdot 0 &= - 727601 \cdot x \\ - 1679241 &= - 727601 \cdot x \\ x &= 2,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Z_1 = Jarak dari NT_1 ke ND

$$\begin{aligned} &= h - \frac{a}{2} - y_1 - d' - x \\ &= 700 - \frac{48,26}{2} - 25,0 - 59,5 - 2,3 \\ &= 593,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Z_2 = Jarak dari NT_2 ke ND

$$\begin{aligned} &= d - (d' - x) \\ &= 640,5 - (59,5 - 2,3) \\ &= 583,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= N T_1 \cdot Z_1 + N T_2 \cdot Z_2 \\
 &= 47477 \cdot 593,7 + 680124 \cdot 583,3 \\
 &= 424907627 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 424907627 \\
 &= 382416864 \text{ N.mm} > M_u = 88473636 \text{ N.mm (Aman)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 - \text{ Tulangan terpasang daerah tekan } & 6 \text{ D } 19 \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} As' = 1700 \text{ mm}^2 \\ As = 850 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} \\
 - \text{ Tulangan terpasang daerah tarik } & 3 \text{ D } 19 \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} As = 850 \text{ mm}^2 \\ As' = 1184 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} \\
 & \text{digunakan } As_{min} \longrightarrow
 \end{aligned}$$

- Tulangan bagi plat terpasang di sepanjang beff

$$7 \text{ } \emptyset \text{ } 6 \longrightarrow \left\{ As = 197,82 \text{ mm}^2 \right\}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total } As' \text{ tekan} &= As'_{\text{tekan balok}} + As'_{\text{tekan plat}} \\
 &= 1700 + 197,82 \\
 &= 1898 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan tarik } As_{\text{tarik balok}} = 1184 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = \text{Selimut beton plat} + 1/2 \text{ } \emptyset \text{ tul. Plat}$$

$$= 20 + 1/2 \cdot 10$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = \text{Selimut beton} + \emptyset \text{ tul. sengkang } x + 1/2 \text{ } \emptyset \text{ tul. tekan balok}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 19$$

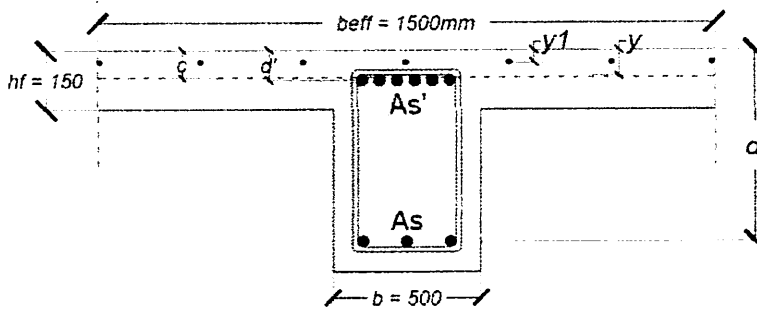
$$= 59,5 \text{ mm}$$

$$y = \frac{As'_{\text{plat}} \cdot y_1 + As'_{\text{balok}} \cdot y_2}{\text{Total } As \text{ tekan}}$$

$$= \frac{197,82 \cdot 25 + 1700 \cdot 60}{1898}$$

$$= 55,9 \text{ mm}$$

$$d = h - y_2 = 700 - 59,5 = 640,5 \text{ mm}$$



Gambar 5.26 Penampang Balok Tumpuan kiri momen positif

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan harus dicari menggunakan persamaan :

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + (As' \cdot fs') = As \cdot fy$$

$$\text{substitusi nilai: } fs' = \frac{(c-d')}{c} \cdot 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c-d')}{c} \cdot 600 = As \cdot fy$$

Substitusi nilai : $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

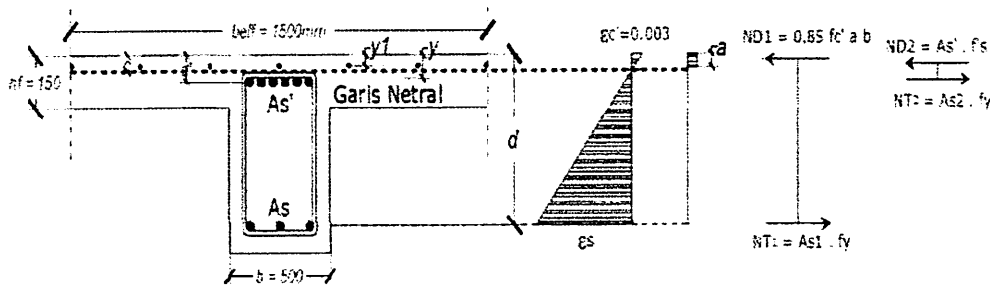
$$\left[\begin{array}{ccc} 0,85 & 35 & 0,8 \\ 400 & c & - 600 \end{array} \right] \cdot \left[\begin{array}{ccc} 500 & c^2 & + \\ 600 & 1898 & - \\ 1184 & 60 & = 0 \end{array} \right]$$

$$11900 \quad c^2 \quad + \quad 665221,862 \quad c \quad - \quad 67763241 \quad = \quad 0$$

$$\begin{aligned}
 & \quad \quad \quad a \quad \quad \quad b \quad \quad \quad c \\
 & \text{digunakan rumus abc dapat dihitung nilai c} \\
 c &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-665221,862 \pm \sqrt{665221,862^2 - 4 \cdot 11900 \cdot -67763241}}{2 \cdot 11900} \\
 &= \frac{-665221,862 + 1915215,5}{23800} = 52,5 \text{ mm} \\
 &= \frac{-665221,862 - 1915215,5}{23800} = -108,42 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

jadi digunakan $c = 52,52 \text{ mm} < d' = 60 \text{ mm}$ No

Karena $c < d'$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik, maka nilai c harus dihitung ulang



Gambar 5.27 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Positif Tumpuan kiri Yang Sudah Dihitung Ulang

Misal garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + A_{s_{plat}}' \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{c - y_1}{c} \cdot 600 \text{ dan } f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + A_{s_{plat}}' \cdot \frac{c - y_1}{c} \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} ND_1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 22,56 \cdot 1500 \\ &= 1006720 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND_2 &= As'_{plat} \cdot fs' \\ &= 198 \cdot 68,074 \\ &= 13466 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT_1 &= As_1 \cdot fy_{ulir} \\ &= 1700 \cdot 400 \\ &= 680124 \text{ N} \end{aligned}$$

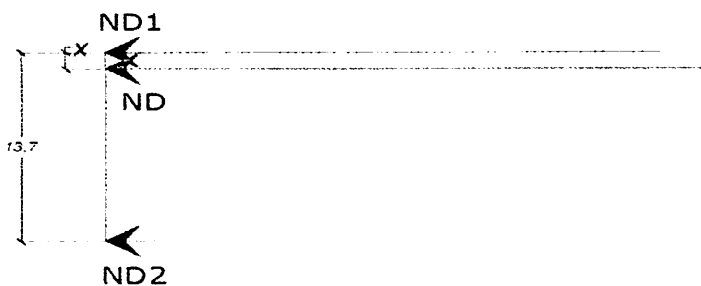
$$\begin{aligned} NT_2 &= As_2 \cdot fy_{ulir} \\ &= 850 \cdot 400 \\ &= 340062 \text{ N} \end{aligned}$$

Resultan gaya tekan:

$$\begin{aligned} NT &= NT_1 + NT_2 \\ &= 680124 + 340062 \\ &= 1020186 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND &= ND_1 + ND_2 \\ &= 1006720 + 13466 \\ &= 1020186 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak dari ND1 ke ND2} &= y1 - a / 2 \\ &= 25 - 22,56 / 2 \\ &= 13,72 \text{ mm} \end{aligned}$$



Perhitungan letak ND yaitu:

Dimisalkan ND terletak disebelah ND₁

$$\sum M_{(gaya)} = \sum M_{(Resultan)}$$

$$\begin{aligned}
 - ND_1(0) - ND_2 \quad 13,72 &= - ND(x) \\
 - 1006720 \cdot 0 - 13466 \cdot 14 &= -1020186 \cdot x \\
 - 184762,9 &= -1020186 \cdot x \\
 x &= 0,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Z1 = Jarak dari NT1 ke ND

$$\begin{aligned}
 &= d - \frac{a}{2} - x \\
 &= 640,5 - \frac{22,56}{2} - 0,2 \\
 &= 629 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Z2 = Jarak dari NT2 ke ND

$$\begin{aligned}
 &= d' - \frac{a}{2} - x \\
 &= 60 - \frac{22,56}{2} - 0,2 \\
 &= 48,04 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= NT_1 \cdot Z_1 + NT_2 \cdot Z_2 \\
 &= 680124 \cdot 629,0 + 340062 \cdot 48,0 \\
 &= 444160884 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 444160884 \\
 &= 399744795 \text{ N.mm} > M_u = 44236818 \text{ N.mm} \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

Syarat kuat momen yang terpasang menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2

$$M_n^+ \geq 1/2 M_n^-$$

$$444160883,9 \text{ N.mm} \geq 1/2 \cdot 424907626,5 \text{ N.mm}$$

$$444160883,9 \text{ N.mm} \geq 212453813,3 \text{ N.mm}$$

● **Penulangan geser**

Diketahui:

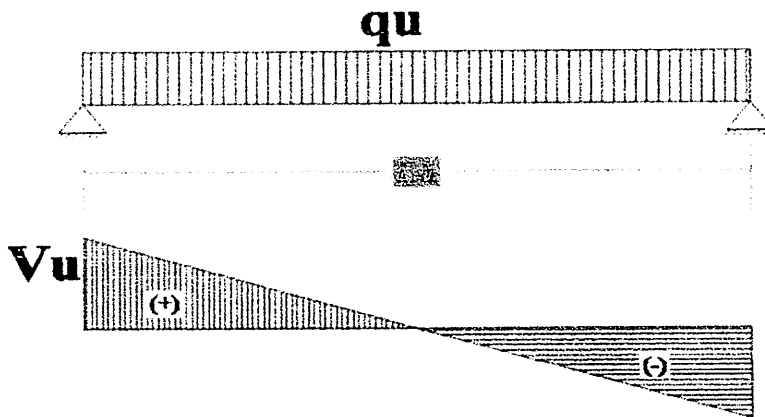
$b_w = 500 \text{ mm}$; $d = 640,5 \text{ mm}$

$h = 700 \text{ mm}$; \varnothing Tulangan utama = D 19 mm

$f_c = 35 \text{ N/mm}^2$; \varnothing Tulangan sengkang = \varnothing 10 mm

$f_y = 400 \text{ N/mm}^2$; Bentang balok Induk T (L) = 6000 mm

$f_{ys} = 240 \text{ N/mm}^2$; Bentang bersih balok (Ln) = 5400 mm



* Gaya geser yang ditahan oleh beton

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 640,5$$

$$= 322086,2 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 322086,2 = 241564,6 \text{ N}$$

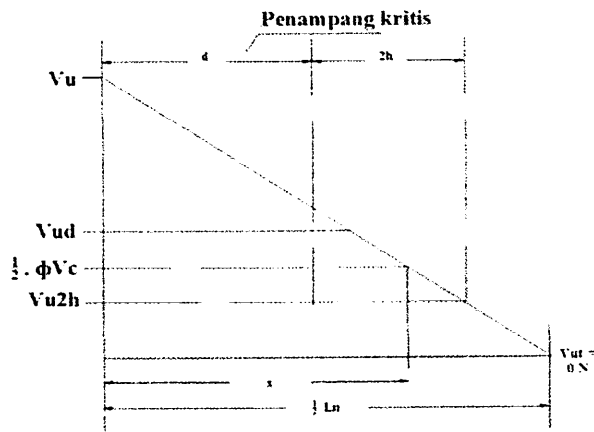
$$1/2 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 322086,2 = 120782,3 \text{ N}$$

Pada perhitungan Etabs v13 tulangan geser didapatkan dengan kombinasi 2

(1,2 D + 1,6 L) $V_u = 169905,8 \text{ N}$

Maka, Karena $V_u > 1/2 \cdot \phi V_c$; (Perlu tulangan geser)

(SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.1 hal 93)



$$\begin{aligned}
 V_{ud} &= \frac{1/2 \cdot L_n - d}{1/2 \cdot L_n} \cdot V_u - V_{ut} \\
 &= \frac{2700 - 640,5}{2700} \cdot 169906 - 0 \\
 &= 129600 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Mencari jarak $1/2 \phi V_c$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \frac{V_u - \phi \cdot V_c / 2}{x} &= \frac{V_u}{L_n/2} \\
 \Rightarrow x &= L_n/2 \cdot \frac{V_u - \phi \cdot V_c / 2}{V_u} \\
 \Rightarrow &= 2700 \cdot \frac{169906 - 0,75 \cdot 322086,2 / 2}{169905,8} \\
 &= 1080,6 \text{ mm} \text{ dibulatkan} = 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kuat geser nominal yang harus ditahan oleh tulangan geser dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_{ud} - \phi \cdot V_c}{\phi} \\
 &= \frac{129600 - 0,75 \cdot 322086}{0,75} \\
 &= 149285,682 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3 hal:92 bila $V_s >$ rumus dibawah
 maka spasi maksimum yang diberikan dalam 11.5.4.1 dan 11.5.4.2
 harus dikurangi setengahnya

$$\begin{aligned} V_s &= 0,33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \\ &= 0,33 \cdot \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 640,5 \\ &= 625226,102 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, $149286 < 625226$ Ok

Direncanakan sengkang $\emptyset 10$ (2 kaki)

Spasi tulangan geser sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.2 dihitung
 dengan persamaan:

$$s = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} \rightarrow \begin{array}{l} \text{(} A_v \text{ adalah luas tulangan geser)} \\ \text{yang berada dalam spasi } s \\ \text{(SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.2)} \end{array}$$

$$\begin{aligned} A_{v,u} &= \frac{2 \cdot \pi \cdot \emptyset^2}{4} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10^2}{4} \\ &= 157,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{157,00 \cdot 240 \cdot 640,5}{149285,7} \\ &= 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum SNI 2847-2013 pasal 11.5.1 sepanjang x

$$- \frac{d}{2} = \frac{640,5}{2} = 320,25 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang Ø 10 - 162 mm ,dibulatkan Ø 10 - 150 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{s} = \frac{157 \cdot 240 \cdot 640,5}{150} \\ = 160894 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang} \\ = 322086,2 + 160893,6 \\ = 482979,8 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot 482979,8 \\ = 362234,8 \text{ N} > V_{ud} = 129600,4 \text{ N} \quad \text{Ok}$$

- Tulangan geser pada daerah luar jarak x

$$V_{u(2h)} = \frac{1/2 \cdot L_n - 2h}{1/2 \cdot L_n} \cdot V_u - V_{ut} \\ = \frac{2700 - 1400}{2700} \cdot 169906 - 0 \\ = 81806 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_{u(2h)} - \phi \cdot V_c}{\phi} \\ = \frac{81806 - 0,75 \cdot 322086}{0,75} \\ = 213010,845 \text{ N}$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3 hal:92 bila $V_s >$ rumus dibawah maka spasi maksimum yang diberikan dalam 11.5.4.1 dan 11.5.4.2 harus dikurangi setengahnya

$$\begin{aligned}
 V_s &= 0,33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,33 \cdot \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 640,5 \\
 &= 625226,102 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } 213011 < 625226 \quad \text{Ok}$$

Persyaratan spasi maksimum SNI 2847-2013 pasal 11.5.1 sepanjang x

$$- \frac{d}{2} = \frac{640,5}{2} = 320,25 \text{ mm}$$

Direncanakan sengkang $\emptyset 10 - 300$ (2 kaki)

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{s} \longrightarrow \text{(} A_v \text{ adalah luas tulangan geser)} \\
 &\hspace{15em} \text{yang berada dalam spasi } s \\
 &\hspace{15em} \text{(SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{v,u} &= \frac{2 \cdot \pi \cdot \emptyset^2}{4} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10^2}{4} \\
 &= 157,00 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_{ys} \cdot d}{s} \\
 &= \frac{157,00 \cdot 240 \cdot 640,5}{300,0} \\
 &= 80447 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\
 &= 322086,2 + 80447 \\
 &= 402533 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \cdot 402533 \\
 &= 301899,7 \text{ N} > V_u(2h) = 81806,5 \text{ N} \quad \text{Ok}
 \end{aligned}$$

- Penulangan Torsi

Diketahui: (dari program Etabs v13 (Kombinasi 2 = 1,2D+1,6L+0,5R))

$$T_u = 31496340 \text{ N.mm} \quad ; \quad f_c = 35 \text{ N/mm}^2$$

$$b_w = 500 \text{ mm} \quad ; \quad f_y = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$h = 700 \text{ mm} \quad ; \quad f_{ys} = 240 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 6000 \text{ mm} \quad ; \quad d = 640,5 \text{ mm}$$

$$L_n = 5400 \text{ mm}$$

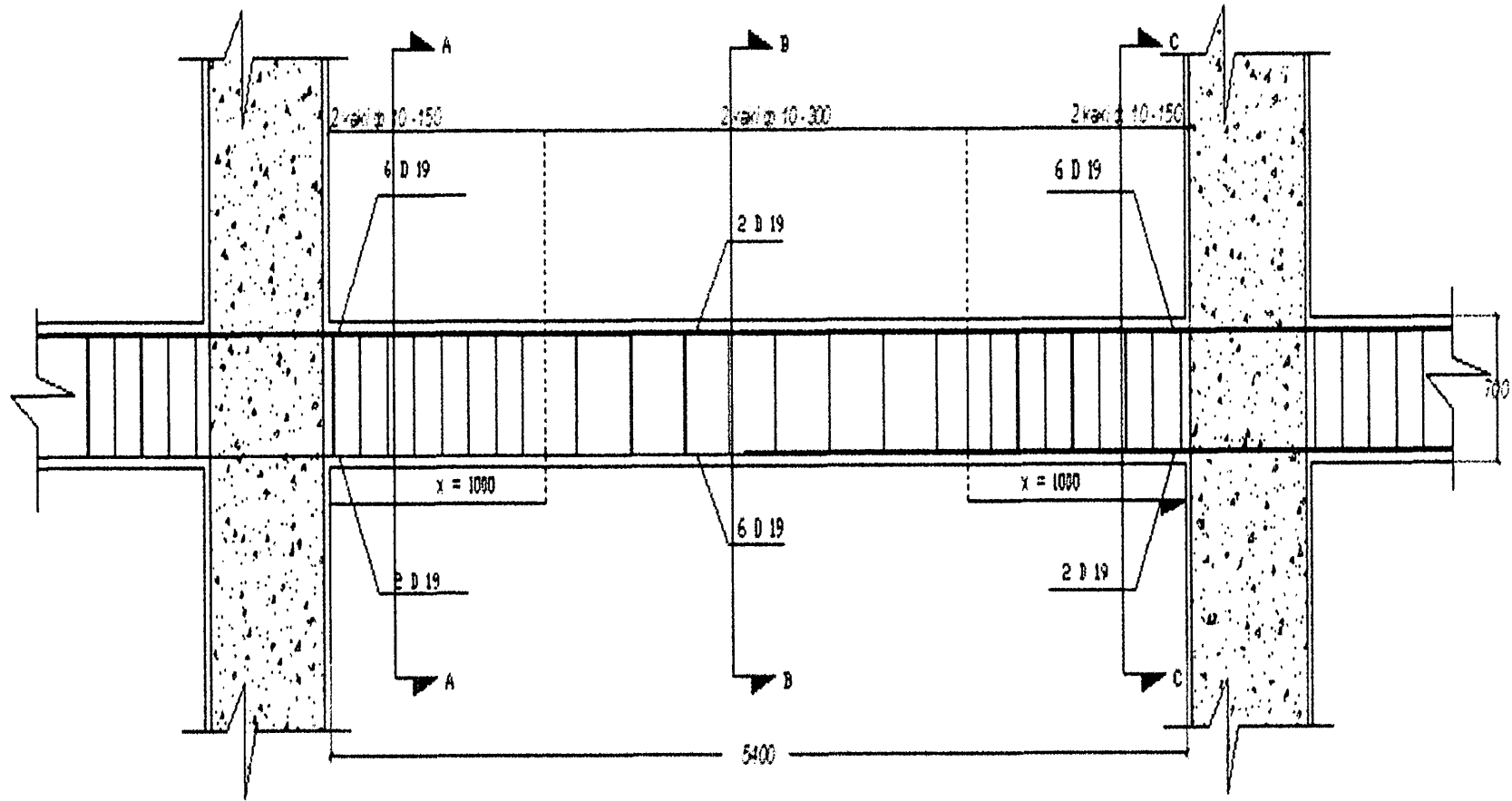
$$T_n = T_u / \phi = 31496340 / 0,75 = 41995120 \text{ N.mm}$$

Pengaruh torsi boleh diabaikan apabila momen torsi terfaktor (T_u) kurang dari:

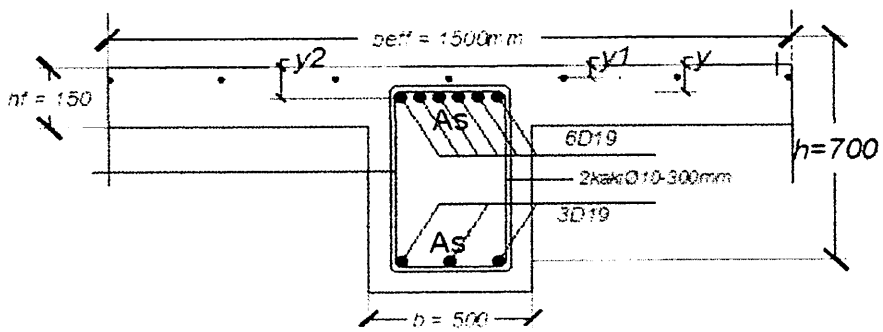
$$T_u < 0,75 \cdot 0,083 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{A^2_{cp}}{P_{cp}} \right)$$

$$31496340 < 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot \left(\frac{122500000000}{2400} \right)$$

$$31496340 < 37594838,2 \text{ N.mm} \quad \text{Tidak Perlu Tulangan Torsi}$$

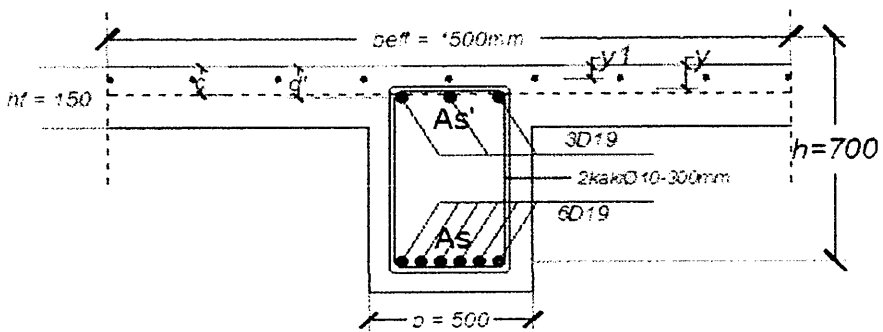


Gambar 5.28 Desain Tulangan Longitudinal dan Tulangan Geser B21



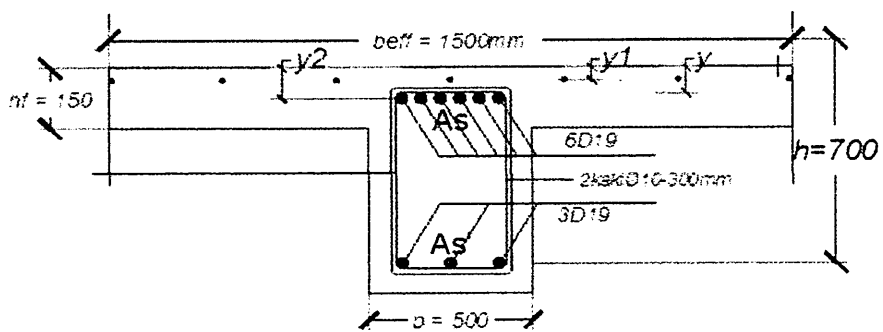
POT A-A

Gambar 5.29 Potongan A-A



POT B-B

Gambar 5.29 Potongan B-B



POT C-C

Gambar 5.30 Potongan C-C

5.4 Perhitungan Penulangan Kolom

Diketahui:

- Lebar kolom (b) = 600 mm
- Tinggi kolom (h) = 600 mm
- Tulangan sengkang (\emptyset) = 10 mm
- Tulangan utama dipakai (D) = 19 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Tinggi kolom = 5500 mm
- Kuat tekan beton (f_c) = 35 MPa
- Kuat leleh baja (f_y) = 400 MPa
- β_1 = 0,8

- Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

A. Kolom 12 D 19

Penulangan kolom yang dihitung adalah pada kolom yang berada pada struktur:

$$\begin{aligned}d &= h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok} \\ &= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 \\ &= 540,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$d' = 600 - 540,5 = 59,5 \text{ mm}$$

Perhitungan luas tulangan yang diperlukan (A_s perlu)

$$\begin{aligned}A_g &= b \cdot h \\ &= 600 \cdot 600 \\ &= 360000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan pada kolom 1%-6% dicoba dengan jumlah tulangan =

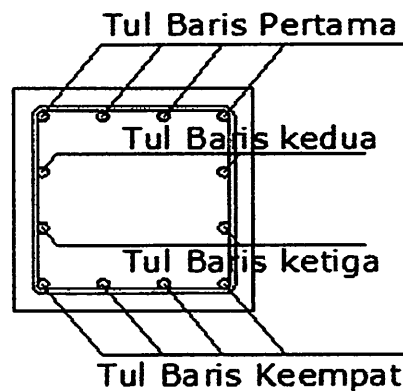
$$1 \% \longrightarrow \rho = 0,01$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,01 \cdot 360000 = 3600 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 12 D 19, A_s ada = 3400,6 mm² <

$$A_s \text{ perlu} = 3600 \text{ mm}^2 \text{ ok}$$

Luas tulangan per baris, dihitung sebagai berikut :



- Luas tulangan baris 1 = Jumlah tulangan baris 1 x luas tulangan
 $= 4 \cdot 1/4 \cdot 3,14 \cdot 22^2$
 $= 1133,5 \text{ mm}^2$
- Luas tulangan baris 2 = Jumlah tulangan baris 1 x luas tulangan
 $= 2 \cdot 1/4 \cdot 3,14 \cdot 22^2$
 $= 566,77 \text{ mm}^2$
- Luas tulangan baris 3 = Jumlah tulangan baris 1 x luas tulangan
 $= 2 \cdot 1/4 \cdot 3,14 \cdot 22^2$
 $= 566,77 \text{ mm}^2$
- Luas tulangan baris 4 = Jumlah tulangan baris 1 x luas tulangan
 $= 4 \cdot 1/4 \cdot 3,14 \cdot 22^2$
 $= 1133,5 \text{ mm}^2$

Perhitungan beban sentris:

- Beban sentris

$$\begin{aligned}
 P_o &= 0,85 \cdot f_c \cdot \left(A_g - A_{s \text{ ada}} \right) + \left(f_y \cdot A_{s \text{ ada}} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 35 \cdot \left(360000 - 3401 \right) + \left(400 \cdot 3401 \right) \\
 &= 11969080 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,8 \cdot P_o \\
 &= 0,8 \cdot 11969080
 \end{aligned}$$

$$= 9575264 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 9575264$$

$$= 6223921 \text{ N}$$

Perhitungan gaya yang bekerja:

1) *Kondisi seimbang*

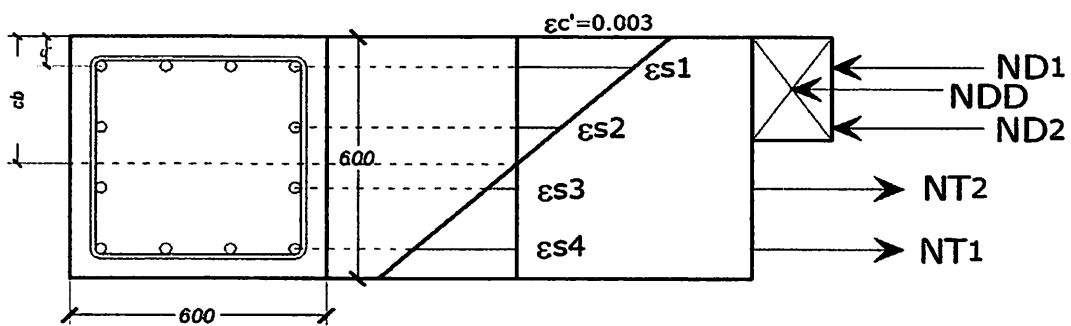
$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 541}{600 + 400} = 324,3 \text{ mm}$$

$$a_b = c_b \cdot \beta = 324,3 \cdot 0,8 = 259,44 \text{ mm}$$

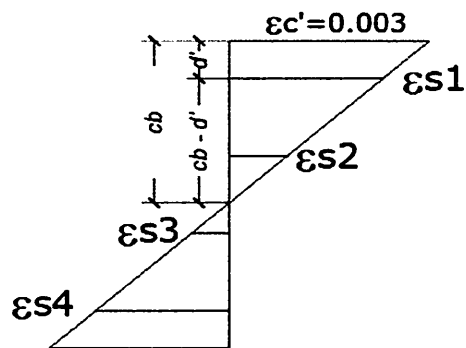
Jarak antar tulangan (x)

$$x = \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{Jumlah interval tulangan}} = \frac{600 - (2 \cdot 60)}{12 / 4} = 160,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} N_{D_D} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 259,4 \cdot 600 \\ &= 4631004 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 5.13 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Seimbang

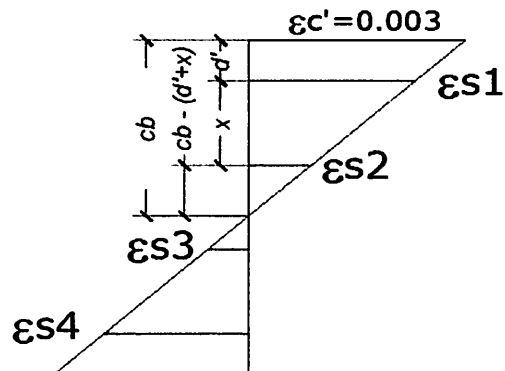


$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{cb - d'}{cb} \cdot \epsilon_{c'} = \frac{324,3 - 59,5}{324,3} \cdot 0,003$$

$$= 0,0024 > \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y$$

$$ND_1 = 1133,5 \cdot 400 = 453416 \text{ N}$$



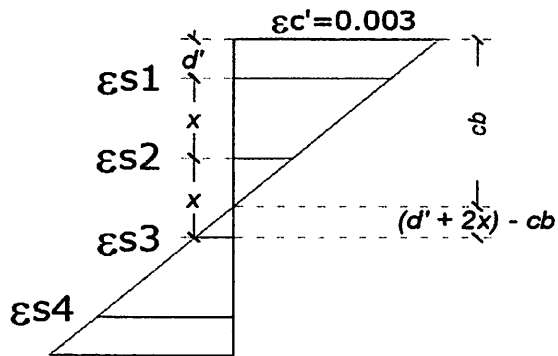
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{cb - (d' + x)}{cb} \cdot \epsilon_{c'}$$

$$= \frac{324,3 - (59,5 + 160,3)}{324,3} \cdot 0,003$$

$$= 0,0010 < \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$ND_2 = 566,77 \cdot 193 = 109544 \text{ N}$$



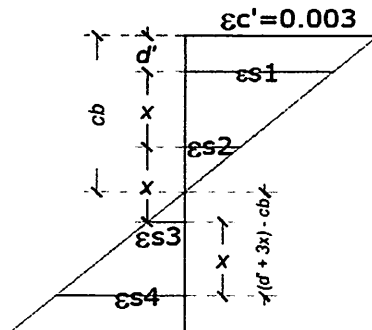
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{[d' + 2 \cdot x] - cb}{cb} \cdot \epsilon_{c'}$$

$$= \frac{[59,5 + 320,7] - 324,3}{324,3} \cdot 0,003$$

$$= 0,0005 < \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$NT_2 = 566,77 \cdot 103 = 58582 \text{ N}$$



$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{[d' - 3 \cdot x] + cb}{cb} \cdot \epsilon_{c'}$$

$$= \frac{[59,5 - 481] + 324,3}{324,3} \cdot 0,003$$

$$= 0,0020 > \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y$$

$$NT_1 = 1133,5 \cdot 400 = 453416 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Pnb &= ND_D + ND_1 + ND_2 - NT_2 - NT_1 \\ &= 4631004 + 453416 + 109544 - 58582 - 453416 \\ &= 4681966 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi Pnb = 0,65 \cdot 4681966 = 2043277,97 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Mnb &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND_2 + NT_2) \\ &\quad (h/2 - (d' + x))\} \\ &= 4631004 \cdot \left(\frac{600}{2} - \frac{259,4}{2} \right) + \left(453416 + 453416 \right) \cdot \left[\frac{600}{2} - \right. \\ &\quad \left. 59,5 \right] + \left(109544 + 58582 \right) \cdot \left(\frac{600}{2} - [59,5 + 160,3] \right) \\ &= 1020138561 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi Mnb = 0,65 \cdot 1020138561 = 663090065 \text{ N.mm}$$

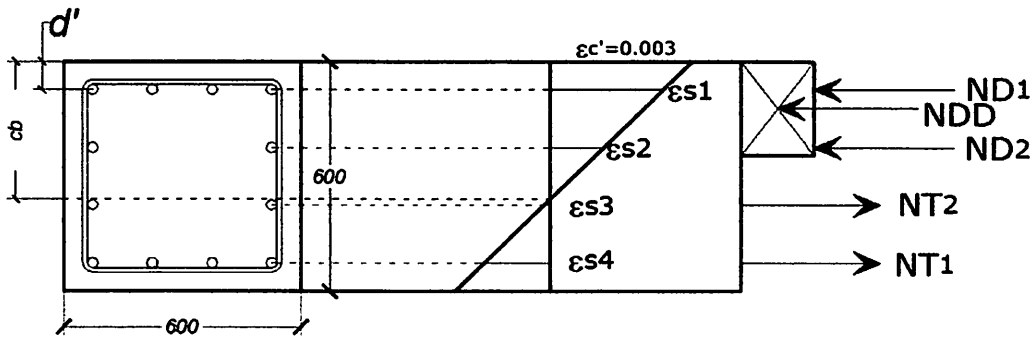
$$eb = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{1020138561}{4681966} = 217,9 \text{ mm}$$

2) *Kondisi patah desak*

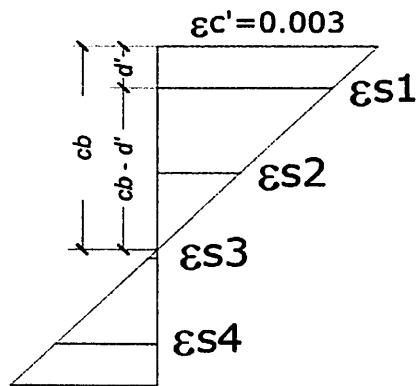
$$\text{Dipakai nilai } c = 370 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= c \cdot \beta \\ &= 370 \cdot 0,8 \\ &= 296 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND_D &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 296 \cdot 600 \\ &= 5283600 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 5.13 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Patah Desak

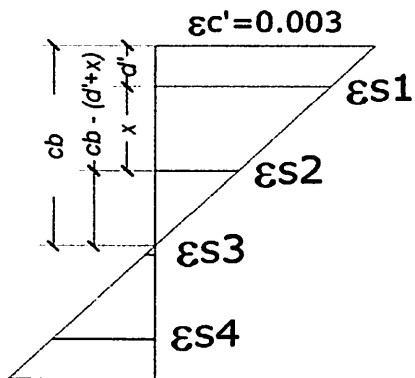


$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \cdot \epsilon_{c'} = \frac{370 - 59,5}{370} \cdot 0,003$$

$$= 0,0025 > \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y$$

$$ND_1 = 1133,5 \cdot 400 = 453416 \text{ N}$$



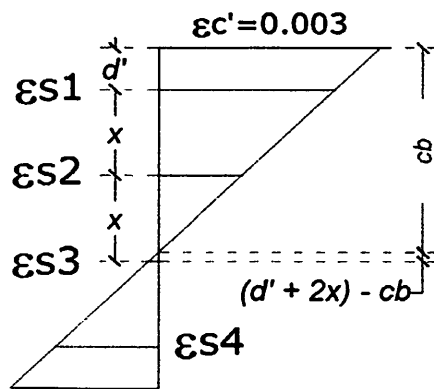
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{c - (d' + x)}{c} \cdot \epsilon_c'$$

$$= \frac{370 - (59,5 + 160,3)}{370} \cdot 0,003$$

$$= 0,0012 < \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$ND_2 = 566,77 \cdot 244 = 138016 \text{ N}$$



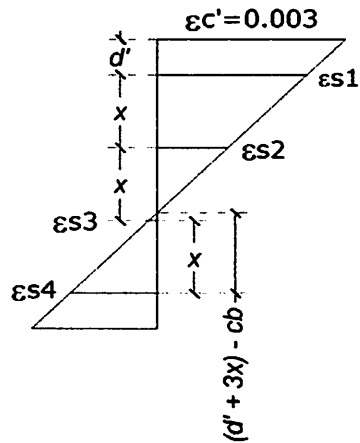
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2 \cdot x) - c}{cb} \cdot \epsilon_c'$$

$$= \frac{(59,5 + 320,7) - 370}{370} \cdot 0,003$$

$$= 0,0001 < \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$NT_2 = 324,3 \cdot 16 = 5346,6 \text{ N}$$



$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{[d' - 3 \cdot x] + c}{c} \cdot \epsilon_{c'}$$

$$= \frac{[59,5 - 481] + 370}{370} \cdot 0,003$$

$$= 0,0014 < \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$NT_1 = 1133,5 \cdot 276 = 313408 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} P_n &= ND_D + ND_1 + ND_2 - NT_2 - NT_1 \\ &= 5283600 + 453416 + 138016 - 5346,6 - 313408 \\ &= 5556277 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND_2 + NT_2) \\ &\quad (h/2 - (d' + x))\} \\ &= 5283600 \cdot \left[\frac{600}{2} - \frac{259,4}{2} \right] + \left[453416 + 313408 \right] \cdot \left[\frac{600}{2} - \right. \\ &\quad \left. 59,5 \right] + \left[138016 + 5346,6 \right] \cdot \left[\frac{600}{2} - (59,5 + 160,3) \right] \\ &= 1095605610 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 5556277 = 3611580,11 \text{ N}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 1095605610 = 712143646 \text{ N.mm}$$

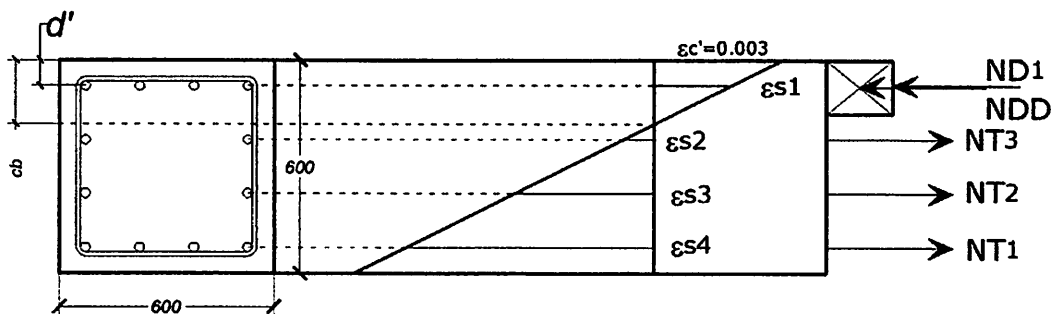
$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1095605610}{5556277} = 197,2 \text{ mm}$$

3) Kondisi patah tarik

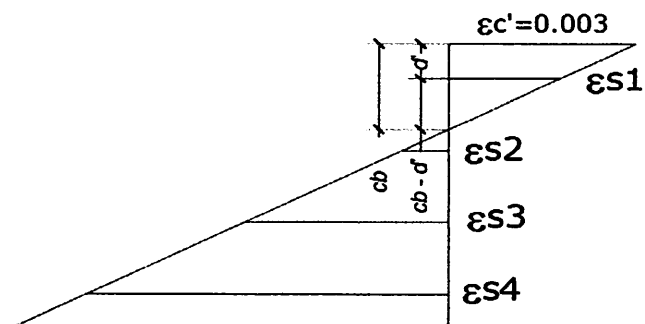
Dipakai nilai $c = 170 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} a &= c \cdot \beta \\ &= 170 \cdot 0,8 \\ &= 136 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND_D &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 35 \cdot 136 \cdot 600 \\ &= 2427600 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 5.13 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Patah Tarik

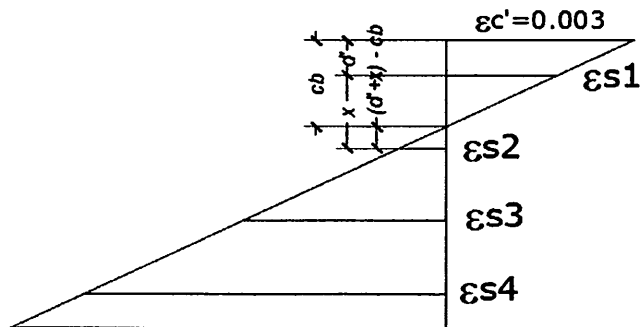


$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \cdot \epsilon_c' = \frac{170 - 59,5}{170} \cdot 0,003$$

$$= 0,0020 < \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$ND_1 = 1133,5 \cdot 390 = 442081 \text{ N}$$



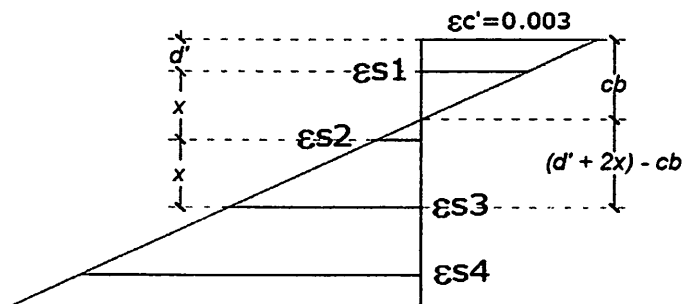
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{[d' + x] - c}{c} \cdot \epsilon_c'$$

$$= \frac{[59,5 + 160,3] - 170}{170} \cdot 0,003$$

$$= 0,0009 < \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$NT_3 = 566,77 \cdot 176 = 99685 \text{ N}$$



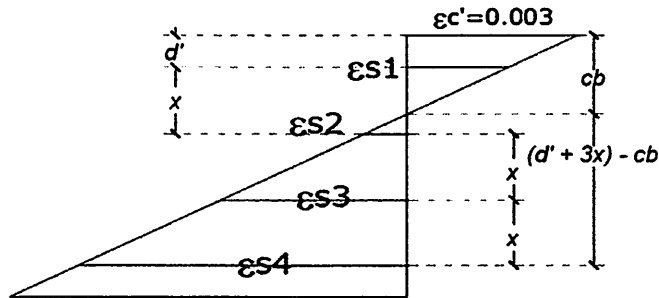
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{[d' + 2 \cdot x] - c}{c} \cdot \epsilon_c'$$

$$= \frac{[59,5 + 320,7] - 170}{170} \cdot 0,003$$

$$= 0,0037 > \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y$$

$$NT_2 = 566,77 \cdot 400 = 226708 \text{ N}$$



$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{[d' + 3 \cdot x] - c}{c} \cdot \epsilon_c'$$

$$= \frac{[59,5 + 481] - 170}{170} \cdot 0,003$$

$$= 0,0065 > \epsilon_y \quad \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y$$

$$NT_1 = 1133,5 \cdot 400 = 453416 \text{ N}$$

$$P_{nb} = ND_D + ND_1 - ND_2 - NT_2 - NT_1$$

$$= 2427600 + 442081 - 99685 - 226708 - 453416$$

$$= 2089872 \text{ N}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 2089872 = 1358416,64 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1+NT1).(h/2 - d')\} + \{(NT2-NT3) \\ &\quad (h/2 - (d'+x))\} \\ &= 2427600 \cdot \left[\frac{600}{2} - \frac{259,4}{2} \right] + \left[442081 + 453416 \right] \cdot \left[\frac{600}{2} - \right. \\ &\quad \left. 59,5 \right] + \left[99685 - 226708 \right] \cdot \left[\frac{600}{2} - (59,5 + 160,3) \right] \\ &= 618555637 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi M_{nb} = 0,65 \cdot 618555637 = 402061164 \text{ N.mm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{618555637}{2089872} = 296 \text{ mm}$$

4) *Kondisi lentur murni*

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut:

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 6 \text{ D } 19 = 1700,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 6 \text{ D } 19 = 1700,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s'1 = 4 \text{ D } 19 = 1133,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s'2 = 2 \text{ D } 19 = 566,8 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 19 = 59,5 \text{ mm}$$

$$y_2 = y_1 + x = 60 + 160,3 = 219,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{A_s'1 \cdot y_1 + A_s'2 \cdot y_2}{A_s'} \\ &= \frac{1133,5 \cdot 60 + 566,8 \cdot 219,8}{1700,3} \\ &= 112,94 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis Netral dihitung dengan memisalkan nilai c berada diantara $d' < c < y_2$

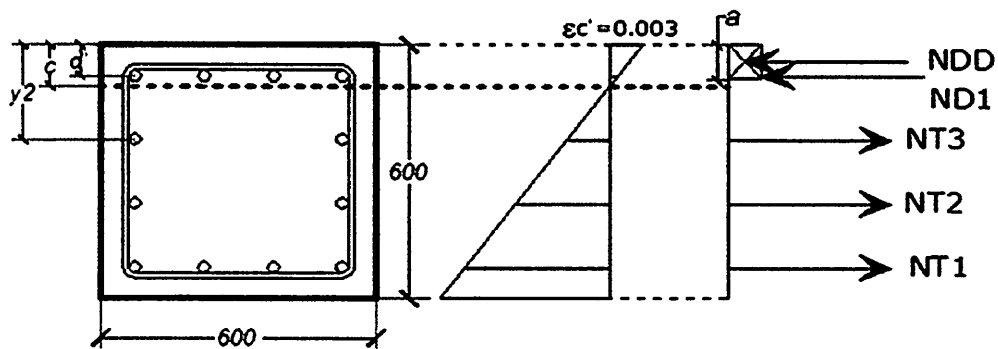
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 8 \text{ D } 19 = 2267,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 4 \text{ D } 19 = 1133,5 \text{ mm}^2$$

$$d' = y_1 = 59,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d' = 600 - 60 = 540,5 \text{ mm}$$



Gambar 5.13 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Lentur Murni

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c-d')}{c} \cdot 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c-d')}{c} \cdot 600 = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[\begin{array}{cccc} 0,85 & 35 & 0,8 & 600 \end{array} \right] \cdot c^2 + \left[\begin{array}{ccc} 600 & 1134 & -2267 \\ 400 \end{array} \right] \cdot c - 600 \cdot 1134 \cdot 60 = 0$$

$$\begin{aligned}
 &= 453416 \text{ N} \\
 NT_2 &= A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \\
 &= 567 \cdot 400 \\
 &= 226708 \text{ N} \\
 NT_3 &= A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \\
 &= 567 \cdot 400 \\
 &= 226708 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$NDD + ND1 = NT1 + NT2 + NT3$$

$$\begin{aligned}
 881939,3 + 24893 &= 453416 + 226708 + 226708 \\
 906832 &= 906832
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZD_D &= c - a / 2 = 61,76 - 49,41 / 2 = 37,06 \text{ mm} \\
 ZD_1 &= c - y_1 = 61,76 - 59,5 = 2,26 \text{ mm} \\
 ZT_3 &= y_2 - c = 219,8 - 61,76 = 158,1 \text{ mm} \\
 ZT_2 &= y_3 - c = 380,2 - 61,76 = 318,4 \text{ mm} \\
 ZT_1 &= y_4 - c = 540,5 - 61,76 = 478,7 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \{(ND_D \cdot ZD_D) + (ND_1 \cdot ZD_1) + (NT_1 \cdot ZT_1) + (NT_2 \cdot ZT_2) + (NT_3 \cdot ZT_3)\} \\
 &= [881939 \cdot 37,06] + [24893 \cdot 2,26] + [453416 \cdot 478,7] + \\
 &\quad [226708 \cdot 318,4] + [226708 \cdot 158,1] \\
 &= 357827442,8 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

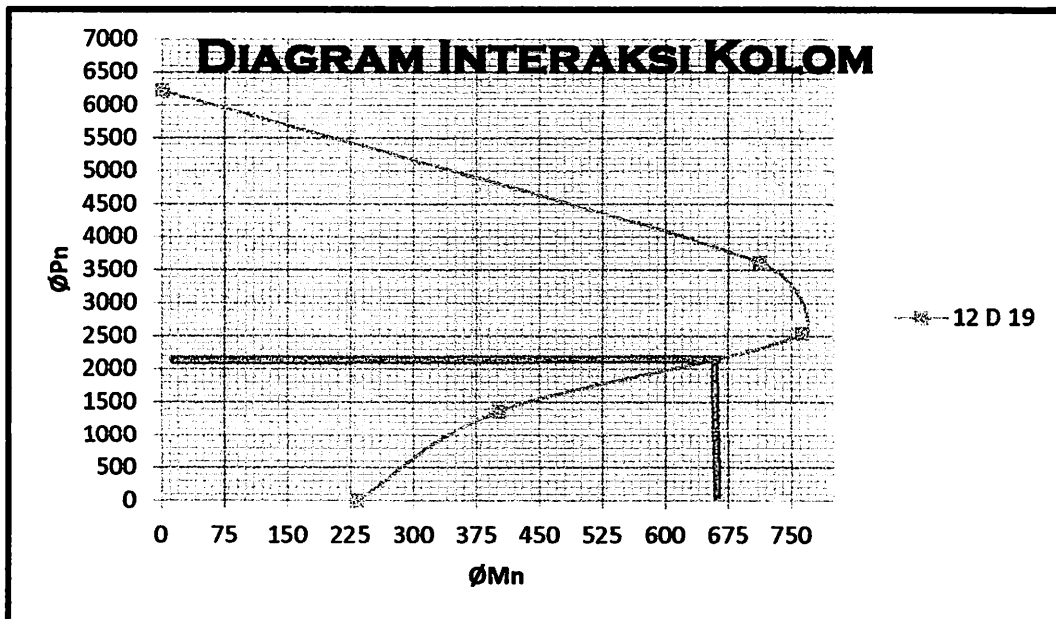
$$\phi M_n = 0,65 \cdot 357827442,8 = 232587838 \text{ N.mm}$$

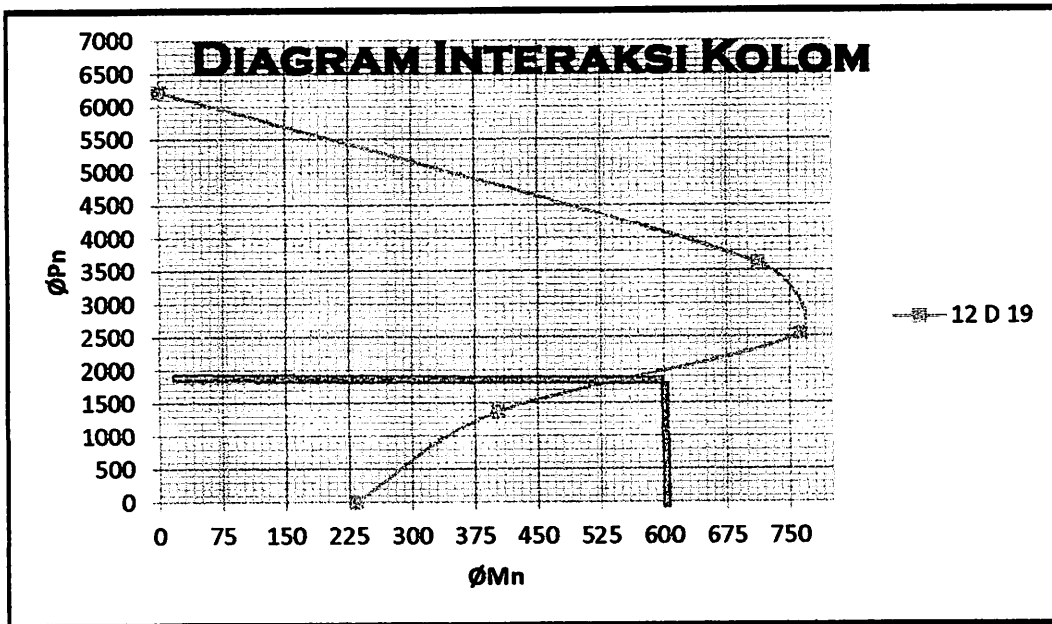
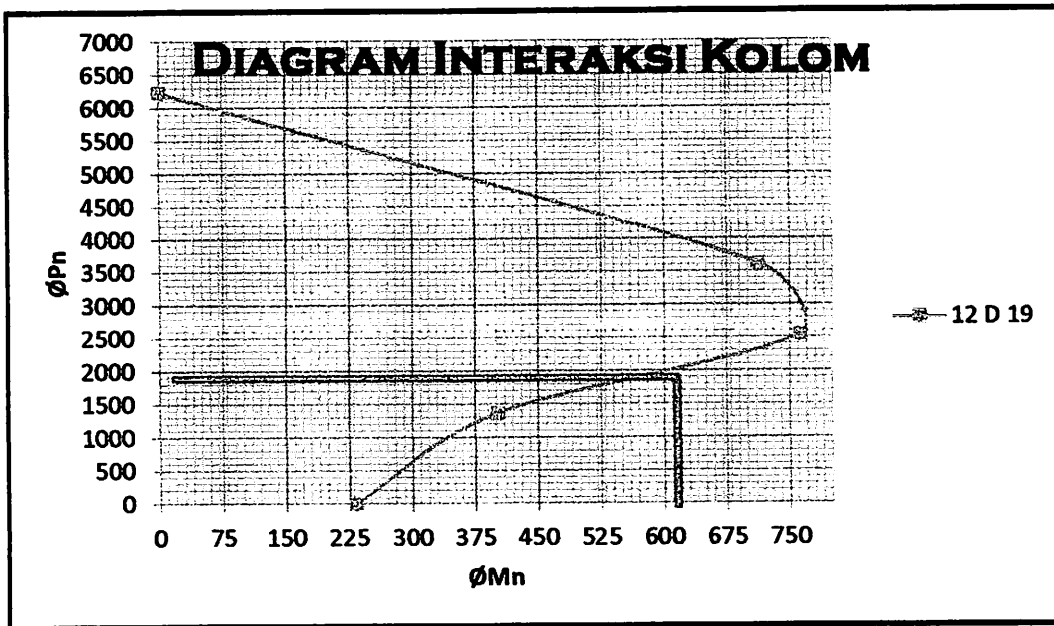
Koordinat diagram

Kondisi	12 D 22	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kN.m)
Sentris	6223,9	0
Patah desak	3611,6	712,1
Balance	2543,3	763,1
Patah tarik	1358,4	402,1
Lentur	0	232,6

Kolom desain

ϕ Pn Kolom lantai 1	2154	kN
ϕ Pn Kolom Lantai 2	1960,85	kN
ϕ Pn Kolom lantai 3	1866,7	kN



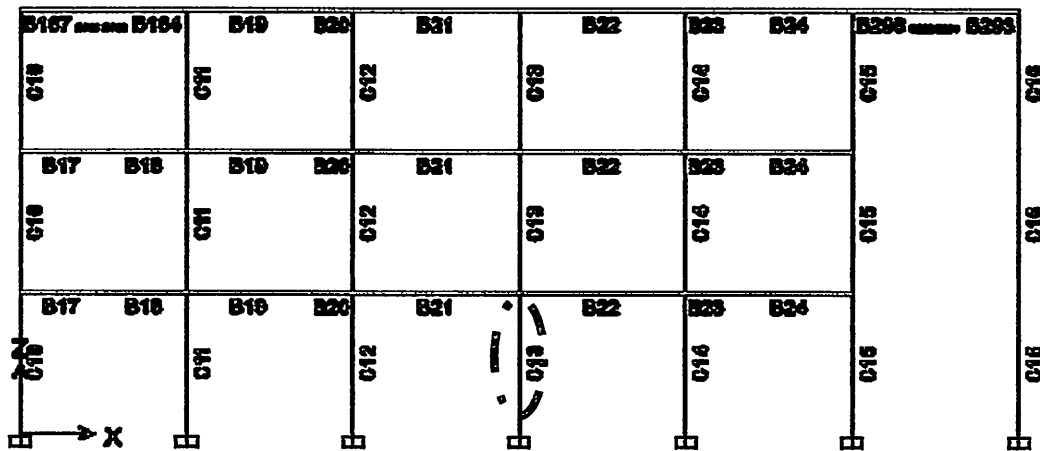


Dari hasil pembacaan ketiga diagram interaksi kolom diatas, maka didapat Nilai momen nominal terfaktor untuk kolom yang ditinjau sebesar:

ϕM_n Kolom lantai 1	675	kNm
ϕM_n Kolom Lantai 2	630	kNm
ϕM_n Kolom lantai 3	610	kNm

Penulangan geser kolom C13 Lantai 1, pada portal melintang sebagai berikut :

Diketahui : $h = 600 \text{ mm}$ $f_c = 35 \text{ MPa}$
 $b = 600 \text{ mm}$ $f_y = 240 \text{ MPa}$
 $d = 539 \text{ mm}$ Tinggi bersih = 4800 mm
 $V_u = 144245 \text{ N}$



Gaya geser yang ditahan oleh beton sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{V_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{144245}{14 \cdot 360000} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 600 \cdot 539$$

$$= 9308,959 \text{ N}$$

Gaya geser yang ditahan oleh begel:

$$V_s = \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi}$$

$$= \frac{144245 - 0,65 \cdot 9309}{0,65}$$

$$= 134936 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ max} &= 2/3 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,667 \cdot \sqrt{35} \cdot 600 \cdot 539 \\
 &= 1275507 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena; $V_s = 134936 \text{ N} < V_s \text{ max} = 1275507 \text{ N}$ Ok
 (Ukuran penampang kolom memenuhi)

Menentukan daerah penulangan:

$$\begin{aligned}
 V_u &< \frac{\phi \cdot V_c}{2} \\
 144245 &< \frac{0,65 \cdot 9309}{2} \\
 144245 &< 3025,412 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menghitung luas tulangan geser

$$\begin{aligned}
 A_{v,u} &= \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d} = \frac{134936 \cdot 1000}{240 \cdot 539} = 1043 \text{ mm}^2 \\
 A_{v,u} &= \frac{75 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot S}{f_y \cdot 1200} = \frac{75 \cdot \sqrt{35} \cdot 600 \cdot 1000}{240 \cdot 1200} \\
 &= 924,39 \text{ mm}^2 \\
 A_{v,u} &= \frac{b \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{600 \cdot 1000}{3 \cdot 240} = 833,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga dipilih yang terbesar $A_{v, u} = 1043 \text{ mm}^2$

Menghitung spasi begel

$$\begin{aligned}
 1/3 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d &= 1/3 \cdot \sqrt{35} \cdot 600 \cdot 539 \\
 &= 637753 \text{ N} > V_s = 134936 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena $V_s < 1/3 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$, maka:

$$s = \frac{n \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot \phi^2 \cdot S}{A_{v, u}}$$

$$= \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 \cdot 1000}{1043}$$

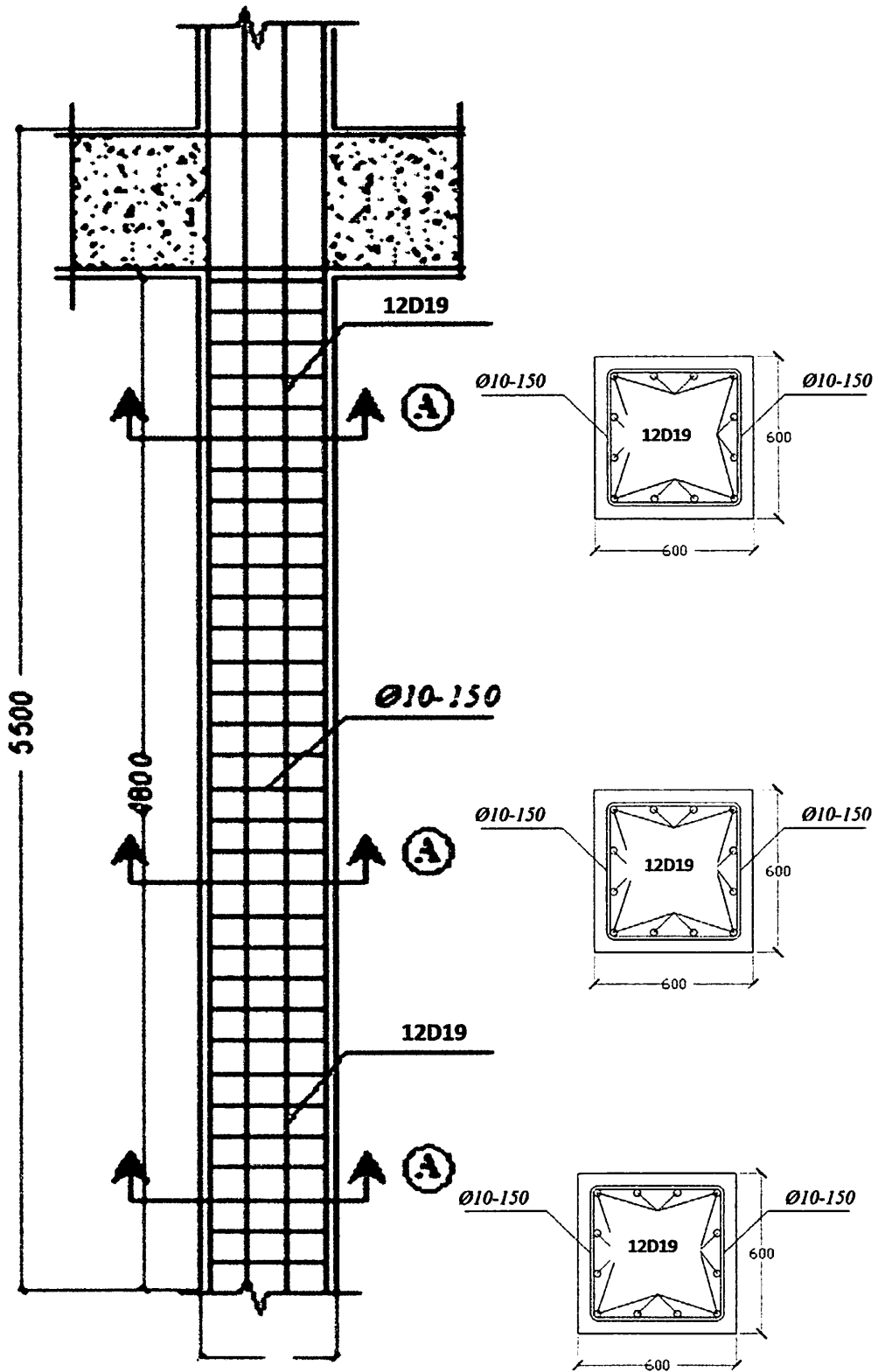
$$= 150,51 \text{ mm}$$

$$s = d / 2 = 539 / 2 = 269,5 \text{ mm}$$

$$s = 600 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai yang terkecil $s = 150,51 \text{ mm}$

Maka digunakan, begel $\phi 10 - 150 \text{ mm}$



BAB VI

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dari perencanaan konstruksi Masjid Al-Ma'ruf Kota Samarinda dapat disimpulkan bahwa:

1. Konstruksi Cangkang kubah

a. Ketebalan cangkang kubah

Luas penampang cangkang beton dengan ketebalan $d = 80$ mm mampu menahan beban gaya membran dan momen maksimum.

b. Pembebanan cangkang kubah pada gaya membran didapatkan gaya terbesar yaitu:

- Beban merata = 2412 kg/m
- Beban pusat = 36,09 kg/m
- Beban Angin = 4076,3 kg/m

c. Penulangan Cangkang

Didapatkan As penulangan = 243,3 mm² dengan $\phi 10-240$ dan disarankan untuk kontrol keretakan atau terjadinya tulangan susut pada penampang atas maka digunakan tulangan $\phi 6-300$

d. Penulangan balok lingkar

- Dimensi = 40/60 cm
- Penulangan akibat beban lentur

	Tumpuan	Lapangan
Tulangan tarik (As)	4 D22	4 D22
Tulangan susut (As' tekan)	2 D22	2 D22

- Penulangan akibat gaya geser, tulangan sengkang digunakan $\varnothing 10-100$ mm

Karena adanya pengaruh tulangan torsi, tulangan sengkang digunakan menjadi $\varnothing 10-90$ mm

- Penulangan akibat penulangan torsi, menggunakan: $2\varnothing 12$

2. Struktur portal

- a. Dimensi balok yang digunakan adalah 50/70 cm, 30/40 cm, 100/70 cm.
- b. Didapatkan pembebanan pada gempa untuk Masjid Al-Ma'ruf Kota Samarinda yaitu kategori desain seismik A, yang telah dibebaskan dari persyaratan pembebanan gempa sesuai SNI 1726-2012.
- c. Untuk mempermudah dalam pekerjaan pemasangan maka digunakan tulangan yang memiliki diameter yang sama yaitu tulangan ulir berdiameter 19. Tulangan sengkang menggunakan tulangan $\varnothing 10-150$ mm.
- d. Dimensi kolom yang dipergunakan adalah 40/40 cm, 60/60cm, diameter 100cm.

Tulangan kolom untuk dimensi 60/60 digunakan tulangan diameter ulir 19, sedangkan untuk pengikat tulangan sengkang digunakan tulangan polos $\varnothing 10-150$.

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan antara lain:

- a. Dalam perhitungan penulangan sebaiknya cek rasio penulangan (ρ) apakah penulangan ekonomis atau boros, apabila memenuhi persyaratan $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ maka penulangan tersebut ideal atau ekonomis, namun jika $\rho_{\min} > \rho > \rho_{\max}$ maka penulangan tersebut boros, sehingga dapat dilakukan dengan cara/solusi yaitu mengubah dimensi penampang menjadi lebih kecil lagi. Atau juga bisa menggunakan perhitungan tulangan rangkap agar penulangan tersebut menjadi penulangan ideal.
- b. Dalam merencanakan dimensi balok pada program Etabs sebaiknya merencanakan balok T/L karena lebih efisien menggunakan balok T daripada menggunakan balok persegi (kecuali tidak ada plat baru menggunakan balok persegi).
- c. Dalam perencanaan struktur, penggunaan tulangan sebaiknya menggunakan diameter yang sama untuk memudahkan dalam pemasangan dan penghematan waktu dan biaya.
- d. Dalam perhitungan kolom diagram interaksi sebaiknya didapatkan/titik temu pada kondisi patah desak
- e. Kelas situs tanah diperlukan data boring dan SPT (*Standart Penetration Test*) sampai dengan kedalaman kurang lebih 30m menurut SNI 1726-2012

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional., 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung Non Gedung SNI 1726-2012*.
- Badan Standardisasi Nasional., 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain Berdasarkan SNI 1727-2013*.
- Badan Standardisasi Nasional., 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 2847-2013*.
- Baker, E.H., et al., 1972. *Structural analysis Of Shell*, Mc Graw Hill Company, New York.
- Billington, D.P., 1972. *Thin Shell Concrete Structures*. Mc Graw Hill Company, New York.
- Fathoni, T.G dan Johannes, T., 2014. *Analisis Perbandingan Perhitungan Struktur Cangkang Kubah (Dome) Material Beton dan Material Baja dengan Program*, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Fischer, L., 1968. *Theory and Practice Of Shell Structures*, Welhelm Ernst and Sohn, Munich.
- Istimawan D., 1994. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Schodek, D.L., 1991. *Struktur*, Bandung.
- Tutuk, S.A., 1997. *Studi Perencanaan Struktur Atas pada Masjid Agung Kampung Dalem Kota Kediri*, Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Vis, W.C., & Gideon H. K., 1993. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Erlangga, Jakarta.
- Wahana Komputer., 2010. *Panduan Praktis Analisis Struktur Bangunan dan Gedung dengan SAP 2000 versi 14*. Andi, Yogyakarta.

LAMPIRAN

TABLE: Centers of Mass and Rigidity

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cumulative X	Cumulative Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR
		kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	m	m
Story1	D1	54620,37	54620,37	18,98	21,00	54620,37	54620,37	18,976	21	18,40	21,01
Story2	D2	61872,66	61872,66	19,09	21,10	61872,66	61872,66	19,0856	21,1016	19,02	21,02
Story3	D3	42924,94	42924,94	19,17	21,00	42924,94	42924,94	19,172	21	19,22	21,01
Story4	D4	9595,43	9595,43	18,00	21,00	9595,43	9595,43	18	21	18,66	21,01
Story4	D4M1	216,76	216,76	3,00	39,00	216,76	216,76	3	39	3,40	38,56
Story4	D4M2	216,76	216,76	33,00	39,00	216,76	216,76	33	39	32,66	38,56
Story4	D4M3	216,76	216,76	3,00	3,00	216,76	216,76	3	3	3,40	3,44
Story4	D4M4	216,76	216,76	33,00	3,00	216,76	216,76	33	3	32,66	3,44
Story5	D5	4981,43	4981,43	18,04	21,00	4981,43	4981,43	18,0377	21	18,33	21,00
Story5	D5M1	212,59	212,59	3,00	39,00	212,59	212,59	3	39	3,23	38,75
Story5	D5M2	212,59	212,59	33,00	39,00	212,59	212,59	33	39	32,80	38,75
Story5	D5M3	212,59	212,59	3,00	3,00	212,59	212,59	3	3	3,23	3,25
Story5	D5M4	212,59	212,59	33,00	3,00	212,59	212,59	33	3	32,80	3,25
Story6	D6M1	210,38	210,38	3,00	39,00	210,38	210,38	3	39	3,15	38,84
Story6	D6M2	210,38	210,38	33,00	39,00	210,38	210,38	33	39	32,87	38,84
Story6	D6M3	210,38	210,38	3,00	3,00	210,38	210,38	3	3	3,15	3,17
Story6	D6M4	210,38	210,38	33,00	3,00	210,38	210,38	33	3	32,87	3,16
Story7	D7M1	340,82	340,82	3,00	39,00	340,82	340,82	3	39	3,12	38,87
Story7	D7M2	340,82	340,82	33,00	39,00	340,82	340,82	33	39	32,90	38,87
Story7	D7M3	340,82	340,82	3,00	3,00	340,82	340,82	3	3	3,12	3,13
Story7	D7M4	340,82	340,82	33,00	3,00	340,82	340,82	33	3	32,90	3,13
Story8	D8M1	116,9	116,9	3,00	39,00	116,9	116,9	3	39	3,09	38,91
Story8	D8M2	116,9	116,9	33,00	39,00	116,9	116,9	33	39	32,93	38,91
Story8	D8M3	116,9	116,9	3,00	3,00	116,9	116,9	3	3	3,09	3,09
Story8	D8M4	116,9	116,9	33,00	3,00	116,9	116,9	33	3	32,93	3,09
Story9	D9M1	148,88	148,88	3,00	39,00	148,88	148,88	3	39	3,03	38,97
Story9	D9M2	148,88	148,88	33,00	39,00	148,88	148,88	33	39	32,98	38,97
Story9	D9M3	148,88	148,88	3,00	3,00	148,88	148,88	3	3	3,03	3,03
Story9	D9M4	148,88	148,88	33,00	3,00	148,88	148,88	33	3	32,98	3,03
Story10	D10M1	128,71	128,71	3,00	39,00	128,71	128,71	3	39	3,02	38,98

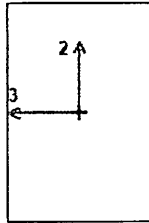
Story10	D10M2	128,71	128,71	33,00	39,00	128,71	128,71	33	39	32,98	38,98
Story10	D10M3	128,71	128,71	3,00	3,00	128,71	128,71	3	3	3,02	3,02
Story10	D10M4	128,71	128,71	33,00	3,00	128,71	128,71	33	3	32,98	3,02
Story11	D11M1	120,6	120,6	3,00	39,00	120,6	120,6	3	39	3,02	38,98
Story11	D11M2	120,6	120,6	33,00	39,00	120,6	120,6	33	39	32,99	38,98
Story11	D11M3	120,6	120,6	3,00	3,00	120,6	120,6	3	3	3,02	3,02
Story11	D11M4	120,6	120,6	33,00	3,00	120,6	120,6	33	3	32,99	3,02
Story12	D12M1	65,94	65,94	3,00	39,00	65,94	65,94	3	39	3,01	38,98
Story12	D12M2	65,94	65,94	33,00	39,00	65,94	65,94	33	39	32,99	38,98
Story12	D12M3	65,94	65,94	3,00	3,00	65,94	65,94	3	3	3,01	3,02
Story12	D12M4	65,94	65,94	33,00	3,00	65,94	65,94	33	3	32,99	3,02

TABLE: Story Max/Avg Displacements

Story	Load Case/Combo	Direction	Maximum mm	Average mm	Ratio
Story10	Comb4	X	9,6	5,9	1,623578
Story10	Comb5-1	Y	6,2	3,2	1,932133
Story11	Comb4	X	11,4	7,3	1,566946
Story11	Comb5-1	Y	6,7	3,3	2,041442
Story12	Comb4	X	13	8,5	1,533974
Story12	Comb5-1	Y	7,1	3,3	2,127309
Story4	Comb5-1	Y	3,6	3	1,217403
Story4	Comb7	X	3	2,3	1,331853
Story5	Comb5-1	Y	4,1	3	1,367756
Story5	Comb7	X	3,5	2,3	1,544566
Story6	Comb5-1	Y	4,7	3,1	1,546221
Story6	Comb5	X	4,1	1,9	2,145026
Story7	Comb5-1	Y	5,2	3,1	1,681595
Story7	Comb5	X	4,7	1,9	2,443764
Story8	Comb5-1	Y	5,1	3,1	1,645677
Story8	Comb4	X	5	2,5	2,012349
Story9	Comb4	X	7,7	4,5	1,713545
Story9	Comb5-1	Y	5,8	3,2	1,818484

ETABS 2013 Concrete Frame Design

ACI 318-11 Beam Section Design



Beam Element Details (Summary)

Level	Element	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story5	B403	A-B 55/35	Comb2	1001,7	2926,1	1	Sway Special

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b ₁ (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{cb} (mm)
400	600	400	0	40	40

Material Properties

E _c (MPa)	f _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
27805,6	35	1	400	240

Design Code Parameters

Φ _T	Φ _{CTied}	Φ _{CSpiral}	Φ _{Vns}	Φ _{Vs}	Φ _{Vjoint}
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design -Moment N-mm	Design +Moment N-mm	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-26781916		133	0	178	178
Bottom (-2 Axis)		276684598	0	1434	825	1434

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

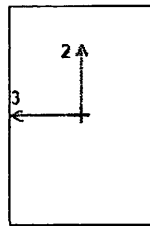
Shear V _{u2} N	Shear ΦV _c N	Shear ΦV _s N	Shear V _p N	Rebar A _v /S mm ² /mm
476050,42	165056,57	310993,86	84510,26	3,09

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

Φ [*] T _u N-mm	T _{cr} N-mm	Area A _o mm ²	Perimeter, p _h mm	Rebar A _t /s mm ² /mm	Rebar A _t mm ²
11631853,47	10608138,27	135152,7	1644,4	0,24	1190

ETABS 2013 Concrete Frame Design

ACI 318-11 Beam Section Design



Beam Element Details (Summary)

Level	Element	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story5	B403	A-B 55/35	Comb2	1432,8	2926,1	1	Sway Special

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _f (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{cb} (mm)
400	600	400	0	40	40

Material Properties

E _c (MPa)	f _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
27805,6	35	1	400	240

Design Code Parameters

Φ _T	Φ _{CTied}	Φ _{CSpiral}	Φ _{Vns}	Φ _{Vs}	Φ _{Vjoint}
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u3}

	Design -Moment N-mm	Design +Moment N-mm	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-26781916		133	0	178	178
Bottom (-2 Axis)		26781915,7	0	133	178	178

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

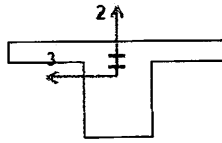
Shear V _{u2} N	Shear ΦV _c N	Shear ΦV _s N	Shear V _p N	Rebar A _v /S mm ² /mm
21141,38	165056,57	0	84510,26	0

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

Φ [*] T _u N-mm	T _{cr} N-mm	Area A _o mm ²	Perimeter, p _h mm	Rebar A _t /s mm ² /mm	Rebar A _t mm ²
15874896,98	10612153,8	135152,7	1644,4	0,33	1152

ETABS 2013 Concrete Frame Design

ACI 318-11 Beam Section Design



Beam Element Details (Summary)

Level	Element	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story1	B21	A-BT 70/50	Comb2	300	6000	1	Sway Specia

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _f (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{ct} (mm)
500	700	1600	150	40	40

Material Properties

E _c (MPa)	f _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
27805,6	35	1	400	240

Design Code Parameters

Φ _T	Φ _{CTied}	Φ _{CSplng}	Φ _{Vns}	Φ _{Vs}	Φ _{Vjoint}
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{uz}

	Design -Moment N-mm	Design +Moment N-mm	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-179430850		767	0	1023	1023
Bottom (-2 Axis)		89715425,1E	0	379	505	505

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{uz}

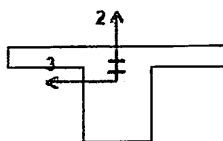
Shear V _{uz} N	Shear ΦV _c N	Shear ΦV _s N	Shear V _c N	Rebar A _v /S mm ² /mm
169905,5E	243163,69	0	76059,7E	0

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

Φ [*] T _u N-mm	T _{cr} N-mm	Area A _c mm ²	Perimeter, p _h mm	Rebar A _v /S mm ² /mm	Rebar A _t mm ²
31496340,44	21242783,46	213539,7	2044,4	0,41	2660

ETABS 2013 Concrete Frame Design

ACI 318-11 Beam Section Design



Beam Element Details (Summary)

Level	Element	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story1	B21	A-BT 70/50	Comb2	5700	6000	1	Sway Specia

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b _c (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{cc} (mm)
500	700	1600	150	40	40

Material Properties

E _c (MPa)	f _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
27805,6	35	1	400	240

Design Code Parameters

Φ _T	Φ _{CTied}	Φ _{CSpiral}	Φ _{Vns}	Φ _{Vs}	Φ _{Vjoint}
0,5	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u2}

	Design -Moment N-mm	Design +Moment N-mm	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-88473636		375	0	500	500
Bottom (-2 Axis)		44236818,24	0	186	249	249

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

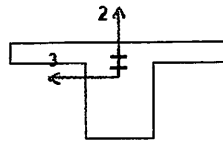
Shear V _{u2} N	Shear ΦV _c N	Shear ΦV _s N	Shear V _c N	Rebar A _v /S mm ² /mm
136217,72	243163,69	0	76059,75	0

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

Φ [*] T _u N-mm	T _{cr} N-mm	Area A _c mm ²	Perimeter, p _h mm	Rebar A _v /s mm ² /mm	Rebar A _t mm ²
31496340,44	21242783,46	213539,7	2044,4	0,41	2660

ETABS 2013 Concrete Frame Design

ACI 318-11 Beam Section Design



Beam Element Details (Summary)

Level	Element	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story1	B21	A-BT 70/50	Comb2	2754,5	6000	1	Sway Specia

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b ₁ (mm)	d _s (mm)	d _{cl} (mm)	d _{cc} (mm)
500	700	1600	150	40	40

Material Properties

E _c (MPa)	f _c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f _y (MPa)	f _{ys} (MPa)
27805,6	35	1	400	240

Design Code Parameters

Φ _T	Φ _{CTied}	Φ _{CSpiral}	Φ _{Vns}	Φ _{Vs}	Φ _{Vjoint}
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_{u2}

	Design -Moment N-mm	Design +Moment N-mm	-Moment Rebar mm ²	+Moment Rebar mm ²	Minimum Rebar mm ²	Required Rebar mm ²
Top (+2 Axis)	-44857713		190	0	253	253
Bottom (-2 Axis)		66838848,82	0	282	376	376

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_{u2}

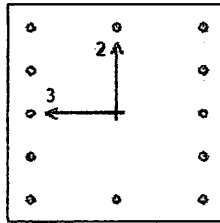
Shear V _{u2} N	Shear ΦV _c N	Shear ΦV _s N	Shear V _p N	Rebar A _v /S mm ² /mm
30758,62	243163,69	0	76059,79	0

Torsion Force and Torsion Reinforcement for Torsion, T_u

Φ*T _u N-mm	T _{cr} N-mm	Area A _c mm ²	Perimeter, p _h mm	Rebar A _s /s mm ² /mm	Rebar A _s mm ²
31496340,44	21242783,46	213539,7	2044,4	0,41	2660

ETABS 2013 Concrete Frame Design

ACI 318-11 Column Section Design



Column Element Details (Summary)

Level	Element	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF	Type
Story1	C13	A-C 60/60	Comb7-1	4800	5500	1	Sway Special

Section Properties

b (mm)	h (mm)	dc (mm)	Cover (Torsion) (mm)
600	600	62,5	27,3

Material Properties

E_c (MPa)	F_c (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	f_y (MPa)	f_{ys} (MPa)
27805,6	35	1	400	240

Design Code Parameters

ϕ_T	ϕ_{CTied}	$\phi_{CSpiral}$	ϕ_{Vns}	ϕ_{Vs}	ϕ_{Vjoint}
0,9	0,65	0,75	0,75	0,6	0,85

Axial Force and Biaxial Moment Design For P_u , M_{u2} , M_{u3}

Design P_u N	Design M_{u2} N-mm	Design M_{u3} N-mm	Minimum M2 N-mm	Minimum M3 N-mm	Rebar Area mm ²	Rebar % %
1154301,65	85928927,76	-38368987	38368986,86	38368986,86	3600	1

Axial Force and Biaxial Moment Factors

	C_m Factor Unitless	δ_{ns} Factor Unitless	δ_s Factor Unitless	K Factor Unitless	Length mm
Major Bend(M3)	0,4	1	1	1	4800
Minor Bend(M2)	0,467264	1	1	1	4800

Shear Design for V_{u2} , V_{u3}

	Shear V_u N	Shear ϕV_c N	Shear ϕV_s N	Shear ϕV_p N	Rebar A_v/s mm ² /mm
Major, V_{u2}	44065,51	292894,81	0	44065,51	0
Minor, V_{u3}	144245,74	292894,81	0	144245,74	0

Joint Shear Check/Design

	Joint Shear Force N	Shear $V_{u,Top}$ N	Shear $V_{u,Tot}$ N	Shear ϕV_c N	Joint Area mm²	Shear Ratio Unitless
Major Shear, V_{u2}	0	44065,51	326572,19	3006387,48	360000	0,109
Minor Shear, V_{u3}	0	144245,74	1191342,1	3006387,48	360000	0,396

(6/5) Beam/Column Capacity Ratio

Major Ratio	Minor Ratio
0,2	0,644

TABLE: Shell Factors

Story	Shell Object	Unique Name	Design Type	Shell Element	Joint	Load Case/Combo	F11 N/mm	F22 N/mm	F32 N/mm	FMax N/mm	FMin N/mm	F1/M N/mm	M11 N-mm/mm	M22 N-mm/mm	M32 N-mm/mm	M12 N-mm/mm	M31 N-mm/mm	MMin N-mm/mm	MMax N-mm/mm	V13 N/mm	V23 N/mm	VMax N/mm
Sony5A	W2	2 Wall	481 Comb2	2			68.014	-126.465	-173.382	169.562	-228.014	345.549	1446.66	1366.36	1366.82	189.53	1717.73	1209.72	1693.31	0.859	-0.51	0.999
Sony5A	W15	15 Wall	500 Comb2	15			66.821	-125.189	-142.7	165.617	-223.985	338.665	1438.24	1336.82	1336.82	189.53	1717.73	1183.67	1603.31	-0.842	-0.49	0.974
Sony8C	F51	115 Floor	598 Comb2	115			-26.965	-59.936	-1.427	-27.729	-59.998	52.052	1177.64	1156.54	1156.54	-1.39	1177.73	1156.45	1155.09	0.011	-1.528	1.528
Sony8C	F62	126 Floor	598 Comb2	126			-27.779	-59.539	1.258	-27.729	-59.589	51.647	1176.05	1155.17	1155.17	1.37	1176.14	1155.09	1155.09	-0.013	-1.522	1.522
Sony8C	F55	119 Floor	598 Comb2	119			-24.604	-60.553	0.896	-24.577	-60.381	52.582	1161.96	1155.04	1155.04	2.6	1162.74	1154.16	1154.16	0.019	-1.531	1.531
Sony8C	F53	117 Floor	598 Comb2	117			-26.947	-59.015	0.524	-26.938	-59.023	51.18	1167.94	1154.21	1154.21	5.16	1169.66	1152.49	1152.49	-0.018	-1.527	1.527
Sony8C	F60	124 Floor	598 Comb2	124			-27.737	-59.072	-0.909	-27.711	-59.098	51.214	1163.3	1152.89	1152.89	-5.89	1165.99	1150.24	1150.24	0.016	-1.52	1.52
Sony8C	F58	122 Floor	598 Comb2	122			-24.285	-60.763	-0.714	-24.271	-60.777	52.988	1162.79	1152.13	1152.13	-1.33	1162.96	1152.13	1152.13	-0.012	-1.524	1.524
Sony8C	F54	118 Floor	598 Comb2	118			-23.357	-59.151	1.171	-23.319	-59.189	51.642	1147.09	1152.12	1152.12	-5.96	1155.39	1142.81	1142.81	-0.008	-1.529	1.529
Sony8C	F56	120 Floor	598 Comb2	120			-23.421	-60.795	-0.412	-23.408	-60.808	53.124	1142.68	1150.85	1150.85	-0.49	1151.65	1142.68	1142.68	0.005	-1.524	1.524
Sony8C	F50	114 Floor	598 Comb2	114			-22.073	-60.244	-1.412	-22.021	-60.296	52.847	1137.03	1150.43	1150.43	-10.32	1151.65	1142.16	1142.16	0.007	-1.53	1.53
Sony8C	F49	113 Floor	598 Comb2	113			-23.813	-61.295	-0.424	-23.808	-61.3	53.526	1137.03	1150.43	1150.43	-10.32	1151.65	1142.16	1142.16	0.004	-1.52	1.52
Sony8C	F57	121 Floor	598 Comb2	121			-23.222	-60.988	0.1	-23.222	-60.989	53.316	1146.44	1150.3	1150.3	2.91	1151.66	1144.88	1144.88	-0.043	-1.523	1.523
Sony8C	F52	116 Floor	598 Comb2	116			-23.165	-58.292	-0.581	-23.155	-58.302	50.846	1142.82	1149.76	1149.76	-1.01	1149.81	1142.82	1142.82	0.009	-1.531	1.531
Sony8C	F63	127 Floor	598 Comb2	127			-22.732	-59.915	1.376	-22.681	-59.966	52.443	1137.47	1149.66	1149.66	-3.31	1150.5	1136.63	1136.63	0.01	-1.525	1.525
Sony8C	F64	128 Floor	598 Comb2	128			-23.952	-61.146	0.473	-23.946	-61.152	53.373	1153.46	1149.5	1149.5	8.8	1160.49	1142.46	1142.46	0.013	-1.518	1.518
Sony8C	F61	125 Floor	598 Comb2	125			-24.232	-58.071	0.278	-24.23	-58.074	50.522	1125.57	1148.65	1148.65	1.98	1148.82	1125.4	1125.4	-0.012	-1.521	1.521
Sony8C	F59	123 Floor	598 Comb2	123			-23.643	-59.502	-1.398	-23.589	-59.557	51.948	1142.65	1148.18	1148.18	3.4	1149.8	1141.04	1141.04	0.014	-1.521	1.521
Sony5A	W7	7 Wall	488 Comb2	7			59.937	-184.136	34.226	64.645	-188.845	228.143	239.19	1017.74	1017.74	23.57	1038.45	238.46	238.46	-0.082	-0.81	0.815
Sony5A	W10	10 Wall	493 Comb2	10			59.845	-184.324	-34.968	64.754	-189.233	228.596	216.37	1015.71	1015.71	-21.94	1035.71	235.63	235.63	0.08	-0.813	0.816
Sony5A	W6	6 Wall	488 Comb2	6			56.346	-184.617	-41.939	63.436	-191.708	230.081	215.37	1009.63	1009.63	-0.94	1009.63	215.37	215.37	0.098	-0.79	0.796
Sony5A	W11	11 Wall	493 Comb2	11			56.227	-184.451	40.643	64.853	-191.077	230.452	215.26	1008.88	1008.88	2.94	1008.88	215.24	215.24	-0.096	-0.784	0.8
Sony5A	W13	13 Wall	498 Comb2	13			35.401	-25.856	-79.361	110.133	-48.876	141.071	548.07	860.9	860.9	7.48	879.42	560.8	560.8	0.352	-0.157	0.385
Sony5A	W4	4 Wall	483 Comb2	4			67.138	-143.445	-102.447	108.754	-185.06	257.295	-771.46	773.36	773.36	-129.02	784.06	-782.16	784.06	0.341	-0.575	0.669
Sony5A	W3	3 Wall	483 Comb2	3			102.662	-131.174	-65.717	141.284	-80.47	145.475	404.01	760.47	760.47	175.24	832.2	332.29	832.2	0.183	-0.142	0.376
Sony5A	W14	14 Wall	498 Comb2	14			65.783	-141.893	101.787	107.351	-183.46	254.709	-762.93	754.33	754.33	125.27	764.61	-775.2	764.61	0.341	-0.575	0.669
Sony5A	W15	15 Wall	499 Comb2	15			29.591	-23.917	-4.332	29.939	-24.265	47.028	302.42	750.5	750.5	21.31	751.51	301.4	301.4	0.183	0.521	0.552
Sony5A	W12	12 Wall	480 Comb2	12			100.644	-160.025	113.416	34.262	-226.232	245.165	111.3	745.27	745.27	-16.77	745.71	110.85	110.85	-0.337	-0.598	0.652
Sony5A	W18	18 Wall	479 Comb2	18			31.571	-158.147	-11.517	141.197	-81.43	145.439	399.63	744.07	744.07	-17.75	745.71	816.48	816.48	0.128	-0.483	0.5
Sony5A	W32	32 Wall	501 Comb2	32			29.314	-23.758	2.984	29.481	-23.925	46.334	286.27	739.82	739.82	-20.21	740.74	295.35	295.35	0.14	0.455	0.706
Sony6	W18	18 Wall	479 Comb2	18			90.763	-14.44	-40.813	104.743	-28.42	121.473	-563.04	531.4	531.4	259.02	590.09	-611.73	590.09	-0.007	-0.529	0.696
Sony6	W31	31 Wall	501 Comb2	31			89.36	-14.244	39.377	102.627	-27.511	118.796	-553.04	531.4	531.4	259.02	590.09	-611.73	590.09	-0.007	-0.529	0.696
Sony6	W5	5 Wall	475 Comb2	5			-7.999	-39.758	8.395	-5.917	-41.84	39.218	103.81	512.52	512.52	52.01	519.03	105.39	105.39	0.536	0.495	0.501
Sony6	W25	25 Wall	481 Comb2	25			27.105	-6.306	-7.502	28.713	-7.913	33.38	115.6	503.2	503.2	-10.73	503.49	115.3	115.3	0.08	0.495	0.501
Sony6	W28	28 Wall	495 Comb2	28			23.389	-6.092	9.608	26.244	-8.947	31.68	132.16	499.89	499.89	31.68	499.89	132.16	132.16	-0.018	0.535	0.536
Sony6	W24	24 Wall	489 Comb2	24			27.377	-6.06	8.411	29.374	-8.056	34.123	117.99	496.86	496.86	10.98	497.18	117.27	117.27	-0.082	0.487	0.494
Sony6	W4	4 Wall	475 Comb2	4			97.253	-1.51	-32.962	107.243	-11.5	113.431	119.81	482.77	482.77	-57.74	491.54	102.66	102.66	0.021	0.557	0.557
Sony6	W26	26 Wall	481 Comb2	26			18.949	-4.587	-66.685	45.341	-91.573	120.804	111.44	482.77	482.77	-66.91	487.95	107.65	107.65	-0.005	0.488	0.491
Sony6	W21	21 Wall	486 Comb2	21			97.324	-1.542	-10.514	22.962	-8.6	28.261	124.1	473.35	473.35	-2.77	473.35	124.08	124.08	0.014	0.516	0.516
Sony6	W23	23 Wall	488 Comb2	23			97.324	-1.542	32.669	107.152	-11.27	113.208	117.83	468.56	468.56	67.23	481.01	105.39	105.39	0.051	0.479	0.482
Sony6	W27	27 Wall	495 Comb2	27			95.969	-9.038	-10.221	-6.786	-10.834	46.316	95	466.52	466.52	-52.01	473.66	87.86	87.86	0.006	0.473	0.473
Sony6	W12	12 Wall	467 Comb2	12			9.402	-46.718	-10.221	-6.786	-10.834	46.316	95	466.52	466.52	-52.01	473.66	87.86	87.86	0.031	0.478	0.479
Sony6	W22	22 Wall	486 Comb2	22			94.484	2.658	-36.089	106.969	-9.828	112.207	40.56	422.2	422.2	-48.4	428.24	34.52	34.52	-0.018	0.496	0.497
Sony6	W14	14 Wall	499 Comb2	14			-28.816	-138.962	-177.148	101.622	-269.4	332.085	141.73	394.67	394.67	205.24	509.27	27.12	27.12	-0.124	-0.15	0.195
Sony6	W3	3 Wall	480 Comb2	3			-29.141	-140.484	179.415	103.041	-272.666	336.244	141.8	390.07	390.07	-210.03	509.91	21.96	21.96	-0.126	-0.165	0.207
Sony6	W1	1 Wall	470 Comb2	1			-4.982	-24.369	-7.905	-2.203	-27.466	26.434	69.57	378.47	378.47	39.9	379.75	66.3	66.3	0.001	0.353	0.353
Sony6	W16	16 Wall	470 Comb2	16			6.717	-26.625	6.717	-26.625	25.17	378.47	39.9	378.47	378.47	-20.01	378.22	66.02	66.02	-0.001	0.35	0.35
Sony6	W28	28 Wall	496 Comb2	28			19.598	-25.049	17.288	25.909	-30.961	48.981	92.8	332.82	332.82	39.32	339.1	86.52	86.52	-0.002	0.255	0.256
Sony6	W49	49 Wall	519 Comb2	49			-1.972	-28.978	-2.975	-1.648	-29.302	28.513	13.39	323.05	323.05	22.67	324.71	11.73	11.73	0.056	0.172	0.181
Sony6	W9	9 Wall	464 Comb2	9			-9.586	-47.501	13.242	-5.419	-51.667	49.182	68.33	321.29	321.29	24.5	323.64	65.98	65.98	-0.003	0.231	0.231
Sony6	W21	21 Wall	484 Comb2	21			15.504	-21.81	-16.951	22.055	-28.361	43.775	91.27	320.8	320.8	-39.59	327.44	84.63	84.63	-0.001	0.245	0.245
Sony6	W8	8 Wall	464 Comb2	8			-9.59	-47.516	-12.556	-5.81	-51.296	48.652	68.18	320.39	320.39	-24.73	322.8	65.77	65.77	0.003	0.231	0.231
Sony6	W64	64 Wall	533 Comb2	64			-2.291	-28.917	1.762	-2.175	-29.033	28.009	13.74	319.81	319.81	-22.49	321.45	12.09	12.09	-0.055	0.172	0.18
Sony6	W50	50 Wall	519 Comb2	50			9.342	-21.41	-9.395	11.985	-24.053	31.788	101.52	3								

17	17 Wall	462 Comb2	30,686	-18,439	-17,955	36,549	-24,301	53,052	-70,13	304,66	-4,99	304,73	-70,2	0,163	0,386	0,419
15	15 Wall	470 Comb2	-4,17	-21,153	-122,297	109,93	-133,233	212,713	81,09	265,39	-203,24	396,37	-49,95	-0,124	0,276	0,302
5	5 Wall	485 Comb2	6,42	32,338	-7,715	34,641	4,297	32,526	50,61	264,21	28,18	267,86	46,95	-0,003	0,054	0,054
2	2 Wall	472 Comb2	-4,229	-21,467	124,152	111,602	-137,299	215,937	81,19	263,64	207,04	398,66	-53,83	0,126	0,277	0,304
29	29 Wall	486 Comb2	26,16	-18,992	-22,814	35,74	-28,172	55,478	-306,51	237,41	-92,7	252,78	-331,88	0,221	0,198	0,297
12	12 Wall	494 Comb2	5,852	29,553	6,77	31,35	4,055	24,287	44,58	234,29	-27,26	238,13	40,74	0,003	0,009	0,019
9	9 Wall	463 Comb2	5,174	26,299	1,597	26,417	5,055	24,287	43,3	229,47	48,12	241,18	31,6	-0,002	0,095	0,035
30	30 Wall	498 Comb2	92,86	-15,609	-5,876	93,177	-15,927	102,077	274,62	226,16	155,74	408	92,78	-0,501	0,248	0,547
7	7 Wall	489 Comb2	105,767	45,022	30,118	118,168	32,62	105,703	83,31	223,94	0,66	225,78	83,31	-0,086	-0,04	0,095
8	8 Wall	478 Comb2	5,113	25,996	-1,095	26,093	5,096	23,929	42,21	223,94	-48,3	235,98	30,17	0,003	0,026	0,026
20	20 Wall	484 Comb2	24,16	-15,097	24,876	36,219	-27,156	55,071	-319,04	221,34	95,78	237,81	-335,51	-0,228	0,186	0,294
10	10 Wall	491 Comb2	105,775	45,332	-30,202	118,28	-24,872	105,759	82,55	218,76	0,3	218,76	82,55	0,084	-0,031	0,09
60	60 Wall	493 Comb2	-4,751	-23,95	3,839	-3,53	-24,872	23,11	-30,42	214,68	9,42	215,04	-30,79	-0,007	0,146	0,146
53	53 Wall	522 Comb2	-4,65	-22,501	-3,546	-3,971	-23,179	21,471	-32,9	210,2	-8,75	210,51	-33,22	0,141	0,141	0,141
11	11 Wall	485 Comb2	104,735	48,089	35,047	121,473	31,351	109,226	14,93	208,47	16,11	207,81	13,58	-0,101	-0,011	0,101
6	6 Wall	495 Comb2	5,962	31,479	-82,902	102,599	-65,158	146,483	35,76	208,23	31,41	211,83	30,16	0,015	0,014	0,02
19	19 Wall	483 Comb2	94,466	-16,088	6,502	94,847	-16,469	104,064	270,72	205,95	-159,12	400,56	75,71	0,199	0,199	0,542
29	29 Wall	498 Comb2	29,108	-3,853	-14,768	34,757	-9,502	40,356	456,97	208,49	-17,67	458,18	199,28	0,229	0,454	0,509
8	8 Wall	489 Comb2	34,997	32,641	37,22	66,061	1,577	65,286	51,92	198,01	-38,9	207,72	42,21	-0,047	0,024	0,053
61	61 Wall	530 Comb2	-3,268	-14,713	-5,821	-0,83	-17,162	16,763	16,2	196,72	-54,36	211,83	1,09	0,033	0,189	0,192
12	12 Wall	495 Comb2	31,356	35,328	30,156	63,563	3,121	62,061	66,83	195,9	-6,09	196,18	66,54	-0,041	0,044	0,044
52	52 Wall	522 Comb2	-3,12	-13,191	6,683	0,212	-16,523	16,63	16,93	194,95	54,81	207,33	1,15	-0,032	0,187	0,189
9	9 Wall	491 Comb2	34,82	32,873	-30,935	64,797	2,896	63,398	47,68	190,43	38,85	200,31	37,79	0,045	0,033	0,056
58	58 Wall	528 Comb2	7,409	-42,556	-5,024	7,909	-43,037	47,488	6,51	188,82	21,06	191,23	4,11	-0,02	0,123	0,124
58	58 Wall	528 Comb2	103,35	50,405	-37,435	122,727	31,028	110,529	9,77	188,95	-14,5	188,13	8,6	0,102	0,022	0,105
6	6 Wall	486 Comb2	7,829	-41,918	5,107	8,348	-42,436	47,168	6,54	185,08	-20,81	187,48	4,15	0,02	0,119	0,12
55	55 Wall	524 Comb2	7,074	-39,948	6,45	7,943	-40,817	45,313	4,98	184,39	-27,96	188,65	0,72	0,123	0,123	0,123
59	59 Wall	528 Comb2	26,336	-4,216	17,472	34,269	-12,148	41,692	464,49	182,28	19,9	465,88	180,88	-0,027	0,097	0,097
16	16 Wall	471 Comb2	-4,155	-20,545	-24,731	13,703	-38,403	46,784	40,18	181,66	-27,68	186,88	34,96	0,007	0,095	0,095
1	1 Wall	471 Comb2	-4,162	-20,585	23,848	12,648	37,596	45,405	39,95	180,63	28,74	186,28	34,31	-0,007	0,095	0,095
54	54 Wall	524 Comb2	7,047	-39,324	-6,745	8,008	-40,285	44,829	2,31	180,14	28,26	184,52	-2,07	-0,015	0,117	0,118
10	10 Wall	463 Comb2	4,751	25,476	-80,005	95,787	-85,56	140,545	30,23	179,21	46,22	192,38	17,05	0,016	-0,038	0,041
11	11 Wall	494 Comb2	5,413	28,745	80,512	84,832	-64,274	141,938	30,26	178	-30,16	183,92	24,34	-0,016	-0,019	0,025
5	5 Wall	486 Comb2	26,99	37,094	-29,882	62,338	1,726	61,514	59,95	174,99	5,79	175,28	59,66	0,043	0,049	0,065
57	57 Wall	527 Comb2	-2,014	-33,228	-3,082	-1,575	-23,667	22,919	43,65	174,49	-0,36	174,49	43,65	0,156	0,159	0,159
58	58 Wall	528 Comb2	11,153	-23,816	-9,11	13,384	-26,047	34,73	89,81	174,21	-3,8	174,38	89,64	-0,029	0,176	0,178
7	7 Wall	478 Comb2	4,691	2,182	79,7	95,993	-65,42	139,98	29,06	172,84	-46,08	186,34	15,56	-0,048	0,051	0,051
56	56 Wall	525 Comb2	-1,65	-22,354	3,777	-0,983	-23,021	22,546	45,49	171,37	0,52	171,37	45,48	-0,033	0,151	0,154
55	55 Wall	525 Comb2	11,567	-23,227	-13,755	27,046	-28,481	48,094	90,02	170,57	3,75	170,72	89,84	0,029	0,17	0,172
25	25 Wall	490 Comb2	23,4	-24,835	14,756	27,738	-29,064	49,196	-40,28	168,56	-5,44	168,7	-40,42	0,061	0,207	0,215
24	24 Wall	490 Comb2	23,603	-24,93	-15,292	8,391	-50,926	55,598	43,54	167,32	-81,74	167,55	-43,67	-0,063	0,205	0,215
34	34 Wall	520 Comb2	4,145	-46,668	-15,292	8,391	-50,926	55,598	130,58	167,03	-81,74	167,55	65,06	0,086	0,361	0,361
47	47 Wall	532 Comb2	3,265	-46,591	14,434	7,142	-50,469	54,392	135,12	160,17	80,46	224,99	60,31	-0,083	0,351	0,351
111	111 Floor	581 Comb2	-14,755	-29,671	6,474	-12,337	-32,089	28,096	28,7	153,11	-33,73	157,48	24,33	-0,026	0,378	0,379
98	98 Floor	585 Comb2	-13,689	-29,994	-5,945	-11,751	-31,932	27,973	30,49	153,07	24,73	157,87	25,69	0,009	0,38	0,382
97	97 Floor	567 Comb2	-15,403	-29,105	3,506	-14,559	-29,949	25,94	-31,91	144,97	-22,59	147,81	-34,75	-0,093	0,349	0,349
112	112 Floor	581 Comb2	-15,921	-29,549	-2,581	-15,448	-30,021	26,003	-30,87	144,72	23,75	147,88	-34,03	0,033	0,347	0,349
60	60 Wall	529 Comb2	-4,364	-24,511	6,076	-2,673	-26,202	24,973	44,08	141,78	26,12	148,32	37,58	-0,027	0,138	0,141
53	53 Wall	576 Comb2	-4,831	-30,098	-6,166	-2,971	-25,268	23,921	40,87	132,66	-18,51	140,26	33,27	0,026	0,132	0,134
107	107 Floor	576 Comb2	-15,431	-30,098	-6,847	-12,732	-32,798	28,639	15,51	132,09	17,49	134,96	12,64	0,033	0,352	0,353
106	106 Floor	576 Comb2	-14,979	-30,509	2,743	-14,569	-30,979	26,847	-4,75	131,54	-14,79	133,13	-6,34	0,004	0,352	0,354
103	103 Floor	572 Comb2	-14,208	-29,307	-3,253	-13,537	-29,978	26,003	-3,76	131,45	-19,14	132,79	-5,1	0,04	0,356	0,356
102	102 Floor	572 Comb2	-14,596	-29,291	6,468	-12,155	-31,732	27,73	17,24	131,34	-19,14	132,79	14,12	-0,094	0,354	0,356
59	59 Wall	529 Comb2	10,926	-20,69	11,516	14,676	-24,441	34,226	88,82	124,79	3,32	125,09	88,51	0,022	0,161	0,161
100	100 Floor	570 Comb2	-16,561	-26,647	4,95	-14,538	-28,67	24,83	17,12	119,36	-17,31	122,5	23,97	-0,021	0,361	0,361
109	109 Floor	570 Comb2	-17,721	-27,076	-5,101	-15,477	-29,319	25,404	26,73	118,8	17,12	121,88	23,65	0,001	0,358	0,358
54	54 Wall	523 Comb2	11,043	-19,346	-11,744	15,052	-23,356	33,52	87,88	115,37	-2,74	115,64	87,61	-0,021	0,155	0,157
57	57 Wall	528 Comb2	-1,609	-21,204	-2,861	-1,195	-21,619	21,047	-5,53	113,63	-6,88	114,03	-5,93	0,018	0,123	0,124
56	56 Wall	526 Comb2	-1,457	-21,39	3,664	-0,805	-22,042	21,651	-6,44	113,27	6,36	113,61	-6,78	-0,019	0,122	0,124
101	101 Floor	570 Comb2	-17,138	-25,298	-0,582	-17,104	-25,332	22,363	-40,93	113,07	10,75	113,81	-41,68	0,038	0,333	0,333
108	108 Floor	578 Comb2	-18,058	-25,99	0,212	-18,052	-25,996	23,069	-38,9	112,82	-10,63	113,66	-39,64	-0,037	0,33	0,332
80	80 Wall	534 Comb2	-4,31	-22,727	0,965	-4,239	-22,778	20,975	-11,34	109,62	39,3	119,43	-23,15	0,011	0,059	0,06

Stony8	W65	65 Wall	534 Comb2	-3.995	-22.998	-2.175	-3.69	-23.243	21.636	-12.28	106.8	-39.78	118.96	-24.35	-0.01	0.058	0.059
Stony8	F41	105 Floor	574 Comb2	-15.772	-28.156	-3.455	-14.873	-29.055	25.165	6.61	106.26	9.89	107.12	7.47	0.033	0.338	0.339
Stony8	F40	104 Floor	574 Comb2	-15.601	-28.372	-3.203	-14.866	-29.13	25.229	-5.97	106.96	-11.27	106.96	-7.09	0.038	0.338	0.34
Stony8	F45	109 Floor	579 Comb2	-17.908	-28.009	6.578	-14.665	-31.251	27.082	29.31	104.43	-12.66	106.51	27.23	-0.018	0.348	0.348
Stony8	F36	100 Floor	569 Comb2	-16.764	-27.659	-6.87	-13.444	-30.979	26.906	30.5	104.08	-10.43	106.34	28.24	0.019	0.351	0.351
Stony7	W62	62 Wall	531 Comb2	-12.076	-28.899	-5.89	-13.793	-28.899	27.868	-10.94	100.66	-33.55	109.97	-20.25	-0.005	0.069	0.069
Stony8	F34	98 Floor	568 Comb2	-13.783	-30.364	5.012	-12.367	-31.76	27.728	33.31	99.69	-5.83	100.2	32.8	-0.012	0.352	0.352
Stony8	W61	61 Wall	531 Comb2	-3.453	-15.644	0.756	-4.756	-15.691	14.296	16.58	99.35	10.5	139.34	96.99	0.033	0.165	0.165
Stony8	W95	95 Wall	565 Comb2	-11.431	-25.266	2.15	-11.105	-25.592	22.228	49.89	98.55	-24.62	108.76	39.42	-0.019	0.13	0.131
Stony8	F35	82 Wall	551 Comb2	-10.484	-25.59	-2.633	-9.97	-26.104	22.816	49.67	98.51	6.18	99.34	31.9	0.016	0.347	0.348
Stony8	W82	82 Wall	551 Comb2	-14.986	-30.824	4.347	-13.871	-31.938	27.739	36.51	98.73	6.18	108.93	33.9	0.016	0.347	0.347
Stony8	F35	99 Floor	569 Comb2	-10.484	-25.59	-2.633	-9.97	-26.104	22.816	49.67	98.51	6.18	99.34	31.9	0.016	0.347	0.347
Stony8	F46	110 Floor	579 Comb2	-17.132	-27.271	0.615	-17.095	-27.308	23.899	-42.5	97.85	-6.55	98.2	5.46	0.032	0.317	0.318
Stony8	F42	106 Floor	575 Comb2	-14.822	-29.723	-3.306	-14.122	-30.424	26.37	-5.99	97.55	5.67	97.86	-5.9	0.017	0.332	0.332
Stony8	F39	103 Floor	573 Comb2	-14.112	-28.883	3.275	-13.964	-28.319	25.412	-13.25	96.28	-7.53	96.8	9.68	-0.009	0.367	0.367
Stony7	W51	51 Wall	521 Comb2	-13.089	-28.844	6.199	-13.996	-29.774	35.687	-13.03	95.46	-34.51	105.5	-23.07	0.005	0.064	0.064
Stony7	W63	63 Wall	532 Comb2	6.427	-31.497	-1.025	6.455	-31.524	35.198	131.06	94.42	-19.09	139.19	86.28	0.018	0.165	0.166
Stony7	W52	52 Wall	521 Comb2	-3.515	-15.164	1.621	-3.293	-15.386	14.032	135.37	94.18	-10.72	137.99	91.96	-0.032	0.162	0.165
Stony7	W52	52 Wall	575 Comb2	-15.164	-30.288	3.97	-15.157	-31.33	27.137	-12.81	93.73	-11.03	94.86	-13.94	-0.014	0.324	0.325
Stony8	F41	105 Floor	573 Comb2	-15.728	-29.008	-4.306	-14.454	-30.282	26.234	-11.34	93.46	9.99	94.32	-22.21	0.007	0.329	0.329
Stony8	W81	81 Wall	551 Comb2	-12.015	-28.319	-1.968	-11.781	-28.553	24.853	-21.78	92.84	19.13	95.95	-24.21	0.031	0.084	0.089
Stony8	W96	96 Wall	565 Comb2	-12.486	-28.521	0.564	-12.44	-28.567	24.809	-21.15	92.95	-18.91	95.61	-24.21	0.031	0.084	0.089
Stony7	W50	50 Wall	520 Comb2	7.36	-31.317	0.538	7.368	-31.324	35.585	135.41	92.26	19.38	142.83	84.83	-0.026	0.041	0.049
Stony7	W62	62 Wall	532 Comb2	9.311	-42.724	-10.801	11.388	-44.801	51.449	-11.03	89.65	-28.32	93.57	-114.95	0.026	0.182	0.182
Stony7	W62	62 Wall	568 Comb2	-16.041	-28.18	-2.779	-15.435	-28.786	24.951	-9.92	87.62	6.48	87.62	-50.23	0.018	0.311	0.312
Stony8	F35	99 Floor	568 Comb2	-16.041	-28.18	-2.779	-15.435	-28.786	24.951	-9.92	87.62	6.48	87.62	-50.23	0.018	0.311	0.312
Stony8	F33	107 Floor	577 Comb2	-14.534	-29.652	-2.548	-14.907	-30.092	25.274	-44.61	87.14	-5.27	87.44	-44.82	0.022	0.307	0.308
Stony8	F43	107 Floor	577 Comb2	-14.489	-28.756	-2.957	-13.901	-29.092	25.274	-12.64	87.14	-12.64	87.14	-28.07	0.025	0.305	0.305
Stony8	F38	102 Floor	571 Comb2	-18.325	-27.425	-3.333	-17.235	-28.515	24.874	-4.23	78.93	3.48	79.03	-42.23	0.015	0.312	0.312
Stony8	F37	108 Floor	571 Comb2	-17.445	-26.83	2.96	-16.589	-27.685	24.133	-44.21	78.14	-3.36	78.24	-44.3	-0.015	0.312	0.312
Stony8	F44	101 Floor	571 Comb2	-10.586	-29.757	-1.068	-9.862	-30.66	27.002	-15.06	66.44	11.88	68.14	-16.75	0.001	0.091	0.091
Stony8	W90	90 Wall	556 Comb2	-9.971	-29.757	-1.471	-9.862	-29.865	26.356	-16.7	66.07	-11.93	67.75	-18.38	0.002	0.092	0.091
Stony8	W87	87 Wall	556 Comb2	-9.971	-29.757	-1.471	-9.862	-29.865	26.356	-16.7	66.07	-11.93	67.75	-18.38	0.002	0.092	0.091
Stony8	W91	91 Wall	560 Comb2	-11.246	-28.349	2.051	-11.004	-28.591	24.979	-0.21	65.03	-19.2	70.26	-5.44	0.001	0.097	0.097
Stony8	W86	86 Wall	556 Comb2	-10.722	-27.651	-1.821	-10.529	-27.844	24.352	1.63	64.42	18.53	69.76	-6.97	0.002	0.097	0.097
Stony8	W93	93 Wall	552 Comb2	-15.407	-20.18	-2.98	-13.976	-21.611	18.982	30.31	64.32	-21.91	75.05	19.58	0.009	0.116	0.116
Stony8	W36	36 Wall	521 Comb2	-3.01	-13.035	15.559	8.325	-24.369	29.428	113.12	64.13	55.68	149.45	27.79	-0.086	-0.077	0.123
Stony8	W84	84 Wall	554 Comb2	-14.326	-19.455	3.421	-12.829	-21.221	18.511	31.57	64.02	22.23	75.32	20.28	-0.009	0.116	0.116
Stony8	W92	92 Wall	562 Comb2	-14.312	-24.73	0.474	-13.779	-24.752	21.521	-42.51	62.71	7.06	62.71	-42.98	0.005	0.074	0.074
Stony8	W85	85 Wall	554 Comb2	-13.782	-23.922	-0.15	-13.779	-23.924	20.798	-43	62.15	-6.88	62.6	-43.44	-0.006	0.073	0.073
Stony8	W45	45 Wall	531 Comb2	-2.92	-13.324	-1.664	-1.664	-23.658	28.109	113.14	60.11	-55.43	148.07	25.18	0.017	0.076	0.124
Stony8	F48	112 Floor	566 Comb2	-15.915	-29.518	3.187	-15.205	-30.228	26.178	-16.98	47.18	6.52	47.83	-17.53	-0.016	0.297	0.297
Stony8	F33	97 Floor	566 Comb2	-15.568	-29.926	-2.101	-15.267	-30.227	26.178	-16.83	46.87	-5.38	47.32	-17.29	0.016	0.297	0.297
Stony6	W26	26 Wall	493 Comb2	-4.686	-26.423	-5.341	-4.686	-27.664	15.2306	46.62	44.68	-23.27	68.94	22.36	-0.041	0.165	0.165
Stony7	W49	49 Wall	535 Comb2	-8.879	-26.379	-1.7224	-8.055	-27.664	15.2306	46.62	44.68	-23.27	68.94	22.36	-0.041	0.165	0.165
Stony7	W64	64 Wall	549 Comb2	-5.147	-26.561	4.112	-4.385	-27.323	25.416	62.02	42.53	55.05	108.18	77.98	-0.111	0.018	0.018
Stony6	W27	27 Wall	492 Comb2	7.7333	-14.575	19.392	79.586	-94.503	15.095	28.45	41.45	42.14	45.46	-7.69	0.018	0.057	0.057
Stony5	W1	1 Wall	462 Comb2	31.252	-4.253	-24.3	41.738	-58.447	58.447	-110.41	38.52	32.89	47.96	-117.35	0.074	0.092	0.118
Stony6	W35	35 Wall	520 Comb2	6.087	-61.701	7.873	5.83	-67.604	66.364	-101.8	37.92	-91.38	83.12	-146.96	0.066	0.086	0.116
Stony6	W35	39 Wall	524 Comb2	3.1212	-63.586	12.993	5.83	-66.004	68.992	-110.1	37.92	-91.38	83.12	-146.96	0.066	0.086	0.116
Stony5	W16	16 Wall	462 Comb2	30.944	-14.582	-15.303	5.954	-64.989	68.161	-27.77	38.59	-31.49	44.04	-116.53	-0.074	0.094	0.119
Stony6	W38	38 Wall	524 Comb2	2.483	-61.518	2.2314	5.954	-64.989	68.161	-27.77	38.59	-31.49	44.04	-116.53	-0.074	0.094	0.119
Stony6	W88	88 Wall	558 Comb2	-12.424	-23.95	1.084	-12.137	-24.272	20.771	-4.09	35.36	6.28	36.29	-7.02	0.001	0.078	0.078
Stony6	W89	89 Wall	558 Comb2	-12.424	-23.95	1.084	-12.137	-24.272	20.771	-4.09	35.36	6.28	36.29	-7.02	0.001	0.078	0.078
Stony6	W42	42 Wall	528 Comb2	2.514	-62.084	-13.03	5.823	-65.618	68.584	-101.83	33.76	-89.5	78.25	-146.31	-0.065	0.09	0.111
Stony6	W46	46 Wall	532 Comb2	5.168	-61.183	-7.6	6.027	-62.043	65.265	-101.83	33.76	-89.5	78.25	-146.31	-0.065	0.09	0.111
Stony8	W79	79 Wall	564 Comb2	-12.206	-28.866	4.489	-11.068	-29.875	26.28	34.39	28.48	-35.17	70.81	-3.86	0.035	-0.086	0.092
Stony6	W73	23 Wall	488 Comb2	79.023	-92.944	16.979	80.684	-94.605	151.964	45.77	28.41	23.52	62.16	12.01	0.042	0.058	0.072
Stony7	W55	55 Wall	540 Comb2	-2.846	-46.847	2.104	-2.745	-46.947	45.636	-21.32	26.63	2.8	26.79	-11.48	-0.01	0.108	0.108
Stony6	W22	22 Wall	488 Comb2	75.552	-92.003	-21.054	73.157	-94.608	149.844	25.8	25.99	-43.4	69.29	-17.51	-0.015	0.042	0.045

Stony6A	W93	93	Wall	93	563	Comb2	-15.7	-21.642	0.301	-15.685	-21.657	19.374	57.51	24.98	5.34	58.36	24.13	0.039	0.098	0.099
Stony7	W58	58	Wall	-3.882	-47.547	-2.013	-3.29	-47.639	46.082	-20.47	24.47	-3.12	24.69	-20.69	0.012	0.112	0.098	0.112	0.098	0.112
Stony8A	W84	84	Wall	-14.941	-21.183	0.002	-14.941	-21.183	18.853	57.63	24.45	-5.43	58.49	-23.58	-0.008	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098
Stony8	W69	69	Wall	-7.577	-19.553	-2.795	-6.957	-20.173	17.748	44.98	24.35	16.25	53.91	15.42	0.026	0.032	0.026	0.032	0.041	0.041
Stony7	W54	54	Wall	-4.185	-48.765	-3.939	-3.84	-49.11	47.307	-23.77	23.56	-4.49	23.98	-24.2	0.025	0.11	0.113	0.113	0.113	0.113
Stony7	W64	64	Wall	-1.173	-23.331	0.936	-1.134	-23.37	22.825	6.43	22.83	-32.08	47.74	-18.48	-0.037	0.111	0.117	0.117	0.117	0.117
Stony7	W49	49	Wall	-0.921	-23.724	-2.179	-0.715	-23.931	23.581	6.28	22.57	32.74	48.17	-19.31	0.037	0.111	0.117	0.117	0.117	0.117
Stony8A	W90	90	Wall	-9.893	-27.161	-0.49	-9.879	-27.175	23.824	8.14	22.04	6.2	24.4	5.78	-0.01	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081
Stony7	W59	59	Wall	-4.355	-49.37	3.717	-4.05	-49.675	47.779	-24.45	20.8	3.84	21.12	-24.77	-0.023	0.115	0.117	0.117	0.117	0.117
Stony8A	W87	87	Wall	-9.27	-26.255	0.96	-9.216	-26.309	23.122	-11.42	20.34	-7.14	24.3	7.47	0.013	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
Stony8	W70	70	Wall	0.295	-26.423	-3.421	0.726	-26.854	27.225	-19.29	20.3	-5.26	20.98	-19.98	-0.086	-0.012	-0.086	-0.012	-0.086	-0.012
Stony8A	W89	89	Wall	-12.936	-26.511	-1.578	-12.755	-26.692	23.124	1.9	20.01	-2.48	20.34	1.57	0.006	0.073	0.073	0.073	0.073	0.073
Stony8	W76	76	Wall	-7.52	-20.656	3.102	-6.824	-21.352	18.888	43.04	19.64	-15.41	50.69	11.99	-0.026	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
Stony8A	W95	95	Wall	-11.658	-26.3	-1.741	-11.434	-26.504	23.025	41.04	19.35	-4.19	41.82	18.57	0.021	0.106	0.106	0.106	0.106	0.106
Stony8A	W82	82	Wall	-10.529	-25.817	1.248	-10.428	-25.919	22.588	45.32	18.49	4.57	46.07	17.74	-0.019	0.104	0.106	0.106	0.106	0.106
Stony8	W88	88	Wall	-12.483	-25.215	2.05	-12.161	-25.537	22.124	7.26	18.28	2.08	18.66	6.88	-0.009	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069
Stony6A	W33	33	Wall	-1.044	-24.086	0.824	-1.015	-24.115	23.624	10.21	17.91	26.49	40.83	-12.7	-0.08	-0.023	-0.08	-0.023	-0.08	-0.023
Stony8A	W94	94	Wall	-10.711	-27.556	-0.486	-10.696	-27.57	24.076	9.57	17.83	9.25	19.2	-14.93	0.025	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
Stony8A	W83	83	Wall	-9.514	-27.312	0.419	-9.504	-27.322	24.024	-45.72	17.02	-9.4	18.4	-47.1	0.023	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041
Stony6A	W38	38	Wall	11.978	-14.043	-4.226	12.647	-14.712	23.716	69.28	16.18	27.5	80.95	4.51	-0.061	-0.088	-0.061	-0.088	-0.061	-0.088
Stony8	W75	75	Wall	0.039	-27.486	3.323	0.434	-27.881	28.101	-18.53	15.81	4.45	16.38	-19.1	0.036	-0.014	0.036	-0.014	0.039	0.039
Stony6A	W48	48	Wall	11.788	-15.714	3.645	12.263	-16.189	24.718	64.05	13.75	-26.79	79.04	2.76	0.058	-0.099	0.058	-0.099	0.115	0.115
Stony8A	W94	94	Wall	-11.157	-29.788	-5.439	-9.686	-31.26	27.717	-65.36	12.92	-9.49	14.06	-66.5	-0.004	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045
Stony8A	W73	73	Wall	-5.812	-21.846	0.132	-5.811	-21.847	19.599	-34.12	12.48	-9.3	14.27	-35.91	0.028	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
Stony8	W72	72	Wall	-5.624	-22.096	0.51	-5.608	-22.111	19.909	-35.41	12.31	8.61	13.82	-36.92	-0.03	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034
Stony8A	W83	83	Wall	-9.992	-29.701	5.403	-8.608	-31.085	27.8	-64.19	12.04	10.32	13.41	-65.56	0.002	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041
Stony8A	W68	68	Wall	-7.739	-26.451	6.441	-5.736	-28.454	26.063	-53.03	11.25	-13.59	14.01	-55.76	0.02	-0.018	0.02	-0.018	0.027	0.027
Stony8	W77	77	Wall	-8.065	-26.781	-5.865	-6.379	-28.467	25.874	-53.01	11.25	-13.59	14.01	-55.76	0.02	-0.018	0.02	-0.018	0.027	0.027
Stony8	W70	70	Wall	-2.627	-22.627	-0.849	-0.562	-22.682	19.723	29.71	11.05	24.85	46.93	-6.17	-0.052	-0.007	-0.052	-0.007	-0.052	-0.007
Stony8	W75	75	Wall	-10.265	-23.864	0.925	-10.202	-23.927	20.796	29.08	9.8	-24.38	45.66	-6.78	0.05	-0.009	0.05	-0.009	0.05	0.05
Stony8	W68	68	Wall	-14.467	-18.629	6.564	-9.662	-23.434	20.398	43.35	7.7	34.05	63.96	-12.9	-0.039	-0.031	-0.039	-0.031	-0.039	-0.031
Stony6A	W36	36	Wall	-27.534	-26.534	9.809	3.972	-30.588	32.755	-151.97	7.59	10.56	8.28	-152.66	0.023	-0.07	0.023	-0.07	0.074	0.074
Stony8	W65	65	Wall	-11.535	-26.299	-0.993	-11.511	-26.323	22.856	-1.65	7.5	18.03	21.53	-15.68	-0.061	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071
Stony8	W80	80	Wall	-11.877	-25.834	-0.611	-11.85	-25.861	22.422	-0.73	7.32	-18.21	17.94	-15.95	0.06	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
Stony8	W77	77	Wall	-15.225	-19.168	-6.086	-10.816	-23.602	20.464	43.35	6.47	-33.56	63.21	-13.38	0.04	-0.03	0.04	-0.03	0.04	0.04
Stony6A	W45	45	Wall	1.568	-27.669	-8.633	3.927	-30.028	32.172	-150.12	2.78	-9.52	3.37	-150.71	-0.02	-0.071	-0.02	-0.071	-0.02	-0.071
Stony8	W78	78	Wall	-4.087	-20.129	-5.718	-2.258	-21.958	20.921	49.42	2.26	-21.96	59.81	-9.51	0.001	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041
Stony8	W67	67	Wall	-3.085	-19.774	5.945	-1.164	-21.675	21.108	48.71	1.62	25.46	59.85	-9.51	-0.002	0.04	0.04	-0.002	0.04	0.04
Stony8A	W92	92	Wall	-14.608	-26.211	4.563	-13.029	-27.79	24.082	-15.9	-0.31	17.69	11.23	-27.44	-0.013	0.049	0.049	-0.013	0.049	0.049
Stony7	W51	51	Wall	-5.9	-34.935	7.448	-4.101	-36.734	34.865	36.31	-0.72	48.4	69.61	-34.03	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
Stony6	W18	18	Wall	15.794	-39.152	-10.461	17.718	-41.076	52.24	155.07	-1.72	-111.99	213.38	-60.03	-0.298	0.469	0.469	-0.298	0.469	0.469
Stony7	W50	50	Wall	0.3	-36.802	-7.157	1.785	-38.287	39.21	-28.43	-1.83	-22.1	10.67	-40.93	-0.058	0.247	0.247	-0.058	0.247	0.247
Stony8	W71	71	Wall	-9.259	-26.215	0.244	-9.259	-26.219	23.03	11.81	-1.97	-12.48	19.17	-9.34	0.037	-0.017	0.037	-0.017	0.041	0.041
Stony8A	W85	85	Wall	-14.098	-25.503	-4.371	-12.615	-26.985	23.386	-16.52	-2.23	-18.19	10.17	-28.92	0.013	0.047	0.047	0.013	0.047	0.047
Stony8A	W91	91	Wall	-10.537	-24.8	3.751	-9.61	-25.727	22.516	27.87	-3.25	-4.09	28.4	-3.78	0.005	0.073	0.073	0.005	0.073	0.073
Stony7	W63	63	Wall	-0.662	-36.196	6.698	0.558	-37.437	37.699	-27.66	-3.44	21.62	9.23	-40.93	0.059	0.246	0.246	0.059	0.246	0.246
Stony8A	W86	86	Wall	-9.951	-23.794	-3.548	-9.049	-24.696	21.641	28.24	-5.15	4.27	28.77	-5.69	-0.006	0.072	0.072	-0.006	0.072	0.072
Stony7	W62	62	Wall	-6.85	-34.997	-7.152	-5.137	-36.71	34.43	31.23	-5.33	-47.19	64.24	-37.33	-0.034	0.021	0.021	-0.034	0.021	0.021
Stony8	W74	74	Wall	-9.849	-27.025	0.096	-9.849	-27.025	23.69	7.1	-5.7	12.16	14.44	-37.33	-0.034	0.021	0.021	-0.034	0.021	0.021
Stony5A	W9	9	Wall	19.632	-40.069	-18.569	24.974	-48.362	64.54	-64.47	-5.91	16.81	65.4	-68.95	0.044	0.232	0.232	0.044	0.232	0.232
Stony5A	W8	8	Wall	19.856	-40.067	20.446	25.916	-49.127	66.017	-47.1	-5.91	-16.84	-1.58	-71.43	-0.047	0.232	0.232	-0.047	0.232	0.232
Stony6	W31	31	Wall	14.99	-38.598	9.632	16.669	-40.277	50.709	151.13	-6.31	110.36	207.97	-63.15	0.293	0.467	0.467	0.293	0.467	0.467
Stony6A	W35	35	Wall	12.836	-27.856	9.411	14.907	-29.927	39.548	-16.33	-6.34	70.78	59.63	-82.3	0.035	0.054	0.054	0.035	0.054	0.054
Stony8	W73	73	Wall	-6.488	-25.223	-3.139	-5.976	-25.735	23.329	31.1	-8.56	-6.71	32.21	-9.67	0.03	0.006	0.006	0.03	0.006	0.006
Stony8	W72	72	Wall	-12.377	-24.662	3.83	-11.28	-25.759	22.365	4.91	-9.48	3.41	5.88	-10.25	-0.013	-0.003	-0.013	-0.003	-0.013	-0.003
Stony6A	W39	39	Wall	12.284	-18.228	2.122	12.43	-18.375	26.844	58.06	-9.93	-23.51	65.4	-17.27	0.046	-0.119	0.046	-0.119	0.128	0.128
Stony8	W72	72	Wall	-6.034	-24.146	3.737	-5.293	-24.887	22.708	34.55	-10.13	6.64	35.51	-11.1	-0.032	0.002	0.002	-0.032	0.002	0.002
Stony6A	W46	46	Wall	11.85	-27.774	-8.771	13.705	-29.629	38.363	-16.37	-10.49	-69.55	56.18	-83.04	-0.034	0.054	0.054	-0.034	0.054	0.054
Stony7	W53	53	Wall	-6.978	-16.668	-2.675	-6.289	-17.357	15.221	5.95	-11.75	26.46	24.99	-30.8	0.019	0.128	0.128	0.019	0.128	0.128
Stony7	W60	60	Wall	-7.096	-18.64	3.091	-6.32	-19.415	17.152	3.95	-11.96	-25.18	22.4	-30.41	0.019	0.132	0.132	0.019	0.132	0.132
Stony8	W69	69	Wall	-14.249																

Stony8	W73	73 Wall	559 Comb2	-12.78	-25.859	-3.147	-12.062	-26.577	23.049	-1.15	-12.85	-3.81	-0.02	-13.98	0.009	0.001	0.009
Stony8	W76	76 Wall	561 Comb2	-14.809	-27.272	3.361	-13.961	-28.121	24.353	-9.92	-13	-0.55	-9.83	-13.09	0.036	0.036	0.049
Stony6A	W42	42 Wall	527 Comb2	11.91	-18.635	-1.989	12.039	-18.765	26.888	56.2	-14.25	23.61	63.39	-21.43	-0.113	-0.046	0.122
Stony6	W20	20 Wall	506 Comb2	0.746	-27.883	0.657	0.761	-27.898	28.286	23.11	-16.55	23.52	34.04	-27.49	0.173	0.134	0.219
Stony8	W67	67 Wall	552 Comb2	-11.343	-36.943	1.627	-11.24	-37.046	32.899	-54.36	-17.66	-29.66	-1.13	-70.89	0.023	0.017	0.028
Stony6A	W48	48 Wall	504 Comb2	10.248	-21.889	1.32	10.302	-21.943	28.525	-37.61	-17.74	42.63	16.1	-71.45	-0.036	-0.063	0.063
Stony6	W29	29 Wall	514 Comb2	0.646	-31.83	0.329	0.65	-31.834	32.163	21.62	-18.32	-20.83	30.51	-27.21	0.185	0.185	0.227
Stony6	W21	21 Wall	506 Comb2	3.07	-21.073	-7.578	5.251	-23.255	26.277	-43.39	-18.76	-19.51	-8	-54.15	0.005	0.227	0.228
Stony6A	W33	33 Wall	502 Comb2	10.615	-22.069	-2.667	10.832	-22.285	29.246	-39.62	-18.94	-43.34	15.28	-73.84	-0.052	-0.038	0.064
Stony6A	W37	37 Wall	523 Comb2	-4.166	-19.258	-12.168	2.606	-26.03	27.426	16.04	-19.43	-5.6	16.9	-20.29	0.053	0.079	0.079
Stony8	W78	78 Wall	564 Comb2	-12.882	-36.596	-1.642	-12.373	-37.045	32.666	-56.57	-20.01	29.33	-3.73	-72.85	-0.025	0.019	0.032
Stony6A	W44	44 Wall	529 Comb2	-3.768	-20.691	12.511	2.874	-27.333	28.877	-45.79	-20.53	5.98	18.05	-21.45	-0.052	-0.072	0.089
Stony6	W28	28 Wall	514 Comb2	3.634	-25.409	8.253	5.816	-27.591	30.911	-45.79	-20.74	20.42	9.31	-57.22	0.003	0.237	0.237
Stony6	W22	22 Wall	508 Comb2	-0.9	-110.555	-14.205	0.91	-112.365	112.823	-52.13	-20.78	-28.21	-4.18	-68.72	-0.023	0.021	0.031
Stony8	W74	74 Wall	543 Comb2	0.788	-26.048	-1.936	0.927	-26.187	26.663	-7.08	-21.04	-5.94	-4.9	-23.23	-0.031	-0.021	0.038
Stony6	W23	23 Wall	508 Comb2	0.647	-109.905	10.393	1.615	-110.873	111.669	-61.72	-21.72	-0.01	-21.25	-61.72	0.033	0.039	0.051
Stony6	W17	17 Wall	503 Comb2	9.247	-28.733	-0.555	9.255	-29.741	35.291	27.94	-22.95	-58.77	66.53	-61.54	0.097	0.514	0.523
Stony8	W71	71 Wall	541 Comb2	1.352	-25.233	2.32	1.533	-25.434	26.245	-4.72	-22.98	5.5	-3.19	-24.51	0.033	-0.025	0.042
Stony8	W70	70 Wall	556 Comb2	-11.61	-32.59	-4.943	-10.504	-33.696	29.863	-19.16	-23.43	8.38	-12.65	-29.94	-0.049	-0.072	0.087
Stony8	W75	75 Wall	580 Comb2	-12.143	-33.251	5.063	-10.991	-34.403	30.434	-17.96	-23.92	-8.14	-12.27	-29.6	-0.047	-0.071	0.085
Stony6	W26	26 Wall	512 Comb2	0.458	-110.424	-10.56	1.454	-111.421	112.155	-60.76	-25.84	-1.45	-25.78	-60.82	-0.031	0.033	0.061
Stony6	W32	32 Wall	517 Comb2	8.864	-29.608	-0.726	8.877	-29.622	34.917	26.56	-26.15	58.37	64.25	-63.84	-0.095	0.509	0.518
Stony6	W27	27 Wall	512 Comb2	-0.251	-111.173	13	1.252	-112.676	113.307	-55.48	-26.31	25.78	-11.27	-70.52	0.025	0.035	0.043
Stony6A	W35	35 Wall	505 Comb2	4.99	-15.42	16.638	14.303	-24.734	34.207	13.13	-26.49	82.21	77.88	-91.24	-0.077	0.03	0.082
Stony8	W71	71 Wall	556 Comb2	-11.132	-35.561	2.348	-10.909	-35.785	31.768	-29.09	-27.53	-12.44	-15.1	-39.99	-0.042	-0.064	0.077
Stony8	W74	74 Wall	560 Comb2	-11.702	-36.289	-2.161	-11.513	-36.477	32.298	-27.47	-27.62	12.44	-15.1	-39.99	-0.038	-0.063	0.074
Stony8	W68	68 Wall	554 Comb2	-13.887	-15.727	-1.225	-13.275	-16.339	15.043	7.71	-28.88	-16.48	14.03	-35.21	-0.021	-0.032	0.038
Stony8	W77	77 Wall	562 Comb2	-14.801	-16.926	1.625	-13.923	-17.805	16.216	6.42	-29.42	15.99	12.52	-35.52	0.023	-0.033	0.04
Stony6A	W46	46 Wall	515 Comb2	4.577	-15.58	-15.858	13.288	-24.292	33.007	13.92	-29.45	-79.94	75.06	-90.59	0.075	0.03	0.08
Stony6	W67	67 Wall	553 Comb2	-9.875	-29.601	5.321	-8.531	-30.944	27.883	-38.88	-32.62	26.03	-9.53	-61.96	0.004	0.058	0.058
Stony8	W66	66 Wall	551 Comb2	-10.115	-23.417	2.561	-9.639	-23.893	20.82	19.82	-33	15.35	23.96	-37.14	0.023	-0.091	0.093
Stony8	W78	78 Wall	563 Comb2	-11.052	-29.785	-5.12	-9.744	-31.093	27.546	-37.28	-33.25	-25.28	-9.91	-60.62	-0.006	0.056	0.059
Stony8	W79	79 Wall	585 Comb2	-11.055	-28.114	-3.22	-10.249	-23.92	20.786	19.67	-34.16	-14.6	23.38	-37.85	-0.02	-0.087	0.09
Stony7	W51	51 Wall	537 Comb2	-4.065	-19.073	4.065	-1.773	-20.028	19.203	31.33	-35.37	-4.6	23.38	-37.85	0.009	0.049	0.05
Stony8	W68	68 Wall	538 Comb2	-7.114	-23.328	-1.684	-6.941	-23.501	20.913	-63.36	-33.65	-23.65	-22.31	-76.99	-0.006	-0.019	0.02
Stony6A	W40	40 Wall	525 Comb2	-0.976	-18.76	11.057	4.321	-24.056	26.482	6.2	-36.89	-3.81	6.54	-37.23	-0.006	-0.088	0.088
Stony7	W62	62 Wall	547 Comb2	-3.737	-19.431	-3.774	-2.876	-20.292	19.017	31.65	-37.12	40.88	50.69	-56.15	-0.011	0.055	0.056
Stony8	W72	72 Wall	558 Comb2	-12.037	-22.965	1.348	-11.873	-23.129	20.033	-17.73	-37.7	2.53	-3.38	-38.01	-0.011	0.036	0.037
Stony8	W73	73 Wall	558 Comb2	-12.162	-22.77	-0.619	-12.125	-23.806	19.764	-16.93	-36.14	-16.41	46.23	-41.77	0.007	0.037	0.037
Stony8	W78	78 Wall	548 Comb2	-5.326	-26.52	-3.566	-4.736	-26.909	24.882	42.75	-38.28	17.16	46.23	-41.77	-0.014	0.01	0.018
Stony8	W77	77 Wall	546 Comb2	-7.553	-24.219	2.246	-7.255	-24.516	21.813	-62.75	-36.99	23.74	-24.32	-77.42	0.007	-0.02	0.022
Stony8	W67	67 Wall	536 Comb2	-4.358	-26.141	3.568	-3.769	-26.711	25.032	45.79	-40.79	-16.8	48.93	-43.93	0.013	0.007	0.015
Stony6A	W41	41 Wall	527 Comb2	-1.286	-19.381	-10.224	3.319	-23.986	25.806	3.21	-41.12	3.48	3.48	-41.4	0.005	-0.082	0.082
Stony8	W69	69 Wall	538 Comb2	-6.955	-16.443	-2.426	-6.37	-17.027	14.901	8.46	-44.11	-9.24	10.04	-45.69	0.033	0.029	0.044
Stony7	W61	61 Wall	546 Comb2	-8.363	-27.908	-5.616	-6.864	-29.407	26.647	-101.12	-44.56	6.54	-43.81	-101.86	-0.002	-0.078	0.078
Stony8	W66	66 Wall	536 Comb2	-0.948	-35.465	-5.917	1.495	-36.432	37.182	-100.78	-47	-23.05	-28.35	-75.49	0.003	-0.082	0.083
Stony8	W76	76 Wall	546 Comb2	6.937	-17.743	2.535	6.372	-18.308	16.097	5.46	-47.74	9	6.94	-49.22	-0.033	0.025	0.042
Stony7	W52	52 Wall	538 Comb2	-7.805	-26.428	6.277	-5.888	-28.346	25.909	-57.71	-48	24.14	-28.24	-77.48	0.019	0.169	0.19
Stony7	W56	56 Wall	541 Comb2	-6.109	-24.224	3.935	-5.291	-25.042	22.86	22.67	-48.3	18.01	26.98	-52.61	-0.047	0.144	0.151
Stony8A	W96	96 Wall	550 Comb2	-11.869	-25.436	-1.607	-11.681	-25.623	22.219	-14.17	-49.01	-22.21	-3.97	-59.82	-0.018	0.046	0.046
Stony8A	W81	81 Wall	550 Comb2	-11.53	-25.893	0.552	-11.509	-25.915	22.489	-15.99	-49.25	22.88	-4.33	-60.9	0.018	0.041	0.045
Stony7	W57	57 Wall	548 Comb2	-6.509	-25.109	-3.169	-5.984	-25.635	23.228	18.32	-52.39	-18.44	22.84	-56.91	0.044	0.149	0.156
Stony8A	W96	96 Wall	581 Comb2	-13.492	-25.752	2.074	-13.151	-26.094	22.598	11.43	-53.1	34.33	26.28	-67.95	-0.066	0.076	0.101
Stony8A	W81	81 Wall	567 Comb2	-12.999	-25.424	-3.185	-12.23	-26.193	22.7	11.55	-53.67	-34.04	26.08	-68.19	0.066	0.076	0.101
Stony7	W56	56 Wall	542 Comb2	-5.966	-23.507	4.297	-4.97	-24.503	22.435	-48.07	-56.25	3.52	-46.76	-57.56	-0.031	0.11	0.115
Stony7	W57	57 Wall	542 Comb2	-6.145	-23.29	-3.445	-5.479	-23.956	21.741	-47.2	-56.59	-4.11	-45.66	-58.14	0.029	0.111	0.114
Stony8A	W94	94 Wall	579 Comb2	-14.44	-21.887	0.554	-14.44	-21.887	19.267	11.37	-58.85	22.51	17.87	-65.45	-0.021	0.015	0.026
Stony8A	W83	83 Wall	569 Comb2	-13.115	-21.398	-0.663	-13.062	-21.451	18.723	11.06	-59.13	-22.45	17.63	-65.7	0.016	0.015	0.022
Stony8	W76	76 Wall	562 Comb2	-14.356	-25.007	3.892	-13.032	-26.331	22.804	-52.56	-60.31	28.86	-27.32	-85.55	-0.042	0.031	0.052
Stony7	W55	55 Wall	541 Comb2	1.199	-26.621	7.398	3.044	-28.466	30.104	-10.87	-60.48	11.05	-8.52	-62.83	0.0003649	0.168	0.168
Stony8	W69	69 Wall	554 Comb2	-13.753	-23.822	-3.823	-12.466	-25.109	21.746	-53.08	-60.96	-29.45	-27.31	-86.74	0.043	0.034	0.055

85	Wall	570	Comb2	-14.36	-18.701	0.871	-14.155	-18.908	17.086	11.19	-61.96	24.71	18.76	-69.52	-0.028	0.055	0.062
86	Wall	568	Comb2	-13.755	-24.596	4.635	-12.043	-26.307	21.81	11.15	-62.21	21.96	17.22	-68.28	-0.014	0.034	0.02
87	Wall	578	Comb2	-15.326	-19.777	-0.555	-15.258	-19.846	17.996	17.056	-62.51	22.67	17.056	-69.49	-0.028	0.056	0.063
88	Wall	504	Comb2	-6.549	-76.825	32.072	5.887	-89.261	92.346	211.43	-62.77	226.57	339.15	-190.47	-0.102	-0.369	0.383
89	Wall	40	Wall	-1.994	-23.851	2.654	-1.676	-24.169	23.376	-37.97	-62.79	0.82	-37.94	-62.82	-0.01	-0.002	0.01
90	Wall	526	Comb2	-2.154	-23.719	-1.749	-2.013	-23.86	22.92	-37.46	-63.25	-1.24	-37.4	-63.31	0.009	-0.002	0.009
91	Wall	60	Wall	-7.312	-19.72	5.166	-5.443	-21.589	19.447	17.78	-63.32	19.04	22.03	-67.56	-0.005	0.123	0.123
92	Wall	545	Comb2	-7.275	-18.153	-5.192	-5.195	-20.233	18.2	18.68	-63.52	-19.5	23.06	-67.91	0.004	0.116	0.116
93	Wall	539	Comb2	0.669	-27.29	-7.211	2.42	-29.041	30.323	-14.59	-65.06	-10.94	-12.32	-67.33	0.002	0.174	0.174
94	Wall	543	Comb2	-15.047	-24.877	-4.662	-13.168	-26.738	23.155	5.64	-65.45	-20.8	11.28	-71.08	0.008	0.018	0.02
95	Wall	580	Comb2	-12.826	-29.908	-0.65	-12.801	-29.933	26.013	-16.22	-67.53	-12.91	-13.15	-70.59	0.022	0.08	0.083
96	Wall	576	Comb2	-14.822	-21.012	3.821	-13	-22.834	19.838	17.91	-68.09	-10.08	9.22	-69.41	-0.002	0.018	0.018
97	Wall	572	Comb2	-6.809	-76.143	31.057	5.068	-88.02	90.661	203.84	-68.23	327.6	-191.98	-92.87	0.098	-0.355	0.368
98	Wall	565	Comb2	-12.505	-28.974	0.023	-12.505	-28.974	25.171	-41.09	-68.74	-35.35	-16.96	-92.87	0.018	-0.018	0.067
99	Wall	577	Comb2	-15.759	-21.943	4.023	-13.777	-23.925	20.799	6.1	-68.86	9.99	7.41	-70.17	0.002	0.02	0.02
100	Wall	551	Comb2	-12.063	-28.938	-1.097	-11.991	-29.009	25.248	-42.11	-69.21	36.15	-17.06	-94.27	-0.019	0.068	0.068
101	Wall	41	Wall	4.134	-23.713	1.191	4.185	-23.764	26.109	-77.88	-69.64	-13.75	-59.41	-88.11	0.029	-0.008	0.03
102	Wall	40	Wall	4.281	-23.895	-0.329	4.284	-23.899	26.304	-78.15	-69.65	-13.36	-60.07	-88.03	-0.03	-0.009	0.031
103	Wall	91	Wall	-13.446	-30.945	1.59	-13.302	-31.089	27.017	-31.72	-73.11	8.4	-30.08	-74.75	-0.018	0.097	0.099
104	Wall	576	Comb2	-12.628	-30.335	-1.263	-12.538	-30.425	26.484	-33.1	-73.14	-8.4	-31.4	-74.83	0.018	0.097	0.099
105	Wall	86	Wall	79.764	-62.222	17.692	81.935	-64.933	127.027	12.8.55	-73.39	-40.34	12.9.81	-74.65	-0.513	0.295	0.592
106	Wall	88	Wall	-13.2	-24.954	1.516	-13.008	-25.147	21.782	-4.57	-73.49	4.34	-4.3	-73.76	-0.013	0.054	0.056
107	Wall	88	Wall	-12.899	-23.45	0.571	-12.869	-23.481	20.366	-16.06	-74.04	-7.15	-15.19	-74.91	0.001	0.066	0.066
108	Wall	50	Wall	-1.968	-48.241	3.608	-1.708	-48.521	47.69	-93.49	-74.1	59.4	-23.62	-143.98	-0.067	0.158	0.17
109	Wall	89	Wall	-12.971	-23.229	0.014	-12.971	-23.229	20.163	-15.56	-74.73	5.63	-15.03	-75.26	-0.009	0.067	0.067
110	Wall	581	Comb2	-12.289	-29.085	1.13	-12.213	-29.16	25.364	-35.9	-75.75	-3.64	-35.57	-76.08	0.031	0.134	0.138
111	Wall	82	Wall	-11.422	-25.117	0.629	-11.393	-25.146	21.809	-25.99	-76.04	-0.52	-12.59	-76.04	0.003	0.057	0.058
112	Wall	87	Wall	-3.053	-48.149	-4.154	-2.673	-48.529	47.249	-94.96	-76.84	-58.09	-27.1	-144.69	0.063	0.161	0.173
113	Wall	63	Wall	-13.589	-26.319	-0.97	-13.515	-26.392	22.859	-13.78	-77.77	-5.31	-13.34	-78.21	0.005	0.059	0.06
114	Wall	89	Wall	81.008	-62.718	-18.593	83.472	-65.083	128.981	1241.59	-80.87	40.55	1242.83	-82.12	0.524	0.292	0.6
115	Wall	18	Wall	-12.072	-26.139	-0.207	-12.069	-26.142	22.662	-21.16	-81.4	-0.5	-21.16	-81.4	0.006	0.064	0.064
116	Wall	90	Wall	-12.706	-27.249	3.873	-11.739	-28.216	24.551	-32.8	-84.56	12.39	-29.99	-87.37	-0.012	0.062	0.063
117	Wall	86	Wall	-13.817	-26.232	-3.642	-10.94	-27.099	23.614	-33.53	-84.64	-12.84	-30.48	-87.69	0.012	0.062	0.063
118	Wall	570	Comb2	-15.055	-24.523	-2.857	-14.26	-25.319	21.985	-39.22	-85.05	-5.61	-38.54	-85.82	0.011	0.12	0.12
119	Wall	93	Wall	-0.241	-28.802	10.062	2.948	-31.991	33.562	-31.81	-85.91	21.08	-24.57	-93.15	-0.016	0.16	0.161
120	Wall	54	Wall	-15.418	-26.34	0.988	-15.33	-26.428	22.985	-42.89	-86.34	13.71	-38.93	-90.3	0.095	0.095	0.095
121	Wall	84	Wall	-14.251	-25.986	-0.763	-14.202	-26.035	22.578	-44.2	-86.97	-14	-40.02	-91.14	0.012	0.155	0.156
122	Wall	539	Comb2	0.083	-27.425	3.45	-30.793	32.655	-33.43	-87.29	-87.29	-22.23	-25.44	-95.28	0.018	0.095	0.096
123	Wall	81	Wall	-12.71	-23.977	-0.469	-12.69	-23.996	20.793	-19.89	-88.47	-11.47	-18.02	-90.34	0.046	0.014	0.048
124	Wall	86	Wall	-13.071	-23.647	-0.574	-13.04	-23.679	20.541	-20.26	-89.31	12.46	-18.08	-91.49	-0.047	0.016	0.049
125	Wall	96	Wall	-11.546	-30.897	2.876	-11.228	-31.315	27.495	-48.75	-93.54	23.92	-39.21	-104.07	0.027	0.099	0.102
126	Wall	568	Comb2	-8.298	-28.893	0.457	-8.288	-28.903	25.778	-63.76	-94.2	-31.74	-43.78	-114.18	0.039	0.159	0.161
127	Wall	52	Wall	-8.622	-29.206	0.241	-8.619	-29.208	25.994	-63.02	-95.1	31.45	-43.76	-114.36	-0.019	0.163	0.164
128	Wall	61	Wall	9.557	-19.618	2.235	9.727	-19.788	26.052	19.63	-97.15	45.76	35.43	-112.94	0.083	-0.253	0.266
129	Wall	95	Wall	31.314	-31.314	-3.457	-12.112	-31.937	27.926	-63.36	-95.32	-23.07	-43.15	-105.52	-0.018	0.1	0.1
130	Wall	547	Comb2	2.569	12.52	66.704	74.934	-59.345	116.101	-38.72	-96.91	36.47	-21.16	-114.47	0.083	-0.253	0.266
131	Wall	47	Wall	8.7	-19.414	-2.951	9.007	-19.721	25.449	19.56	-98.1	-44.83	34.73	-113.26	-0.08	-0.245	0.258
132	Wall	4	Wall	2.286	11.051	-65.018	71.834	-58.497	113.067	-40.05	-102.38	-38.42	-21.74	-120.68	0.021	-0.675	0.675
133	Wall	45	Comb2	-3.455	-16.002	-1.154	-3.35	-16.107	14.721	-46.07	-104.74	20.48	-37.85	-111.18	0.088	-0.071	0.113
134	Wall	36	Wall	-3.114	-13.553	2.315	-2.624	-14.043	12.933	-44.76	-106.59	-21.79	-37.85	-113.49	-0.087	-0.056	0.103
135	Wall	507	Comb2	16.329	-22.736	-13.957	20.803	-27.21	41.704	8.12	-109.13	-3.18	8.2	-109.22	-0.076	-0.108	0.132
136	Wall	37	Wall	4.174	-14.458	-7.459	6.793	-17.076	21.301	17.87	-111.54	9.79	18.61	-112.28	0.044	-0.061	0.075
137	Wall	75	Wall	-1.395	-34.657	8.494	0.648	-36.7	37.028	-50.58	-117.84	21.28	-44.41	-124.01	0.034	-0.062	0.071
138	Wall	70	Wall	-1.232	-34.056	-8.5	0.839	-36.127	36.553	-50.6	-118.79	-22.17	-44.03	-125.36	-0.034	-0.063	0.072
139	Wall	80	Wall	-4.617	-24.264	2.665	-4.262	-24.619	22.789	40.7	-121.13	23.93	44.16	-124.6	0.015	-0.011	0.019
140	Wall	49	Wall	-3.946	-22.723	-4.779	-2.8	-23.869	22.6	-57.42	-121.16	-19.97	-51.68	-126.91	0.092	0.092	0.129
141	Wall	64	Wall	-4.34	-22.524	3.588	-3.676	-23.188	21.586	-57.06	-121.71	20.02	-51.36	-127.4	-0.09	-0.051	0.07
142	Wall	74	Wall	-0.656	-33.27	-5.502	0.247	-34.173	34.297	-45.78	-123.42	-11.64	-44.07	-125.13	-0.051	-0.061	0.07
143	Wall	65	Comb2	-4.14	-24.023	-3.761	-3.453	-24.711	23.178	42.06	-123.44	-23.83	45.42	-126.8	-0.014	-0.012	0.019

Stony8	W71	71	540 Comb2	-0.102	-32.503	5.733	0.883	-33.488	33.938	-47.32	-124.93	11.6	-45.63	-126.63	0.037	-0.062	0.072
Stony8	W79	79	548 Comb2	0.576	-30.105	-3.358	0.869	-30.469	30.923	-59.24	-128.07	-39.47	-40.93	-144.35	0.008	-0.079	0.079
Stony6A	W43	43	513 Comb2	16.774	-24.351	13.111	20.598	-28.175	42.408	6.28	-126.5	1.23	6.29	-128.71	0.074	-0.119	0.14
Stony6	W66	66	535 Comb2	1.512	-29.803	2.766	1.748	-30.882	31.792	-61.32	-128.91	40.46	-42.4	-147.83	-0.006	-0.082	0.083
Stony6	W24	24	510 Comb2	3.195	-29.803	8.675	5.337	-31.944	34.92	-89.65	-129.03	15.97	-83.99	-135.69	-0.042	0.185	0.19
Stony6	W25	25	510 Comb2	3.058	-29.687	-7.733	4.773	-31.423	34.051	-89.76	-129.61	-16.39	-83.88	-135.49	0.042	0.186	0.191
Stony6	W44	44	513 Comb2	5.229	-16.288	7.786	7.751	-18.81	23.658	13.9	-131.33	-8.15	14.36	-131.78	-0.044	-0.075	0.087
Stony6A	W44	44	513 Comb2	-4.774	-25.723	4.968	-3.656	-26.841	25.213	-87.87	-134	25.83	-76.3	-145.57	-0.06	-0.044	0.074
Stony6A	W37	37	522 Comb2	-5.004	-23.452	-5.213	-3.633	-24.823	23.221	-90.16	-138.14	-26.59	-78.33	-149.37	0.06	-0.028	0.066
Stony5A	W16	16	501 Comb2	30.804	-15.28	54.136	66.598	-51.074	102.202	110.36	-139.8	-20.19	111.98	-141.42	-0.076	0.35	0.358
Stony5A	W1	1	479 Comb2	31.071	-15.477	-56.431	68.839	-53.245	106.015	112.8	-144.12	20.38	114.4	-145.73	0.077	0.354	0.362
Stony5A	W6	6	487 Comb2	-40.442	-200.544	-86.372	-2.73	-238.256	236.903	-12.96	-147.52	38.73	-2.61	-157.87	0.062	0.358	0.358
Stony5A	W48	48	533 Comb2	-2.421	-29.327	6.912	-0.749	-30.999	30.631	-70.27	-149.51	46.85	-48.33	-171.24	0.09	-0.19	0.21
Stony6A	W33	33	519 Comb2	-40.475	-200.553	82.719	-5.427	-235.702	233.036	-13.64	-150.52	47.52	-11.55	-153.29	-0.013	-0.807	0.807
Stony6A	W7	7	487 Comb2	1.353	-25.363	-3.61	1.832	-25.842	26.804	-4.7	-152.04	61.24	17.43	-174.17	0.032	-0.052	0.061
Stony6A	W36	36	506 Comb2	85.052	-3.779	-237.533	235.647	-14.54	19.775	-17.75	-154.67	-36.8	5.46	-163.74	-0.012	-0.791	0.791
Stony5A	W11	11	492 Comb2	-40.495	-200.797	-40.495	-4.793	-236.561	234.201	-14.84	-157.72	17.93	-12.61	-159.45	0.012	-0.809	0.809
Stony5A	W10	10	492 Comb2	-40.512	-200.842	-7.72	6.915	-22.793	26.925	23.94	-163.46	-14.05	24.98	-164.51	0.026	-0.086	0.084
Stony6A	W41	41	511 Comb2	4.751	-20.629	-7.72	6.915	-22.793	26.925	23.94	-163.46	-14.05	24.98	-164.51	0.026	-0.086	0.084
Stony6A	W40	40	509 Comb2	5.044	-20.078	8.508	7.654	-22.689	27.332	24.3	-167.22	14.05	25.32	-168.25	-0.026	-0.086	0.084
Stony6A	W45	45	514 Comb2	1.596	-27.529	5.07	2.453	-28.386	29.689	9.35	-171.75	61.68	11.42	-192.52	-0.028	-0.086	0.072
Stony6A	W42	42	511 Comb2	17.337	-23.689	-10.741	19.979	-26.331	40.231	-11.22	-176.59	3.91	-11.13	-176.69	-0.064	-0.138	0.148
Stony6A	W39	39	509 Comb2	17.503	-23.281	10.824	20.197	-25.975	40.091	-9.49	-180.44	51.77	224.21	-197.22	0.047	-0.099	0.11
Stony6A	W46	46	516 Comb2	-1.469	-45.808	-14.321	2.754	-50.031	51.464	-17.75	-190.76	-18.96	-9.35	-180.57	0.051	-0.033	0.06
Stony6A	W35	35	504 Comb2	-1.132	-46.028	14.696	3.251	-50.41	52.112	-23.98	-196.14	-51.87	-230.29	-202.44	-0.048	-0.104	0.115
Stony6A	W37	37	506 Comb2	3.801	-16.326	0.169	3.802	-16.938	21.723	-81.51	-217.4	2.61	-81.46	-217.45	-0.051	-0.05	0.072
Stony6A	W44	44	514 Comb2	4.691	-18.978	-0.473	4.701	-18.988	21.723	-81.51	-217.4	2.61	-81.46	-217.45	-0.051	-0.05	0.072
Stony5A	W14	14	497 Comb2	2.315	16.694	-213.537	223.163	-204.154	370.189	-16.35	-224.17	-81.96	-28.09	-258.44	0.135	-0.561	0.577
Stony6	W23	23	509 Comb2	19.235	-16.964	29.96	36.138	-33.867	60.637	-16.35	-224.17	-81.96	-28.09	-258.44	0.135	-0.561	0.577
Stony5A	W3	3	482 Comb2	2.014	15.293	217.185	225.94	-206.633	376.45	-64.68	-235.83	82.06	-31.69	-268.81	0.043	-0.489	0.49
Stony6	W24	24	509 Comb2	6.561	-12.974	1.301	6.647	-13.06	17.366	6.38	-238.72	48.78	15.73	-248.07	-0.062	-0.486	0.49
Stony5A	W12	12	496 Comb2	15.792	-42.495	12.894	18.517	-45.22	56.779	-11.04	-239.71	-35.25	-5.73	-245.02	-0.038	-0.475	0.476
Stony6	W17	17	502 Comb2	10.545	-23.242	-15.185	16.367	-29.064	39.853	-85.78	-240.19	-53.25	-69.2	-256.77	0.075	-0.378	0.378
Stony6	W26	26	511 Comb2	19.124	-17.093	-30.177	36.209	-34.178	60.966	-20.05	-240.37	-28.39	-16.45	-248.97	-0.041	-0.497	0.499
Stony6	W32	32	502 Comb2	10.116	-23.126	13.655	15.044	-28.011	37.847	-84.35	-240.47	51.42	-68.94	-255.88	-0.073	-0.371	0.378
Stony6	W25	25	511 Comb2	6.339	-13.182	-0.454	6.35	-13.192	17.266	4.35	-244.07	-49.07	13.69	-253.41	0.062	-0.494	0.498
Stony5A	W15	15	501 Comb2	90.421	-7.203	157.673	206.664	-123.446	288.696	-673.39	-244.53	-33.55	-241.92	-676	-0.838	-0.279	0.883
Stony5A	W2	2	478 Comb2	91.848	-7.306	-161.581	211.286	-126.744	295.779	-688.16	-250.21	34.15	-247.57	-690.81	0.28	0.9	0.9
Stony6A	W47	47	516 Comb2	9.947	-62.379	17.108	13.777	-66.21	74.066	-430.6	-250.29	23.05	-247.39	-443.5	0.148	-0.345	0.366
Stony6A	W34	34	504 Comb2	10.789	-62.903	-17.877	14.868	-67.012	75.551	-437.6	-256.76	-23.48	-253.76	-440.6	-0.15	-0.345	0.376
Stony6	W22	22	507 Comb2	18.338	-14.361	-33.03	38.843	-34.866	63.865	-17.89	-268.66	12.35	-15.74	-269.26	-0.036	-0.465	0.467
Stony6	W27	27	513 Comb2	18.653	-16.649	32.622	38.093	-36.088	64.251	-16.35	-268.66	12.35	-15.74	-269.26	-0.036	-0.465	0.467
Stony6	W21	21	507 Comb2	5.915	-6.848	-0.518	5.936	-6.869	11.099	-21.36	-278.54	-7.8	-21.12	-278.78	0.011	-0.517	0.517
Stony6	W28	28	513 Comb2	6.842	-9.372	-0.226	6.842	-9.375	14.104	-21.52	-280	7.69	-21.29	-280.23	-0.014	-0.536	0.536
Stony5A	W5	5	484 Comb2	12.276	-36.474	-13.564	15.796	-39.994	49.808	-19.15	-285.49	-285.49	-14.68	-289.96	0.039	-0.537	0.539
Stony5A	W13	13	496 Comb2	21.847	-41.915	-76.489	72.843	-82.911	143.887	-395.57	-300.03	9.66	-299.06	-396.53	0.357	-0.504	0.518
Stony6	W19	19	505 Comb2	5.982	-14.171	28.304	25.95	-34.138	52.198	-47.39	-304.04	-190.7	54.14	-405.57	-0.059	-0.195	0.203
Stony6	W30	30	515 Comb2	5.628	-13.958	-27.497	25.023	-33.353	50.727	-46.73	-307.77	189.02	52.45	-406.95	0.095	-0.214	0.22
Stony8	F48	112	582 Comb2	-6.423	-30.279	4.095	-5.759	-30.943	28.503	-6.68	-317.86	16.88	-5.77	-318.78	-0.028	-0.149	0.151
Stony8	F33	97	582 Comb2	-6.076	-30.725	-3.011	-5.714	-31.088	28.661	-4.49	-318.34	-15.39	-3.75	-319.09	0.166	-0.148	0.152
Stony8	F46	110	596 Comb2	-7.754	-31.062	2.598	-7.468	-31.368	28.38	13.7	-322.02	37.82	17.91	-326.23	0.061	-0.167	0.178
Stony8	F44	108	594 Comb2	-8.59	-29.46	-3.195	-8.112	-29.938	26.819	3.05	-324.59	-31.31	6.01	-327.56	0.062	-0.171	0.182
Stony8	F35	99	587 Comb2	-6.377	-30.977	-2.343	-6.156	-31.199	28.621	8.41	-327.73	-36.73	12.38	-331.69	-0.061	-0.168	0.178
Stony8	F41	105	591 Comb2	-7.514	-29.88	0.704	-7.492	-29.902	26.949	2.01	-331.71	-39.86	6.71	-336.4	0.037	-0.185	0.189
Stony8	F46	110	595 Comb2	-6.983	-30.761	2.783	-7.026	-29.258	26.454	2.04	-328.99	31.55	5.02	-333.02	-0.077	-0.201	0.215
Stony8	F42	106	591 Comb2	-6.083	-29.504	-3.846	-6.067	-31.45	28.898	-3.36	-331.79	-27.13	-1.14	-334.01	0.038	-0.199	0.203
Stony8	F35	99	585 Comb2	-6.083	-29.504	-3.846	-6.067	-31.45	28.898	-3.36	-331.79	-27.13	-1.14	-334.01	0.038	-0.199	0.203
Stony8	F43	107	593 Comb2	-8.533	-29.475	3.336	-8.014	-29.994	26.897	-19.35	-334.85	-18.13	-18.31	-335.89	-0.015	-0.211	0.212
Stony8	F40	104	589 Comb2	-6.794	-29.438	-4.334	-5.993	-30.239	27.733	-18.61	-337.18	-29.87	-15.83	-339.96	0.046	-0.208	0.213
Stony8	F47	111	596 Comb2	-8.714	-30.33	-7.734	-8.131	-30.33	28.248	-18.41	-337.2	-16.88	-17.52	-338.09	0.039	-0.227	0.23
Stony6	W31	31	516 Comb2	3.486	-15.844	-5.891	-98.825	101.898	-413.76	-192.89	-179.53	-0.309	-0.299	-572.6	0.072	-0.072	0.072

Stony8B F38	102 Floor	-7,691	-28,547	-3,87	-6,996	-29,242	26,447	-19,28	-338,38	-18,52	-18,21	-339,45	0,02	0,214	0,215
Stony6 W18	18 Wall	4,141	97,418	15,588	6,479	99,756	103,149	-418,98	-338,66	196,33	-178,42	-579,22	-0,315	0,295	0,482
Stony8B F44	108 Floor	-8,299	-28,004	0,118	-8,298	-28,005	24,915	-8,04	-339,31	49,05	-2,54	-344,81	-0,042	0,207	0,211
Stony8B F39	103 Floor	-6,302	-29,932	3,362	-5,833	-30,01	27,945	-13,73	-339,36	24,43	-11,9	-341,19	-0,023	0,206	0,207
Stony8B F34	98 Floor	-7,647	-29,801	5,41	-6,397	-31,051	28,399	-76,04	-342,33	17,58	-25,07	-343,31	-0,027	0,233	0,235
Stony8B F42	106 Floor	-6,931	-32,186	2,13	-6,759	-32,365	29,573	-1,47	-342,36	38,7	2,87	-346,7	-0,058	0,235	0,242
Stony8B F37	101 Floor	-7,061	-27,307	-0,491	-7,049	-27,319	24,565	-8,74	-343,36	-43,75	-3,12	-348,98	0,043	0,209	0,213
Stony8B F43	107 Floor	-8,734	-30,48	-6,459	-6,96	-32,253	29,398	-8,17	-343,55	-36,71	-4,19	-347,53	0,07	0,252	0,261
Stony8B F45	109 Floor	-10,848	-26,937	6,908	-8,289	-29,496	26,349	-25,69	-343,62	21,28	-24,27	-345,04	-0,048	0,243	0,248
Stony8B F40	104 Floor	-6,663	-28,617	3,619	-6,049	-29,197	26,692	-20,93	-344,45	31,35	-17,92	-347,46	-0,045	0,225	0,229
Stony8B F39	103 Floor	-6,528	-31,064	-2,51	-6,274	-31,318	28,7	-3,22	-344,52	-41,07	1,66	-349,4	0,073	0,235	0,246
Stony8B F41	105 Floor	-6,529	-28,492	-3,816	-5,885	-29,136	26,685	-25,34	-344,84	-32,25	-22,12	-348,07	0,014	0,227	0,228
Stony5A W4	4 Wall	20,451	-35,553	81,757	78,668	-99,97	149,873	-42,87	-345,61	-11,33	-343,78	-414,74	-0,368	0,965	0,675
Stony8B F48	112 Floor	-9,466	-26,542	7,165	-6,858	-29,151	26,398	-28,02	-347,63	-20,73	-26,68	-348,97	0,047	0,246	0,25
Stony8B F36	100 Floor	-7,935	-29,766	5,94	-6,423	-31,278	28,612	-11,3	-347,67	35,89	-7,51	-351,46	-0,065	0,258	0,263
Stony8B F38	102 Floor	-6,076	-30,721	2,694	-5,784	-31,012	28,563	-9,1	-347,79	52,2	-1,23	-355,65	0,02	0,248	0,256
Stony8B F33	97 Floor	-10,633	-25,863	-5,727	-8,72	-27,777	24,604	-33,56	-350,99	-23,14	-31,58	-352,97	0,03	0,261	0,263
Stony8B F36	100 Floor	-9,224	-25,334	5,659	-7,435	-27,123	24,275	-35,33	-355,5	23,36	-33,39	-357,49	-0,03	0,266	0,267
Stony8B F47	111 Floor	-8,493	-29,225	6,731	-6,5	-27,128	28,529	-24,46	-357,59	32,84	-21,25	-360,8	-0,042	0,288	0,291
Stony8B F34	98 Floor	-7,589	-29,511	-6,175	-5,97	-31,131	28,617	-24,48	-359,6	-31,65	-21,52	-362,56	0,054	0,289	0,294
Stony6 W30	30 Wall	79,214	-83,837	-13,634	80,346	-84,969	143,186	-106,785	-361,7	-21,774	-299,96	-1129,59	-0,46	-0,314	0,557
Stony6 W19	19 Wall	80,718	-84,832	14,527	81,983	-86,097	145,576	-108,63	-373,68	221,76	-310,11	-1147,21	0,464	-0,329	0,568
Stony6 W47	47 Wall	15,153	-36,349	-0,618	15,16	-36,357	45,857	76,42	-397,29	-112	101,57	-422,43	0,15	-0,249	0,291
Stony6 W34	34 Wall	13,84	-24,691	1,984	-15,947	-36,962	47,01	77,61	-406,13	114,29	103,25	-431,77	-0,152	-0,257	0,298
Stony6 W29	29 Wall	2,12	-24,463	9,494	-2,995	-26,946	28,94	-221,46	-432,72	-36,6	-21,53	-438,88	0,126	0,446	0,464
Stony6A W48	48 Wall	9,902	-25,634	-12,55	13,888	-29,62	38,491	-52,58	-433,43	37,43	-212,54	-439,78	-0,123	0,458	0,475
Stony6A W33	33 Wall	7,744	-65,661	11,185	12,752	-26,915	36,978	-52,58	-450,51	35,98	-49,35	-455,74	0,062	-0,188	0,198
Stony6A W38	38 Wall	8,988	-66,283	8,988	-25,317	15,629	-73,546	-136,41	-461	-30,12	-133,64	-463,77	-0,088	-0,337	0,348
Stony6A W43	43 Wall	9,054	-65,102	-22,173	15,178	-71,226	79,903	-145,47	-470,6	-27,85	-143,1	-472,96	-0,077	-0,346	0,355
Stony6A W39	39 Wall	-8,299	-56,301	-1,426	-8,258	-58,341	54,682	-27,33	-467,46	-60,76	-21,86	-470,93	0,004	-0,34	0,351
Stony6A W42	42 Wall	-8,693	-57,994	1,892	-8,62	-58,066	54,272	-31,45	-469,73	61,64	-23,8	-470,38	0,016	-1,52	1,518
Stony8C F49	113 Floor	-11,004	-55,681	-2,326	-10,884	-55,802	51,234	-13,2	-469,91	-66,61	-6,78	-474,3	0,013	-1,52	1,52
Stony8C F64	128 Floor	-10,336	-56,019	2,715	-10,199	-56,179	51,898	-1,9	-470,13	68,6	4,76	-470,84	-0,013	-1,522	1,522
Stony8C F60	124 Floor	-8,654	-58,169	1,058	-8,631	-58,191	54,392	-23,36	-474,38	69,63	-16,31	-471,43	-0,043	-1,523	1,523
Stony8C F62	126 Floor	-8,54	-56,096	-0,043	-10,376	-56,096	51,695	-9,5	-470,38	-65,09	-3,44	-470,84	-0,013	-1,522	1,522
Stony8C F57	121 Floor	-10,103	-56,854	-0,449	-10,099	-56,858	52,541	-43,34	-474,73	62,2	-37,54	-471,03	0,014	-1,521	1,521
Stony8C F59	123 Floor	-11,023	-55,773	0,322	-11,021	-55,776	51,163	-20,16	-474,81	66,88	-13,68	-471,28	0,016	-1,52	1,52
Stony8C F60	124 Floor	-8,755	-58,203	-0,522	-8,729	-58,209	54,372	-18,38	-476,74	-71,67	-11	-474,13	0,013	-1,518	1,518
Stony8C F58	122 Floor	-8,915	-57,959	-2,118	-8,624	-57,691	53,825	-24,63	-476,83	-65,11	-18,47	-472,99	-0,012	-1,524	1,524
Stony8C F51	115 Floor	-8,892	-56,394	-2,708	-8,738	-56,548	52,724	-6,27	-476,99	67,38	-47,38	-471,46	0,011	-1,528	1,528
Stony8C F58	122 Floor	-8,953	-57,786	0,313	-8,951	-57,788	53,873	-16,49	-477,68	68,76	-9,71	-474,46	-0,012	-1,524	1,524
Stony8C F56	120 Floor	-11,777	-55,57	1,287	-11,739	-55,607	50,766	-54,24	-478,76	-71,52	-33,9	-471,52	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F61	125 Floor	-8,426	-57,666	0,754	-8,414	-57,678	53,965	-39,28	-478,96	-64,45	-32,35	-471,58	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F56	120 Floor	-9,814	-57,364	0,419	-9,81	-57,367	53,146	-44,78	-479,04	-66,15	-38,26	-471,56	0,01	-1,525	1,525
Stony8C F63	127 Floor	-10,079	-56,73	-2,595	-9,935	-56,874	52,615	-32,42	-479,14	-71,35	-24,98	-471,58	0,014	-1,521	1,521
Stony8C F59	123 Floor	-8,862	-56,244	0,157	-8,862	-56,244	52,379	-11,8	-479,46	67,1	-5,41	-471,87	0,011	-1,528	1,528
Stony8C F51	115 Floor	-8,614	-57,973	-1,253	-8,583	-58,004	54,225	-48,03	-471,03	-64,1	-41,88	-476,44	-0,043	-1,523	1,523
Stony8C F57	121 Floor	-8,38	-57,957	1,616	-8,427	-57,959	54,269	-42,26	-478,76	65,43	-33,9	-471,52	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F61	125 Floor	-8,426	-57,666	0,754	-8,414	-57,678	53,965	-39,28	-478,96	-64,45	-32,35	-471,58	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F56	120 Floor	-9,814	-57,364	0,419	-9,81	-57,367	53,146	-44,78	-479,04	-66,15	-38,26	-471,56	0,01	-1,525	1,525
Stony8C F63	127 Floor	-10,079	-56,73	-2,595	-9,935	-56,874	52,615	-32,42	-479,14	-71,35	-24,98	-471,58	0,014	-1,521	1,521
Stony8C F59	123 Floor	-8,862	-56,244	0,157	-8,862	-56,244	52,379	-11,8	-479,46	67,1	-5,41	-471,87	0,011	-1,528	1,528
Stony8C F51	115 Floor	-8,614	-57,973	-1,253	-8,583	-58,004	54,225	-48,03	-471,03	-64,1	-41,88	-476,44	-0,043	-1,523	1,523
Stony8C F57	121 Floor	-8,38	-57,957	1,616	-8,427	-57,959	54,269	-42,26	-478,76	65,43	-33,9	-471,52	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F61	125 Floor	-8,426	-57,666	0,754	-8,414	-57,678	53,965	-39,28	-478,96	-64,45	-32,35	-471,58	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F56	120 Floor	-9,814	-57,364	0,419	-9,81	-57,367	53,146	-44,78	-479,04	-66,15	-38,26	-471,56	0,01	-1,525	1,525
Stony8C F63	127 Floor	-10,079	-56,73	-2,595	-9,935	-56,874	52,615	-32,42	-479,14	-71,35	-24,98	-471,58	0,014	-1,521	1,521
Stony8C F59	123 Floor	-8,862	-56,244	0,157	-8,862	-56,244	52,379	-11,8	-479,46	67,1	-5,41	-471,87	0,011	-1,528	1,528
Stony8C F51	115 Floor	-8,614	-57,973	-1,253	-8,583	-58,004	54,225	-48,03	-471,03	-64,1	-41,88	-476,44	-0,043	-1,523	1,523
Stony8C F57	121 Floor	-8,38	-57,957	1,616	-8,427	-57,959	54,269	-42,26	-478,76	65,43	-33,9	-471,52	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F61	125 Floor	-8,426	-57,666	0,754	-8,414	-57,678	53,965	-39,28	-478,96	-64,45	-32,35	-471,58	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F56	120 Floor	-9,814	-57,364	0,419	-9,81	-57,367	53,146	-44,78	-479,04	-66,15	-38,26	-471,56	0,01	-1,525	1,525
Stony8C F63	127 Floor	-10,079	-56,73	-2,595	-9,935	-56,874	52,615	-32,42	-479,14	-71,35	-24,98	-471,58	0,014	-1,521	1,521
Stony8C F59	123 Floor	-8,862	-56,244	0,157	-8,862	-56,244	52,379	-11,8	-479,46	67,1	-5,41	-471,87	0,011	-1,528	1,528
Stony8C F51	115 Floor	-8,614	-57,973	-1,253	-8,583	-58,004	54,225	-48,03	-471,03	-64,1	-41,88	-476,44	-0,043	-1,523	1,523
Stony8C F57	121 Floor	-8,38	-57,957	1,616	-8,427	-57,959	54,269	-42,26	-478,76	65,43	-33,9	-471,52	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F61	125 Floor	-8,426	-57,666	0,754	-8,414	-57,678	53,965	-39,28	-478,96	-64,45	-32,35	-471,58	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F56	120 Floor	-9,814	-57,364	0,419	-9,81	-57,367	53,146	-44,78	-479,04	-66,15	-38,26	-471,56	0,01	-1,525	1,525
Stony8C F63	127 Floor	-10,079	-56,73	-2,595	-9,935	-56,874	52,615	-32,42	-479,14	-71,35	-24,98	-471,58	0,014	-1,521	1,521
Stony8C F59	123 Floor	-8,862	-56,244	0,157	-8,862	-56,244	52,379	-11,8	-479,46	67,1	-5,41	-471,87	0,011	-1,528	1,528
Stony8C F51	115 Floor	-8,614	-57,973	-1,253	-8,583	-58,004	54,225	-48,03	-471,03	-64,1	-41,88	-476,44	-0,043	-1,523	1,523
Stony8C F57	121 Floor	-8,38	-57,957	1,616	-8,427	-57,959	54,269	-42,26	-478,76	65,43	-33,9	-471,52	0,005	-1,524	1,524
Stony8C F61	125 Floor	-8,426	-57,666	0,754	-8,414	-57,678	53,965	-39,28	-478,96	-64,45	-32,35				

TABLE: Column Forces

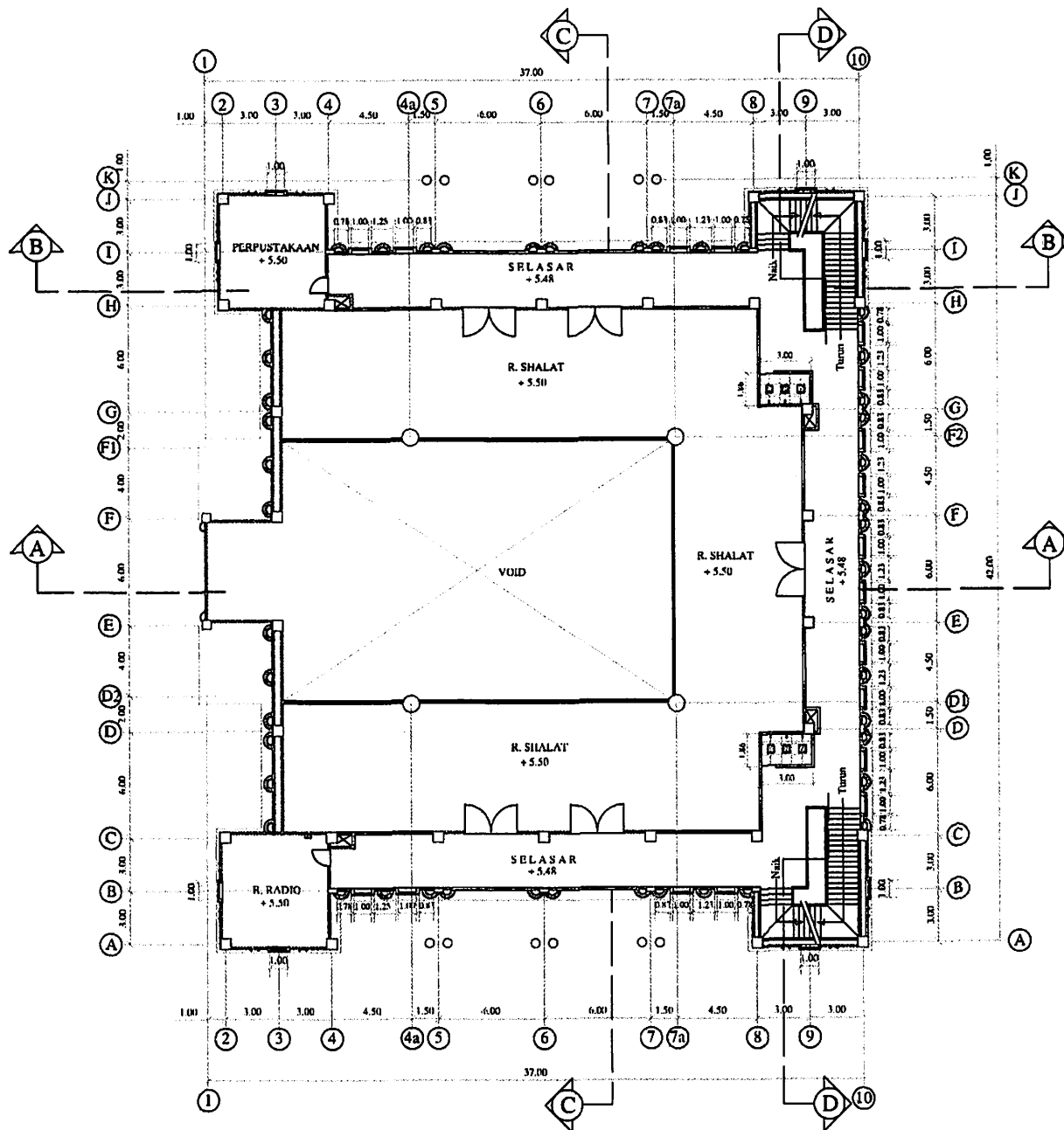
Story	Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station m	P kN	V2 kN	V3 kN	T kN-m	M2 kN-m	M3 kN-m
Story1	C1	8 Comb2		0	-1051,9421	-11,0083	-15,9588	-0,0004	-29,1323	-18,802
Story1	C1	8 Comb2		2,4	-1034,9963	-11,0083	-15,9588	-0,0004	9,1689	7,618
Story1	C1	8 Comb2		4,8	-1018,0504	-11,0083	-15,9588	-0,0004	47,47	34,0379
Story1	C2	10 Comb2		0	-719,4521	13,2925	-6,6426	-0,0004	-12,1957	25,3784
Story1	C2	10 Comb2		2,4	-702,5062	13,2925	-6,6426	-0,0004	3,7466	-6,5237
Story1	C2	10 Comb2		4,8	-685,5603	13,2925	-6,6426	-0,0004	19,6889	-38,4257
Story1	C3	34 Comb2		0	-674,3244	-9,1267	-4,6288	-0,0004	-8,5378	-15,3811
Story1	C3	34 Comb2		2,4	-657,3786	-9,1267	-4,6288	-0,0004	2,5714	6,523
Story1	C3	34 Comb2		4,8	-640,4327	-9,1267	-4,6288	-0,0004	13,6805	28,4271
Story1	C4	57 Comb2		0	-866,5589	10,5008	-7,4883	-0,0004	-13,7374	20,3029
Story1	C4	57 Comb2		2,4	-849,613	10,5008	-7,4883	-0,0004	4,2346	-4,899
Story1	C4	57 Comb2		4,8	-832,6671	10,5008	-7,4883	-0,0004	22,2066	-30,1009
Story1	C5	58 Comb2		0	-1240,0392	3,7157	-0,1826	-0,0002	-0,3816	7,2724
Story1	C5	58 Comb2		2,4	-1229,1939	3,7157	-0,1826	-0,0002	0,0565	-1,6454
Story1	C5	58 Comb2		4,8	-1218,3485	3,7157	-0,1826	-0,0002	0,4946	-10,5631
Story1	C6	74 Comb2		0	-937,1023	0,2563	-0,643	-0,0002	-1,2216	0,9639
Story1	C6	74 Comb2		2,4	-926,2569	0,2563	-0,643	-0,0002	0,3216	0,3488
Story1	C6	74 Comb2		4,8	-915,4115	0,2563	-0,643	-0,0002	1,8647	-0,2664
Story1	C7	151 Comb2		0	-929,043	0,4743	-0,2432	-0,0002	-0,4929	1,3614
Story1	C7	151 Comb2		2,4	-918,1976	0,4743	-0,2432	-0,0002	0,0908	0,2231
Story1	C7	151 Comb2		4,8	-907,3522	0,4743	-0,2432	-0,0002	0,6744	-0,9151
Story1	C8	152 Comb2		0	-928,0983	0,9271	-0,7615	-0,0002	-1,4384	2,1871
Story1	C8	152 Comb2		2,4	-917,253	0,9271	-0,7615	-0,0002	0,3892	-0,0379
Story1	C8	152 Comb2		4,8	-906,4076	0,9271	-0,7615	-0,0002	2,2168	-2,2629
Story1	C9	153 Comb2		0	-1198,4942	-3,5495	-0,4267	-0,0002	-0,8282	-5,9762
Story1	C9	153 Comb2		2,4	-1187,6488	-3,5495	-0,4267	-0,0002	0,1959	2,5426
Story1	C9	153 Comb2		4,8	-1176,8034	-3,5495	-0,4267	-0,0002	1,2199	11,0615
Story1	C10	154 Comb2		0	-1301,7675	-17,7268	12,1674	-0,0004	22,0028	-31,0158
Story1	C10	154 Comb2		2,4	-1284,8216	-17,7268	12,1674	-0,0004	-7,1988	11,5286
Story1	C10	154 Comb2		4,8	-1267,8757	-17,7268	12,1674	-0,0004	-36,4005	54,073

Story1	C11	155 Comb2	0	-1917,003	6,1928	-5,613	-0,0004	-10,3237	12,4715
Story1	C11	155 Comb2	2,4	-1900,0571	6,1928	-5,613	-0,0004	3,1474	-2,3912
Story1	C11	155 Comb2	4,8	-1883,1112	6,1928	-5,613	-0,0004	16,6185	-17,2539
Story1	C12	156 Comb2	0	-1869,9525	10,2367	-22,0689	-0,0004	-40,2424	19,8235
Story1	C12	156 Comb2	2,35	-1853,3597	10,2367	-22,0689	-0,0004	11,6195	-4,2327
Story1	C12	156 Comb2	4,7	-1836,7668	10,2367	-22,0689	-0,0004	63,4814	-28,2889
Story1	C13	157 Comb2	0	-2072,7584	2,2102	-43,484	-0,0004	-79,1773	5,231
Story1	C13	157 Comb2	2,4	-2055,8125	2,2102	-43,484	-0,0004	25,1844	-0,0736
Story1	C13	157 Comb2	4,8	-2038,8666	2,2102	-43,484	-0,0004	129,5461	-5,3782
Story1	C14	158 Comb2	0	-1755,8159	-8,4688	-19,3424	-0,0004	-35,2871	-14,1841
Story1	C14	158 Comb2	2,35	-1739,2231	-8,4688	-19,3424	-0,0004	10,1675	5,7175
Story1	C14	158 Comb2	4,7	-1722,6302	-8,4688	-19,3424	-0,0004	55,622	25,6191
Story1	C15	159 Comb2	0	-1905,5827	8,6251	-25,7234	-0,0004	-46,8891	16,8936
Story1	C15	159 Comb2	2,4	-1888,6368	8,6251	-25,7234	-0,0004	14,8471	-3,8067
Story1	C15	159 Comb2	4,8	-1871,6909	8,6251	-25,7234	-0,0004	76,5834	-24,507
Story1	C16	160 Comb2	0	-1216,9915	9,4157	-3,1675	-0,0004	-5,8819	18,331
Story1	C16	160 Comb2	2,4	-1200,0456	9,4157	-3,1675	-0,0004	1,7201	-4,2668
Story1	C16	160 Comb2	4,8	-1183,0997	9,4157	-3,1675	-0,0004	9,3221	-26,8645
Story1	C17	161 Comb2	0	-1368,0974	-7,5267	-0,2212	-0,0004	-0,5208	-12,4705
Story1	C17	161 Comb2	2,35	-1351,5045	-7,5267	-0,2212	-0,0004	-0,0009	5,2172
Story1	C17	161 Comb2	4,7	-1334,9117	-7,5267	-0,2212	-0,0004	0,5189	22,9049
Story1	C18	162 Comb2	0	-1967,3534	24,79	-4,3266	-0,0004	-7,9888	46,2832
Story1	C18	162 Comb2	2,35	-1950,7605	24,79	-4,3266	-0,0004	2,1787	-11,9733
Story1	C18	162 Comb2	4,7	-1934,1677	24,79	-4,3266	-0,0004	12,3462	-70,2298
Story1	C19	163 Comb2	0	-834,1883	3,1016	0,5697	-0,0002	0,9884	6,153
Story1	C19	163 Comb2	2,4	-823,343	3,1016	0,5697	-0,0002	-0,3788	-1,2909
Story1	C19	163 Comb2	4,8	-812,4976	3,1016	0,5697	-0,0002	-1,7461	-8,7347
Story1	C20	164 Comb2	0	-4954,2943	-93,9484	65,9507	-0,0043	116,9843	-156,8146
Story1	C20	164 Comb2	2,25	-4904,3845	-93,9484	65,9507	-0,0043	-31,4049	54,5694
Story1	C20	164 Comb2	4,5	-4854,4748	-93,9484	65,9507	-0,0043	-179,794	265,9533
Story1	C21	165 Comb2	0	-6555,85	52,8027	-92,8839	-0,0043	-167,4938	106,0033
Story1	C21	165 Comb2	2,25	-6505,9402	52,8027	-92,8839	-0,0043	41,4951	-12,8027
Story1	C21	165 Comb2	4,5	-6456,0305	52,8027	-92,8839	-0,0043	250,4839	-131,6087

Story1	C22	166 Comb2	0	-164,4298	-8,8082	-7,4615	-13,6549	-15,5651
Story1	C22	166 Comb2	2,55	-152,9066	-8,8082	-7,4615	5,372	6,8958
Story1	C22	166 Comb2	5,1	-141,3834	-8,8082	-7,4615	24,399	29,3566
Story1	C23	167 Comb2	0	-683,4299	-2,5021	-6,3563	-11,6394	-4,0653
Story1	C23	167 Comb2	2,4	-672,5845	-2,5021	-6,3563	3,6157	1,9397
Story1	C23	167 Comb2	4,8	-661,7391	-2,5021	-6,3563	18,8708	7,9447
Story1	C24	168 Comb2	0	-929,6859	0,8377	-2,0118	-3,7191	2,025
Story1	C24	168 Comb2	2,4	-918,8406	0,8377	-2,0118	1,1092	0,0145
Story1	C24	168 Comb2	4,8	-907,9952	0,8377	-2,0118	5,9375	-1,996
Story1	C25	169 Comb2	0	-951,8083	0,412	11,3884	20,5861	1,9632
Story1	C25	169 Comb2	2,4	-934,8625	0,412	11,3884	-6,7459	0,9746
Story1	C25	169 Comb2	4,8	-917,9166	0,412	11,3884	-34,078	-0,0141
Story1	C26	170 Comb2	0	-2356,0677	49,2521	-4,3031	-7,946	90,7576
Story1	C26	170 Comb2	2,4	-2339,1218	49,2521	-4,3031	2,3814	-27,4475
Story1	C26	170 Comb2	4,8	-2322,1759	49,2521	-4,3031	12,7087	-145,6526
Story1	C27	171 Comb2	0	-951,8257	0,4165	-11,591	-21,1917	1,9723
Story1	C27	171 Comb2	2,4	-934,8799	0,4165	-11,591	6,6267	0,9727
Story1	C27	171 Comb2	4,8	-917,934	0,4165	-11,591	34,445	-0,0268
Story1	C28	172 Comb2	0	-2355,8013	49,2524	4,0663	7,2701	90,759
Story1	C28	172 Comb2	2,4	-2338,8554	49,2524	4,0663	-2,4891	-27,4468
Story1	C28	172 Comb2	4,8	-2321,9095	49,2524	4,0663	-12,2483	-145,6525
Story1	C29	173 Comb2	0	-929,7047	0,8383	1,9096	3,4318	2,0265
Story1	C29	173 Comb2	2,4	-918,8593	0,8383	1,9096	-1,1512	0,0145
Story1	C29	173 Comb2	4,8	-908,0139	0,8383	1,9096	-5,7342	-1,9975
Story1	C30	174 Comb2	0	-683,5652	-2,5017	6,2629	11,3725	-4,0642
Story1	C30	174 Comb2	2,4	-672,7199	-2,5017	6,2629	-3,6586	1,9398
Story1	C30	174 Comb2	4,8	-661,8745	-2,5017	6,2629	-18,6896	7,9438
Story1	C31	175 Comb2	0	-164,3889	-8,8093	7,3963	13,4393	-15,5664
Story1	C31	175 Comb2	2,55	-152,8657	-8,8093	7,3963	-5,4213	6,8974
Story1	C31	175 Comb2	5,1	-141,3425	-8,8093	7,3963	-24,2819	29,3612
Story1	C32	176 Comb2	0	-4942,0897	-93,8674	-67,1561	-121,398	-156,6499
Story1	C32	176 Comb2	2,25	-4892,1799	-93,8674	-67,1561	29,7033	54,5518
Story1	C32	176 Comb2	4,5	-4842,2701	-93,8674	-67,1561	180,8045	265,7534

Story1	C33	177 Comb2	0	-6512,7999	52,8083	91,4114	-0,0043	162,5624	106,033
Story1	C33	177 Comb2	2,25	-6462,8901	52,8083	91,4114	-0,0043	-43,1132	-12,7857
Story1	C33	177 Comb2	4,5	-6412,9803	52,8083	91,4114	-0,0043	-248,7889	-131,6045
Story1	C34	178 Comb2	0	-1367,5175	-7,5165	0,0038	-0,0004	-0,1117	-12,4495
Story1	C34	178 Comb2	2,35	-1350,9246	-7,5165	0,0038	-0,0004	-0,1206	5,2143
Story1	C34	178 Comb2	4,7	-1334,3317	-7,5165	0,0038	-0,0004	-0,1295	22,878
Story1	C35	179 Comb2	0	-1967,1563	24,787	4,0861	-0,0004	7,306	46,2802
Story1	C35	179 Comb2	2,35	-1950,5634	24,787	4,0861	-0,0004	-2,2963	-11,9692
Story1	C35	179 Comb2	4,7	-1933,9706	24,787	4,0861	-0,0004	-11,8986	-70,2186
Story1	C36	180 Comb2	0	-834,1495	3,1032	-0,6732	-0,0002	-1,278	6,1569
Story1	C36	180 Comb2	2,4	-823,3041	3,1032	-0,6732	-0,0002	0,3376	-1,2907
Story1	C36	180 Comb2	4,8	-812,4588	3,1032	-0,6732	-0,0002	1,9532	-8,7383
Story1	C37	181 Comb2	0	-1296,3761	-17,7407	-12,3799	-0,0004	-22,6256	-31,037
Story1	C37	181 Comb2	2,4	-1279,4303	-17,7407	-12,3799	-0,0004	7,0862	11,5408
Story1	C37	181 Comb2	4,8	-1262,4844	-17,7407	-12,3799	-0,0004	36,798	54,1186
Story1	C38	182 Comb2	0	-1917,9058	6,192	5,3251	-0,0004	9,5623	12,4742
Story1	C38	182 Comb2	2,4	-1900,9599	6,192	5,3251	-0,0004	-3,2179	-2,3866
Story1	C38	182 Comb2	4,8	-1884,014	6,192	5,3251	-0,0004	-15,998	-17,2474
Story1	C39	183 Comb2	0	-1868,5449	10,2479	21,7337	-0,0004	39,3934	19,8481
Story1	C39	183 Comb2	2,35	-1851,952	10,2479	21,7337	-0,0004	-11,6809	-4,2345
Story1	C39	183 Comb2	4,7	-1835,3592	10,2479	21,7337	-0,0004	-62,7551	-28,3171
Story1	C40	184 Comb2	0	-2070,5509	2,2123	43,1339	-0,0004	78,2994	5,239
Story1	C40	184 Comb2	2,4	-2053,605	2,2123	43,1339	-0,0004	-25,222	-0,0707
Story1	C40	184 Comb2	4,8	-2036,6591	2,2123	43,1339	-0,0004	-128,7433	-5,3803
Story1	C41	185 Comb2	0	-1756,77	-8,4641	18,9748	-0,0004	34,3759	-14,1715
Story1	C41	185 Comb2	2,35	-1740,1772	-8,4641	18,9748	-0,0004	-10,215	5,7192
Story1	C41	185 Comb2	4,7	-1723,5843	-8,4641	18,9748	-0,0004	-54,8058	25,6099
Story1	C42	186 Comb2	0	-1906,6291	8,6323	25,4674	-0,0004	46,1789	16,9108
Story1	C42	186 Comb2	2,4	-1889,6832	8,6323	25,4674	-0,0004	-14,9428	-3,8067
Story1	C42	186 Comb2	4,8	-1872,7373	8,6323	25,4674	-0,0004	-76,0645	-24,5241
Story1	C43	187 Comb2	0	-1218,1029	9,4252	2,9292	-0,0004	5,2023	18,3523
Story1	C43	187 Comb2	2,4	-1201,157	9,4252	2,9292	-0,0004	-1,8278	-4,2681
Story1	C43	187 Comb2	4,8	-1184,2111	9,4252	2,9292	-0,0004	-8,8579	-26,8885

Story1	C44	188 Comb2	0	-1272,7978	3,6933	0,2626	-0,0002	0,4302	7,2336
Story1	C44	188 Comb2	2,4	-1261,9524	3,6933	0,2626	-0,0002	-0,2001	-1,6304
Story1	C44	188 Comb2	4,8	-1251,107	3,6933	0,2626	-0,0002	-0,8304	-10,4944
Story1	C45	189 Comb2	0	-965,661	0,2737	0,867	-0,0002	1,5319	0,9977
Story1	C45	189 Comb2	2,4	-954,8156	0,2737	0,867	-0,0002	-0,5488	0,3408
Story1	C45	189 Comb2	4,8	-943,9703	0,2737	0,867	-0,0002	-2,6295	-0,3162
Story1	C46	190 Comb2	0	-962,8854	0,428	0,4876	-0,0002	0,8397	1,2791
Story1	C46	190 Comb2	2,4	-952,04	0,428	0,4876	-0,0002	-0,3305	0,2518
Story1	C46	190 Comb2	4,8	-941,1946	0,428	0,4876	-0,0002	-1,5006	-0,7755
Story1	C47	191 Comb2	0	-1002,372	0,9472	0,9047	-0,0002	1,6001	2,2259
Story1	C47	191 Comb2	2,4	-991,5266	0,9472	0,9047	-0,0002	-0,5713	-0,0475
Story1	C47	191 Comb2	4,8	-980,6813	0,9472	0,9047	-0,0002	-2,7427	-2,3208
Story1	C48	192 Comb2	0	-1203,0963	-3,4576	0,4174	-0,0002	0,711	-5,8066
Story1	C48	192 Comb2	2,4	-1192,251	-3,4576	0,4174	-0,0002	-0,2907	2,4917
Story1	C48	192 Comb2	4,8	-1181,4056	-3,4576	0,4174	-0,0002	-1,2924	10,79
Story1	C49	193 Comb2	0	-1052,3832	-11,0673	15,6491	-0,0004	28,3329	-18,9035
Story1	C49	193 Comb2	2,4	-1035,4373	-11,0673	15,6491	-0,0004	-9,225	7,6581
Story1	C49	193 Comb2	4,8	-1018,4914	-11,0673	15,6491	-0,0004	-46,783	34,2198
Story1	C50	194 Comb2	0	-766,5389	13,2414	6,0313	-0,0004	10,8463	25,2912
Story1	C50	194 Comb2	2,4	-749,593	13,2414	6,0313	-0,0004	-3,6289	-6,4881
Story1	C50	194 Comb2	4,8	-732,6471	13,2414	6,0313	-0,0004	-18,104	-38,2673
Story1	C51	195 Comb2	0	-675,7882	-9,1092	4,4437	-0,0004	7,9566	-15,3435
Story1	C51	195 Comb2	2,4	-658,8423	-9,1092	4,4437	-0,0004	-2,7083	6,5186
Story1	C51	195 Comb2	4,8	-641,8964	-9,1092	4,4437	-0,0004	-13,3732	28,3808
Story1	C52	196 Comb2	0	-867,061	10,5121	7,2866	-0,0004	13,1243	20,3292
Story1	C52	196 Comb2	2,4	-850,1151	10,5121	7,2866	-0,0004	-4,3635	-4,8998
Story1	C52	196 Comb2	4,8	-833,1692	10,5121	7,2866	-0,0004	-21,8514	-30,1288



DENAH LT. 2

SKALA 1 : 250


Kegiatan	TOLERANSI DAN KERUKUNAN DALAM KEHIDUPAN BERAGAMA
Pekerjaan	REHABILITASI SEDANG/BERAT MASJID AL - MA'RUF SAMARINDA
Lokasi	KOTA SAMARINDA
Sumber Dana	APBD PROVINSI KALTIM TAHUN ANGGARAN 2013
Diketahui / Disetujui	Kuasa Pengguna Anggaran Ir. H. Supeno, N.Si., MT. NIP. 19530119 196208 1 001

Konsultan Perencana (Engineering Firm)



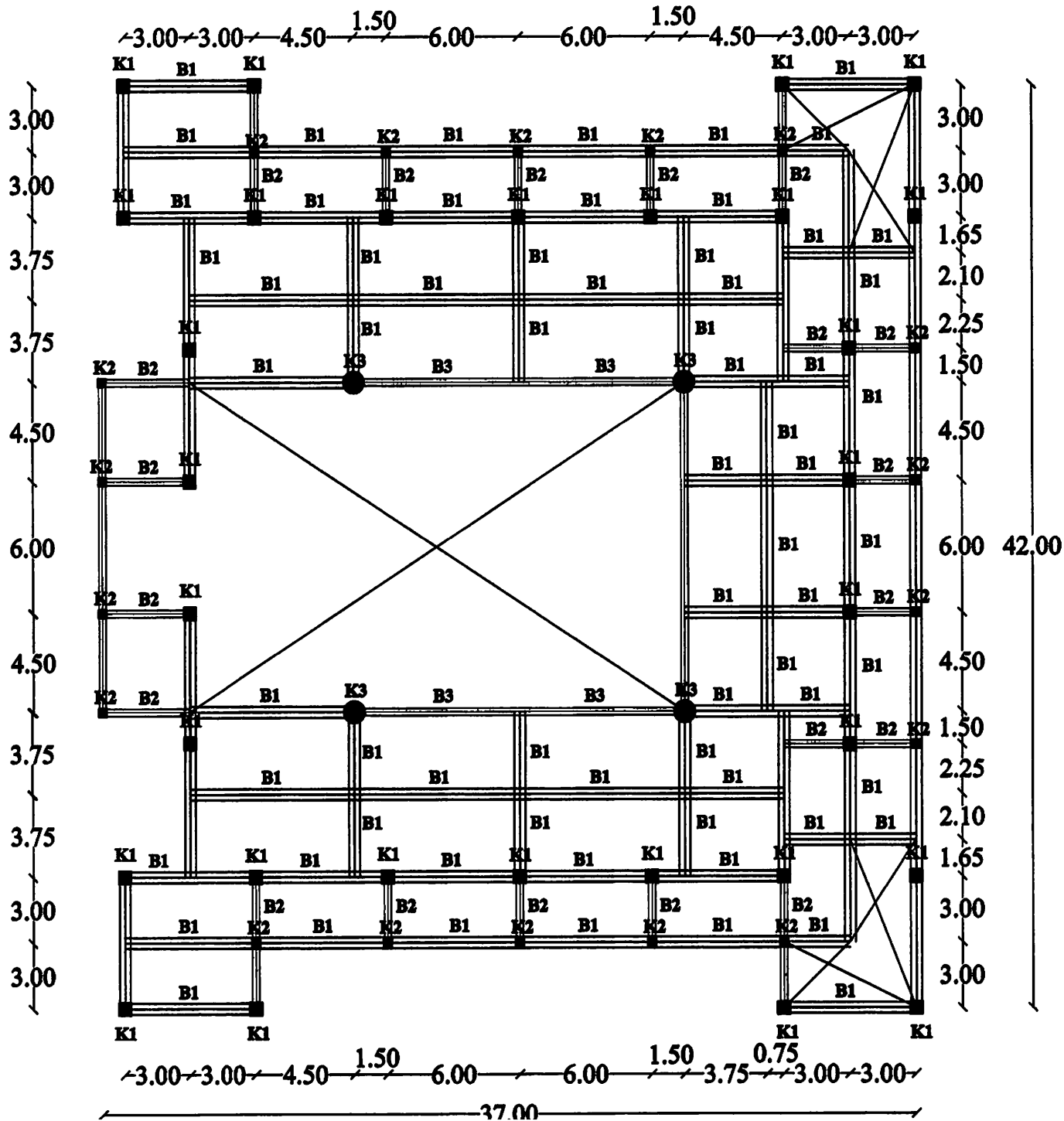
PT. ARCHEAS
ENGINEERING CONSULTANT
A. BAKAR, SAMARINDA ID TELP. (0541) 72005 FAX. (0541) 72412
EMAIL: samarinda@ptarcheas.com SAMARINDA 75121

Konsultan Perencana



PT. WIDYACONA
ENGINEERING & MANAGEMENT
TECHNIK CONSULTANT
A. TELUK UJAN KOMPLEK BIP BLOK D NO.1, TELUK ANAK (1) (541) 771533
SARANGGATI 75129 - PONDOK BESSENGI P. NO. 220 / P. 18 KTM

Nama & Posisi	Tanda Tangan		
Drafter:			
Ahmad Adlyan, ST			
Arch Arsitektur			
Ir. Edith Abram R.			
Team Leader			
Ir. H. Mubadhir			
Penanggung Jawab PT. ARCHEAS			
Ir. H. Arif Rahman H.			
Penanggung Jawab PT. WIDYACONA			
Rofli, ST			
Judul Gambar	Skala	No.lbr	Jml.lbr
Denah Lt.2	1 : 250	03	



LANTAI 2

K1 = Kolom 60/60

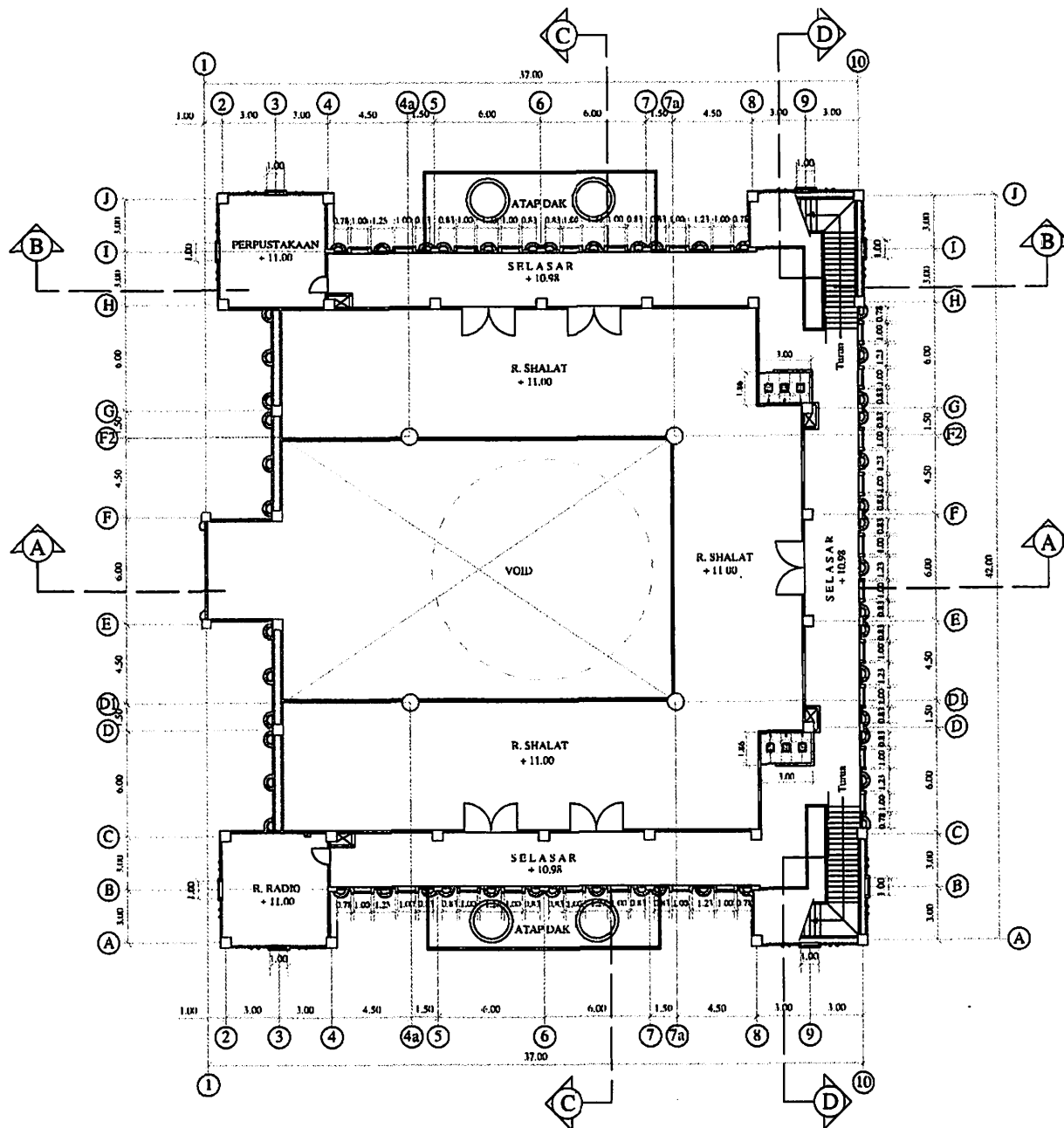
K2 = Kolom 40/40

K3 = Kolom D100

B1 = Balok 50/70

B2 = Kolom 30/40

B3 = Balok 70/100



DENAH LT. 3
SKALA 1 : 250


Kegiatan
TOLERANSI DAN KERUKUNAN DALAM KEHIDUPAN BERAGAMA
Pekerjaan
REHABILITASI SEDANG/BERAT MASJID AL - MARUF SAMARINDA
Lokasi
KOTA SAMARINDA
Sumber Dana
APBD PROVINSI KALTIM TAHUN ANGGARAN 2013
Diketahui / Disetujui
Kuasa Pengguna Anggaran
Ir. H. Supeno, M.Si, MT NIP. 19590119 196208 1 501

Konsultan Perencana (Engineering Firm)



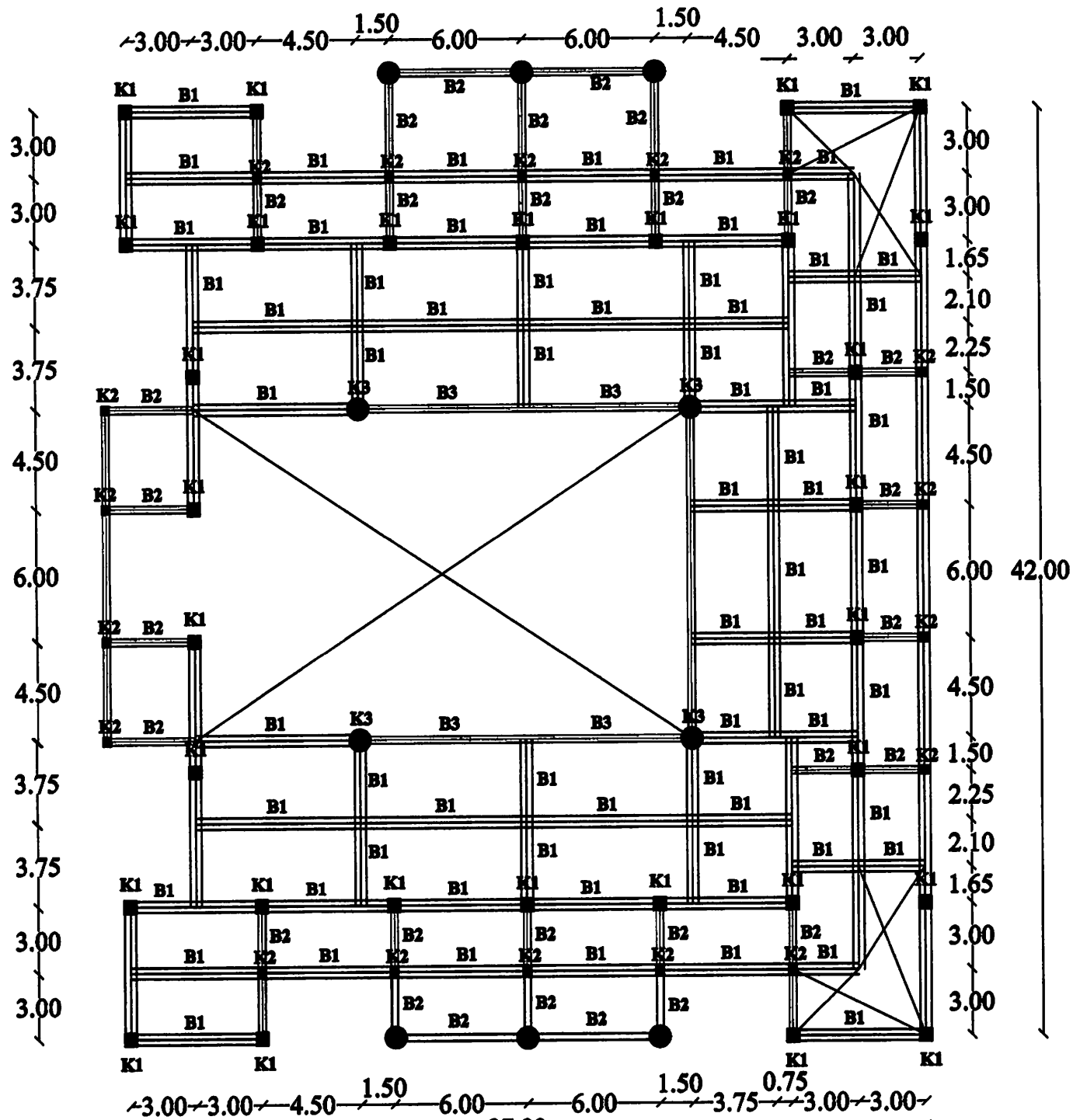
PT. ARCHEAS
ENGINEERING CONSULTANT
A. BANGSA KAWAN NO. 50 TELP. (0541) 728662 FAX. (0541) 724372
CIBALU, SAMARINDA 75121

Konsultan Perencana



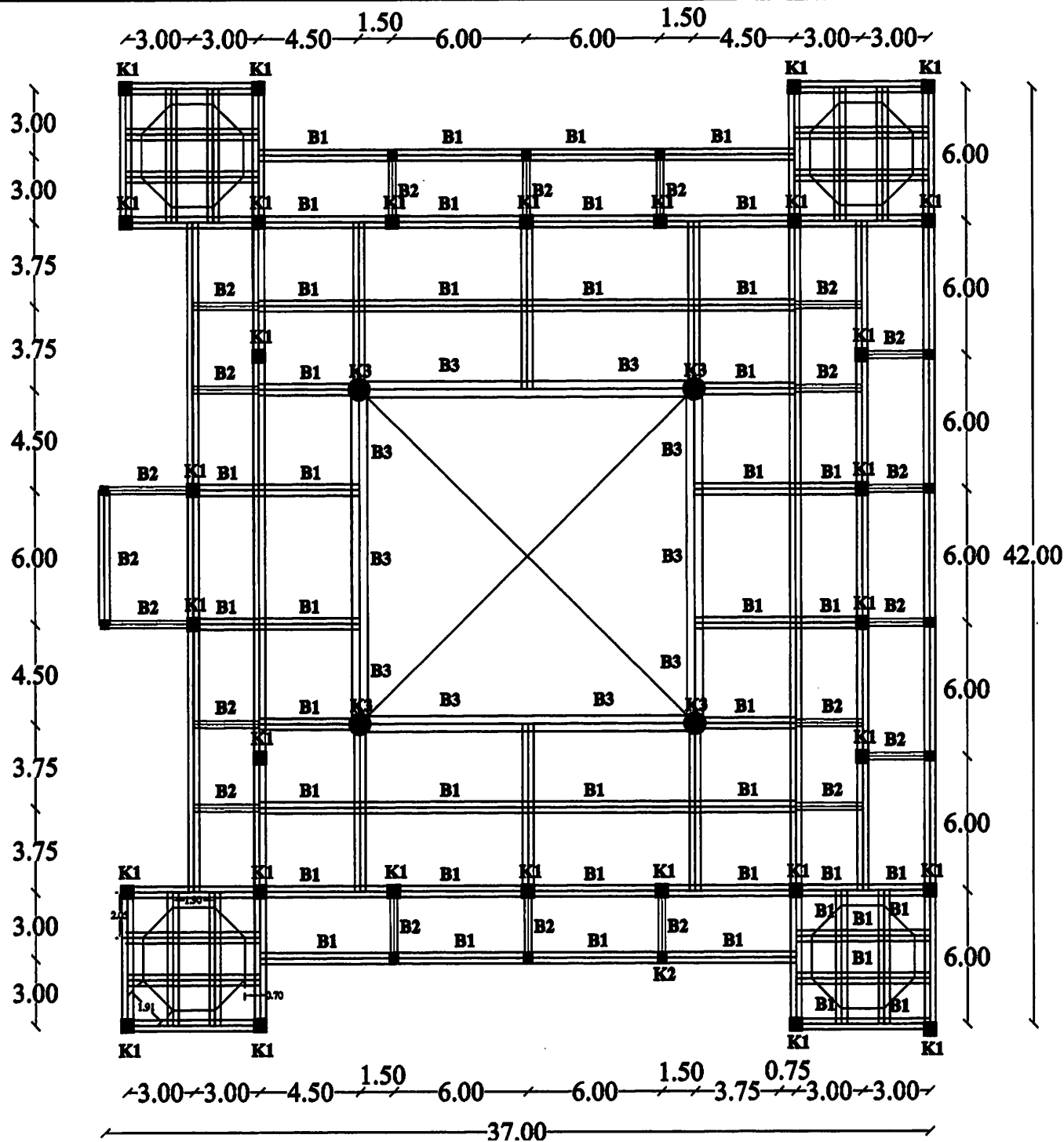
PT. WIDYACONA
ENGINEERING & BANGUNAN DESAIN
TEKNIK CONSULTANT
A. TELUK ANJAN COMPLEX BOP BANGKO MUDA, TELUK ANJAN, (5041) 275533
SAMPURNA TELUK PEKONG, KEDIRI 65200 TEL. 22017128 KTR

Nama dan Posisi	Tanda Tangan		
Drafter:			
Akhmad Adiyana, ST			
Ank. Arsitektur			
Ir. Edith Abram R			
Team Leader			
Ir. H. Mubandir			
Penanggung Jawab PT. ARCHEAS			
Ir. H. Adig Rahman H			
Penanggung Jawab PT. WIDYACONA			
Rafli, ST			
Judul Gambar	Skala	No. Ibr	Jml. Ibr
Denah Lt.3	1 : 250	04	



LANTAI 3

- K1 = Kolom 60/60**
- K2 = Kolom 40/40**
- K3 = Kolom D100**
- B1 = Balok 50/70**
- B2 = Kolom 30/40**
- B3 = Balok 70/100**



LANTAI ATAP

K1 = Kolom 60/60

K2 = Kolom 40/40

K3 = Kolom D100

B1 = Balok 50/70

B2 = Kolom 30/40

B3 = Balok 70/100

LANTAI ATAP 1 DAN 2

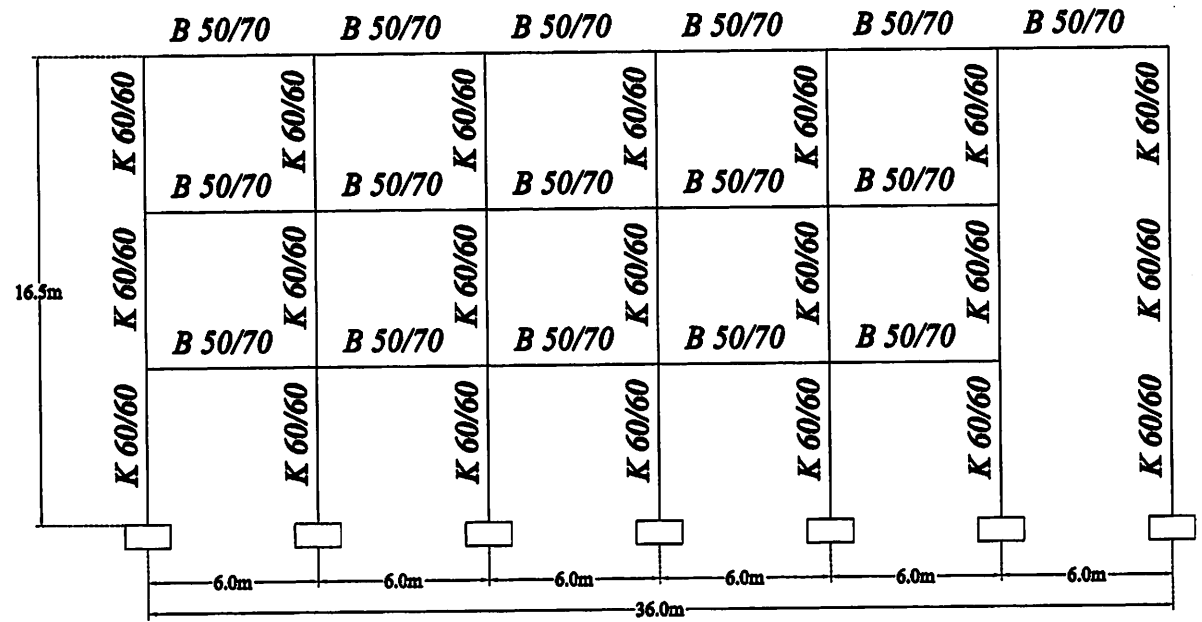
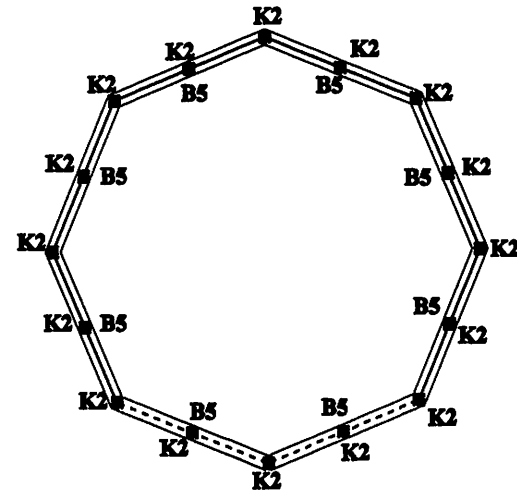
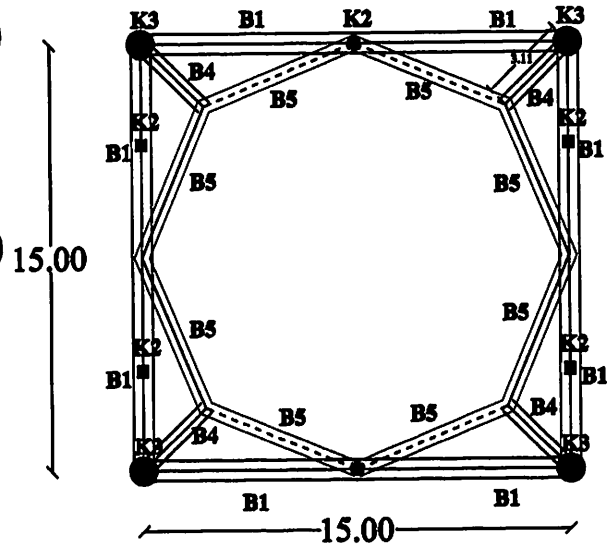
K2 = Kolom 40/40

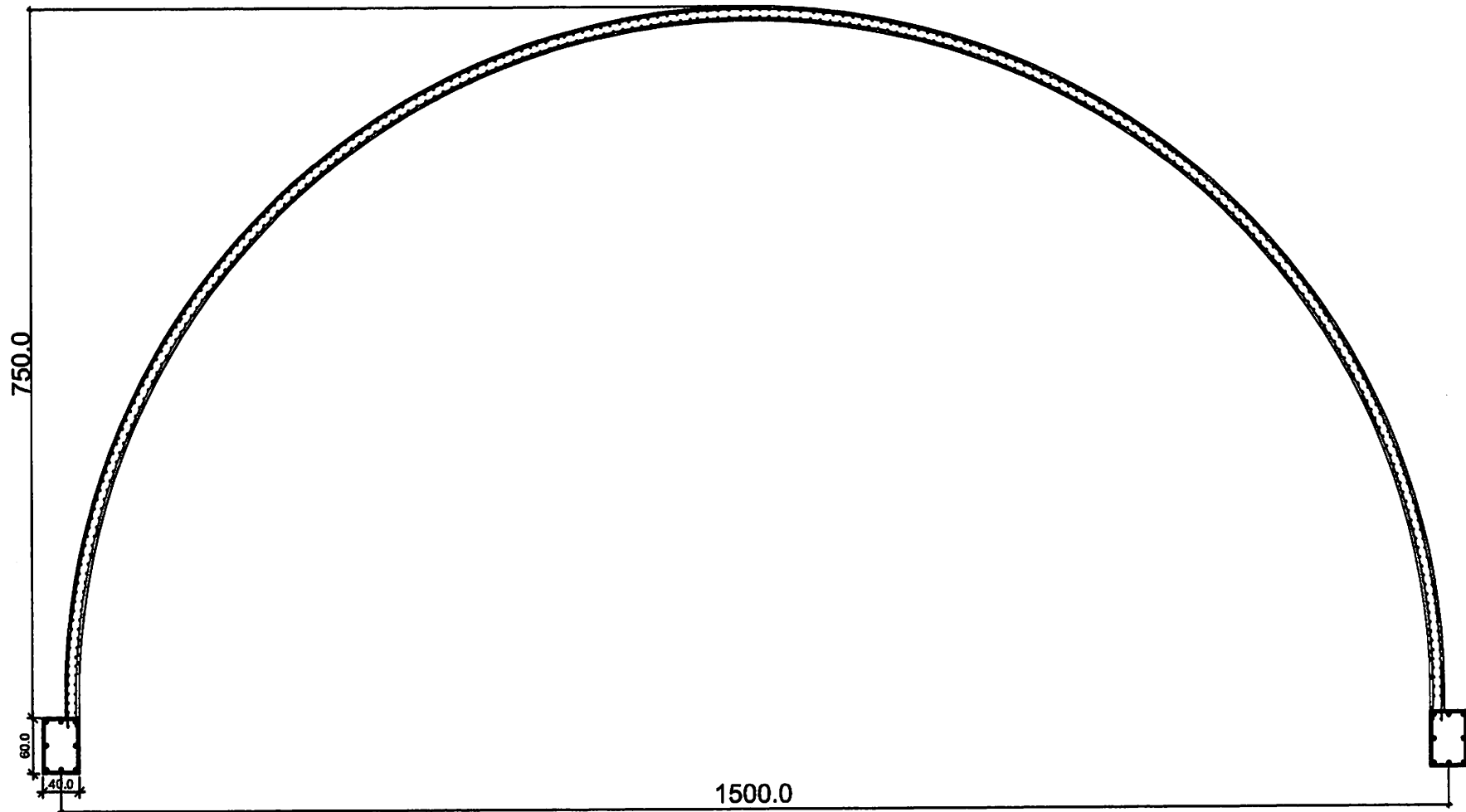
K3 = Kolom D100

B1 = Balok 50/70

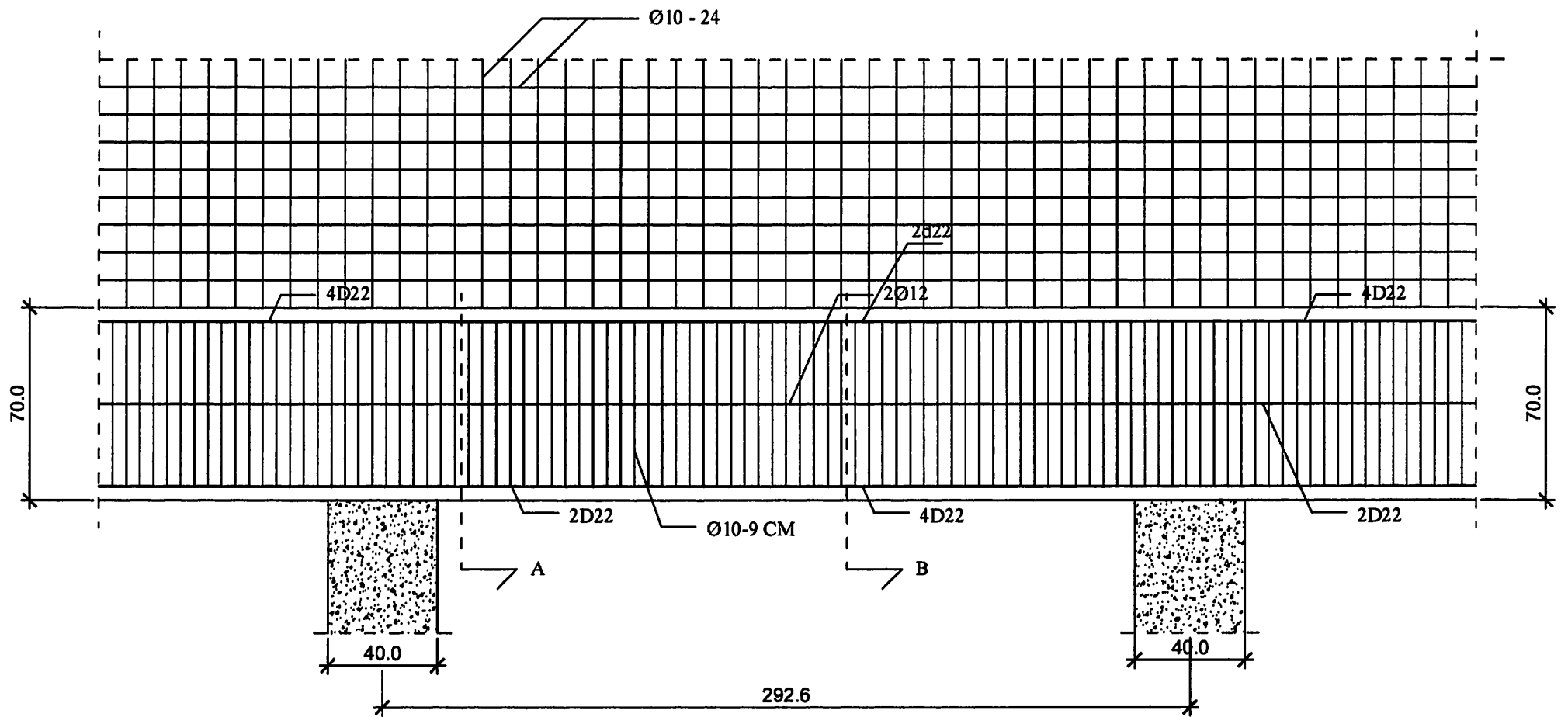
B4 = Balok 70/120

B5 = Balok 40/60

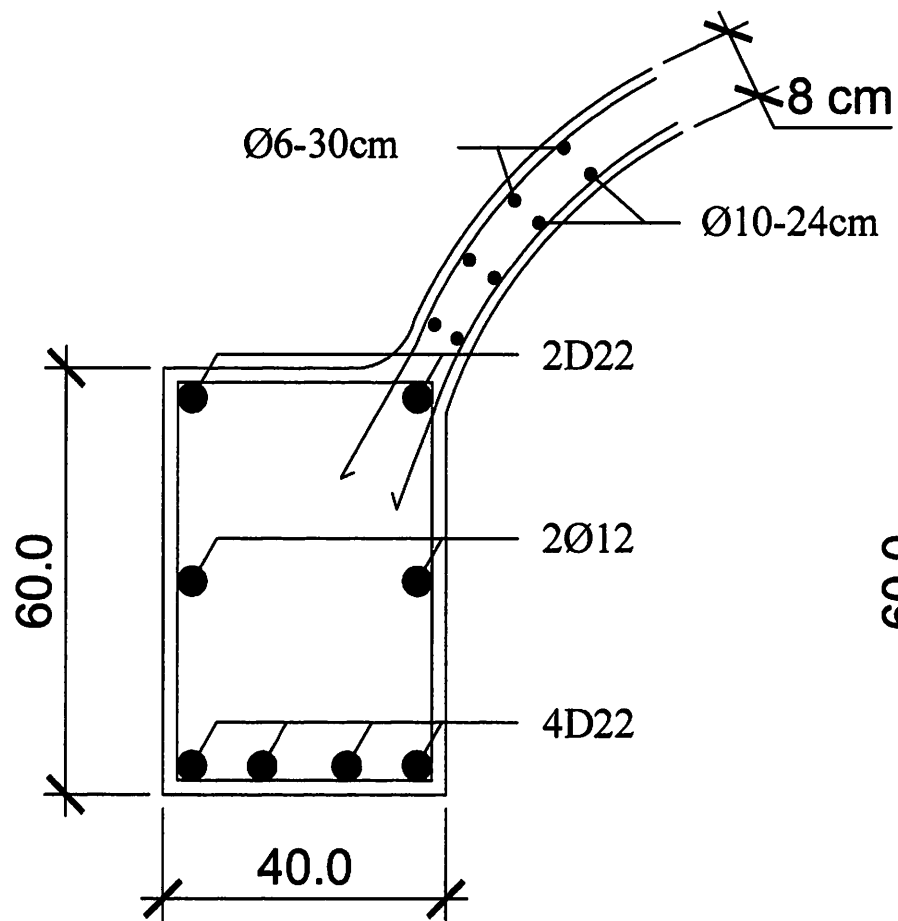




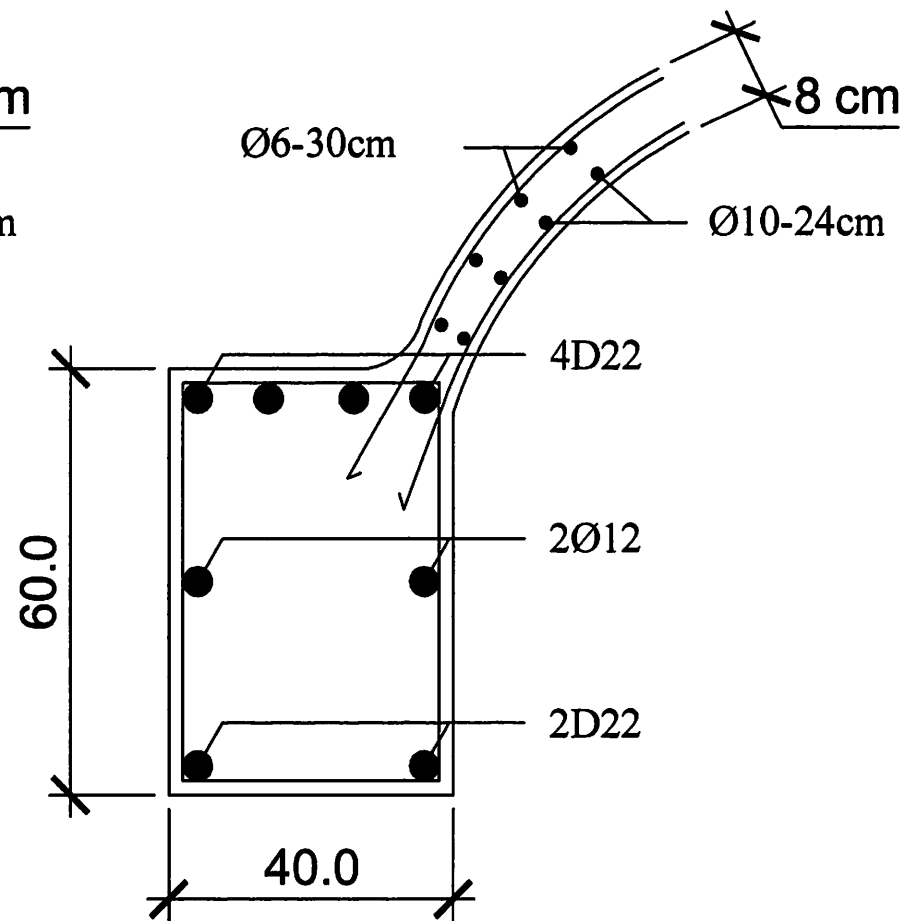
GAMBAR KUBAH 2 DIMENSI



GAMBAR PENULANGAN SELAPUT DAN BALOK LINGKAR SATU BENTANG

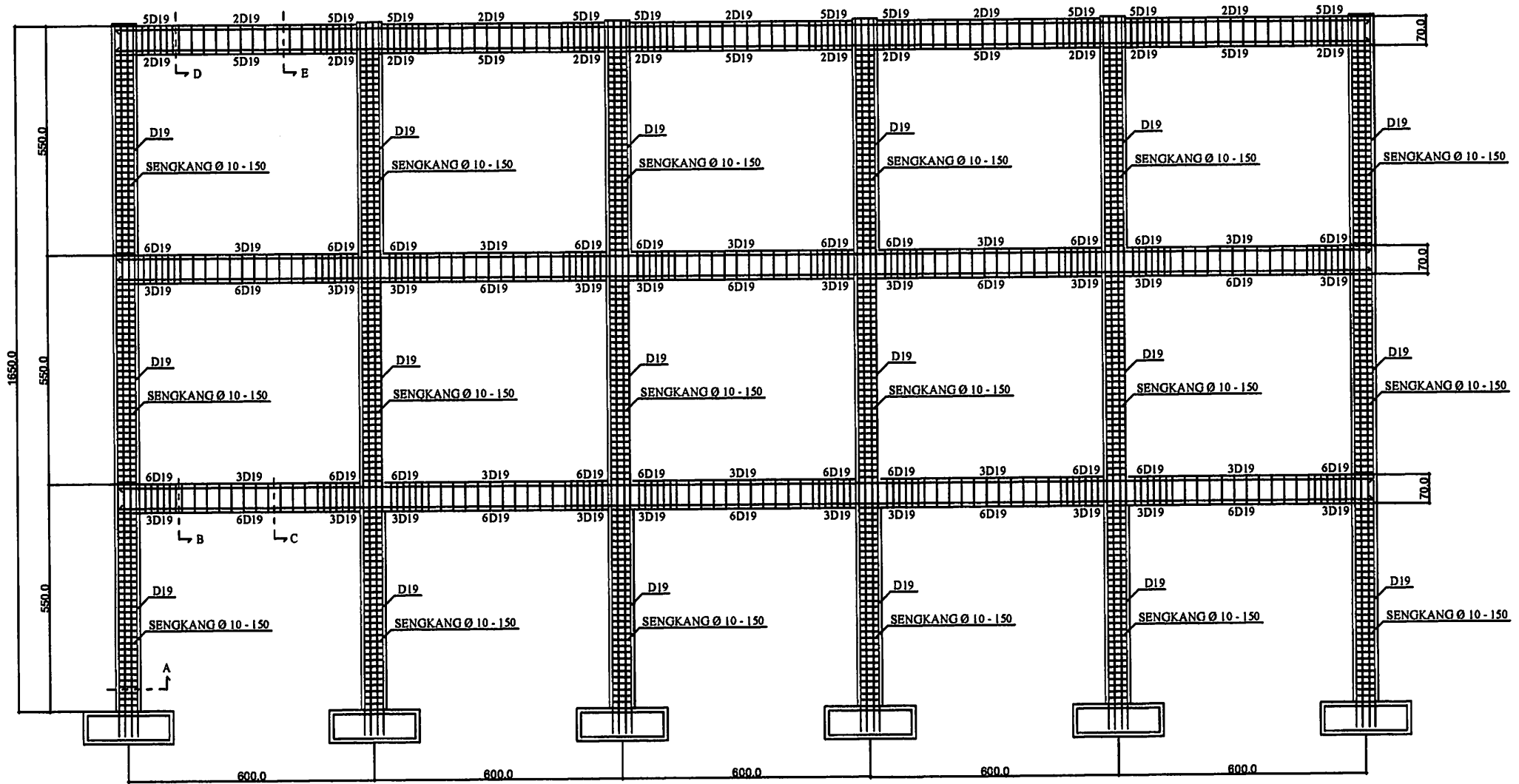


POT B-B

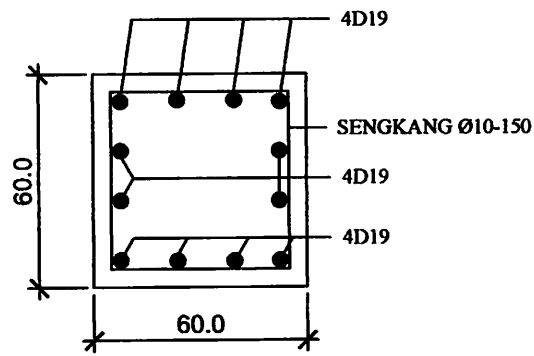


POT A-A

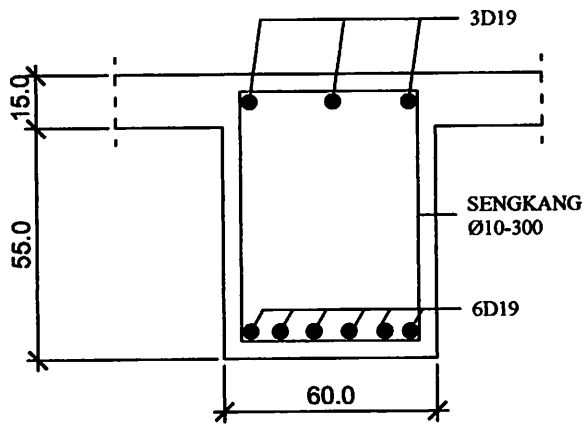
GAMBAR DETAIL SELAPUT DAN BALOK LINGKAR



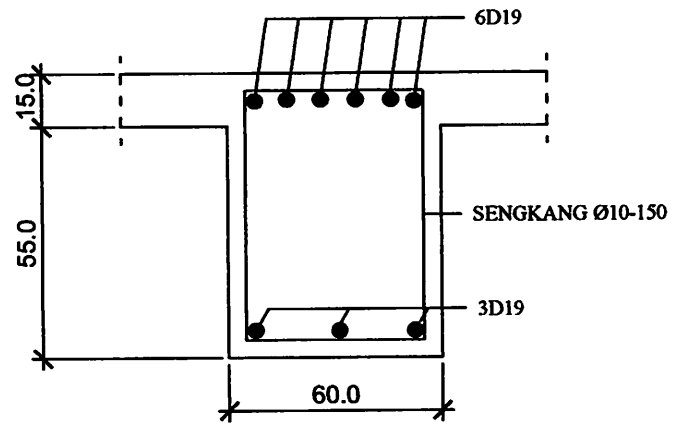
GAMBAR POTONGAN PORTAL MELINTANG



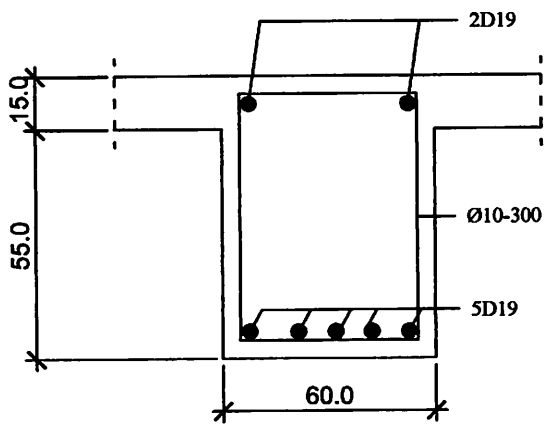
POT A



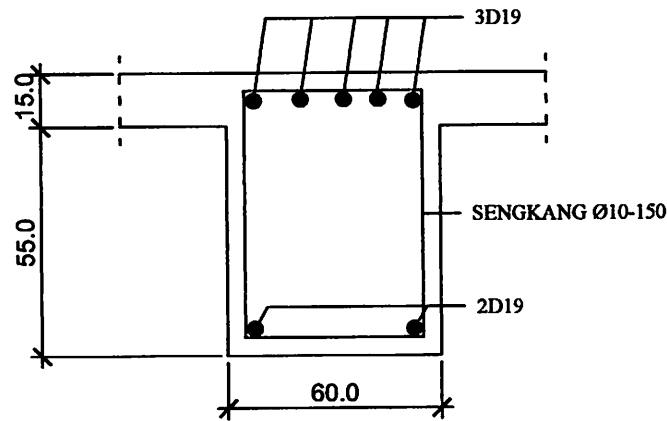
POT B



POT C



POT D



POT E






DETAIL POTONGAN PORTAL MELINTANG



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DIMAS SAPUTRA
NIM : 14.21 907
PEMBIMBING : Ir. A. Agus Santosa, MT
JURUSAN/PRODI : TEKNIK SIPIL / S1

JUDUL SKRIPSI

No	Tanggal	Keterangan	Tandatangan
1	3/5-'16	- Sd pwh. pembebanan kubah 	
2	9/5-'16	- Sd pwh. struktur kubah. Lignit	
3	9/5-'16	- Sdps pwh. statika arjin Pwh. tel. kubah. Lignit	
4	23/5-'16	- Lignit pwh. statika	
5	20/6-'16		



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

Nama : DIMAS SAPUTRA
NIM : 1421907
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT.

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
5	16 - 6 - '16	- Peln. tul kubeh ok. Lajutka - Balok ditutupi Hdp geser & putar	
6	20/6 - '16	- Kontrol geser lentur & putar ok. Lajutka	
7	27/6 - '16	- Betulka analisis perampang. tul. M^+ & M^- .	
8	27/8 - '16	- Peln. tul. ok. - Lajutka abstrak. - Gambar & kerangka ok.	



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : DIMAS SAPUTRA
NIM : 14.21 907
PEMBIMBING : Ir. ESTHER PRISKASARI
JURUSAN/PRODI : TEKNIK SIPIL / S1

JUDUL SKRIPSI

No	Tanggal	Keterangan	Tandatangan
	12/05 '2016	<ul style="list-style-type: none">~ Menara Juyanti Struktur Baja~ Redesign lagi U/ menara.~ tidak pakai Campu gantung kapa?	
	15/05 '2016	<ul style="list-style-type: none">~ khusus detail menara balok diperbesar.~ Juring menara pakai Aluminium / silican~ Perencanaan gempa → gaya dinamis (karena bentuk bangunan)	



LEMBAR ASISTENSI

SKRIPSI

Nama : DIMAS SAPUTRA
NIM : 1421907
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Ester Priskasari, MT.

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
		cek lagi telangan plat eang bang lihat tanda momen nya bila diperlukan utuk tul susut maka sama bag atas bisa diberi tul susut aee tul pelor aee tul babh aee tul tolow aee	



**CATATAN REVISI SKRIPSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
 SEMESTER GENAP 2015/2016**

Nama : Diman Saputra.

NIM : 1421907.

Judul : _____

Peban. Judo - / ukur : 1 kg

Acu

Malang, 2016

Disetujui,

22/8.16
(*)

Malang, 13/8 2016

Dosen Penguji,

U
(Sudirman)

- Skripsi harus dikumpulkan di Studio Sipil paling lambat tanggal 25 Agustus 2016 dengan melampirkan catatan revisi yang sudah di setujui oleh Dosen Penguji, sebagai persyaratan Yudisium.



CATATAN REVISI SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
SEMESTER GENAP 2015/2016

Nama : 1421.907
NIM : DIMAS SAPUTRA
Judul : _____

- cek tulisan → hal. 29 ✓
- Rumusan masalah no. 3 → manak Batasan masalah ✓
- klarifikasi situs → $N < 15$ (kumul.) ✓
- jbr. wilayah gempa → urut ✓
- perhitungan kolom → cek 12 ϕ 19 ✓
12 ϕ 22 letak ada ✓
- Kesimpulan → cek ulang Rumusan masalah ✓
- Saran → basis, sebutkan parameter / hasilnya
supaya bisa basis? ✓

Malang, 22-08-2016
Disetujui,

Malang, 12-08-2016
Dosen Penguji,

(Ir. Eding Iskale I. M.P)

- Skripsi harus dikumpulkan di Studio Sipil paling lambat tanggal 25 Agustus 2016 dengan melampirkan catatan revisi yang sudah di setujui oleh Dosen Penguji, sebagai persyaratan Yudisium.