

TUGAS AKHIR

**PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG PENDIDIKAN
TERPADU POLITEKNIK NEGERI MANADO**

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Studi
Program Studi Diploma –IV Konstruksi Bangunan Gedung
Pada Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

Justitia Monalisa Anastasia Pontolowokang

NIM. 11012033



**KEMENTERIAN RISTEK, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

2015

TUGAS AKHIR

PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG PENDIDIKAN TERPADU POLITEKNIK NEGERI MANADO

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Studi
Program Studi Diploma –IV Konstruksi Bangunan Gedung
Pada Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

Justitia Monalisa Anastasia Pontolowokang

NIM. 11012033

Dosen Pembimbing

Rudolf E.G.Mait,ST.,MT
NIP.1969031 199802 1 001

Syanne Pangemanan,ST.,M.Eng
NIP.19700103 199702 2 001



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

2015

LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing, Koordinator Tugas Akhir dan Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado.

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa :

Nama : Justitia Monalisa Anastasia Pontolowokang

NIM : 11012033

Telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan Judul :

“ PERHITUNGAN STRUKTUR GEDUNG PENDIDIKAN TERPADU POLITEKNIK NEGERI MANADO ”

Selanjutnya telah diterima dan disetujui oleh Panitia Tugas Akhir.

Manado, Agustus 2015

Dosen Pembimbing



Rudolf E.G.Mait,ST.,MT
NIP.1969031 199802 1 001



Syanne Pangemanan,ST.,M.Eng
NIP.19700103 199702 2 001

**Disetujui
Koordinator Tugas Akhir**



Ir. Jeanelly Rangkang,M.Eng.Sc
NIP.19621115 199303 2 002

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik sipil,**



Ir. Donny R. Taju, MT
NIP. 19591003 198903 1 002

**KEPUTUSAN
DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO
NOMOR : 2721/PL12/AK/2014**

TENTANG

**PENETAPAN
DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA
PROGRAM STUDI D-IV KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MANADO
TAHUN AKADEMIK 2014/2015**

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO

- Membaca : Surat Ketua Jurusan Teknik Sipil Nomor : 368/PL12.3/AK/2015 tanggal 11 Mei 2015 perihal Surat Penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015;
- Menimbang : a. Bahwa untuk kelancaran pelaksanaan penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015 perlu ditetapkan Dosen Pembimbing;
b. Bahwa mereka yang nama-namanya tercantum dalam lampiran Keputusan ini dinilai memenuhi syarat sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015 ;
c. Bahwa sehubungan dengan hal tersebut pada butir (a) dan (b) diatas perlu diterbitkan Keputusan Direktur ;
- Mengingat : 1 Undang – Undang Nomor 20 Tahun 2003;
2 Undang – Undang Nomor 12 Tahun 2012;
3 Undang – Undang Nomor 5 Tahun 2014;
4 Kepmendiknas Nomor 139/0/2002;
5 Permendiknas Nomor 21 Tahun 2005;
6 Kepmendikbud Nomor 184/MPK.A4/KP/2012;

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
Pertama : Nama-nama sebagaimana yang tercantum dalam lampiran Keputusan ini ditetapkan sebagai pembimbing Tugas Akhir bagi Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015.
- Kedua : Dosen Pembimbing bertugas :
1. Melaksanakan kegiatan pembimbingan kepada mahasiswa selama proses penyusunan Tugas Akhir berlangsung sampai dengan penyusunan laporan serta evaluasi;
2. Melakukan koordinasi dengan Panitia Pelaksana Tugas Akhir Mahasiswa
3. Melaporkan hasil pelaksanaan Tugas Akhir Mahasiswa kepada Ketua Jurusan Teknik Sipil.
- Ketiga : Semua biaya yang dikeluarkan sebagai akibat dari Keputusan ini dibebankan pada anggaran yang tersedia untuk itu.
- Keempat : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan akan diadakan perubahan seperlunya apabila ternyata dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Manado
Pada tanggal : 04 Agustus 2015
DIREKTUR,

JEMMY JULLES RANGAN
NIP. 19570604 198903 1 001

Tembusan:

1. Pembantu Direktur I, II, III, & IV
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil
3. Kepala – Kepala Bagian
4. Yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan
5. Arsip.

Lampiran Keputusan Direktur Politeknik Negeri Manado

Nomor : 2721/PL12/AK/2015

Tanggal : 04 Agustus 2015

Tentang : Penetapan Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015

SEMESTER VIII A

NO.	NAMA MAHASISWA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
1	Triwinata Maryadi	11012001	Noldie E. Kondo, ST., MT
			Joseph Sumajouw, ST., MT
2	Norina Gombo	11012003	Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
			Mytle Wala, ST., MT
3	Vindy Prisilya Kiriw	11012005	Mario Moningka, ST., MT
			Ir. Charles Sulangi, MT
4	Christian Lakada	11012008	Ir. Jeanelly Rangkang, M.Eng.Sc
			Daisy D.G. Pangemanan, ST., MT, M.Si
5	Sulistyo Damopolii	11012009	Ir. Jemmy J. Rangan, MT
			Sudarno, ST., MT
6	Dewi S. Bolantinuhe	11012011	Ir. Ever N. Slat, MT
			Ir. Syuultje Dowa, MT
7	Ronald Hai Kareth	11012013	Ir. Franky R. Tombokan, M.Eng
			Ir. Dirk J. Ombuh, MT
8	Ferdo N. Makaudis	11012015	Ir. Syuultje Dowa, MT
			Ir. Jeanelly Rangkang, M.Eng.Sc
9	Stevi E. Makahanap	11012016	Ir. Donny R. Taju, MT
			Mytle Wala, ST., MT
10	Jery Mamaghe	11012018	Estrelita V. Y. Waney, ST., M.Eng, Mgmt
			Helen G. Mantiri, SST., MT
11	Wibowo P. Mokodompit	11012020	Ir. Chris Hombokau, MT
			Dr. Tampanatu P. F. Sompie, ST., M.Eng Mgmt
12	Rio Christian David	11012024	Ir. Ever N. Slat, MT
			Olivia Moningka, ST., M.Ars
13	Charlie R.R. Derek	11012030	Joseph Sumajouw, ST., MT
			Ir. Charles Sulangi, MT
14	Richard Sinco Tenau	11012032	Sherley Runtunuwu, ST., MT
			Djoige Onibala, ST., MT
15	Justitia Pontolowokang	11012033	Rudolf E.G. Mait, ST., MT
			Syanne Pangemanan, ST., M.Eng
16	Andika Blongkot	11012037	Estrelita V. Y. Waney, ST., M.Eng, Mgmt
			Pendekar T. Lonan, ST., MT
17	Brian Valentino Ombuh	11012044	Ir. Julius E. Tenda, MT
			Helen G. Mantiri, SST., MT
18	Erham Bin Muhammad	11012052	Ir. Enteng J. Saerang, MT
			Geertje E. Kandiyoh, ST., M.Eng
19	Christian D. Nimot	11012053	Ir. Enteng J. Saerang, MT
			Ir. Chris Hombokau, MT
20	Lucky Tamapedung	9012020	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng
			Nixon S. Mantiri, ST., MT

SEMESTER VIII B

NO.	NAMA MAHASISWA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
1	Muhamad Nur Kholis	11012002	Noldie E. Kondo, ST., MT
			Pendekar T. Lonan, ST., MT
2	Ahmad Maln	11012004	Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc

3	Priangga Pantow	11012006	Sherley Runtunuwu, ST., MT Noldie E. Kondo, ST., MT
4	Cicilia Mantiri	11012007	Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc Ir. Enteng J. Saerang, MT
5	Brenda Kandijoh	11012010	Seska Nicolaas, ST., MT Hendrie J. Palar, ST., MT
6	Syahreza Haruna	11012014	Ir. Dirk J. Ombuh, MT Deyke Mandang, ST
7	Alfian Arundaa	11012017	Ir. Syuultje Dowa, MT Syanne Pangemanan, ST., M.Eng
8	Iga Djenethe Mandagi	11012019	Rudolf E.G. Mait, ST., MT Dr. Tampanatu P. F. Sompie, ST., M.Eng, Mgmt
9	Marselius L.Aloo	11012021	Ir. Ever N. Slat, MT Daisy D.G. Pangemanan, ST., MT, M.Si
10	Kumiawan Adam	11012022	Geertje E. Kandiyoh, ST., M.Eng Ir. Dirk J. Ombuh, MT
11	Edward Z.Halibu	11012023	Sudarno, ST., MT Nixon S. Mantiri, ST., MT
12	Ardi Longdong	11012025	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng Ahmad Y. Abas, ST., MT
13	Farly Reiner Naray	11012026	Mario Moningka, ST., MT Daisy D.G. Pangemanan, ST., MT, M.Si
14	Rio Rocki Botto	11012028	Ir. Enteng J. Saerang, MT Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
15	Juli	11012034	Ir. Julius E. Tenda, MT Syanne Pangemanan, ST., M.Eng
16	Silvester O.Gedoan	11012036	Rudolf E.G. Mait, ST., MT Ir. Franky R. Tombokan, M.Eng
17	Rahmat H. Patingki	11012038	Sandry Sengkey, ST., MT Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
18	Rendy S.Makalalag	11012040	Ir. Donny R. Taju, MT Estrelita V. Y. Waney, ST., M.Eng, Mgmt
19	Jendry I Budiman	11012043	Ir. Julius E. Tenda, MT Shirley Runtunuwu, ST., MT
20	Claudio B. Irot	11012045	Ir. Julius E. Tenda, MT Rudolf E.G. Mait, ST., MT
21	Hesly E. Linuh	11012046	Dr. Rilya Rumbayan, ST., M.Eng Ahmad Y. Abas, ST., MT
22	Maya Malina	11012048	Sudarno, ST., MT Ir. Barakati K. Manginsihi, MT
23	Febrian Bill Baureh	11012051	Mario Moningka, ST., MT Ir. Bambang P. Widodo, MT
24	Vain Podungge	11012054	Seska Nicolaas, ST., MT Ir. Charles Sulangi, MT
25	Briankly Tengku	10012054	Sandry Sengkey, ST., MT Ir. Chris Hombokau, MT



JEMMY JULLES RANGAN
NIP. 19570604 198903 1001

KEPUTUSAN
DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO
NOMOR : 3164/PL.12/AK/2015

Tentang

PENETAPAN PANITIA SEMINAR UJIAN TUGAS AKHIR MAHASISWA
PROGRAM STUDI D-IV KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MANADO
TAHUN AKADEMIK 2014/2015

DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MANADO

- Menimbang : a. Bahwa Justitia M. A. Pontolowokang NIM : 11012033 adalah Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado telah memenuhi persyaratan menyelesaikan Tugas Akhir ;
- b. Bahwa sehubungan dengan hal tersebut di atas, perlu menetapkan Panitia Seminar Ujian Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado dan menetapkan Anggota Panitia/Penguji;
- c. Bahwa sehubungan dengan hal tersebut pada butir (a) dan (b) di atas perlu diterbitkan Keputusan Direktur;
- Mengingat : 1 Undang – Undang Nomor 20 Tahun 2003;
- 2 Undang – Undang Nomor 12 Tahun 2012;
- 3 Undang – Undang Nomor 5 Tahun 2014;
- 4 Keppmendiknas Nomor 139/O/2002;
- 5 Permendiknas Nomor 21 Tahun 2005;
- 6 Keppmendikbud Nomor 184/MPK.A4/KP/2012;

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
PERTAMA : Menetapkan personalia di bawah ini sbb :
- Pengarah** : Ir. Jemmy J. Rangan, MT
Ketua / Penguji : Daisy Pangemanan, ST., MT., M.Si
Anggota / Penguji : Dr. Debby Willar, ST., M.Eng Sc
Anggota / Pembimbing : Rudolf E. G. Mait, ST., MT
- Sebagai Panitia Seminar Ujian Tugas Akhir Program Studi D-IV Konstruksi Bangunan Gedung Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado Tahun Akademik 2014/2015.
- KEDUA : Nama-nama sebagaimana yang tersebut pada dictum pertama dalam keputusan ini bertugas melaksanakan pengujian atas Tugas Akhir kepada mahasiswa yang tersebut dibawah ini :
- N a m a** : Justitia M. A. Pontolowokang
N I M : 11012033
Sesuai judul Tugas Akhir : Perhitungan Struktur Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado
- KETIGA : Melaporkan penyelenggaraan kegiatan yang terkait, kepada Direktur Politeknik Negeri Manado melalui Ketua Jurusan Teknik Sipil.
- KEEMPAT : Semua biaya yang dikeluarkan sebagai akibat dari Keputusan ini dibebankan pada anggaran yang tersedia untuk itu.
- KELIMA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan akan diadakan perubahan seperlunya apabila ternyata dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Manado
Pada tanggal : 07 September 2015

DIREKTUR,


JEMMY JULLES RANGAN
NIP. 19570604 198903 1 001

Tembusan:

1. Pembantu Direktur I, II, III & IV
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil
3. Kepala - Kepala Bagian
4. Yang bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan
5. Arsip

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV-KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

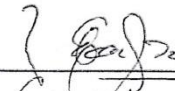
FOLMULIR ASISTENSI

LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Justitia Monalisa Anastasia Pontolowokang

Nim : 11 012 033

Judul : Perhitungan Struktur Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri
Manado

NO.	TANGGAL	URAIAN	PARAF
	18/6/2015	Tamabahan literatur ttg. SAP. ?	} 
	30/6/2015	- Dasar teori SAP ? Lanjutan perhitungan pada pembahasan	
	2/7/2015	- Perbaikan beban ? atap, Lanjutkan	
	10/7/2015	- Periksa / Perbaiki ketan balok, masalah, pada bab I	} 
		- Perbaiki dasar teori - Lanjutkan	

Manado, Mei 2015

DOSEN PEMBIMBING


Rudolf E.G. Mait, ST., MT
NIP.1969031 199802 1 001


Syanne Pangemanan, ST., M.Eng
NIP.19700103 199702 2 001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV-KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

FOLMULIR ASISTENSI

LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Justitia Monalisa Anastasia Pontolowokang
Nim : 11 012 033
Judul : Perhitungan Struktur Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri
Manado

NO.	TANGGAL	URAIAN	PARAF
	22/07/2015	- Perbaiki yg salah - Lengkapi ke pembahasa	
	26/08/2015	- Perbaiki kesimpulan - Periksa kembali gambar! - Periksa gambar!	

Manado, Juli 2015

DOSEN PEMBIMBING



Rudolf E.G.Mait,ST.,MT
NIP.1969031 199802 1 001



Syanne Pangemanan,ST.,M.Eng
NIP.19700103 199702 2 001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV-KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG

FOLMULIR ASISTENSI

LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama : Justitia Monalisa Anastasia Pontolowokang
Nim : 11 012 033
Judul : Perhitungan Struktur Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri
Manado

NO.	TANGGAL	URAIAN	PARAF
	28/8/2015	Skripsi dapat di seminarikan	
	31/8/2015	- Perbaikan Abstrak - Perbaikan Kesimpulan - Skripsi Siap di seminarikan	

Manado, Juli 2015

DOSEN PEMBIMBING



Rudolf E.G.Mait,ST.,MT
NIP.1969031 199802 1 001



Syanne Pangemanan,ST.,M.Eng
NIP.19700103 199702 2 001

POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL

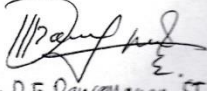
BUKTI SELESAI KONSULTASI PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Nama : Justitia M.A. Pontolauwung
NIM : 11 012 033
Program Studi : Div. Konstruksi Bangunan Gedung
Judul : Perhitungan struktur Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado.

No	Nama	Jabatan	Tgl. Selesai Konsultasi	TandaTangan
1	Daisy Pangemanan	Ketua/Penguji	7/9-15	1. 
2	Debby Willar	Anggota/Penguji	8/9-15	2. 
3	—	Anggota/Penguji	—	3. —
4	RUDOLF MAIT	Anggota/Penguji/Pembimbing	8/9-2015	4. 
5	Syanne Pangemanan	Anggota/Penguji/Pembimbing	8/9-2015	5. 

Manado, 10-09-2015

Ketua Panitia Penguji Tugas Akhir,


Daisy D.E. Pangemanan, ST.MT., M.Si
NIP. 1979003 200312 2 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus atas segala hikmat serta anugerahNya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Sarjana Terapan (STr) di Teknik Sipil, khususnya program studi Konstruksi Bangunan Gedung D-IV, Politeknik Negeri Manado. Tugas Akhir ini berjudul **“Perhitungan Struktur Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado”**

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ungkapan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan, yaitu :

Bapak Ir. Jemmy J.Rangan.,MT selaku Direktur Politeknik Negeri Manado, Bapak Ir. Donny Taju.,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Ibu Ir. Jeanely Rangkang, M.Eng.Sc selaku Koordinator Tugas Akhir, Bapak Rudofl E.G.Mait,ST.,MT dan Ibu. Syanne Pangemanan,ST.,M.Eng selaku Dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis dalam proses penulisan Tugas Akhir ini, Kepada seluruh Staf Pengajar dan Staf Pegawai Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado, Kedua orang tua penulis Jeffry Pontolowokang dan Junita Pianggigile, serta kedua adik penulis yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan semangat luar biasa kepada penulis, Fandel Maluw,SST, Fardy Kalumata,SST, Triwinata Maryadi, Vivi Maryadi, Stevy Makahanap, dan seluruh teman-teman seperjuangan Himaju Teknik Sipil Politeknik Negeri Manado angkatan 2011 yang telah memberikan masukan dan bantuan, Aprilian Philips Kawihing,ST yang selalu memberikan motivasi kepada penulis. Kepada semua pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu yang telah banyak membantu Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Penulis sendiri, dan pembaca lainnya.

Manado, Agustus 2015

Justitia M.A Pontolowokang

ABSTRAK

Perhitungan struktur beton bertulang pada struktur bangunan gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado ini bertujuan untuk mengetahui. Untuk mengetahui kekuatan struktur yang ada pada bangunan gedung pendidikan terpadu Politeknik Negeri Manado dan dapat membandingkan hasil perhitungan dan pelaksanaan dilapangan.

Pembangunan gedung pendidikan terpadu Politeknik Negeri Manado ini merupakan bangunan yang kompleks sebagai tempat proses perkuliahan berlangsung yang terdiri dari 7 (tujuh) lantai dengan setiap lantai memiliki fungsinya masing-masing. Metode penelitian yang digunakan yaitu, Studi lapangan, dengan data-data yang diperlukan; Studi literatur, mempelajari teori-teori dari topik bahasan; dan Konsultasi, melakukan tanya jawab dan konsultasi dengan berbagai pihak.

Perhitungan berat bangunan menggunakan pemodelan 3D dari program SAP2000 dengan mengikuti peraturan-peraturan dan ketentuan yang berlaku. Perhitungan balok dan kolom yang ditinjau di ambil bentang maksimum dari setiap lantai.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan dimensi tulangan pada balok dengan ukuran penampang 400 mm x 700 mm lantai Dasar sampai dengan lantai 7 dengan penulangan tumpuan atas 6 D 22 mm dan tumpuan bawah 3 D 22 mm. Dan pada kolom lantai Dasar ,lantai satu dimensi tulangan 36 D 22mm dengan ukuran penampang 700 mm x 700 mm, untuk lantai dua,lantai tiga dimensi tulangan 28 D 22 mm dengan ukuran penampang 600 mm x 600 mm sedangkan untuk lantai empat sampai dengan lantai tujuh dimensi tulangan 24 D 22 mm dengan ukuran penampang 500 mm x 500 mm.

DAFTAR ISI

Halaman Judul
Lembar Pengesahan
Lembar Asistensi
Kata Pengantar
Abstrak
Daftar Isi
Daftar Gambar
Daftar Tabel
Daftar Lampiran

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Umum	4
2.2 Beton Bertulang	4
2.3 Ketentuan Perencanaan Pembebanan	6
2.4 Dasar-dasar Perencanaan	6
2.5 Perencanaan Struktur Atas.....	25
2.6 Prinsip dasar desain gedung di daerah rawan gempa..	30

2.7 Perhitungan struktur dengan Program SAP200 v.14.....	35
--	----

BAB III

PEMBAHASAN

3.1 Data-data Proyek.....	48
3.2 Perhitungan Struktur.....	48
3.3 Perhitungan Beban Atap.....	49
3.4 Perhitungan Balok.....	56
3.5 Perhitungan Kolom.....	108
3.6 Metode Pelaksanaan Struktur Atas.....	120

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan	134
4.2 Saran	136

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ekivalensi gaya lateral	13
Gambar 2.2	Peta wilayah gempa Indonesia	14
Gambar 2.3	Spektrum respon Gempa rencana	15
Gambar 2.4	Bentuk tipikal spektrum respons gempa rencana	17
Gambar 2.5	Diagram Tegangan keruntuhan pada beton bertulang	26
Gambar 2.6	Grafik interaksi kolom	29
Gambar 2.7	tampilan awal program sap	35
Gambar 2.8	menentukan jumlah grid	36
Gambar 2.9	tampilan sistem grid	36
Gambar 2.10	mengatur grid bangunan	36
Gambar 2.11	tampilan pengaturan hasil grid	37
Gambar 2.12	Pengaturan material pafa program	37
Gambar 2.13	Pembuatan <i>section property</i> balok	38
Gambar 2.14	Pembuatan <i>section property</i> kolom	38
Gambar 2.15	Pembuatan <i>section property</i> kolom	38
Gambar 2.16	Penggambaran struktur balok, kolom dan pelat	39
Gambar 2.17	Respon spektrum gempa renana wilayah 5	40
Gambar 2.18	Respon spektrum pada program Sap	42
Gambar 2.19	Pembuatan <i>new fnction</i> program Sap	42
Gambar 2.20	Hasil pemakaian kurva tanah keras	43
Gambar 2.21	Pengaturan <i>load cases</i>	43
Gambar 2.22	Pengaturan <i>load cases respon spectrum</i>	43
Gambar 2.23	Pengaturan <i>load cases respon spectrum RS-Y RS-X</i>	44
Gambar 2.24	<i>Select frame section</i> lantai	44
Gambar 2.25	<i>Assign</i> beban hidup pada lantai bangunan	45
Gambar 2.26	input beban hidup	45
Gambar 2.27	Pembuatan load kombinasi	46
Gambar 2.28	Kombinasi pembebanan	46
Gambar 2.29	Set <i>analysis options</i>	47
Gambar 3.1	Pemodelan rangka atap	49
Gambar 3.2	Pemodelan struktur pada sap	50

Gambar 3.3	Respon spektrum gempa rencana wilayah 5	51
Gambar 3.4	Pemodelan kurva rencana dalam excel	52
Gambar 3.5	Input kurva rencana	52
Gambar 3.6	Input gaya gempa respon spektrum	53
Gambar 3.7	Pembebanan gempa dinamik Arah X dan arah Y	53
Gambar 3.8	Jenis Kombinasi	55
Gambar 3.9	Input Kombinasi pembebanan	56
Gambar 3.10	Struktur setelah di <i>run</i> analisis	55
Gambar 3.11	Portal balok arah x yang ditinjau	57
Gambar 3.12	Denah balok arah x yang ditinjau	57
Gambar 3.13	Portal balok arah Y yang ditinjau	58
Gambar 3.14	Denah balok arah Y yang ditinjau	58
Gambar 3.15	Penulangan balok pada lantai dasar	100
Gambar 3.16	Penulangan balok pada lantai satu	100
Gambar 3.17	Penulangan balok pada lantai dua	100
Gambar 3.18	Penulangan balok pada lantai tiga	101
Gambar 3.19	Penulangan balok pada lantai empat	101
Gambar 3.20	Penulangan balok pada lantai lima	101
Gambar 3.21	Penulangan balok pada lantai enam	102
Gambar 3.22..	Penulangan balok pada lantai enam	102
Gambar 3.23	Penulangan Geser pada balok.....	107
Gambar 3.24	Dimensi tulangan Kolom lantai dasar dan lantai satu	119
Gambar 3.25	Dimensi tulangan Kolom lantai dua dan lantai tiga	119
Gambar 3.26	Dimensi tulangan kolom lantai empat sampai lantai tujuh	120
Gambar 3.27	Pengontrolan As kolom	121
Gambar 3.28	Perakitan tulangan kolom	123
Gambar 3.29	Pemasangan bekisting kolom	124
Gambar 3.30	Pengecoran kolom di lantai dasar	125
Gambar 3.31	Pemasangan bekisting balok	127
Gambar 3.32	Pemasangan bondek dan wiremesh	128
Gambar 3.34	Proses pengecoran pada pelat lantai	130
Gambar 3.35	Pengecoran menggunakan <i>concrete pump</i>	131

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beban mati pada gedung	7
Tabel 2.2	Berat jenis material	8
Tabel 2.3	Beban hidup pada gedung	9
Tabel 2.4	Koefisien reduksi beban hidup	10
Tabel 2.5	Jenis-jenis tanah berdasarkan SNI 03-1726-2002	11
Tabel 2.6	Koefisien pembatasan waktu getar alami	18
Tabel 2.7	Nilai faktor keutamaan struktur	19
Tabel 2.8	Faktor modifikasi respon untuk sistem struktur	20
Tabel 2.9	Tabel angin dasar	23
Tabel 2.10	Faktor pembebanan U	24
Tabel 2.11	Ketentuan Pasal 23.2 SNI 03-2874-2002	31
Tabel 2.12	Jenis-jenis tanah	40
Tabel 2.13	Nilai input respon spektrum	41
Tabel 3.1	Rekapitulasi beban dari join	50
Tabel 3.2	Perhitungan tulangan lentur arah X	59
Tabel 3.3	Perhitungan tulangan lentur arah Y	60
Tabel 3.4	Nilai gaya-gaya dalam untuk perhitungan kolom	108

BAB I

PENDAHULUAN



POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
KONSENTRASI BANGUNAN
GEDUNG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekarang ini pembangunan gedung, perumahan maupun infrastruktur seperti jalan dan jembatan semakin berkembang seiring dengan kebutuhan masyarakat yang terus meningkat terhadap sarana dan prasarana yang dapat menunjang aktivitas khususnya didunia pendidikan. Sekolah dan Universitas di Kota Manado bersaing untuk menapatkan peminat demi kemajuan tempat pendidikan tersebut salah satunya Politeknik Negeri Manado. Untuk menarik minat calon mahasiswa maka pihak kampus perlu menjamin kenyamanan dan fasilitas pengajaran yang lengkap. kurangnya kelas sebagai tempat proses perkuliahan berlangsung membuat pemerintah dan pihak Politeknik merasa perlu untuk menambah bangunan yang terdiri dari ruang kelas yang cukup untuk mahasiswa dan ruang tambahan untuk kepentingan lainnya.

Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado merupakan bangunan yang kompleks karena didalam gedung ini terdapat ruang kelas, ruang perpustakaan, ruang dosen, bahkan ruang olahraga dan sebagainya. Struktur direncanakan menggunakan Beton Bertulang yang merupakan bahan konstruksi yang umum digunakan sebab memiliki sifat yang kuat, tahan lama, tahan api dan dapat dibentuk.

Perancangan Struktur atas gedung ini memperhatikan segi-segi yang diakibatkan oleh beban gempa akibat gempa, mengingat di Indonesia merupakan daerah yang dilintasi oleh gunung berapi karena sering terjadi gempa vulkanik dan gempa tektonik. Bangunan ini dibangun pada daerah dengan resiko gempa yang tinggi dan didesain dengan konfigurasi struktur yang tidak beraturan sehingga diperlukan penerapan pendetailan kriteria bangunan tahan gempa sesuai dengan SNI 03-2847-2002.

Berdasarkan pemahaman di atas maka pokok bahasan penulisan tugas akhir ini difokuskan pada “Perhitungan Struktur Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado” dengan program bantu SAP2000 v.14 mengingat bentuk bangunan yang tidak beraturan maka sesuai dengan SNI 03-1726-2002 pasal 4.2.2 analisis bangunan yang tidak beraturan harus dilakukan dengan analisis respon dinamik.

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Menghitung kekuatan struktur atas gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado dengan menggunakan analisis respon dinamik.

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mengetahui kekuatan struktur dan membandingkan hasil perhitungan dan hasil yang ada di lapangan khusus Balok dan Kolom.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini dengan judul “Perhitungan Struktur Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado” hanya dibatasi pada perhitungan struktur atas yaitu struktur balok dan kolom.

1.4 Metodeologi Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis memakai beberapa metode dalam pengumpulan data-data proyek guna untuk melengkapi dan sebagai bahan dari penulisan tugas akhir. Adapun metode penelitian yang digunakan untuk menulis tugas akhir ini adalah :

1. Observasi yaitu, dengan cara mengumpulkan data-data yang dibutuhkan langsung dari lokasi proyek dengan memperhatikan pelaksanaan dan metode yang digunakan.
2. Studi Pustaka yaitu, pengumpulan data melalui buku-buku yang sudah tersedia sebagai literatur baik berupa buku cetak, jurnal-jurnal, makalah, internet, dan sebagainya
3. Wawancara yaitu, komunikasi secara langsung baik formal maupun non formal kepada pihak pelaksana proyek dan juga pekerja yang ada di lapangan.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini merupakan pengantar secara garis besar yang mengemukakan tentang latar belakang, maksud dan tujuan penulisan,

pembatasan masalah, metodeologi penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Penjelasan mengenai dasar-dasar teori yang akan dijadikan sebagai acuan dalam penulisan mengenai pembahasan dalam perhitungan struktur.

BAB III PEMBAHASAN

Berisi tentang data-data proyek, hasil perhitungan struktur gedung pendidikan terpadu Politeknik Negeri Manado.

BAB IV PENUTUP

Memuat tentang kesimpulan yang didapatkan dari pembahasan kemudian disesuaikan dengan pembatasan masalah yang ada. Setelah itu didapatkan saran guna untuk penulisan tugas akhir terlebih pada proses perencanaan bangunan kedepan.

BAB II

DASAR TEORI



POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
KONSENTRASI BANGUNAN
GEDUNG

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Umum

Tujuan utama dari struktur adalah memberikan kekuatan pada bangunan. Struktur bangunan dipengaruhi oleh beban mati (*dead load*) berupa berat sendiri, beban hidup (*live load*) berupa beban akibat penggunaan ruangan dan beban khusus seperti penurunan pondasi, tekanan tanah atau air, pengaruh temperatur dan beban akibat gempa.

2.2 Beton Bertulang

Beton adalah suatu campuran-campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu *massa* mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan. (Mc Cormac, 2004:1)

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen dan air sebagai bahan pembantu beton berlangsung (Dipohusodo, 1999:1).

Beton bertulang merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batang-batang baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. (Wang, 1993:1)

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberi perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam sistem (Dipohusodo, 1999:2).

Menurut Mc Cormac (2004), ada banyak kelebihan dari beton sebagai struktur bangunan diantaranya adalah :

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaan saja tanpa mengalami keruntuhan.
3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi;
4. Beton biasanya memerlukan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak, dinding *basement*, dan tiang tumpuan jembatan;
5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar;
6. Di bagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.

Lebih lanjut, Mc Cormac (2004), juga menyatakan kekurangan dari penggunaan beton sebagai suatu bahan struktur yaitu :

1. Beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik;
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras;
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur bentang panjang dimana berat mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur,
4. Rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur bentang panjang;

5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasi proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani seteliti seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja dan kayu lapis.

2.3 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Perencanaan pembebanan ini digunakan beberapa acuan standar sebagai berikut :

1. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2002)
2. Tata cara perencanaan Pembebanan untuk rumah dan gedung (SNI-1729-1989F)
3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1981)
4. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2002)

2.4 Dasar Perencanaan

2.4.1 Jenis Pembebanan

Dalam merencanakan struktur bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, beban angin, beban hidup, serta beban gempa. beban-beban yang bekerja pada struktur dihitung berdasarkan PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung), beban-beban tersebut adalah :

2.4.1.1 Beban Mati (*Dead Load*) DL

Beban mati adalah berat sendiri dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.

Tabel 2.1 Beban mati pada gedung

Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung	Berat	Satuan
Baja	7850	Kg / m ³
Batu alam	2600	Kg / m ³
Batu belah, batu alam, batu gunung	1500	Kg / m ³
Batu karang	700	Kg / m ³
Batu pecah	1450	Kg / m ³
Besi tuang	7250	Kg / m ³
Beton	2200	Kg / m ³
Beton bertulang	2400	Kg / m ³
Kayu kelas 1	1000	Kg / m ³
Kerikil, koral	1650	Kg / m ³
Pasangan bata merah	1700	Kg / m ³
Pasangan batu belah,batu bulat,batu gunung	2200	Kg / m ³
Pasangan bata cetak	2200	Kg / m ³
Pasangan batu karang	1450	Kg / m ³
Pasir, (kering udara sampai lembab)	1600	Kg / m ³
Pasir (jenuh air)	1800	Kg / m ³
Pasir kerikil,koral	1859	Kg / m ³
Tanah lempung dan lanau (kering udara)	1700	Kg / m ³
Tanah lempung dan lanau (basah)	2000	Kg / m ³

Sumber : PPIUG (peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung)1983

Tabel 2.2. Berat Jenis Material

Komponen gedung	Berat	Satuan
Adukan		
- dari semen	21	Kg / m ²
- dari kapur semen atau teras	17	Kg / m ²
Aspal, termasuk bahan mineral tambah	14	Kg / m ²
- satu batu	450	Kg / m ²
- setengah batu	250	Kg / m ²
Pas.dinding batako berlubang		
- tebal dinding 20 cm	200	Kg / m ²
- tebal dinding 10 cm	120	Kg / m ²
Pas.dinding batako tanpa berlubang		
- tebal dinding 15 cm	300	Kg / m ²
- tebal dinding 10 cm	200	Kg / m ²

Sumber : PPIUG (peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung) 1983 hal 7

2.4.1.2 Beban Hidup (LL)

Adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari beban-beban yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan lantai tersebut. Khusus pada atap kedalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetic) butiran air (*PPIUG 1983 – pasal 1.0. ayat 2*).

Tabel 2.3 Beban hidup pada gedung

No.	Lantai gedung	Beban hidup
1.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam no.2	200 kg/m ²
2.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang – gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel.	125 kg/m ²
3.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, pabrik, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250 kg/m ²
4.	Lantai ruang olah raga.	400 kg/m ²
5.	Lantai ruang dansa.	500 kg/m ²
6.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam 1 s/d 4, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400 kg/m ²
7.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500 kg/m ²
8.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no.3	300 kg/m ²
9.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam no.4,5,6,7	500 kg/m ²
10.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam no.3,4,5,6,7	250 kg/m ²
11.	Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 kg/m ²
12.	Lantai gedung parkir bertingkat: - untuk lantai bawah - untuk lantai tingkat lainnya	800 kg/m ² 400 kg/m ²
13.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 kg/m ²

Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, hal 16

Tabel 2.4 Koefisien reduksi beban hidup

Penggunaan gedung	Koefisien reduksi beban hidup	
	Untuk perencanaan balok induk dan portal	Untuk peninjauan gempa
Perumahan/Penghunian: Rumah tinggal, asrama, hotel, rumah sakit	0,75	0,30
Pendidikan: Sekolah, ruang kuliah	0,90	0,50
Pertemuan Umum: Mesjid, gereja, bioskop, restoran, ruang dansa, ruang pagelaran.	0,90	0,50
Kantor: Kantor, bank	0,60	0,30
Perdagangan: Toko, toserba, pasar	0,80	0,80
Penyimpanan: Gudang, perpustakaan, ruang arsip	0,80	0,80
Industri: Pabrik, bengkel	1,00	0,90
Tempat kendaraan: Garasi, gedung parkir	0,90	0,50
Gang dan Tangga: - perumahan/penghunian - pendidikan, kantor - pertemuan umum, perdagangan, penyimpanan industri, tempat kendaraan	0,75 0,75 0,90	0,30 0,50 0,50

Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983, hal 20.

2.4.1.3 Beban Gempa

Dalam SNI 03-1726-2002, ditentukan jenis struktur gedung beraturan dan tidak beraturan. Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan antara lain sebagai berikut (pasal 4.2.1) :

1. tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m
2. Denah gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan, jika terdapat tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih 25 % dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam tonjolan tersebut.
3. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut, jika mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
4. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
5. Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka, jika terdapat loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam arah masing-masing tidak kurang dari 75 % dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya.
6. Sistem struktur gedung tidak memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat, dimana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya.
7. Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan artinya setiap lantai tingkat di atasnya atau dibawahnya.
8. Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
9. Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50 % luas seluruh lantai tingkat.

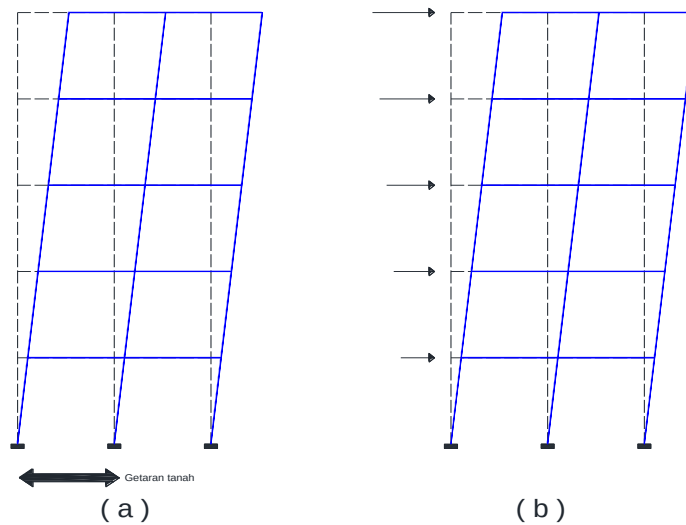
Kalaupun terdapat lantai dengan lubang atau bukaan, jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen. Sedangkan menurut pasal 4.2.2. struktur yang tidak memenuhi ketentuan pasal 4.2.1, ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Analisa tipe ini hanya dapat digunakan pada struktur elastis saja. Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai suatu pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisa respon dinamik. Analisis dinamik dapat dilakukan dengan cara analisis respon riwayat waktu (*Time History*) yang dapat digunakan pada struktur elastic maupun inelastic, dan analisa ragam spectrum (*Respons Spectrum*) yang hanya dipakai untuk struktur elastic.

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan menurut pasal 5.8.1 harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi persamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi efektifnya hanya 30%.

2.4.1.3.1 Beban Gempa Statik

Beban gempa statik merupakan penyederhanaan dari perhitungan beban gempa sebenarnya, seperti pada gambar 2.5. Beban gempa yang sesungguhnya berasal dari gerakan atau percepatan tanah dasar bangunan, yang kemudian menjalar pada elemen-elemen gedung seperti kolom dan balok. Dalam metode statik ekuivalen, tanah dasar dianggap tetap tidak bergetar dan beban gempa diekivalensikan menjadi beban lateral statik yang disebar pada elemen-elemen gedung.



Gambar 2.1. Analisis Statik Ekuivalen, (a) Gaya gempa sebenarnya (b) Ekuivalensi gaya lateral

Selanjutnya akan diuraikan ketentuan mengenai perhitungan beban gempa nominal dengan metode statik ekuivalen dengan mengacu pada pasal 6 SNI 03-1726-2002. Selain dari pasal tersebut, dalam bagian ini juga akan turut diuraikan beberapa hal yang juga perlu diketahui dalam proses perhitungan, dengan masih mengacu pada peraturan tersebut.

a. Beban Nominal

Beban gempa nominal statik ekuivalen dihitung dengan mempertimbangkan data wilayah kegempaan, jenis sistem struktur, fungsi bangunan, dan berat total struktur.

$$V1 = \frac{C1 \cdot I}{R} \cdot Wt \quad (1)$$

Dimana :

- V1 = beban / gaya geser dasar nominal
- C1 = faktor respons gempa untuk waktu getar fundamental
- I = faktor keutamaan
- R = faktor reduksi gempa
- Wt = berat total struktur (termasuk beban hidup)

Nilai C1 diperoleh dari grafik spektrum respons gempa rencana, disesuaikan untuk wilayah gempa yang sesuai dan jenis tanahnya, serta waktu getar alami

fundamental struktur. Faktor keutamaan (I) ditentukan berdasarkan kategori gedung, faktor reduksi gempa ditentukan dari sistem struktur yang digunakan pada gedung. Sedangkan berat total struktur (Wt) dihitung dari berat beban mati seperti elemen kolom, plat, balok dan beban finishing seperti keramik, termasuk beban hidup yang dianggap tetap seperti perabotan yang besarnya bias berkisar 25%-30% beban hidup total (Imran, 2010). Beban geser dasar nominal tersebut merupakan gaya gempa statik ekuivalen total yang bekerja pada struktur, yang selanjutnya didistribusikan ke lantai – lantai bangunan (Gambar 1.5. (b)) sesuai ketinggian dan berat lantai yang terkait dengan rumus berikut :

$$F_i = \frac{w_i \cdot Z_i}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot Z_i} \quad (2)$$

Dengan :

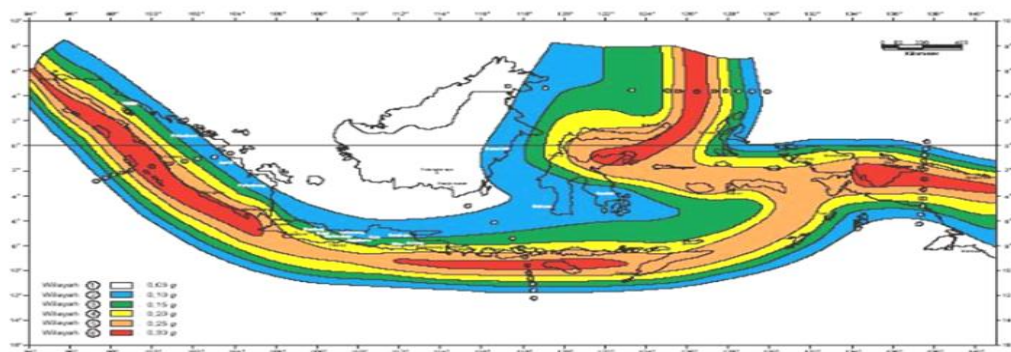
F_i = gaya statik ekuivalen pada lantai ke i

w_i = berat lantai ke-I (beban mati dan beban hidup)

Z_i = ketinggian lantai ke-I dari dasar penjepitan lateral

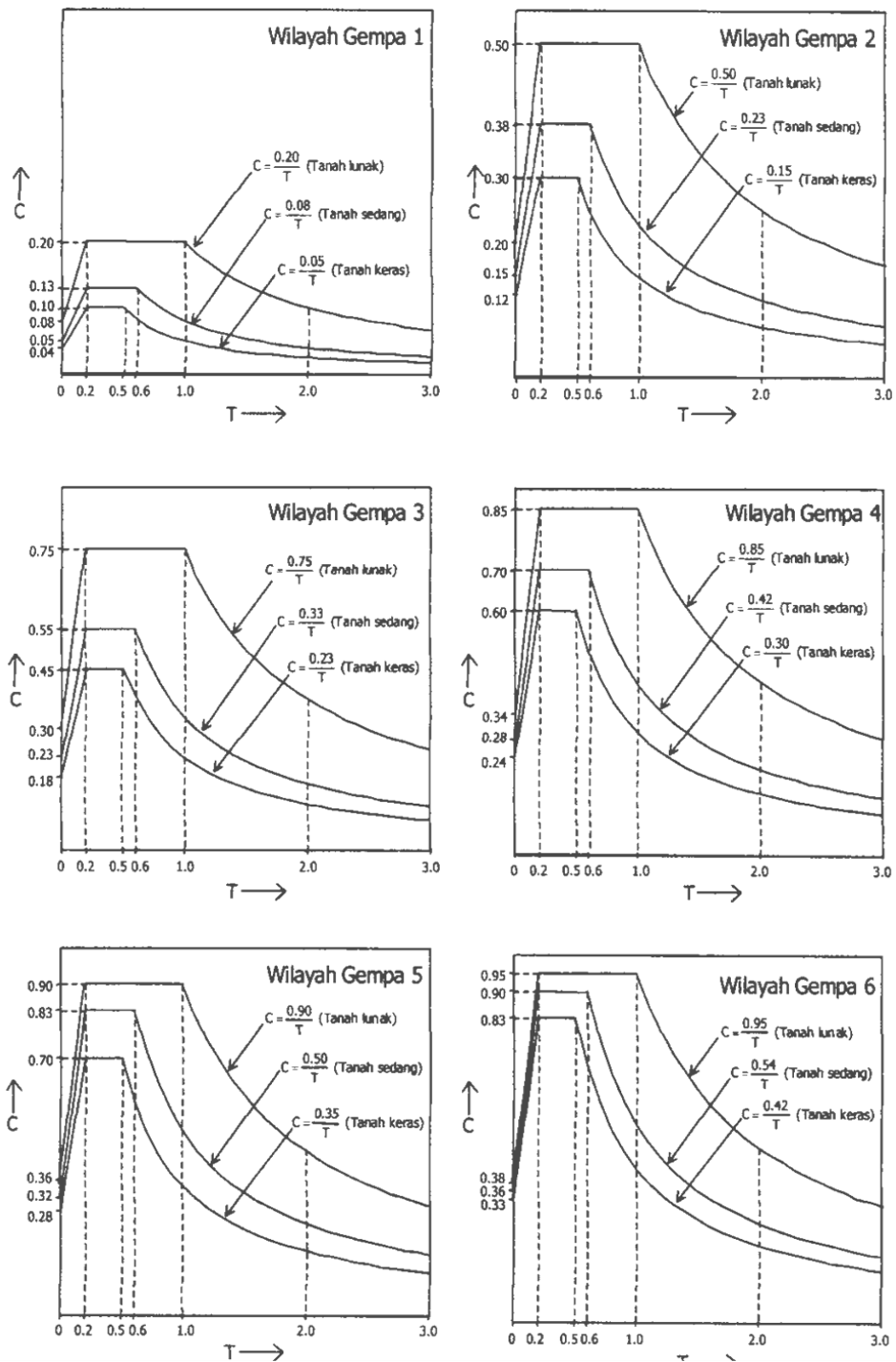
b. Wilayah Gempa

Penentuan wilayah gempa disesuaikan dengan lokasi kota/daerah pada peta wilayah gempa Indonesia (Gambar 1 Pasal 4.7.1 SNI 03-1726-2002). Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa, wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan resiko kegempaan paling kecil dan wilayah 6 adalah wilayah dengan resiko kegempaan paling tinggi. Pembagian wilayah gempa ini didasarkan pada percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun.



Gambar 2.2. Peta Wilayah Gempa Indonesia

Sumber : SNI 03-1726-2002



Gambar 2.3. Spektrum Respons Gempa Rencana

Sumber : SNI 03-1726-2002

c. Jenis Tanah

Jenis kategori tanah dalam SNI 03-1726-2002 dibedakan menjadi tanah Keras, Sedang, Lunak, dan Khusus. Penentuan jenis tanah ini menurut Pasal 4.6.3 ditentukan dari hasil penyelidikan tanah, dengan kriteria penggolongan dapat dilihat pada tabel 4 SNI 03-1726-2002.

Tabel 2.5. Jenis-jenis tanah berdasarkan SNI 03-1726-2002

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

Sumber : SNI 03 – 1726 – 2002, hal.18 dari 63

Dimana :

V_s = kecepatan rambat gelombang geser

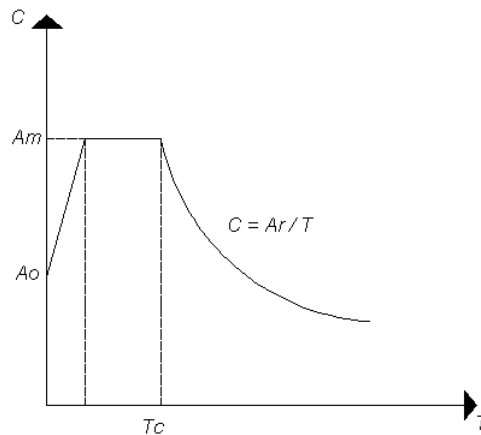
N = nilai hasil test penetrasi standard

S_u = kuat geser niralir

d. Respon Spektrum Gempa Rencana

Untuk menentukan pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung, maka untuk masing-masing wilayah gempa ditetapkan Spektrum Respons Gempa Rencana C-T, dengan bentuk tipikal seperti ditunjukkan dalam gambar 2.4. Dalam gambar tersebut C adalah faktor Respons Gempa dinyatakan dalam perepatan gravitasi dan T

adalah waktu getar alami struktur yang dinyatakan dalam detik. Seperti yang telah diuraikan diatas, untuk keperluan perhitungan struktur maka input beban gempa dinyatakan dalam nilai percepatan.



Gambar 2.4. Bentuk tipikal spektrum respons gempa rencana

Sumber : SNI 03-1726-2002

e. Waktu getar alami fundamental

Nilai faktor respons gempa (c) dalam grafik Spektrum Respons Gempa Rencana dibaca berdasar waktu getar alami struktur. Untuk perhitungan faktor respons gempa pada analisa statik ekuivalen (C_1) diperlukan estimasi untuk waktu getar alami fundamental. Untuk estimasi awal nilai tersebut dalam *UBC (Uniform Building Code)* 1997 section 1630.2.2 diberikan persamaan empiris berikut :

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \quad (3)$$

Dengan :

$$\begin{aligned} C_t &= 0.0853 \text{ (Struktur Portal Baja)} \\ &= 0.0731 \text{ (Struktur Portal Beton Bertulang)} \\ &= 0.0488 \text{ (Struktur Portal Lainnya)} \\ H_n &= \text{Tinggi total struktur gedung (dalam meter)} \end{aligned}$$

Dalam Pasal 5.6 **SNI 03–1726–2002** juga ditentukan pembatasan nilai maksimum waktu getar alami fundamental, untuk mencegah struktur gedung yang menjadi terlalu fleksibel.

$$T1 < \zeta \cdot n \quad (4)$$

Dengan :

ζ = koefisien pembatas waktu getar alami sesuai wilayah gempa

n = jumlah tingkat

Tabel 2.6. Koefisien Pembatas Waktu Getar Alami

Wilayah Gempa	ζ
1	0.20
2	0.19
3	0.18
4	0.17
5	0.16
6	0.15

Sumber : SNI 03-1726-2002

f. Faktor Keutamaan Struktur

Nilai Faktor Keutamaan (I) menyesuaikan dengan jenis penggunaan gedung, seperti terlihat pada tabel 2.6 (dari tabel 1 pasal 4.1.2 SNI 03-1726-2002). Nilai I ditentukan dari perkalian nilai I_1 dan I_2 . I_1 adalah faktor keutamaan struktur untuk menyesuaikan periode ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung, sedangkan I_2 adalah faktor keutamaan untuk menyesuaikan periode ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut. Tampak bahwa untuk gedung dengan kategori yang cukup penting yang akan sangat diperlukan kontinuitas penggunaan fungsinya atau yang bernilai cukup strategis maka nilai faktor tersebut akan meningkat.

Tabel 2.7. Nilai Faktor Keutamaan Struktur

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung Umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan Monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara	1,5	1,0	1,5

Sumber : SNI 03-1726-2002

g. Faktor Reduksi Gempa

Nilai faktor reduksi gempa ditentukan berdasar tingkat daktilitas struktur dan jenis sistem struktur yang dipakai. Nilai maksimum dari faktor tersebut (R_m) untuk beberapa system struktur dapat dicermati pada tabel 3 pasal 4.3.6 SNI 03-1726-2002. Rangkuman dari ketentuan tersebut, kaitannya dengan sistem struktur beton bertulang (Mengacu pada SNI 03-2847-2002). Dalam tabel tersebut, SRPM adalah kepanjangan dari sistem rangka pemikul momen (sistem rangka ruang balok, kolom, joint) dan SDS adalah kepanjangan dari Sistem dinding Struktural, dinding yang diproporsikan untuk menahan gaya dan momen.

Resiko Gempa	Jenis Strktur Yang Dapat Dipakai (SNI 03 - 1726 - 2002)	Faktor Modifikasi Respons (R)
Rendah (Wilayah 1 - 2)	Sistem rangka Pemikul momen : • SRPMB (Bab 3-20) • SRPMM (Ps.23.10) • SRPMB (Ps.23.3-23.5) Sistem Dinding Struktural • SDSB (Bab 3-20) • SDSK (Ps.23.6)	3-3.5 5-5.5 8-8.5 4-4.5 5.5-6.5
Menengah (Wilayah 3 - 4)	Sistem rangka Pemikul momen : • SRPMM (Ps.23.10) • SRPMK (Ps.23.3-23.5) Sistem Dinding Struktural • SDSB (Bab 3-20) • SDSK (Ps.23.6)	5-5.5 8-8.5 4-4.5 5.5-6.5
Tinggi (Wilayah 5 - 6)	Sistem rangka Pemikul momen : • SRPMK (Ps.23.3-23.5) Sistem Dinding Struktural • SDSK (Ps.23.6)	8-8.5 5.5-6.5

Tabel 2.8. Faktor Modifikasi Respons untuk Sistem Struktur

Sumber : SNI 03-1726-2002

2.4.1.3.2 Beban Gempa Dinamik

Untuk struktur gedung tidak beraturan (yang tidak memenuhi ketentuan untuk struktur gedung beraturan), menurut SNI 03 – 1726 – 2002 Pasal 71.1 pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung tersebut harus ditentukan melalui analisis respons 3 dimensi. Dalam pasal 7.2.1 ditentukan lebih lanjut bahwa perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan dapat dilakukan dengan metode analisis ragam spektrum respons (Respons Spektrum). Grafik respons spektrum merupakan hasil plot nilai tanggapan/respons maksimum (lendutan, kecepatan, percepatan, dsb.) terhadap fungsi beban tertentu untuk semua sistem derajat kebebasan tunggal yang memungkinkan. Absis dari grafik tersebut berupa frekuensi (atau periode / waktu) dan ordinat berupa nilai respons maksimum (**Paz 1985**).

Dalam hal analisis beban gempa, spektrum respons disusun berdasar respons terhadap percepatan tanah (*ground acceleration*) beberapa rekaman gempa.

Spektrum desain (*design spektrum*) merupakan representasi dari gerakan tanah (*ground motion*) akibat getaran gempa yang pernah terjadi di suatu lokasi. Beberapa faktor pertimbangan untuk pemilihan *design spectrum* adalah besar skala gempa, jarak, lokasi ke pusat gempa, mekanisme sesar, jalur rambatan gelombang gempa, dan kondisi tanah local (**Chopra, 1995**).

a. Input Analisis

Metode analisis ragam respons dilakukan dengan input dari grafik Spektrum Respons Gempa Rencana yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R (Pasal 7.2.1 SNI 03-1726-2002), dimana I adalah faktor keutamaan, sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan. Selain itu, nilai input perlu dikalikan lagi dengan skala g (percepatan gravitasi bumi $= 9.81 \text{ m / detik}^2$)

b. Analisa Modal

Analisis modal (*modal analysis*) dipakai untuk menentukan ragam vibrasi struktur (*vibration modes*), yang berguna untuk memahami perilaku struktur. Analisis ini juga digunakan untuk dasar *modal superposition* dalam analisis *respons spektrum* atau *modal time history*. Ada dua tipe analisis modal yaitu :

1. *Eigenvector*, menentukan *undamped free-vibration mode shapes* dan frekuensi system struktur.
2. *Ritz-vector*, yang dapat memberikan dasar yang lebih baik saat digunakan untuk analisis *respons – spektrum* atau *time – history* yang berdasarkan *superposition*.

c. Syarat Mass Participating Ratio

Jumlah ragam vibrasi (mode) yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metode ini harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya mencapai 90 % (Pasal 7.2.1 SNI 03-1726-2002).

d. Penjumlahan Ragam

Pasal 7.2.2 menentukan penjumlahan respons ragam untuk struktur gedung tidak beraturan yang memiliki waktu – waktu getar yang berdekatan, harus dilakukan dengan metode yang dikenal dengan Kombinasi Kuadratik Lengkap (*Complete*

Quadratic Combination atau CQC). Waktu getar alami harus dianggap berdekatan, apabila selisih nilainya kurang dari 15 %. Untuk struktur gedung tidak beraturan yang memiliki waktu getar alami berjauhan, penjumlahan respons ragam tersebut dapat dilakukan dengan metode yang dikenal dengan Akar Jumlah Kuadrat (Square Root of the Sum of Square atau SRSS).

2.4.1.3.2 Beban Angin

Beban angin adalah beban yang juga harus mendapat perhatian serius, sebab di banyak daerah yang tekanan anginnya cukup kuat bisa mengakibatkan kerusakan struktur yang cukup parah. Oleh sebab itu pada saat perencanaan suatu gedung juga harus memperhatikan beban angin yang bekerja.

1. Pada umumnya tekanan tiup angin harus diambil minimum 25 kg / m²
2. Tekanan tiup di laut dan tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai harus diambil minimum 40 kg / m²
3. Untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain tertentu, dimana terdapat kecepatan-kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang lebih besar dari pada yang ditentukan dalam nomor 1 dan 2, tekan tiup (P) harus dihitung sebagai berikut :

$$P = V^2 / 16 \text{ (kg / m}^2 \text{)} \quad (5)$$

dimana :

V = kecepatan angin (m/detik)

Sumber : buku teknik sipil, hal 182 tentang muatan angin.

Sementara beban angin yang terjadi tergantung dari ketinggian bangunan dari muka tanah.

Tabel 2.9. beban angin dasar

Ketinggian bangunan dari permukaan tanah	Beban angin dasar (kg / m ²)
0 m – 10 m	25
10.1 m – 20 m	35
20.1 m – 30 m	43
30.1 m – 50 m	56
50.1 m – 70 m	66

Sumber : SNI 03-1727-1989-F

2.4.2 Sistim Kerja Beban

Bekerjanya beban untuk bangunan bertingkat berlaku system gravitasi, yaitu elemen struktur yang berada di atas akan membebani elemen struktur yang berada di bawahnya, atau dengan kata lain elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih besar akan menahan atau memikul elemen struktur yang mempunyai kekuatan lebih kecil. Dengan demikian system bekerjanya beban untuk elemen-elemen struktur gedung bertingkat secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut : Beban pelat lantai didistribusikan terhadap balok anak dan balok portal, beban balok portal didistribusikan ke kolom dan beban kolom kemudian didistribusikan ke lapisan tanah keras melalui pondasi.

2.4.3 Provisi Keamanan

Dalam pedoman beton **SNI 03-2847-2002** struktur harus direncanakan untuk memiliki cadangan kekuatan untuk memikul beban yang lebih tinggi dari beban normal. Kapasitas cadangan ini mencakup faktor pembebanan (U), yaitu untuk memperhitungkan pelampauan beban dan faktor reduksi (ϕ), yaitu untuk memperhitungkan kurangnya mutu bahan di lapangan. Pelampauan beban dapat terjadi akibat perubahan dari penggunaan untuk apa struktur direncanakan dan penafsiran yang kurang tepat dalam perhitungan pembebanan.

Tabel 2.10. Faktor Pembebanan U

No	Kombinasi Beban	Faktor U
1	D	1.4 D
2	D,L	1.2 D + 1.6 L
3	D,L,W	0.75 (1.2 D + 1.6 L + 1.6 W)
4	D,E	0.9 (D + E)

Sumber : SNI 03-2847-r2002, Hal 59

Dimana :

D : Beban mati

L : Beban hidup

E : Beban Gempa

W : Beban angin

2.4.4. Kuat Rencana

1. Kuat rencana suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan perilaku lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebagai hasil kali kuat nominal, yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi dari tata cara ini, dengan suatu *faktor* reduksi kekuatan ϕ dalam 11.3(2).

2. Faktor reduksi kekuatan ϕ ditentukan sebagai berikut:

Lentur, tanpa beban aksial..... 0,80

Beban aksial, dan beban aksial dengan lentur (untuk beban aksial dengan lentur, kedua nilai kuat nominal dari beban aksial dan momen harus dikalikan dengan nilai ϕ tunggal yang sesuai)

a) Aksial tarik dan aksial tarik dengan lentur..... 0,80

b) Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur:

Komponen struktur dengan tulangan spiral yang sesuai dengan 12.9.3

Komponen struktur lainnya..... 0,65

3. Geser dan *torsi*..... 0,75

2.5. Perencanaan Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas adalah struktur bangunan dalam hal ini adalah bangunan gedung yang secara visual berada di atas tanah yang terdiri dari struktur sekunder seperti atap, pelat lantai, ring balok, balok utama, balok anak dan struktur portal utama yaitu kesatuan antara balok dan kolom. Perencanaan struktur portal utama direncanakan dengan menggunakan prinsip *strong column weak beam*, di mana sendi-sendi plastis diusahakan terletak pada balok-balok.

2.5.1. Perencanaan balok persegi

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban – beban dari pelat lantai ke kolom-kolom sebagai penyangga vertikal. Pada umumnya elemen balok dicor *monolit* atau menyatu dengan pelat lantai, sehingga balok yang akan didesain menjadi balok T. Perhitungan penulangan balok sendiri dibagi menjadi 2 yaitu : balok dengan tulangan tunggal, dan balok dengan tulangan rangkap. Selanjutnya didalam perencanaan struktur terdapat tiga hal pokok dalam rangka memahami mekanisme kerja elemen struktur beton bertulang yakni : keruntuhan tarik, keruntuhan tekan, dan keruntuhan berimbang.

1. Keruntuhan Tarik (*tension failure*).

Keruntuhan tarik akan terjadi bila prosentase baja tulangan suatu penampang balok relatif kecil sehingga tulangan ini lebih dahulu mencapai tegangan lelehnya sebelum tegangan beton mencapai maksimum. Pada tahap ini, regangan baja tulangan $\varepsilon_s = \varepsilon_{sy}$ dan regangan beton $\varepsilon_c < \varepsilon_{cu}$. Peningkatan beban luar berikutnya akan memperbesar deformasi baja tulangan secara plastis, yang kemudian memperlebar retak pada daerah tarik beton. Selama proses deformasi, tegangan baja tetap konstan sebesar $(A_s \cdot f_y)$. Tetapi untuk mengimbangi peningkatan beban tersebut, tegangan beton akan bertambah bersama dengan naiknya sumbu netral dan resultan tegangan tekan C atau N_D (bila daerah tarik terletak dibawah), yang menyebabkan bertambahnya jarak antara kedua resultan gaya internal yaitu z , dan momen internal $T \cdot z$. Proses ini terus berlanjut hingga daerah tekan beton retak atau regangan serat tekan beton $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$. Penampang balok yang memiliki prosentase tulangan seperti ini disebut sebagai *balok perkuatan kurang (underreinforced)*. Penampang akan mengalami deformasi plastis yang cukup besar sehingga menimbulkan retak-retak

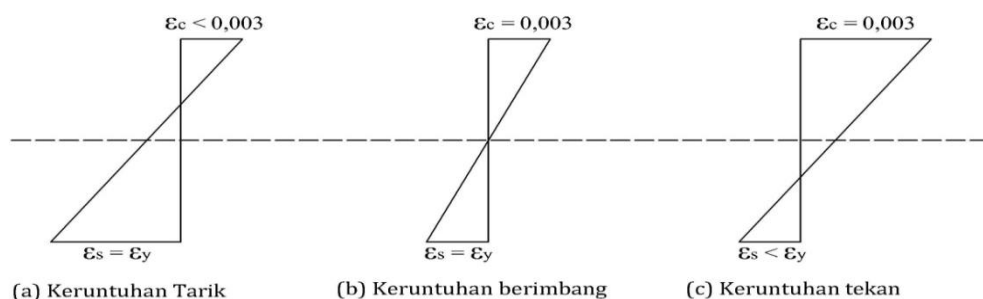
pada daerah tarik yang merupakan tanda bahwa balok tersebut hancur. Keruntuhan inilah yang disebut *keruntuhan tarik (tension failure)*.

2. Keruntuhan Berimbang (*balance failure*).

Keadaan seimbang terpenuhi bila regangan dan tulangan tarik tepat mencapai regangan yang berhubungan dengan tegangan leleh yang ditentukan f_y dan pada saat yang sama, bagian beton yang tertekan mencapai regangan batas asumsi 0,003. Jika beton maupun baja tulangan mencapai regangan atau tegangan maksimumnya secara bersamaan, keruntuhan penampang ini mungkin bukan merupakan keruntuhan struktur dapat terjadi serentak yang disebut *keruntuhan berimbang (balance failure)*.

3. Keruntuhan Tekan (*compressin failure*).

Jika prosentase tulangan cukup besar sehingga tegangan diserat beton lebih dulu mencapai kapasitas maksimumnya sebelum tegangan baja tulangan meleleh, disebut sebagai *perkuatan berlebihan (overreinforced)*. Pada kondisi ini regangan beton $\epsilon_c = \epsilon_{cu}$ dan regangan baja tulangan $\epsilon_s < \epsilon_{sy}$ keruntuhannya akan terjadi didaerah tekan beton sehingga disebut *keruntuhan tekan (compressin failure)*. Keruntuhan ini terjadi secara tiba-tiba, bahkan sering terjadi bunyi ledakan beton hancur, dan sebelumnya tidak ada tanda-tanda berupa defleksi yang besar. Tingkat regangan yang terjadi pada ketiga kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.6. Diagram Tegangan Keruntuhan pada Beton Bertulang

2.5.2. Balok Persegi Bertulangan Tunggal

Beban-beban luar yang bekerja pada struktur akan menyebabkan lentur dan deformasi pada elemen struktur. Lentur yang terjadi pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban dari luar. Apabila beban luar yang bekerja terus bertambah, maka balok akan mengalami deformasi dan regangan

tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentangan balok. Bila bebannya terus bertambah sampai batas kapasitas baloknya, maka balok akan runtuh. Taraf pembebanan seperti ini disebut dengan keadaan limit dari keruntuhan pada lentur. Oleh karena itu, pada saat perencanaan, balok harus didesain sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak berlebihan pada saat beban bekerja dan mempunyai keamanan cukup dan kekuatan cadangan untuk menahan beban dan regangan tanpa mengalami runtuh.

Asumsi-asumsi dasar yang digunakan untuk menganalisis penampang beton bertulang akibat lentur adalah sebagai berikut:

1. Distribusi regangan dianggap linier (Hukum Bernoulli), yaitu penampang tegak lurus sumbu lentur yang bekerja pada bidang datar dan tegak lurus terhadap sumbu netralnya setelah mengalami lentur.
2. Regangan pada baja dan beton di sekitarnya sama sebelum terjadi retak pada beton atau leleh pada baja.

2.5.2.2. Balok Persegi Bertulangan Rangkap

Jika momen yang bekerja melebihi momen yang dapat dipikul oleh tulangan tunggal, maka diperlukan tulangan rangkap yang terdiri dari tulangan tarik dan tulangan tekan. Untuk mengatasi momen yang tidak dapat dipikul oleh balok bertulangan tunggal maka perhitungan dapat di analisa dengan menggunakan dua pilihan

1. Perbesar penampang balok
2. Pasang tulangan rangkap, dalam hal ini tulangan tekan dan tarik.

Prinsip penentuan suatu struktur balok harus menggunakan tulangan tunggal atau rangkap, ialah dilihat dari nilai rasio tulangan. Jika rasio tulangan yang didapat melebihi batas rasio tulangan maksimum, maka penampang direncanakan dengan menggunakan tulangan rangkap, yang dimana sisa momen yang tidak dapat dipikul oleh A_s (luasan tulangan tarik) dilimpahkan kepada tulangan tekan.

Langkah – langkah perhitungan balok beton bertulang

1. Tentukan syarat-syarat batas panjang dan tinggi balok dari prinsip preliminary desain awal
2. Tentukan p_{max} tulangan tunggal & p_{min}

Langkah – langkah perhitungan balok beton bertulang

1. Harus diketahui terlebih dahulu M_u, f'_c, f_y, b, d

2. Tentukan ρ max tulangan tunggal dan ρ min

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \frac{0.0025 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y \times (0.003 + f_y / 200000)} \quad (14)$$

$$\rho_{\min} = 1.4 / f_y \quad (15)$$

3. Tentukan ρ untuk memikul M_u

$$\rho = \frac{f_y - \sqrt{f_y^2 - 2 R_u / (\phi \times m \times f_y)}}{m \times f_y} \quad (16)$$

4. Kontrol rasio tulangan dimana $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

5. Jika $\rho < \rho_{\min}$ maka penampang diperbesar

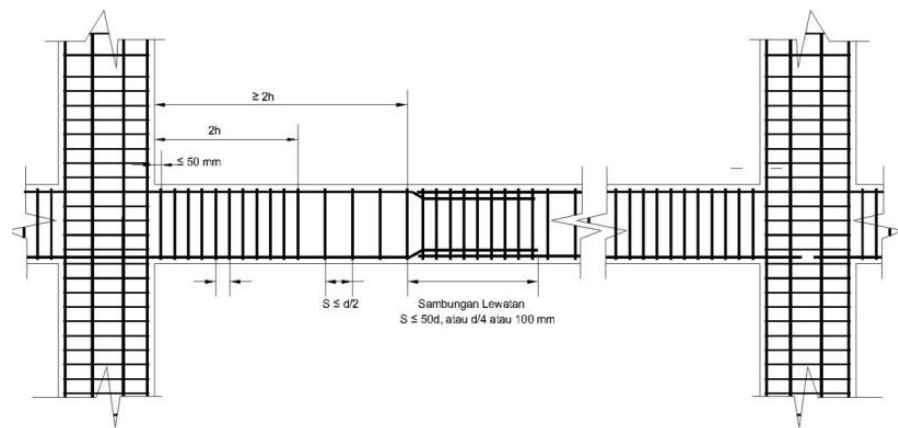
Jika $\rho > \rho_{\max}$ maka digunakan tulangan rangkap

6. Hitung A_s tulangan yang dibutuhkan

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

2.5.2.3 Perhitungan Tulangan Geser Balok

Perhitungan tulangan geser mengacu pada persyaratan dan peraturan menurut SNI 03-2847-2002



G

Gambar 2.6 Persyaratan penulangan geser balok

Sumber : <https://ryanrakhmats.wordpress.com/syarat-penulangan-geser-balok>

Dimana :

$V_{u \text{ Ki}}$: Geser sebelah kiri balok

$V_{u \text{ d}}$: Geser pada jarak d

$V_{u \text{ 2h}}$: Geser pada jarak $2h$

$V_{u \text{ ka}}$: Geser sebelah kanan balok

Untuk jarak pada daerah sendi plastis ($2h$), diambil nilai terkecil dari $d/4$, $8.diamter$ terkecil tulangan memanjang, $24.d.b$ dan $\leq 300mm$. diluar sendi plastis, $h/4$, $16d$ dan ≤ 150 mm, sedangkan pada sambungan lewatan adalah $d/4$ dan ≤ 100 mm.

1) **Desain Tulangan Geser Balok di Daerah Sendi Plastis (Sejauh $2h$)**

Untuk menghitung jarak tulangan geser pada daerah sendi plastis rumus:

$$V_s = \frac{V_{ud}}{\phi} \quad (50)$$

$$s = \frac{A_v.f_y.d}{V_s} \quad (51)$$

Dimana :

A_v : Luas tulangan sengkang

d : Tinggi efektif balok

V_s : Kuat geser tarik

2) **Desain Tulangan Geser Balok di Luar Sendi Plastis ($\geq 2h$)**

Untuk menghitung jarak tulangan geser pada luar sendi plastis rumus:

$$V_c = \frac{\sqrt{f_{c'}}}{6} \cdot b \cdot d \quad (52)$$

$$V_s = \frac{V_{ud}}{\phi} - V_c \text{ dan,} \quad (53)$$

$$s = \frac{A_v.f_y.d}{V_s} \quad (54)$$

3) **Panjang Penyebaran / Panjang Sambungan Lewatan (λ_d)**

Pada pasal 14 SNI 2847–2002 (lihat Tabel 2.7)

$\lambda_d > 300mm$

Untuk batang tulangan longitudinal $\leq D19$ mm, rumus yang dipakai adalah:

$$\lambda_d = \frac{3.f_y.\alpha.\beta.\Delta}{25.\sqrt{f_{c'}}} \cdot d_b \quad (55)$$

Untuk batang tulangan longitudinal $\geq D22$ mm, rumus yang dipakai adalah:

$$\lambda_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d_b \quad (56)$$

Dimana:

- λ_d : Panjang lewatan
 α : Faktor lokasi penulangan
 β : Faktor pelapis
 λ : Faktor beton agregat

Tabel 2.7 Faktor persamaan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada pada kondisi tarik menurut pasal 14 SNI 2847 – 2002

α = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
β = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$, atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

Walaupun demikian, hasil perkalian $\alpha\beta$ tidak perlu diambil lebih besar dari 1,7.

γ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
λ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila f_{cr} disyaratkan, maka λ boleh diambil sebesar $\sqrt{f_c'} / (1,8f_{cr})$ tetapi tidak kurang dari	1,0
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

2.5.3. Perencanaan Kolom

Semua definisi kolom berbentuk bujur sangkar dengan lebar minimal sama dengan lebar balok yang ditumpuhnya, dan harus memenuhi ketentuan pada “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung” Pasal 3.14.4 Ayat 1.

$b_{\min} = 300$ mm, dimana:

$$\frac{b}{h} \geq 0.4, \text{ dan } \frac{L}{b} \leq 16 \quad (7)$$

dimana:

b = dimensi penampang terpendek (mm)

h = dimensi penampang yang tegak lurus penampang terpendek (mm)

L = tinggi kolom (mm)

Langkah selanjutnya adalah menentukan rencana tulangan kolom dengan menggunakan kurva diagram interaksi, sebagai berikut:

- Menentukan luas penampang bruto kolom (A_{gr}).

$$A_{gr} = b \times h \quad (8)$$

- Menentukan nilai sumbu vertikal.

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \quad (9)$$

dimana: P_u adalah beban aksial kolom

- Menentukan nilai sumbu horisontal.

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{e_t}{h} \quad (10)$$

- Menentukan nilai d'/h (11)

- Plot nilai sumbu vertikal dan sumbu horizontal sehingga didapatkan nilai r .

- Tentukan nilai presentase tulangan (ρ) dengan $\rho = r \times \beta$ (nilai β tergantung dari mutu beton f'_c . Untuk f'_c 30 MPa $\beta = 1,2$). (12)

- Pembatasan rasio tulangan, dimana:

$$\rho_{maks} = 0,06 A_{gr} \quad (13)$$

$$\rho_{min} = 0,01 A_{gr} \quad (14)$$

- Menentukan luas tulangan (A_s).

$$A_s = \rho_{desain} \times A_{gr} \quad (15)$$

2.6 Prinsip Dasar Desain Gedung di Daerah rawan gempa

Sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan yang tinggi terhadap gempa. Hal ini dapat dilihat pada berbagai kejadian gempa dalam beberapa tahun terakhir yang melanda beberapa daerah di Indonesia dan menyebabkan kerusakan berbagai sarana dan prasarana di daerah-daerah yang tertekan dampak bencana tersebut. Kondisi alam ini menyebabkan perlunya pemenuhan terhadap kaidah-kaidah perencanaan/pelaksanaan sistem struktur tahan gempa pada setiap struktur bangunan yang akan didirikan di wilayah Indonesia, khususnya yang akan dibangun di wilayah dengan kerawanan (risiko) gempa menengah hingga tinggi. Bentuk denah bangunan yang terbaik untuk menahan gempa adalah bentuk yang sederhana, simetris, dan tidak terlalu panjang.

Prinsip yang sama juga diterapkan pada perencanaan daerah pertemuan balok kolom, yang berdasarkan peraturan yang berlaku harus memenuhi persyaratan “kolom kuat-balok lemah”. Dalam memenuhi persyaratan ini, elemen-elemen kolom yang merangka pada suatu hubungan balok-kolom harus memiliki kuat lentur yang 1,2 kali lebih besar dibandingkan dengan kuat lentur elemen-elemen balok yang merangka pada hubungan balok-kolom yang sama. Nilai perbesaran 1,2 tersebut pada dasarnya digunakan untuk mengakomodasi nilai *overstrenght* yang dimiliki oleh baja tulangan lentur balok.

2.9.1 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Beban Gempa

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom, dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. SRPM dapat dikelompokkan sebagai berikut

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) : Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 3 hingga pasal 20 SNI 03-2847-2002. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan risiko gempa yang rendah (Zona 1 dan 2).
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) : Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan *detailling* pasal 23.2(2(3)) dan 23.10.

sistem ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan di zona 1 hingga zona 4.

- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) : Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan 23.2 samapi dengan 23.5 Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona 5 dan 6.

Tabel 2.11 Ketentuan Pasal 23.2 SNI 03.2847-2002

Resiko Gempa	Jenis Struktur yang Dapat Digunakan	Faktor Modifikasi Respons (R)
Rendah	Sistem Rangka Pemikul Momen - SRPMB (Bab 3-Bab 20) - SRPMM (Pasal 23.10) - SRPMK (Pasal 23.3-23.5)	3 ~ 3.5 5 ~ 5.5 8 ~ 8.5
	Sistem Dinding Stuktural - SDSB (Bab 3-Bab 20) - SDSK (Pasal 23.6)	4 ~ 4.5 5.5 ~ 6.5
Menengah	Sistem Rangka Pemikul Momen - SRPMM - SRPMK	5 ~ 5.5 8 ~ 8.5
	Sistem Dinding Stuktural - SDSB - SDSK	4 ~ 4.5 5.5 ~ 6.5
Tinggi	Sistem Rangka Pemikul Momen - SRPMK	8 ~ 8.5
	Sistem Dinding Stuktural - SDSK	5.5 ~ 6.5

2.9.2 Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berikut ini adalah Persyaratan Detailing Komponen Struktur Lentur SRPMK

a. Persyaratan Geometri

Komponen struktur lentur didefinisikan sebagai komponen struktur dimana gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada penampang tidak melebihi $0.1 A_g f'_c$, dengan A_g adalah luas penampang komponen struktur. secara geometri, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi untuk komponen lentur.

1. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektif (lentur)

Beberapa hasil eksperimen membuktikan bahwa akibat pembebanan siklik yang memasuki rentang inelastik, perilaku komponen struktur menerus dengan rasio panjang- tinggi kurang dari empat ternyata perbedaannya cukup signifikan dari komponen struktur yang relative lebih langsing.

2. Perbandingan lebih terhadap tinggi komponen struktur tidak boleh kurang dari 0.3. Persyaratan ini terkait dengan stabilitas penampang komponen struktur, khususnya pada saat penampang mengalami deformasi inelastik yang cukup signifikan.

3. Lebar penampang haruslah

- $\geq 250 \text{ mm}$
- $\leq$ lebar kolom ditambah jarak pada tiap sisi kolom yang tidak melebihi tiga per empat tinggi komponen struktur lentur. Persyaratan ini terkait dengan transfer momen akibat gempa dari elemen struktur balok ke kolom.

b. Persyaratan Tulangan Lentur

Ada beberapa persyaratan tulangan lentur yang perlu diperhatikan pada perencanaan komponen lentur SRPMK, diantaranya adalah :

1. Masing-masing luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang dipersyaratkan, yaitu $(0.25 b_w d \sqrt{f'_c}) / f_y$ atau $(1.4 b_w d \sqrt{f'_c}) / f_y$ (dengan b_w dan d masing-masing adalah lebar dan tinggi efektif penampang komponen lentur). Rasio tulangan lentur maksimum (ρ_{maks}) juga dibatasi sebesar 0.25. Selain itu, pada penampang harus terpasang secara menerus minimum dua batang tulangan atas dan batang tulangan bawah.

2. Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar atau sama dengan setengah kuat lentur negatifnya. Kuat lentur negative dan positif pada setiap penampang di sepanjang bentang harus tidak kurang dari seperempat kuat lentur terbesar pada bentang tersebut

3. Sambungan lewatan untuk penyambungan tulangan lentur harus diberi tulangan spiral atau sengkang tertutup di sepanjang sambungan tersebut Pemasangan tulangan spiral atau sengkang tertutup ini penting untuk mengekang beton di daerah

sambungan dan mengantisipasi terkelupasnya selimut beton pada saat penampang mengalami deformasi inelastik yang signifikan.

4. Sambungan lewatan tidak boleh ditempatkan pada :

- Daerah hubungan balok-kolom
- Daerah hingga jarak dua kali tinggi balok h dari muka kolom, dan
- Lokasi-lokasi yang berdasarkan hasil analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastis struktur portal bangunan.

Batasan-batasan ini perlu diperhatikan dalam perencanaan komponen struktur SRPMK, karena sambungan lewatan tidak dapat diandalkan bila menerima beban siklik yang dapat memaksa penampang berdeformasi dalam rentang inelastiknya.

c. Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan transversal pada komponen lentur dibutuhkan terutama untuk menahan geser, mengekang daerah inti penampang beton dan menyediakan tahanan lateral bagi batang-batang tulangan lentur di mana tegangan leleh dapat terbentuk. Karena pengelupasan selimut beton dapat terjadi pada saat gempa kuat, terutama di daerah sendi plastis dan di daerah sekitarnya, maka semua tulangan transversal pada elemen SRPMK harus berbentuk sengkang tertutup. Beberapa persyaratan harus dipenuhi untuk pemasangan tulangan sengkang tertutup, diantaranya :

1. Sengkang tertutup harus dipasang :

- Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan.
- Di sepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
- Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.
- $d/4$, dengan d adalah tinggi efektif penampang komponen lentur
- delapan kali diameter terkecil tulangan lentur
- 24 kali diameter batang tulangan sengkang tertutup, dan
- 300 mm.

d. Persyaratan Kuat Geser untuk Komponen Struktur Lentur

Kuat geser perlu V_e untuk perencanaan geser bagi komponen struktur lentur SRPMK harus ditentukan dari peninjauan gaya static pada komponen struktur antara dua muka tumpuan yaitu :

$$V_e = \frac{M_{pr\ 1} + M_{pr\ 2}}{L} \pm \frac{W_u L}{2} \quad (30)$$

Dengan :

V_e = kuat geser perlu diujung-ujung balok

$M_{pr\ 1}$ = kuat lentur paling maksimum yang mungkin termobilisasi di perletakan kiri akibat goyang ke kiri (atau kanan)

$M_{pr\ 2}$ = kuat lentur paling maksimum yang mungkin termobilisasi di perletakan kiri akibat goyang ke kiri (atau kanan)

W_u = pengaruh beban gravitasi

L = Panjang bentang bersih balok

Momen ujung M_{pr} (probable moment capacity) didefinisikan sebagai momen maksimum yang diperlukan untuk membuat penampang desain (yaitu penampang dengan dimensi dan konfigurasi baja tulangan sesuai desain) membentuk sendi plastis. Momen ujung M_{pr} dihitung berdasarkan nilai kuat tarik baja tulangan yang telah diperbesar dengan menerapkan factor kuat lebih bahan, yaitu sebesar $1,25 f_y$.

Diagram kuat geser perlu yang diperoleh kemudian digunakan untuk merencanakan kuat geser sepanjang komponen lentur.

Perencanaan geser dilakukan dengan mengasumsikan bahwa baik beton maupun baja tulangan transversal sama-sama berkontribusi dalam menahan gaya geser rencana yang terjadi. Namun, khusus untuk daerah yang berpotensi membentuk sendi plastis (yaitu di sepanjang $2h$ dari muka kolom), tulangan transversal harus dirancang untuk menahan kuat geser perlu dengan menganggap beton dalam menahan geser ($V_e = 0$) selama:

1. Gaya geser akibat gempa (yaitu suku pertama pada mewakili setengah atau lebih dari kuat geser perlu maksimum disepanjang daerah tersebut dan
2. Gaya aksial tekan terfaktor pada penampang, termasuk akibat gempa lebih kecil dari $A_g f'_c / 20$

2.10 Perhitungan Struktur dengan Program SAP2000 v.14

2.10.1 Metode dan cara perhitungan

Menggunakan metode Dynamic, dengan menggunakan bantuan program Software SAP 2000 Versi 14, dibuat dalam bentuk 3 dimensi, diambil momen tumpuan maksimum untuk Tulangan Utama Pada Balok, Gaya Lintang Maksimum Untuk Senggang, Gaya Normal Maksimum untuk Tulangan Utama pada Kolom dalam proses perencanaan, untuk momen lapangan tidak di desain, hanya berdasarkan momen tumpuan dalam proses desain. Untuk daerah Tumpuan dan Lapangan.

Keunggulannya :

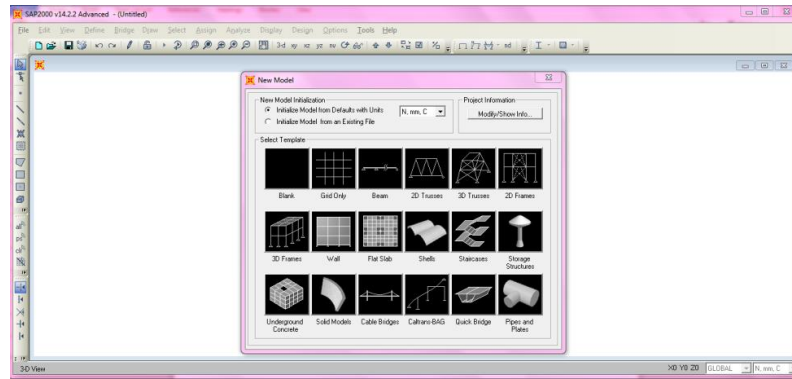
Untuk analisa *Dynamic* hasilnya sangat akurat karena ditampilkan dalam bentuk 3 dimensi, artinya mendekati cara pemodelan struktur berdasarkan yang ada dilapangan, untuk Pembebanan tidak perlu dihitung secara manual dan untuk Gempa itu bekerja ke semua element – element struktur.

2.10.2 Pemodelan struktur pada program

Struktur portal adalah struktur dengan material dari bahan baja atau beton yang tersusun dari balok, kolom dan pelat lantai dimana pada hubungan balok dan kolom terdapat gaya-gaya dalam yang nantinya akan digunakan dalam mendimensi tulangan. Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

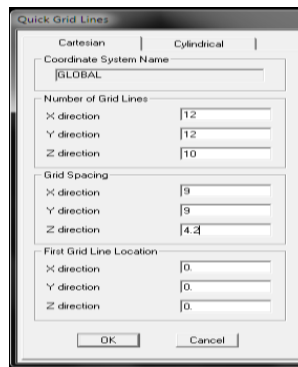
Buatlah *directory* tempat data-data SAP2000 v.14 yang akan disimpan

1. Buka program SAP 2000 v14.2.2. Pilih *New Model* (Ctrl+N), ganti satuan N,m,C dan pilih *Grid Only*.



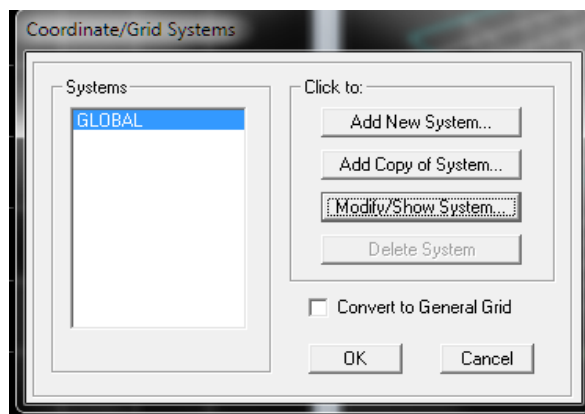
Gambar 2.8 Tampilan awal program SAP 2000

2. Selanjutnya masukkan data-data pada kolom *Number of Grid Lines* dan *Grid Spacing* seperti pada Gambar 2 di bawah ini.

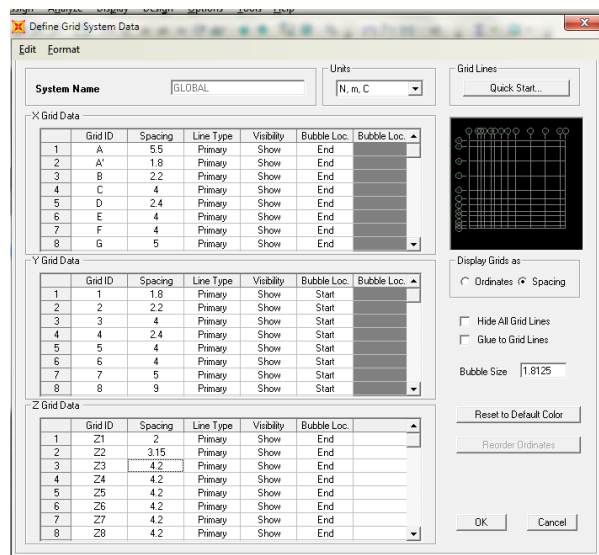


Gambar 2.9 Menentukan Jumlah Grid

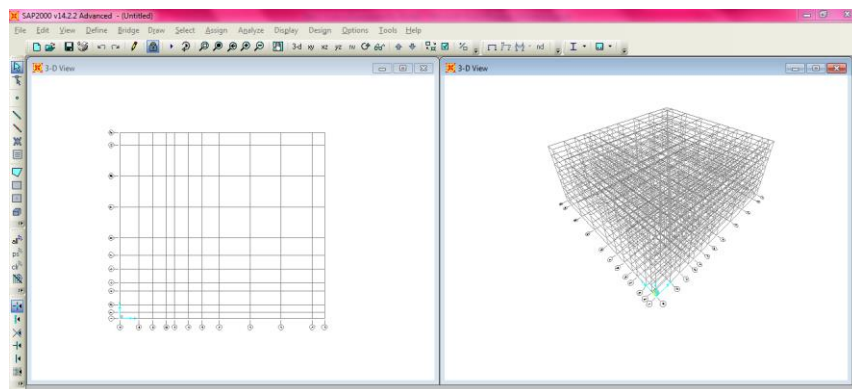
3. Pilih *Define – Coordinate/Grid Systems*, lalu pilih *Modify /Show System* (ALT + D + D), lihat Gambar 2.17. Ganti *Display Grid as Ordinates* dengan *Spacing*. Masukkan data-data pada kolom *X Grid Data* dan *Y Grid Data* dengan nilai seperti yang terlihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.10 Tampilan Sistem Grid



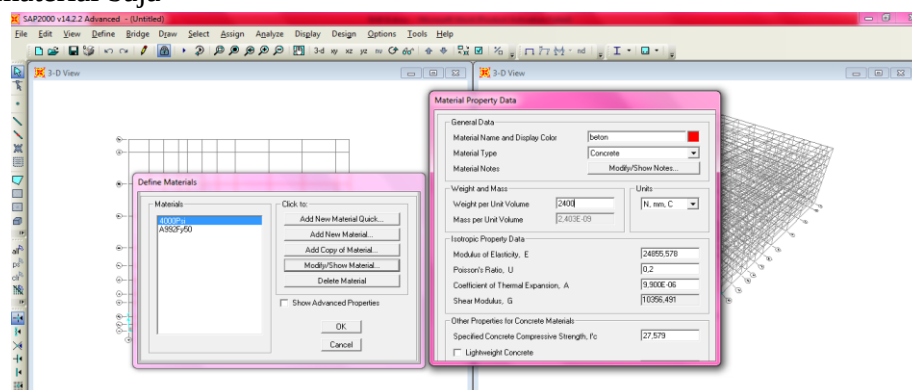
Gambar 2.11 Mengatur Grid Bangunan



Gambar 2.12 Tampilan Hasil Pengaturan Grid

4. Mendefinisikan Material.

Pilih *Define – Add New Material* dan masukkan data-data yang ada dengan teliti mulai dari *Material Name*, *Material Type* untuk beton (*concrete*), *Weight per Unit Volume*, *Modulus of Elasticity (E)* dan nilai f'_c . Lakukan langkah yang sama untuk K-300, K-275-K-250, dan K-175. Kembali lagi ke *Add New Material* untuk data material baja

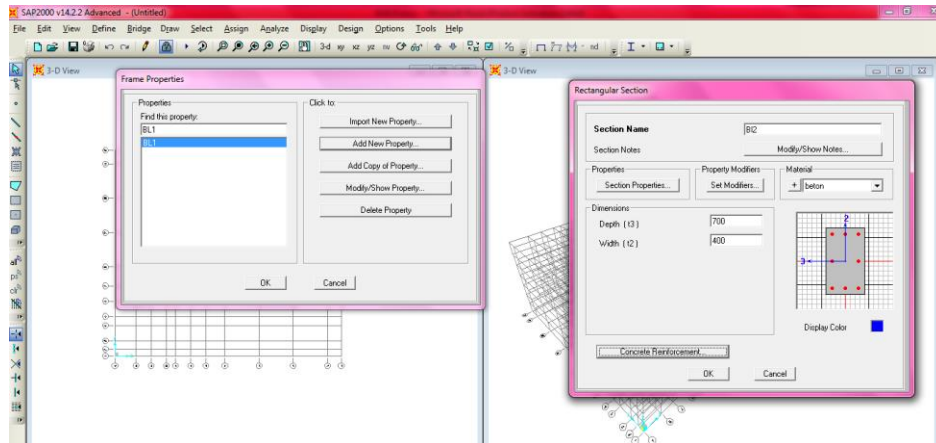


Gambar 2.13 Pengaturan material pada program

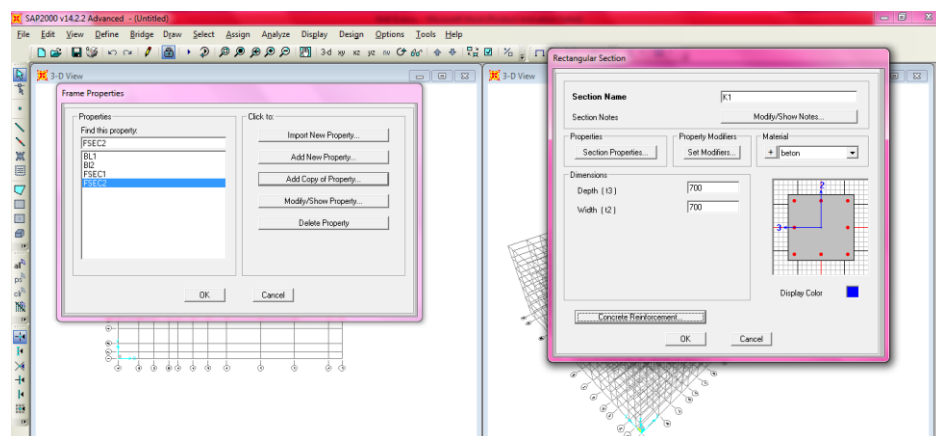
5. Mendefinisikan dimensi balok kolom dan pelat lantai

Pilih *Define – Section Properties – Frame Sections – Add New Properties*.

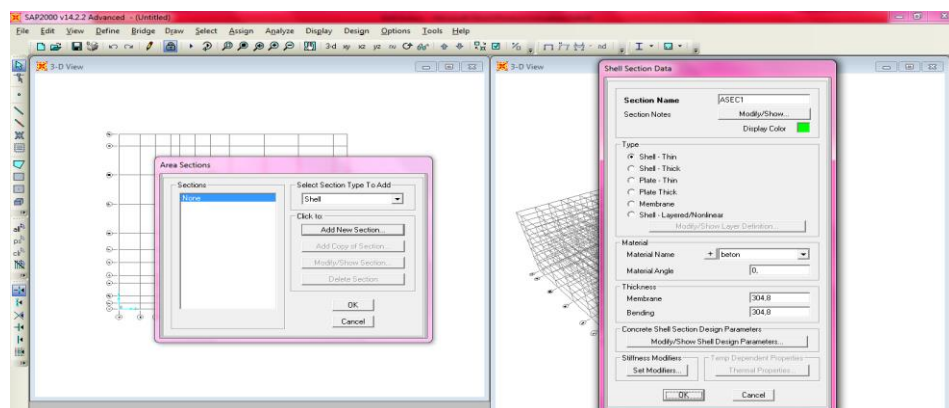
Maka akan muncul tampilan *Add Frame Section Property*. Seperti pada gambar Dibawah ini



Gambar 2.14 Pembuatan section property balok

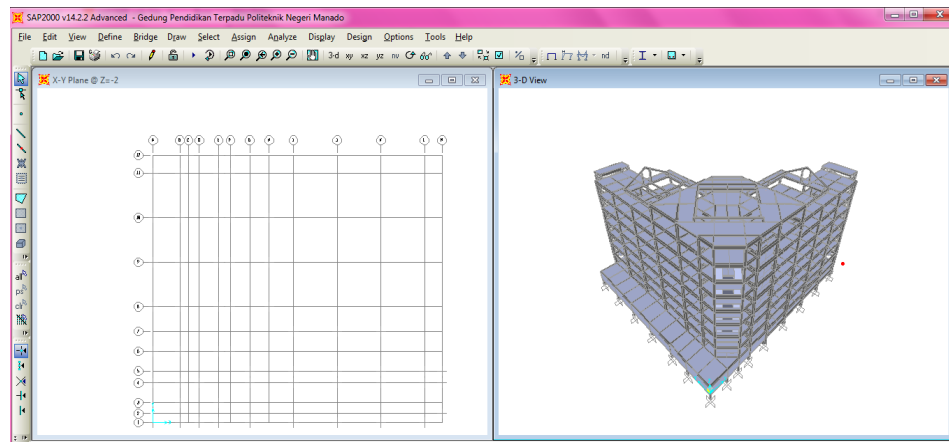


Gambar 2.15 Pembuatan section property kolom



Gambar 2.16 Pembuatan section property Pelat lantai

6 . Setelah semua pembuatan section property selesai, dilanjutkan dengan penggambaran seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.17 Penggambaran struktur balok, kolom dan pelat lantai

Setelah penggambaran selesai dilanjutkan dengan mendesain gedung dengan analisa gempa dinamik.

Langkah-langkah mendesain gedung terhadap beban gempa dinamis :

Data-data untuk keperluan input pembebanan dinamik dengan metode *response spectrum* mengacu pada SNI 03-1726-2002, seperti pada dibawah ini :

a. Wilayah gempa

Wilayah gempa disesuaikan dengan lokasi kota atau daerah pada peta wilayah gempa Indonesia (Gambar pasal 4.7.1 SNI 03-1726-2002) pada perhitungan ini wilayah gempa adalah wilayah 5

b. Jenis tanah

Jenis tanah yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa dibedakan menjadi tiga yaitu : tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak. Berdasarkan peraturan SNI 03-1726-2002, pasal 4.6.3 disebutkan bahwa jenis tanah ditetapkan sebagai tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel 4 SNI 03-1726-2002.

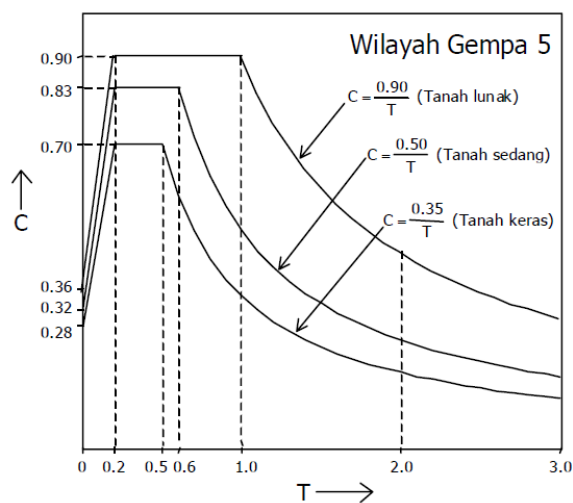
Tabel 2.12 Jenis-jenis tanah

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

Sumber : SNI 03-1726-2002 (Hal. 18)

c. Spectrum Respon

Dari data gempa dan jenis tanah (tanah keras), selanjutnya bisa ditentukan grafik respon spectrum. Untuk wilayah gempa 5 maka grafik respon spectrum rencana bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.18 Respon Spectrum gempa rencana wilayah 5

Nilai-nilai absis (T) dan ordinat (C) untuk keperluan input grafik tersebut dapat disajikan dalam bentuk tabel seperti berikut

Tabel 2.13 Nilai input respons spectrum wilayah 5 tanah keras

T (detik)	c (g)
0,000	0,280
0,200	0,700
0,500	0,700
0,700	0,500
0,800	0,437
1,000	0,350
1,100	0,318
1,200	0,291
1,300	0,269
1,400	0,250
1,600	0,218
1,800	0,194
2,000	0,175
2,200	0,159
2,400	0,145
2,600	0,134
2,800	0,125
3,000	0,116

Sumber : SNI 03-1726-2002, Hal 29

d. Faktor keutamaan struktur

Untuk pembuatan tugas akhir ini bangunan difungsikan sebagai bangunan kuliah sehingga diambil nilai I sebesar 1,0 dari SNI 03-1726-2002, tabel 1 hal 19

e. Faktor Reduksi Gempa

Faktor reduksi adalah suatu faktor untuk membuat struktur tetap aman terhadap simpangan yang terjadi ditiap lantai, dengan cara beban gempa yang terjadipada gedung direduksi dengan salah satu nilai tertentu sesuai dengan peraturan. Pada perhitungan ini digunakan faktor reduksi sebesar 8,5 diambil dari tabel 3 SNI-1726-2002, hal 22

f. Massa struktur

Massa untuk struktur akan ditentukan berasal dari :

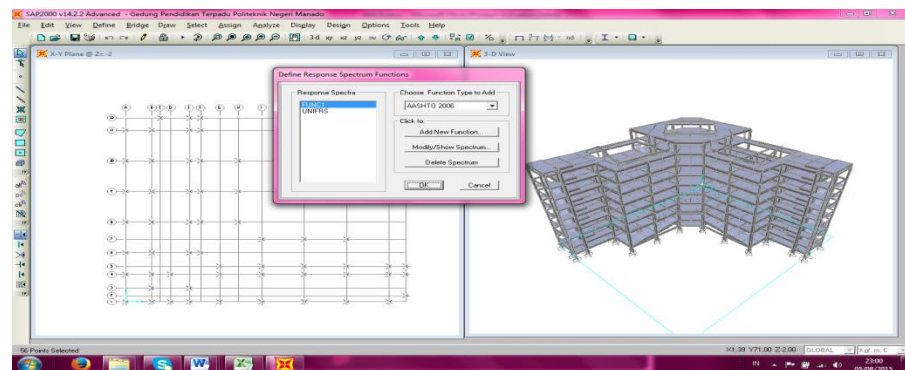
1. Berat sendiri struktur (self weight) seperti elemen balok, kolom, pelat
2. Beban mati tambahan (sepper-imposed dead load) seperti finishing, keramik, dinding dst.
3. Beban hidup (live load) adalah berat manusia yang menempati gedung.

g. Faktor pengali

Sesuai dengan SNI 03-1726-2002 Pasal 7.2.1, maka input respon spectrum diberikan nilai penggali sebesar I / R dengan I adalah faktor keutamaan struktur, R adalah faktor reduksi gempa. karena input nilai c pada response spectrum dinyatakan dalam gravitasi bumi (g), maka untuk input juga akan ditambahkan juga faktor penggali sebesar $= 9,81 \text{ m/detik}^2$. Pada perhitungan tugas akhir ini nilai untuk I diambil 1,0 sedangkan untuk R diambil sebesar 8,5.

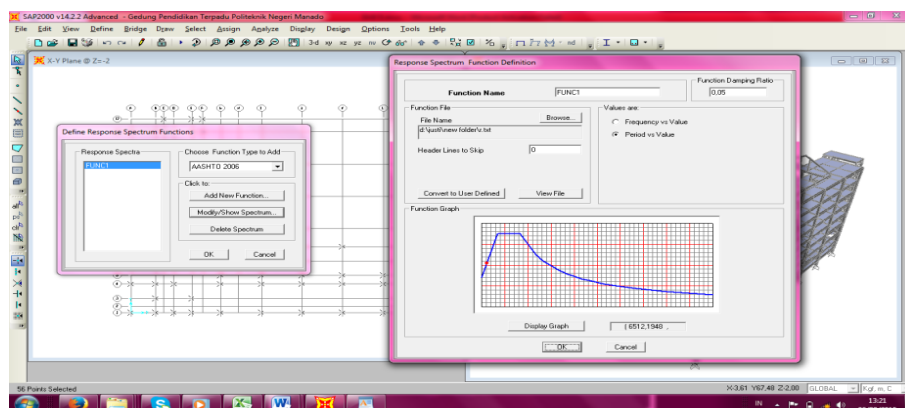
h. Input Respons Spectrum SAP2000

Buka file yang telah dibuat pada langkah sebelumnya. Klik menu *define > function> respons spectrum*

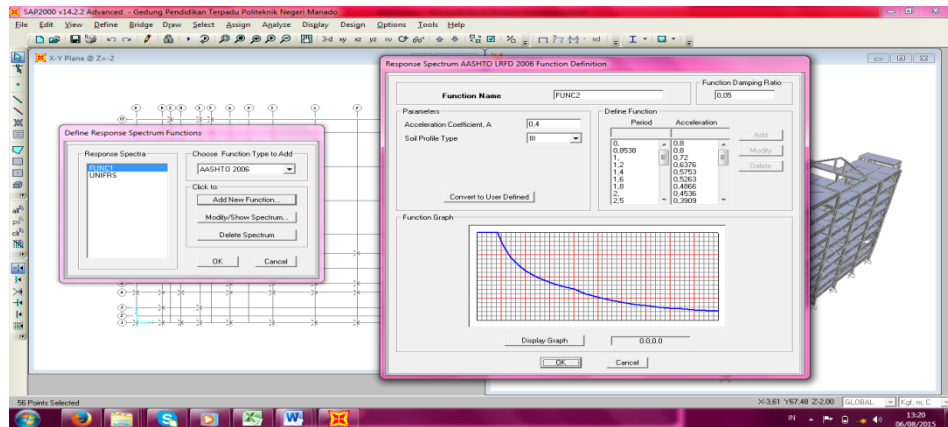


Gambar 2.19 ResponsSpectrum pada program SAP200 v.14

Setelah mengikuti langkah di atas maka akan muncul tampilan seperti pada gambar di bawah ini :

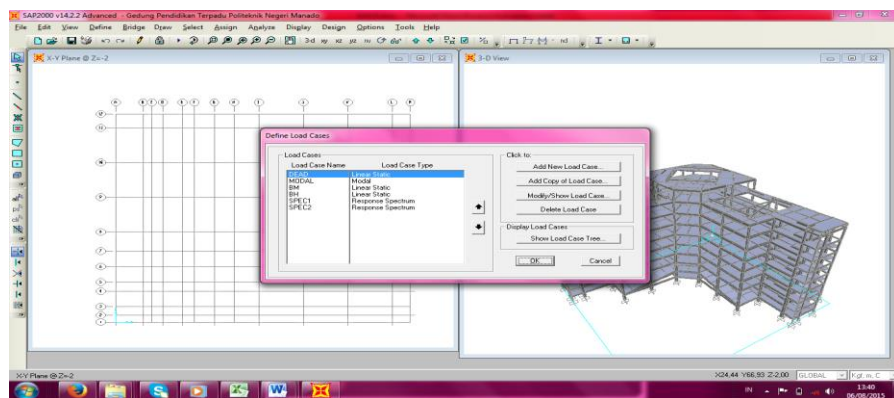


Gambar 2.20 Pembuatan New function pada program SAP200 v.14



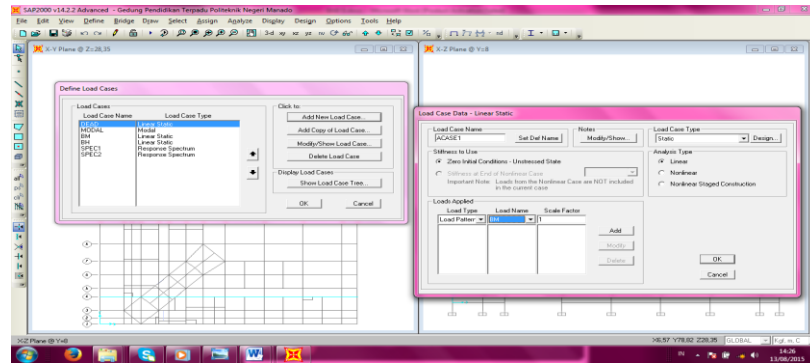
Gambar 2.21 Hasil pemakaian kurva tanah keras pada program SAP 2000 v.14

Setelah pembuatan response spectrum selesai, maka dilanjutkan dengan pembuatan load cases dengan cara : Klik define > klik load cases > Add new load cases> atur dan seting cases respons spectrum seperti pada gambar dibawah ini :



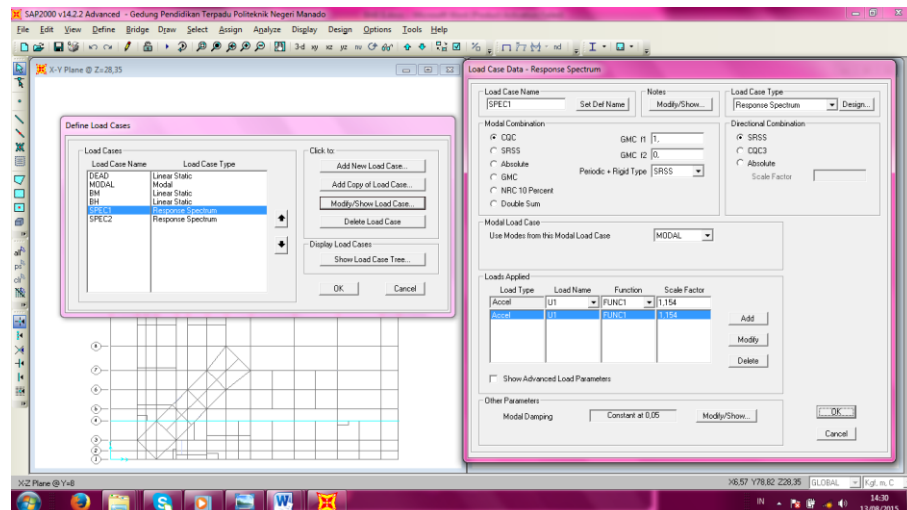
Gambar 2.22 pengaturan load cases response spectrum

Pada pengaturan *define load cases*, pilih *add new load cases* seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.23 Pengaturan load Cases Respon Spectrum

Pada kotak *load cases data respon sespectrum*. Buat pengaturan seperti pada gambar di bawah in :

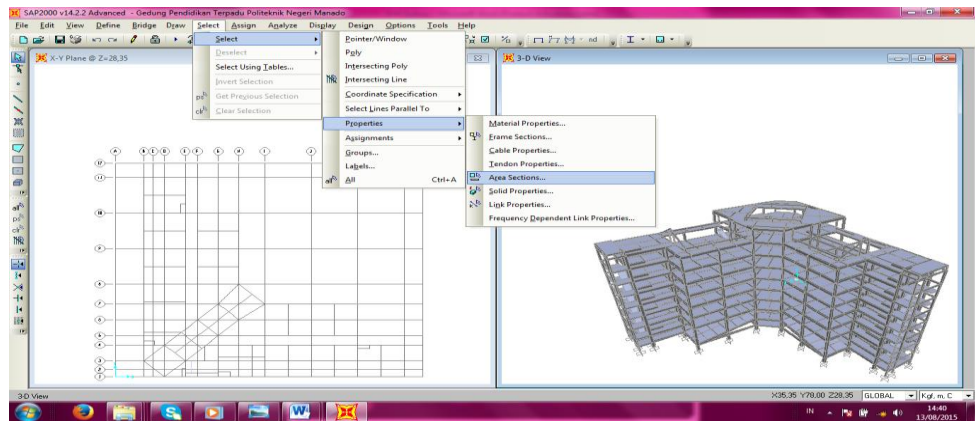


Gambar 2.24 Pengaturan Load Cases Response Spectrum RS-Y dan RS-X

Setelah pengaturan gempa *respons spectrum* sudah selesai semua maka dapat dilanjutkan dengan menginput beban hidup pada lantai bangunan, serta beban mati tambahan.

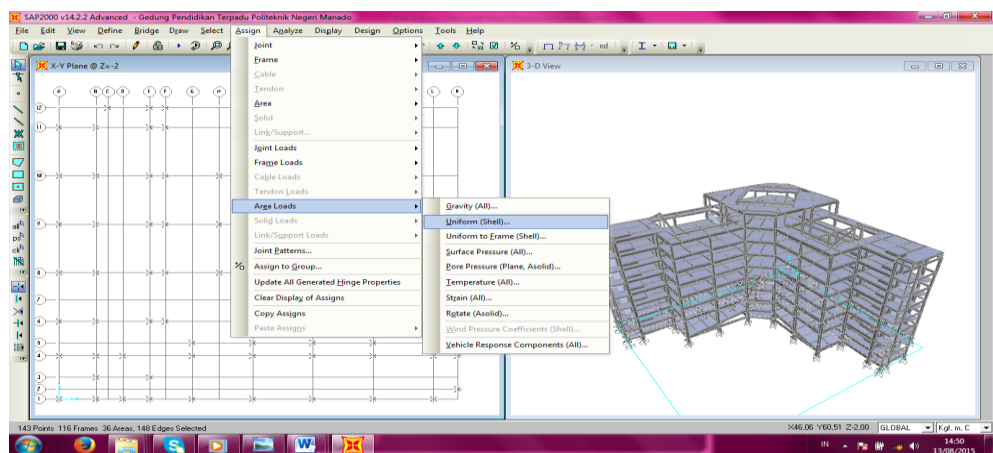
Cara menambahkan beban hidup pada lantai bangunan adalah sebagai berikut:

Klik select > *property* > pilih *area section* > pilih pelat lantai seperti pada gambar dibawah ini :

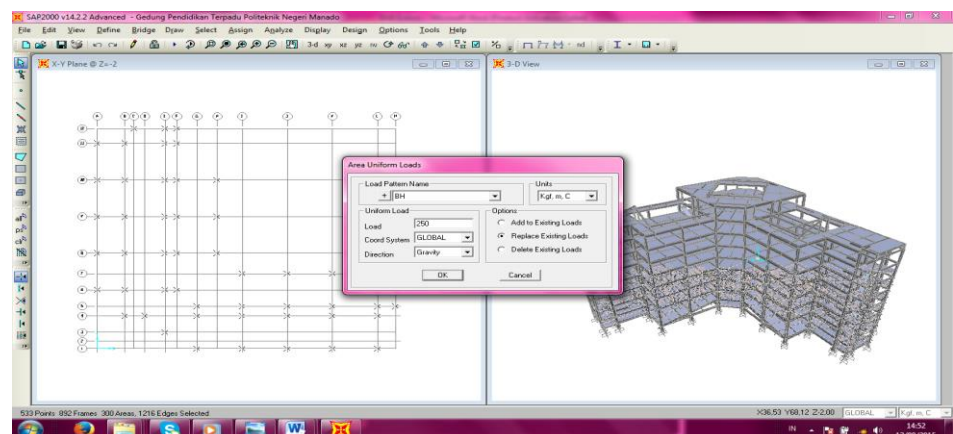


Gambar 2.25 Select Frame Section lantai

Setelah semua pelat lantai sudah di *select* maka selanjutnya adalah memasukan beban hidup bangunan pada pelat lantai, seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.26 Assign beban hidup pada lantai bangunan

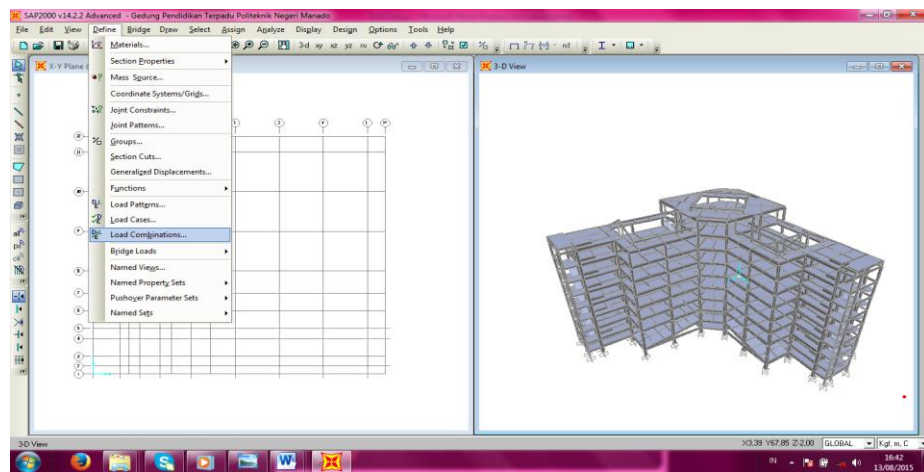


Gambar 2.27 Input beban hidup

Setelah proses input beban mati pada lantai gedung sudah selesai, maka dilanjutkan dengan membuat kombinasi pembebanan pada program. Kombinasi pembebanan berguna untuk mengkombinasikan beban-beban yang bekerja menjadi suatu kesatuan yang harus dipikul secara bersama-sama oleh elemen balok dan kolom. Langkah-langkah pembuatan kombinasi pembebanan adalah :

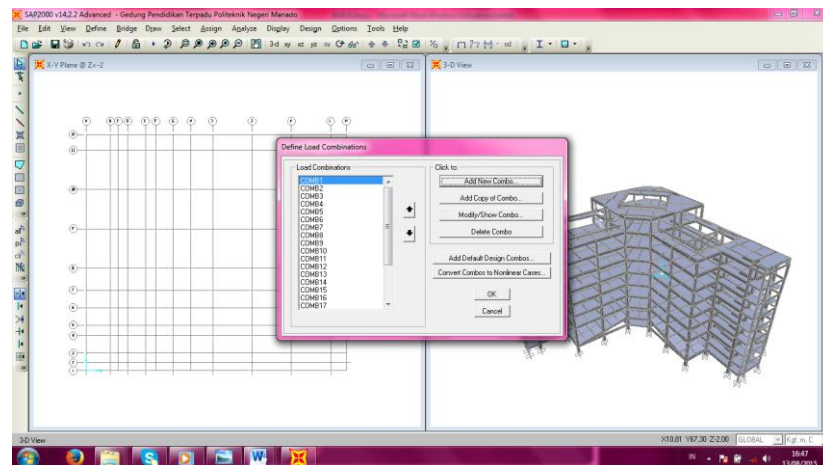
Klik define > load combination > klik add new combo > dan atur default combo sebanyak 18 macam combo seperti dibawah ini:

Untuk mengaplikasikan kombinasi pembebanan tersebut kedalam SAP2000, dapat dilakukan seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.28 Pembuatan load Combination

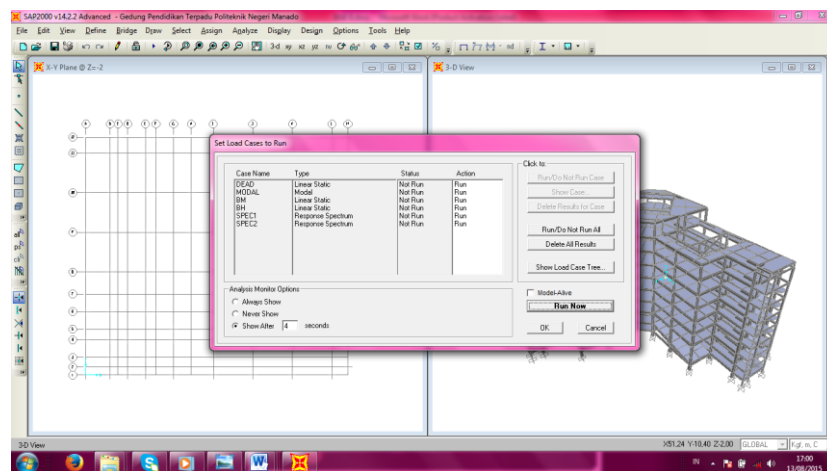
Untuk memasukkan kombinasi beban yang baru, klik pilihan *Add > New Combo*. Pada *case name* pilih *Dead Static Load* dan isikan kolom *Scale faktor* dengan nilai 1,4 tekan *Add*. Tekan *Ok*, dan ulangi seluruh langkah di atas untuk membuat semua tipe kombinasi.



Gambar 2.28 Pembuatan Load Combination 1-18

Setelah semua langkah pembuatan diatas telah selesai dibuat, maka langkah terakhir adalah melakukan analisis dimana hasil dari analisi ini akan menjadi acuan apakah struktur yang dibuat sudah aman atau belum. Langkah-langkah melakukan analisis dapat di lakukan dengan cara berikut :

Klik analyze > selanjutnya klik set load cases to run > aktifkan semua beban yang akan diruning > klik run now jika sudah selesai. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.29 Set Analysis Options

BAB III

PEMBAHASAN



POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
KONSENTRASI BANGUNAN
GEDUNG

BAB III

PEMBAHASAN

3.1 Data-Data Proyek

3.1.1 Data Umum Proyek

1. Nama Proyek : Pembangunan Gedung Pendidikan Terpadu
Politeknik Negeri Manado
2. Pemilik Proyek : Politeknik Negeri Manado
3. Pelaksana : PT. Citra Prasasti Konsorindo
4. Lokasi Proyek : Kampus Politeknik Negeri Manado
5. Fungsi Bangunan : Perkuliahan
6. Jenis Pekerjaan : Struktur dan Arsitektur

3.1.2 Data Khusus

1. Jenis Konstruksi : Beton Bertulang
2. Jenis rangka atap : Rangka atap baja
3. Penutup atap : Seng Zincalume
4. Dimensi kolom : Kolom Persegi:

K1	K1-1	K1-2	K2	K3	K4	K5
70/70	60/60	50/50	50/50	40/40	30/30	30/30

5. Dimensi Balok :Balok Induk:

Bl1 = 40/80	Bl2 = 40/70	Bl3 = 40/80
Bl4 = 40/70	Bl5 = 30/70	Bl6 = 25/40
Bl7 = 25/40	Bl8 = 30/50	Bl9 = 40/60

Balok Anak:

Ba1 = 35/60	Ba2 = 30/50	Ba3 = 35/70	Ba4 = 25/40
-------------	-------------	-------------	-------------

6. Tebal plat lantai : 12 cm
7. Dinding : Pasangan batu bata.

3.2 Perhitungan Struktur

Analisi struktur Gedung Pendidikan Terpadu Politeknik Negeri Manado, dihitung kekuatannya dengan mempertimbangkan berbagai kombinasi pembebanan yang bekerja pada gedung yakni meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa, serta diupayakan mengandung kriteria bangunan tahan terhadap gempa, dengan pemodelan struktur 3-D. Pemodelan struktur dibuat dengan menggunakan Program SAP2000 v.14. dan khusus untuk struktur rangka atap (Rangka Baja) hanya untuk mencari berat struktur untuk dimasukkan beban atap sebagai gaya aksial yang dipikul oleh kolom tempat kuda-kuda diletakkan.

3.3 Perhitungan Beban Atap

Sebelum dilakukan perhitungan untuk struktur utama, terlebih dahulu yang perlu kita lakukan yakni menghitung berat atap, karena pada atap akan bekerja gaya-gaya yang nantinya akan dipikul kolom tepat kuda-kuda tersebut diletakkan. Namun dalam Tugas Akhir ini penulisan hanya dibatasi pada perhitungan untuk mencari berat dan reaksi perletakan dari kuda-kuda itu sendiri, tanpa memperhitungkan kekuatan dari sambungan antar profil baja yang digunakan.

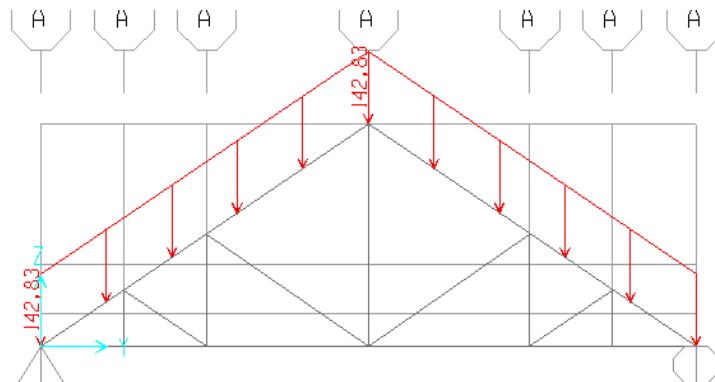
3.3.1 Perhitungan Pembebanan

Pembebanan berdasarkan SNI 03-1727-1998

- Berat penutup Atap	=	50	Kg/m ²
- Beban Angin	=	1,58	Kg/m ²
- Beban hidup (Pekerja)	=	100	Kg/m ²
- Berat penggantung	=	18	Kg/m ²

a. Perhitungan beban mati pada atap

- Berat Gording	=	6,13	Kg/m
- Berat penutup atap	=	10	Kg/m ²



Gambar 3.1 Pemodelan Rangka Atap

Tabel 3.1 Tabel rekapitulasi beban dari join

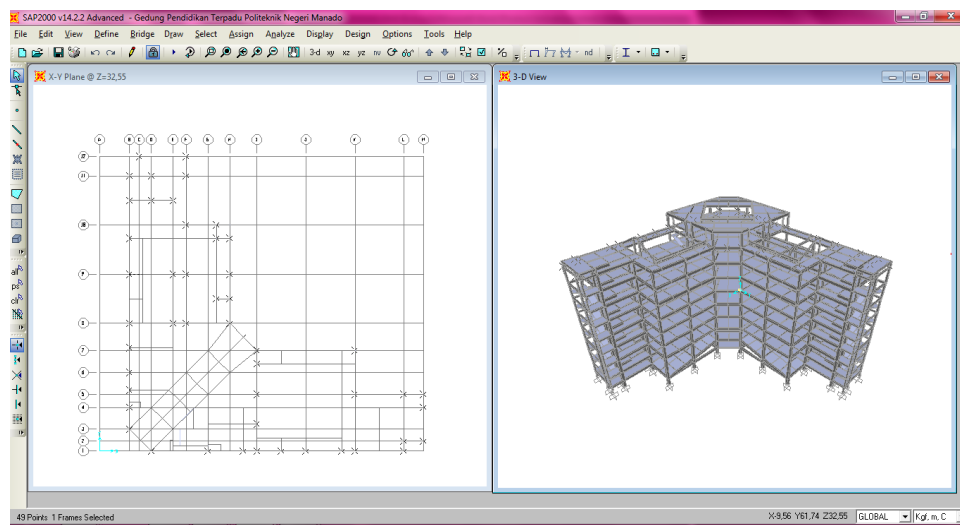
TABLE: Joint Reactions			
Joint	OutputCase	CaseType	F3
Text	Text	Text	Kgf
1	DEAD	LinStatic	2068,46
1	LIVE	LinStatic	2049,55
1	WIND	LinStatic	153,22
3	DEAD	LinStatic	2068,46
3	LIVE	LinStatic	2049,55
3	WIND	LinStatic	153,22

TABLE: Joint Reactions			
Joint	OutputCase	CaseType	F3
Text	Text	Text	Kgf
1	DEAD	LinStatic	2068,46
1	LIVE	LinStatic	2049,55
1	WIND	LinStatic	153,22
3	DEAD	LinStatic	2068,46
3	LIVE	LinStatic	2049,55
3	WIND	LinStatic	153,22

b. Beban Hidup

Untuk beban hidup pada Atap mengikuti PPIUG 1983 (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung) 100 Kg/m^2 .

Tabel diatas merupakan nilai terbesar pembebanan yang dihasilkan oleh Program SAP, dan nilai F3 kita masukkan sebagai gaya aksial kolom pada struktur yang memikul rangka atap. Seperti gambar 3.2 dibawah ini :



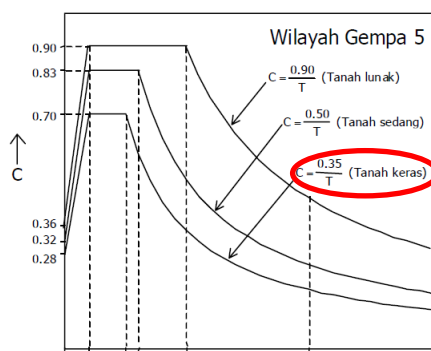
Gambar 3.2 Pemodelan Struktur pada SAP

3.3.2 Perhitungan Beban Gempa Dinamis dengan Analisa Respon Spektrum

Untuk masuk analisis respon spektrum ini, maka kita membutuhkan beberapa data pendukung seperti apa yang sudah penulis paparkan diatas, diantaranya seperti : pada wilayah gempa berapa bangunan kita akan dibangun, kemudian jenis dan daya dukung tanah.

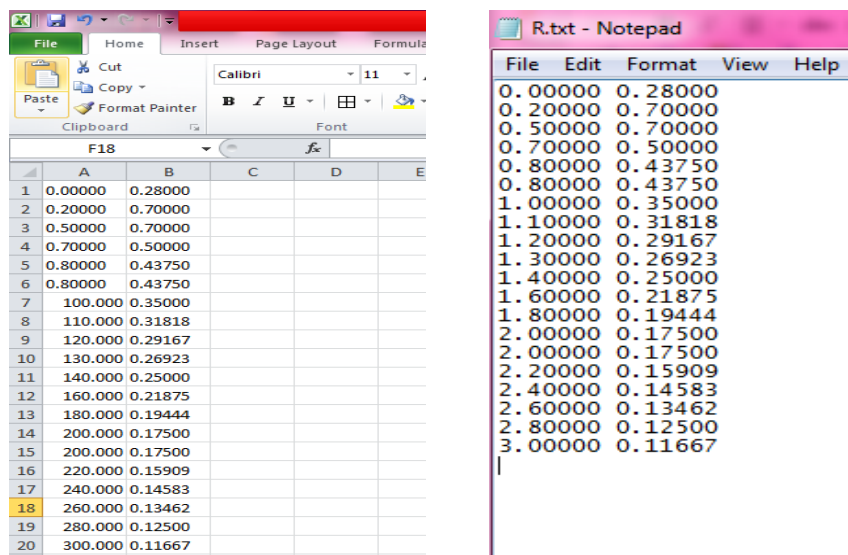
3.3.2.1 Metode Analisis Respon Spektrum

Dari data wilayah gempa dan jenis tanah, selanjutnya bisa ditentukan grafik respon spektrum yang bersesuaian, karena bangunan ini lokasinya di Manado (wilayah gempa 5) untuk grafik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.3. Respon Spektrum Gempa Rencana

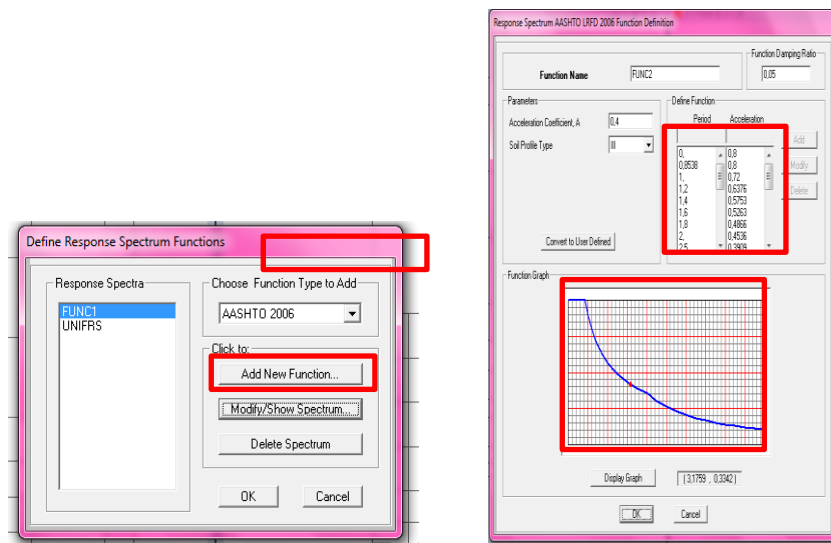
Besar beban gempa ditentukan oleh percepatan gempa rencana dan masa total struktur. Massa total struktur terdiri dari berat sendiri elemen struktur (BS), beban mati (MATI) dan beban hidup (HIDUP) yang dikalikan dengan faktor reduksi 0,5. Percepatan gempa diambil dari data zone 5 peta Wilayah Gempa Indonesia menurut Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002). Input data kurva spektrum gempa rencana ke dalam SAP dengan melihat grafik diatas, kita buat angka-angka dari garfik tersebut pada Ms. Excel dengan memasukkan waktu getar (T) mulai dari 0 detik hingga 3 detik dan masukkan angka koefisien (c) kemudian kita simpan ke file teks untuk kita input pada *Response Spektrum Function* pada SAP seperti pada gambar di bawah ini.



	A	B	C	D
1	0.00000	0.28000		
2	0.20000	0.70000		
3	0.50000	0.70000		
4	0.70000	0.50000		
5	0.80000	0.43750		
6	0.80000	0.43750		
7	100.000	0.35000		
8	110.000	0.31818		
9	120.000	0.29167		
10	130.000	0.26923		
11	140.000	0.25000		
12	160.000	0.21875		
13	180.000	0.19444		
14	200.000	0.17500		
15	200.000	0.17500		
16	220.000	0.15909		
17	240.000	0.14583		
18	260.000	0.13462		
19	280.000	0.12500		
20	300.000	0.11667		

File	Edit	Format	View	Help
0.00000	0.28000			
0.20000	0.70000			
0.50000	0.70000			
0.70000	0.50000			
0.80000	0.43750			
0.80000	0.43750			
1.00000	0.35000			
1.10000	0.31818			
1.20000	0.29167			
1.30000	0.26923			
1.40000	0.25000			
1.60000	0.21875			
1.80000	0.19444			
2.00000	0.17500			
2.00000	0.17500			
2.20000	0.15909			
2.40000	0.14583			
2.60000	0.13462			
2.80000	0.12500			
3.00000	0.11667			

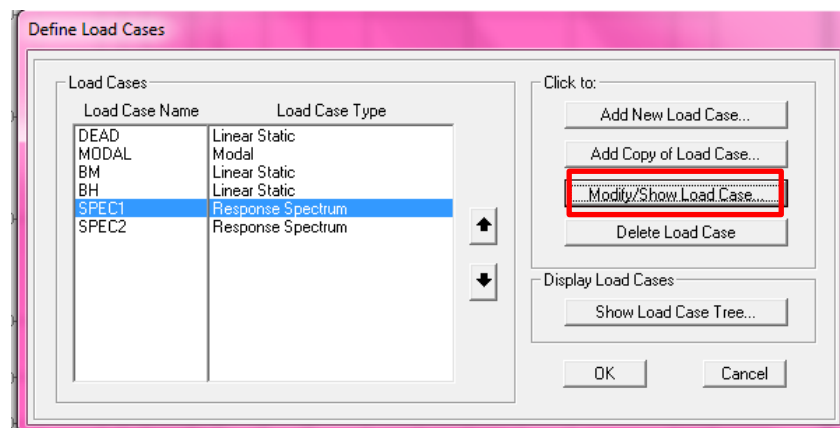
Gambar 3.4. Pemodelan Kurva Respon Spektrum Rencana dalam Excel dan di export ke notebook



Gambar 3.5. Input Kurva spektrum gempa rencana

Nilai spektrum respons di atas harus dikalikan dengan suatu factor skala (*scale factor*) yang besarnya = $g \times I/R$ dengan g = percepatan gravitasi ($g = 981 \text{ cm/det}^2$). $Scale\ factor = 9,81 \times 1 / 8,5 = 1,1541$. Analisis dinamik dilakukan dengan metode superposisi spektrum response. dengan mengambil response maksimum dari 4 arah gempa, yaitu 0, 45, 90, dan 135 derajat. Nilai redaman untuk struktur beton diambil, $Damping = 0,05$.

Maka dalam SAP dapat dimasukkan sebagai berikut : pilih menu *Define > Load cases > Add New Spektrum >* lalu edit boxes seperti dibawah ini :



Gambar 3.6 Input Gaya Gempa Rempa Respon Spektrum

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Set Def Name

Notes:

Load Case Type:

Modal Combination

☒ CQC ☐ SRSS ☐ Absolute ☐ GMC ☐ NRC 10 Percent ☐ Double Sum

GMC f1: GMC f2: Periodic + Rigid Type:

Directional Combination

☒ SRSS ☐ CQC3 ☐ Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case

Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	FUNC1	1.154
Accel	U1	FUNC1	1.154

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters

Modal Damping:

Gambar 3.7 Pembebanan Gempa Dinamik Arah X dan Y

3.3.2.2 Kombinasi Beban

Menurut SNI 03-2847-2002 Pasal 11.1 : 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 ini.

Komponen struktur juga harus memenuhi ketentuan lain yang tercantum dalam tata cara ini untuk menjamin tercapainya perilaku struktur yang baik pada tingkat beban kerja.

Kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi.

Kombinasi pembebanan untuk gedung sudah ditetapkan berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.2. Kombinasi pembebanan pada perhitungan struktur gedung dapat dirangkum sebagai berikut :

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL

3. $0,9 \text{ DL} \pm 1,0 \text{ E}$
4. $1,2 \text{ DL} \pm 1,0 \text{ LL} \pm 1,0 \text{ E}$

Dimana

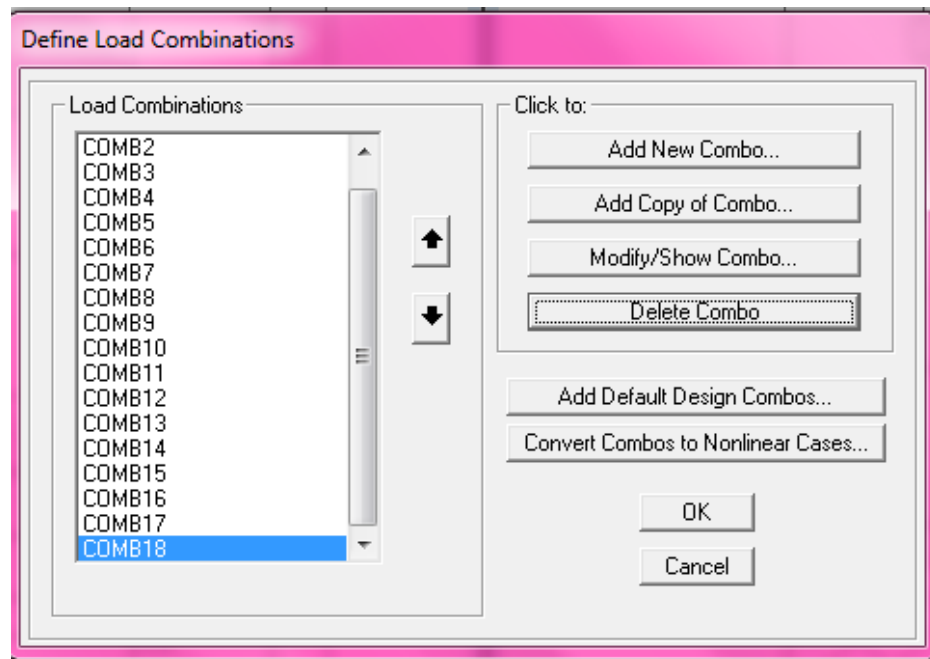
DL adalah beban mati

LL adalah beban hidup

E adalah beban gempa

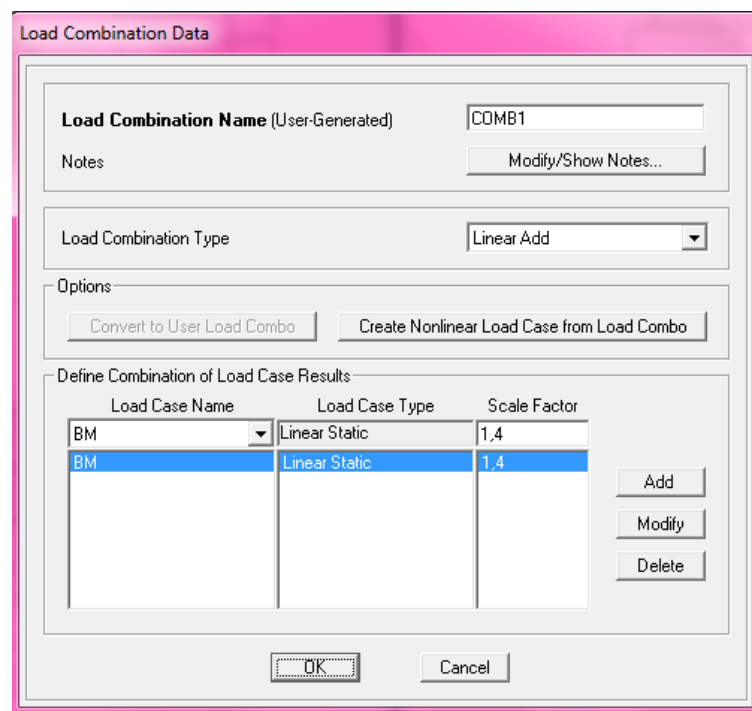
Beban gempa € dianggap bekerja 100% pada arah sumbu utama bersamaan dengan 30% pada arah tegak lurus sumbu utama, maka kombinasi beban yang dimasukkan dalam SAP adalah :

1. $1,4 \text{ DL}$
2. $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
3. $1,2 \text{ DL} + \text{LL} + \text{RSPX} + 0,3\text{RSPY}$
4. $1,2 \text{ DL} + \text{LL} + \text{RSPX} - 0,3\text{RSPY}$
5. $1,2 \text{ DL} + \text{LL} - \text{RSPX} + 0,3\text{RSPY}$
6. $1,2 \text{ DL} + \text{LL} - \text{RSPX} - 0,3\text{RSPY}$
7. $0,9 \text{ DL} + \text{RSPX} + 0,3 \text{ RSPY}$
8. $0,9 \text{ DL} + \text{RSPX} - 0,3 \text{ RSPY}$
9. $0,9 \text{ DL} - \text{RSPX} + 0,3 \text{ RSPY}$
10. $0,9 \text{ DL} - \text{RSPX} - 0,3 \text{ RSPY}$
11. $1,2 \text{ DL} + \text{LL} + 0,3 \text{ RSPX} + \text{RSPY}$
12. $1,2 \text{ DL} + \text{LL} + 0,3 \text{ RSPX} - \text{RSPY}$
13. $1,2 \text{ DL} + \text{LL} - 0,3 \text{ RSPX} + \text{RSPY}$
14. $1,2 \text{ DL} + \text{LL} - 0,3 \text{ RSPX} - \text{RSPY}$
15. $0,9 \text{ DL} + 0,3 \text{ RSPX} + \text{RSPY}$
16. $0,9 \text{ DL} + 0,3 \text{ RSPX} - \text{RSPY}$
17. $0,9 \text{ DL} - 0,3 \text{ RSPX} + \text{RSPY}$
18. $0,9 \text{ DL} - 0,3 \text{ RSPX} - \text{RSPY}$

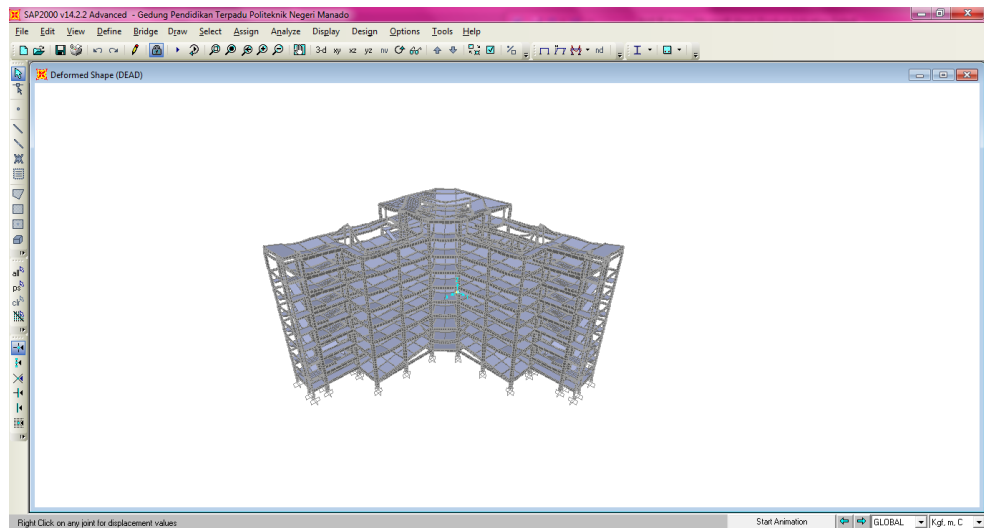


Gambar 3.8 Jenis Kombinasi Pembebanan

Untuk memasukkan kombinasi beban yang baru, klik pilihan Add > New Combo. Pada case name pilih Dead Static Load dan isikan kolom Scale faktor dengan nilai 1,4 tekan Add. Tekan OK., dan ulangi seluruh langkah di atas untuk membuat semua tipe kombinasi seperti pada seperti pada gambar 3.9



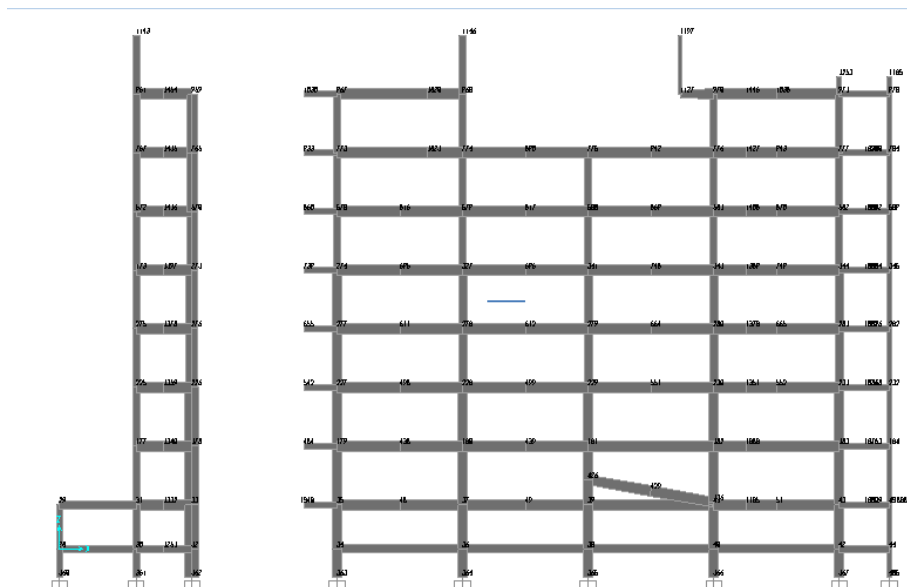
Gambar 3.9 Input Kombinasi Pembebanan



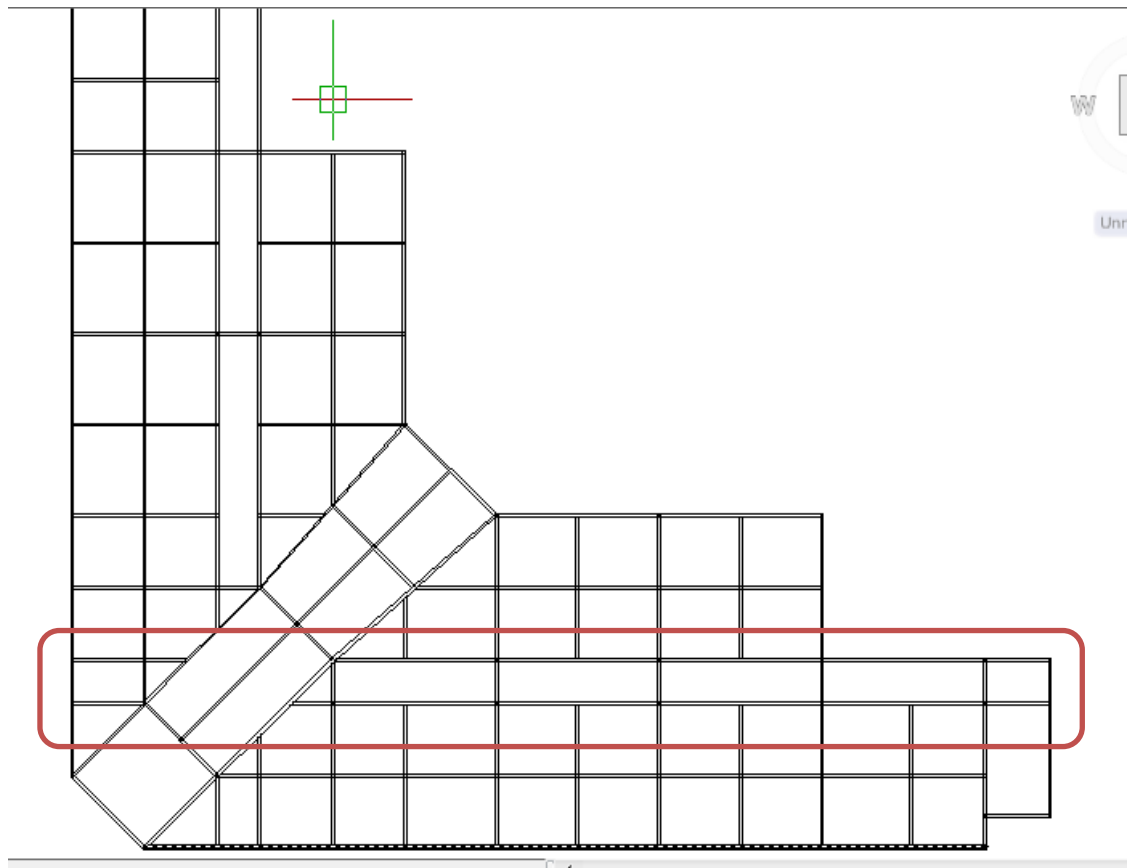
Gambar 3.10 Struktur setelah Run Analysis

3.4 Perhitungan Tulangan Balok

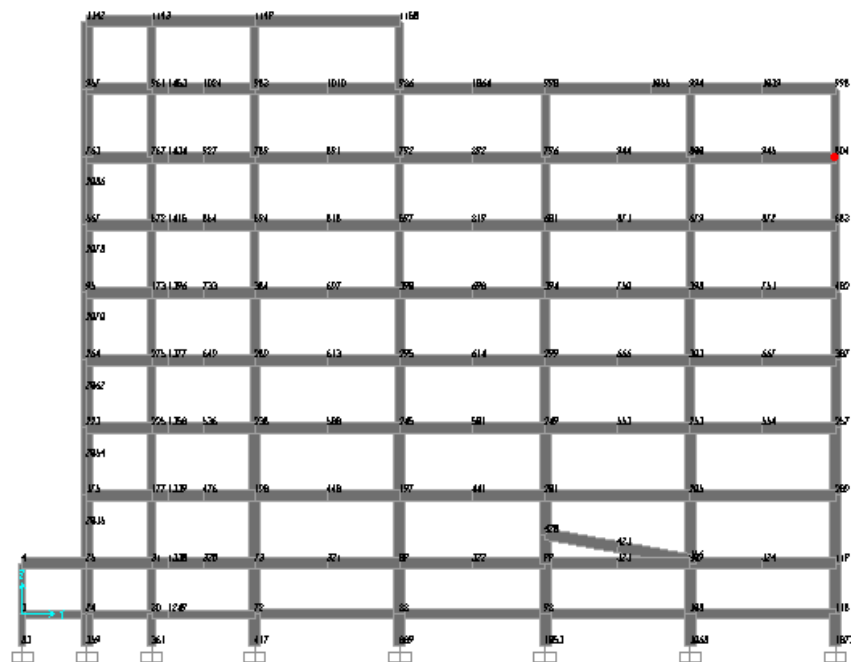
Bagian yang ditinjau untuk perhitungan tulangan balok arah X berada pada grid 4 (empat) dan tulangan balok arah Y berada pada grid B. diambil satu sampel balok dari tiap lantai.



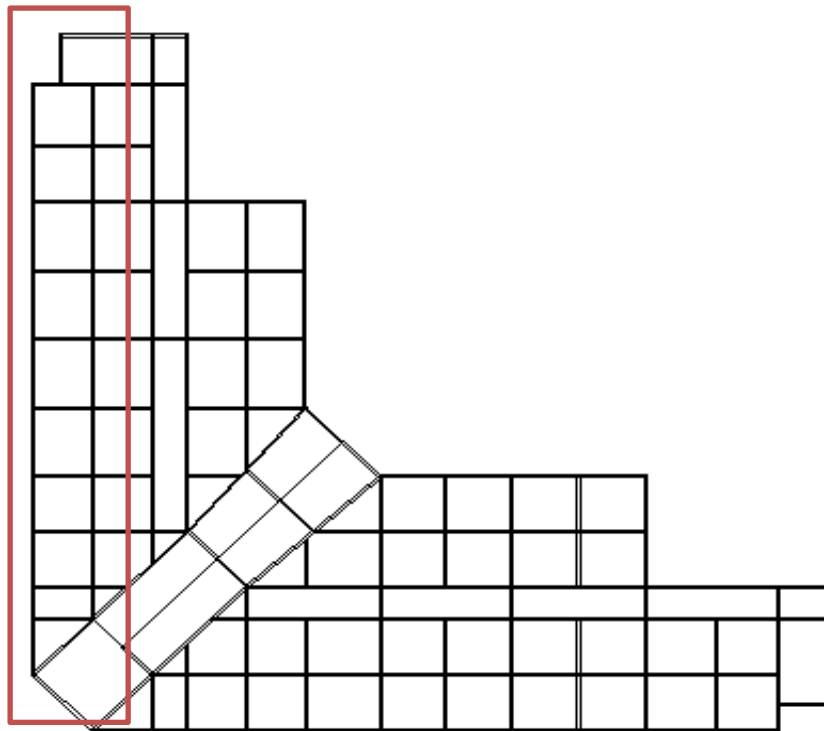
Gambar 3.11 Portal Balok arah X yang dihitung



Gambar 3.12 Denah Balok Arah X yang ditinjau



Gambar 3.13 Portal Balok Arah Y yang ditinjau



Gambar 3.14 Denah Balok yang ditinjau

Tabel 3.1 Perhitungan Tulangan Lentur Arah X

			<i>Mu</i> (kg.m)	<i>b</i> (mm)	<i>h</i> (mm)	<i>d</i> (mm)	<i>x_b</i> (mm)	<i>x_{max}</i> (mm)	<i>C_{max}</i> (N)	<i>p</i> max	<i>p</i> min	<i>p</i> perlu	<i>p</i> perlu > <i>p</i> min	<i>p</i> perlu < <i>p</i> max	As perlu mm2	<i>tul pakai</i>		As ada mm2	> As perlu
																<i>jml</i>	<i>Φ</i> (mm)		
Lantai -1	B1	lt-1 tumpu	42.434,08	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,009079298	0,0091	ok	2277,088007	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	21.217,04	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004365877	0,004365877	ok	1094,96	3	22	1139,82	ok
Lantai -1	B1	lt-1 tumpu	42.732,19	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,009148423	0,0091	ok	2294,424593	7	22	2659,58	ok
		lt-1 lap.	21.366,10	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004397685	0,004397685	ok	1102,93932	3	22	1139,82	ok
Lantai -2	B1	lt-1 tumpu	40.397,20	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,008609315	0,0086	ok	2159,216159	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	20.198,60	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004149003	0,004149003	ok	1040,569979	3	22	1139,82	ok
Lantai -3	B1	lt-1 tumpu	40.279,14	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,008582195	0,0086	ok	2152,414598	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	20.139,57	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004136456	0,004136456	ok	1037,423258	3	22	1139,82	ok
Lantai -4	B1	lt-1 tumpu	39.975,77	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,008512574	0,0085	ok	2134,95345	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	19.987,88	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,00410423	0,00410423	ok	1029,340862	3	22	1139,82	ok
Lantai -5	B1	lt-1 tumpu	39.505,82	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,008404894	0,0084	ok	2107,947489	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	19.752,91	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004054342	0,004054342	ok	1016,828913	3	22	1139,82	ok
Lantai -6	B1	lt-1 tumpu	34.336,99	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,007234106	0,0072	ok	1814,313687	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	17.168,49	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,003508366	0,003508366	ok	879,898313	3	22	1139,82	ok
Lantai -7	B1	lt-1 tumpu	26.058,46	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,00540787	0,0054	ok	1356,293795	4	22	1519,76	ok
		lt-1 lap.	13.029,23	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,002644081	0,0035	ok	877,8	3	22	1139,82	ok

Tabel 3.2 Perhitungan Tulangan Lentur Arah Y

			Mu (kg.m)	b (mm)	h (mm)	d (mm)	xb. (mm)	xmax (mm)	Cmax (N)	p max	p min	p perlu	p perlu > p min	p perlu < p max	As perlu mm2	tul pakai		As ada mm2	> As perlu
																jml	φ (mm)		
Lantai -1	B1	lt-1 tumpu	42.434,08	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,009079298	0,0091	ok	2277,088007	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	21.217,04	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004365877	0,004365877	ok	1094,96	3	22	1139,82	ok
Lantai -1	B1	lt-1 tumpu	42.732,19	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,009148423	0,0091	ok	2294,424593	7	22	2659,58	ok
		lt-1 lap.	21.366,10	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004397685	0,004397685	ok	1102,93932	3	22	1139,82	ok
Lantai -2	B1	lt-1 tumpu	40.397,20	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,008609315	0,0086	ok	2159,216159	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	20.198,60	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004149003	0,004149003	ok	1040,569979	3	22	1139,82	ok
Lantai -3	B1	lt-1 tumpu	40.279,14	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,008582195	0,0086	ok	2152,414598	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	20.139,57	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004136456	0,004136456	ok	1037,423258	3	22	1139,82	ok
Lantai -4	B1	lt-1 tumpu	39.975,77	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,008512574	0,0085	ok	2134,95345	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	19.987,88	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,00410423	0,00410423	ok	1029,340862	3	22	1139,82	ok
Lantai -5	B1	lt-1 tumpu	39.505,82	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,008404894	0,0084	ok	2107,947489	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	19.752,91	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,004054342	0,004054342	ok	1016,828913	3	22	1139,82	ok
Lantai -6	B1	lt-1 tumpu	34.336,99	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,007234106	0,0072	ok	1814,313687	6	22	2279,64	ok
		lt-1 lap.	17.168,49	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,003508366	0,003508366	ok	879,898313	3	22	1139,82	ok
Lantai -7	B1	lt-1 tumpu	26.058,46	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,00540787	0,0054	ok	1356,293795	4	22	1519,76	ok
		lt-1 lap.	13.029,23	400	700	627	376,2	282,15	2.446.241	0,02869	0,004	0,002644081	0,0035	ok	877,8	3	22	1139,82	ok

3.4.1 Perhitungan Tulangan Lentur Arah X

Data-data perencanaan

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

$$b = 400 \text{ mm} \qquad \text{Dt.p} = 22 \text{ mm}$$

$$p = 50 \text{ mm} \qquad \varnothing T.s = 12 \text{ mm}$$

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Hitung tinggi efektif balok

$$d = h - p - \frac{1}{2} \times D T_p - \varnothing T_s$$

$$= 700 - 50 - \frac{1}{2} \times 22 - 12$$

$$= 627,00 \text{ mm}$$

Hitung ρ balanced, ρ maksimum, dan ρ perlu

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balanced}} &= \frac{0.85 \times f_c}{f_y} \times \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 30}{400} \times 0.85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0.0325 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{minimum}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maksimum}} &= 0.75 \times \rho_{\text{balanced}} \\ &= 0.75 \times 0.0325 \\ &= 0.0244 \end{aligned}$$

Hitung momen nominal penampang Lentur arah X

Daerah Tumpuan

Balok 49 (Lantai Dasar)

$$M_u = 424,340,800 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 424,340,800 / 0.8 \\ &= 530,427,90 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 530,427,90 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 3,373 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 3,373}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0091$$

Kontrol rasio penulangan

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

$$0,0035 < 0,0091 < 0,028$$

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0091 \times 400 \times 627,00 \end{aligned}$$

$$= 2282,280 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 2282,280 / 379,94$$

$$= 6,00 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 6 D 22} \quad (A_s \text{ 2279,64})$$

Daerah lapangan

$$M_u = 212,170,40 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 212,170,40 / 0.8$$

$$= 265,213,00 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 265,213,00 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 1,686 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,686}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0043$$

Kontrol rasio penulangan

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

$$0,0035 < 0,0043 < 0,028$$

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0043 \times 400 \times 627,00$$

$$= 1078,44 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 1078,44 / 379,94$$

$$= 2,83 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$

Daerah Tumpuan Balok 439 (lantai satu)

$$M_u = 427,321,92 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 427,321,92 / 0.8$$

$$= 534,152,400 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 534,152,400 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 3,396 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$=15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.3,396}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0091$$

Kontrol rasio penulangan

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

$$0,0035 < 0,0091 < 0,02869$$

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0091 \times 400 \times 627,00$$

$$= 2294,4245 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 2294,4245 / 379,94$$

$$= 5,765 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 6 D 22} \quad (A_s \text{ 2279,64})$$

Daerah lapangan

$$M_u = 213,660,96 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 213,660,96 / 0.8$$

$$= 267,076,20 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 267,076,20 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 1,698 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,698}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0043$$

Kontrol rasio penulangan

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

$$0,035 < 0,0043 < 0,0286$$

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0043 \times 400 \times 627,00$$

$$= 1102,939 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 1102,939 / 379,94$$

$$= 2,90 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s = 1139,82)$$

Daerah Tumpuan Balok 499 (lantai dua)

$$\mathbf{Mu} = 403,972,02 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 403,972,02 / 0.8 \\
 &= 504,965,025,00 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n / (b \times d^2) \\
 &= 504,965,025,00 / (400 \times 627,00^2) \\
 &= 3,211 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned}
 m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\
 &= 400 / (0.85 \times 30) \\
 &= 15,68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho &= \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 3,211}{400}} \right) \\
 \rho &= 0,0086
 \end{aligned}$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0086 \times 400 \times 627,00 \\
 &= 2159,216 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 2156,88 / 379,94$$

$$= 5,42 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 6 D 22} \quad (\text{As } 2279,64)$$

Daerah lapangan

$$M_u = 201,986,601,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 201,986,601,00 / 0.8$$

$$= 252,482,512,50 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 252,482,512,50 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 1,605 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,605}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0041$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\text{As} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0041 \times 400 \times 627,00$$

$$= 1028,280 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 1028,280 / 379,94$$

$$= 2,58 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$

Daerah Tumpuan Balok 612 (lantai tiga)

$$M_u = 402,791,360,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 402,791,360,00 / 0.8$$

$$= 503,489,200,00 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 503,489,200,00 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 3,201 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 3,201}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0086$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0086 \times 400 \times 627,00 \\ &= 2156,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 2156,88 / 379,94 \\ &= 5,676 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah} \\ &= \text{jadi digunakan 6 D 22} \quad (A_s \text{ 2279,64}) \end{aligned}$$

Daerah lapangan

$$M_u = 201,395,680,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 201,395,680,00 / 0.8 \\ &= 251,744,600,00 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 251,744,600,00 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 1,600 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.1,600}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0041$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0041 \times 400 \times 627,00$$

$$= 1028,2800 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 1028,2800 / 379,94$$

$$= 2,7 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$

Daerah Tumpuan Balok 696 (lantai empat)

$$M_u = 399,757,680,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 399,757,680,00 / 0.8$$

$$= 499,697,100,00 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 499,697,100,00 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 3,177 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 3,177}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0085$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0085 \times 400 \times 627,00 \\ &= 2131,800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 2131,800 / 379,94 \\ &= 5,61 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah} \\ &= \text{jadi digunakan 6 D 22} \quad (A_s \text{ 2279,64}) \end{aligned}$$

Daerah lapangan

$$M_u = 199,878,840,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 199,878,840,00 / 0.8 \\ &= 249,848,550,00 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 249,848,550,00 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 1,588 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,588}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0041$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0041 \times 400 \times 627,00 \\ &= 1028,280 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 1028,280 / 379,94 \\ &= 2,70 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$

Daerah Tumpuan Balok 817 (lantai lima)

$$\mathbf{Mu} = 395,058,160,00 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu / \phi$$

$$= 395,058,160,00 / 0.8$$

$$= 493,822,700,00 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai Rn

$$Rn = Mn / (b \times d^2)$$

$$= 493,822,700,00 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 3,140 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = fy / (0.85 \times fc)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 3,140}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0084$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0084 \times 400 \times 627,00$$

$$= 2106,7200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm As = 379,94

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= 2106,7200 / 379,94 \\
 &= 5,54 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah} \\
 &= \text{jadi digunakan 6 D 22} \quad (\text{As } 2279,64)
 \end{aligned}$$

Daerah lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 197,529,080,00 \text{ Nmm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 197,529,080,00 / 0.8 \\
 &= 246,911,350,00 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n / (b \times d^2) \\
 &= 246,911,350,00 / (400 \times 627,00^2) \\
 &= 1,570 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned}
 m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\
 &= 400 / (0.85 \times 30) \\
 &= 15,68
 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,570}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0040$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0040 \times 400 \times 627,00 \\
 &= 1003,200 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= 1003,200 / 379,94 \\
 &= 2,64 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah} \\
 &= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})
 \end{aligned}$$

Daerah Tumpuan Balok 890 (lantai enam)

$$M_u = 343,369,880,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 343,369,880,00 / 0.8 \\
 &= 429,212,350,00 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n / (b \times d^2) \\
 &= 429,212,350,00 / (400 \times 627,00^2) \\
 &= 2,729 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned}
 m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\
 &= 400 / (0.85 \times 30) \\
 &= 15,68
 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 2,72}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0072$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0072 \times 400 \times 627,00 \\ &= 1805,760,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 1805,760,00 / 379,94 \\ &= 5,752 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah} \\ &= \text{jadi digunakan 6 D 22} \quad (A_s \text{ 2279,64}) \end{aligned}$$

Daerah lapangan

$$M_u = 171,684,940,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 171,684,940,00 / 0.8 \\ &= 214,606,175,00 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 214,606,175,00 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 1,364 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \end{aligned}$$

$$=15,68$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.1,364}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0035 \times 400 \times 627,00$$

$$= 877,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 877,8 / 379,94$$

$$= 2,31 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$

Daerah Tumpuan Balok 967 (lantai tujuh)

$$M_u = 260,584,620,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 260,584,620,00 / 0.8$$

$$= 325,730,775,00 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 325,730,775,00 / (400 \times 627,00^2)$$

$$=2,071 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$=400 / (0.85 \times 30)$$

$$=15,68$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 2,071}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0054$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0054 \times 400 \times 627,00$$

$$= 1354,320 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 1354,320 / 379,94$$

$$= 3,564 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 4 D 22} \quad (A_s \text{ 1519,760})$$

Daerah lapangan

$$M_u = 130,292,310,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 130,292,310,00 / 0.8$$

$$= 162,865,387,50 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 162,865,387,50 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 1,035 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,035}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 400 \times 627,00 \\ &= 877,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 877,8 / 379,94$$

$$= 2,31 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$

3.4.2 Perhitungan Tulangan Lentur Arah Y

Daerah Tumpuan Balok 459 (lantai dasar)

$$M_u = 530,714,500 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 530,714,500 / 0.8 \\ &= 663,393,125 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 663,393,125 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 4,218 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}})$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 4,218}{400}})$$

$$\rho = 0,0116$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0116 \times 400 \times 627,00$$

$$= 2909,28 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm As = 379,94

$$n \text{ tulangan} = 2909,28 / 379,94$$

$$= 7,65 \text{ buah} \sim 8 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 8 D 22} \quad (\text{As } 3039,52)$$

Daerah lapangan

$$M_u = 265,357,290,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 265,457,290,00 / 0.8$$

$$= 331,696,612,500 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai Rn

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

$$= 331,696,612,500 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 2,109 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 2,109}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,00551$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00551 \times 400 \times 627,00 \\ &= 1478,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 1478,40 / 379,94 \\ &= 3,89 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah} \\ &= \text{jadi digunakan 4 D 22} \quad (A_s \text{ 1519,76}) \end{aligned}$$

Daerah Tumpuan Balok 754 (lantai satu)

$$M_u = 437,737,420,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 437,737,420,00 / 0.8 \\ &= 434,671,775,00 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 434,671,775,00 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 2,764 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \end{aligned}$$

$$=15,68$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.2,764}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0073$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0073 \times 400 \times 627,00$$

$$= 18313,3200 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 18313,3200 / 379,94$$

$$= 48,20 \text{ buah} \sim 5 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 5 D 22} \quad (A_s \text{ 1899,7})$$

Daerah lapangan

$$M_u = 173,868,710,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 173,868,710,00 / 0.8$$

$$= 217,335,887,50 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 217,335,887,50 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 1,38 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,68.1,38}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0035 \times 400 \times 627,00$$

$$= 877,800 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 877,800 / 379,94$$

$$= 2,31 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s = 1139,82)$$

Daerah Tumpuan Balok 958 (lantai dua)

$$M_u = 325,822,250,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 325,822,250,00 / 0.8$$

$$= 407,277,812,50 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 407,277,812,50 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 2,58 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,68.2,58}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0068$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0068 \times 400 \times 627,00 \\ &= 1705,440 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 1705,440 / 379,94$$

$$= 4,286 \text{ buah} \sim 5 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 5 D 22} \quad (A_s \text{ 1989,70})$$

Daerah lapangan

$$M_u = 162,911,120,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 162,911,120,00 / 0.8 \\ &= 203,638,900,00 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 203,638,900,00 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 1,294 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 1,294}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 400 \times 627,00 \\ &= 940,800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm As = 379,94

$$n \text{ tulangan} = 940,800 / 379,94$$

$$= 2,47 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (\text{As } 1139,82)$$

Daerah Tumpuan Balok 1190 (Lantai tiga)

$$\mathbf{Mu} = 318,315,270,00 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu / \phi$$

$$= 318,315,270,00 / 0.8$$

$$= 397,894,087,50 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai Rn

$$Rn = Mn / (b \times d^2)$$

$$= 397,894,087,50 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 2,53 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 2,53}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0067$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0067 \times 400 \times 627,00 \\ &= 1680,3600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 168,3600 / 379,94 \\ &= 4,422 \text{ buah} \sim 5 \text{ buah} \\ &= \text{jadi digunakan 5 D 22} \quad (A_s \text{ 1899,70}) \end{aligned}$$

Daerah lapangan

$$\begin{aligned} M_u &= 159,157,640,00 \text{ Nmm} \\ M_n &= M_u / \phi \\ &= 159,157,640,00 / 0.8 \\ &= 198,947,050,00 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 198,947,050,00 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 1,26 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.1,26}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 400 \times 627,00 \\ &= 940,800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 940,800 / 379,94 \\ &= 2,47 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah} \\ &= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82}) \end{aligned}$$

Daerah Tumpuan Balok 878 (Lantai empat)

$$M_u = 313,263,3600 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 313,263,3600 / 0.8 \\ &= 391,579,200 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 391,279,200 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 2,49 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned}
 m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\
 &= 400 / (0.85 \times 30) \\
 &= 15,68
 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 2,49}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0066$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0066 \times 400 \times 627,00 \\
 &= 1655,2800 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= 1655,2800 / 379,94 \\
 &= 4,35 \text{ buah} \sim 5 \text{ buah} \\
 &= \text{jadi digunakan 5 D 22} \quad (A_s \text{ 1899,7})
 \end{aligned}$$

Daerah lapangan

$$M_u = 156,631,680 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 156,631,680,00 / 0.8 \\
 &= 195,789,600,00 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n / (b \times d^2) \\
 &= 195,789,600,00 / (400 \times 627,00^2) \\
 &= 1,24 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned}
 m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\
 &= 400 / (0.85 \times 30) \\
 &= 15,68
 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,24}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \times 400 \times 627,00 \\
 &= 877,800 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 877,800 / 379,94$$

$$= 2,31 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$

Daerah Tumpuan Balok 1575 (Lantai lima)

$$\mathbf{Mu} = 298,233,340,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 298,233,340,00 / 0.8 \\
 &= 372,791,675,00 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned}
 R_n &= M_n / (b \times d^2) \\
 &= 372,791,675,00 / (400 \times 627,00^2) \\
 &= 2,37 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned}
 m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\
 &= 400 / (0.85 \times 30) \\
 &= 15,68
 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 2,37}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0062$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0062 \times 400 \times 627,00 \\
 &= 1666,560 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 1666,560 / 379,94$$

$$= 4,38 \text{ buah} \sim 5 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 5 D 22} \quad (\text{As } 1899,7)$$

Daerah lapangan

$$M_u = 149,116,670,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 149,116,670,00 / 0.8$$

$$= 186,395,837,50 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 186,395,837,50 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 1,18 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = f_y / (0.85 \times f_c)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,18}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\text{As} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 400 \times 627,00$$

$$= 940 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm As = 379,94

$$n \text{ tulangan} = 940 / 379,94$$

$$= 2,47s \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (\text{As } 1139,82)$$

Daerah Tumpuan Balok 1781 (lantai enam)

$$\mathbf{Mu} = 343,369,880,00 \text{ Nmm}$$

$$Mn = Mu / \phi$$

$$= 343,369,880,00 / 0.8$$

$$= 429,212,350,00 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai Rn

$$Rn = Mn / (b \times d^2)$$

$$= 429,212,350,00 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 2,729 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$m = fy / (0.85 \times fc)$$

$$= 400 / (0.85 \times 30)$$

$$= 15,68$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 2,72}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0072$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0072 \times 400 \times 627,00 \\ &= 1805,760,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 1805,760,00 / 379,94 \\ &= 5,752 \text{ buah} \sim 6 \text{ buah} \\ &= \text{jadi digunakan 6 D 22} \quad (A_s \text{ 2279,64}) \end{aligned}$$

Daerah lapangan

$$M_u = 171,684,940,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 171,684,940,00 / 0.8 \\ &= 214,606,175,00 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai R_n

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 214,606,175,00 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 1,364 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.1,364}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

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

$$= 0,0035 \times 400 \times 627,00$$

$$= 877,8 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$n \text{ tulangan} = 877,8 / 379,94$$

$$= 2,31 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$

Daerah Tumpuan Balok 2029 (lantai tujuh)

$$M_u = 260,584,620,00 \text{ Nmm}$$

$$M_n = M_u / \phi$$

$$= 260,584,620,00 / 0.8$$

$$= 325,730,775,00 \text{ Nmm}$$

Hitung nilai R_n

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

$$= 325,730,775,00 / (400 \times 627,00^2)$$

$$= 2,071 \text{ Mpa}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

Hitung ρ perlu $\rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right)$

$$= \rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,69.2,071}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0054$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0054 \times 400 \times 627,00 \\ &= 1354,320 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= 1354,320 / 379,94 \\ &= 3,564 \text{ buah} \sim 4 \text{ buah} \\ &= \text{jadi digunakan 4 D 22} \quad (A_s \text{ 1519,760}) \end{aligned}$$

Daerah lapangan

$$M_u = 130,292,310,00 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 130,292,310,00 / 0.8 \\ &= 162,865,387,50 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Hitung nilai Rn

$$\begin{aligned} R_n &= M_n / (b \times d^2) \\ &= 162,865,387,50 / (400 \times 627,00^2) \\ &= 1,035 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Hitung nilai m

$$\begin{aligned} m &= f_y / (0.85 \times f_c) \\ &= 400 / (0.85 \times 30) \\ &= 15,68 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung } \rho \text{ perlu} \quad \rho = \frac{1}{4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \rho = \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,68 \cdot 1,035}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0035$$

Kontrol rasio penulangan

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

Maka digunakan ρ perlu

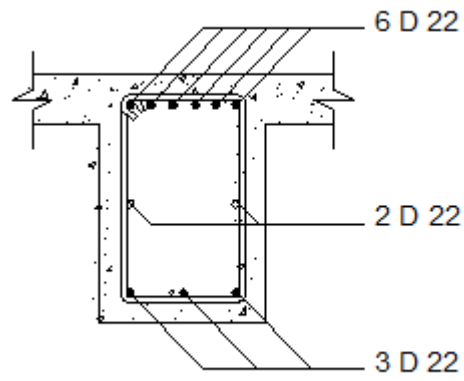
$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 400 \times 627,00 \\ &= 877,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D pokok 22 mm $A_s = 379,94$

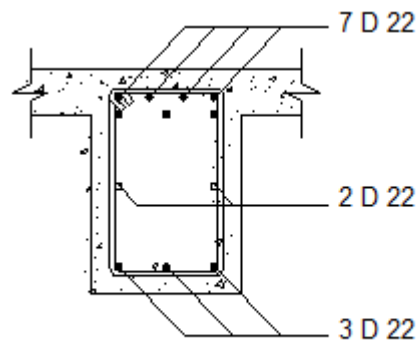
$$n \text{ tulangan} = 877,8 / 379,94$$

$$= 2,31 \text{ buah} \sim 3 \text{ buah}$$

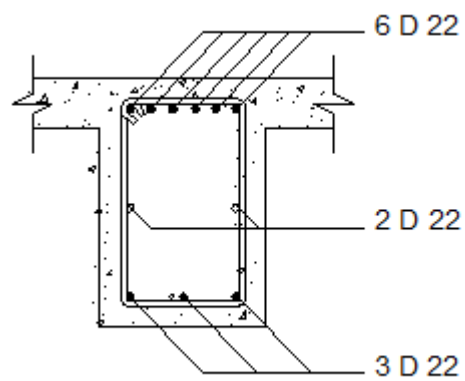
$$= \text{jadi digunakan 3 D 22} \quad (A_s \text{ 1139,82})$$



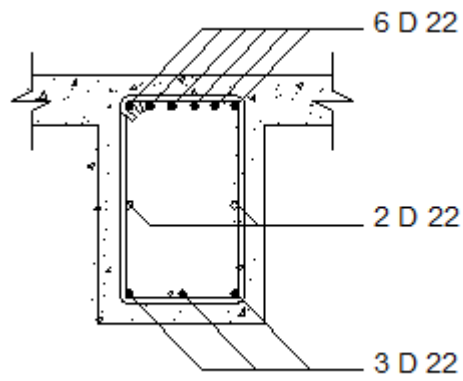
Gambar 3.15 Penulangan Balok pada Lantai Dasar



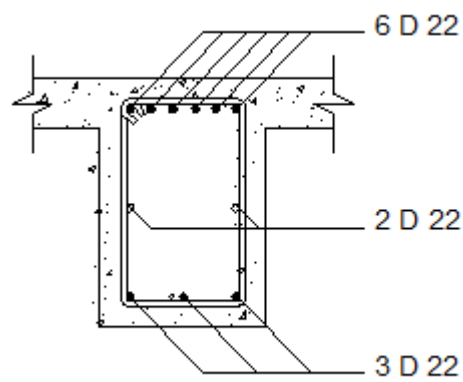
Gambar 3.16 Penulangan Balok pada Lantai Satu



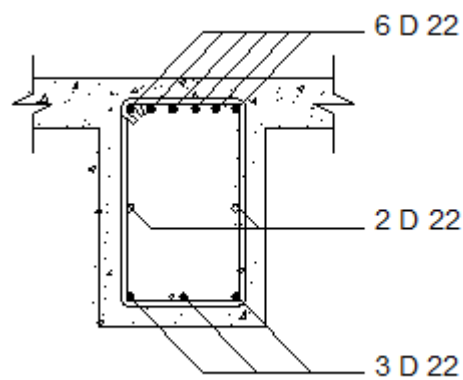
Gambar 3.17 Penulangan Balok pada Lantai Dua



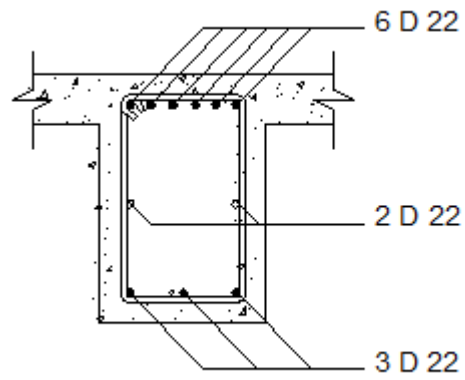
Gambar 3.18 Penulangan Balok pada Lantai Tiga



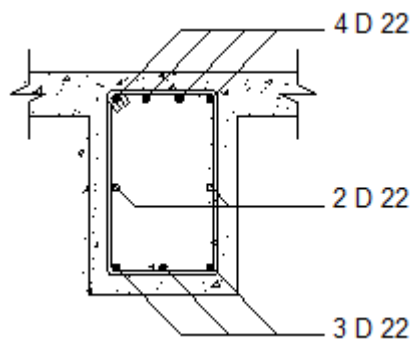
Gambar 3.19 Penulangan Balok pada Lantai Empat



Gambar 3.20 Penulangan Balok pada Lantai Lima



Gambar 3.21 Penulangan Balok pada Lantai Enam



Gambar 3.22 Penulangan Balok pada Lantai Tujuh

3.4.3 Perhitungan Tulangan geser

Perhitungan tulangan geser ini diambil satu sampel yang mewakili semua perhitungan tulangan geser.

Tumpuan

Data-data untuk perhitungan

Geser Ultimate (kN)	
Tumpuan	Lapangan
109,93	86,671

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

$$b = 400 \text{ mm} \quad d = 644 \text{ mm}$$

$$p = 50 \text{ mm} \quad V_u = 109,93 \text{ mm}$$

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

$$\phi T_s = 12 \text{ mm}$$

1. Kemampuan Geser Penampang

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f_c}}{6} \times b \times d \\ &= \frac{\sqrt{30}}{6} \times 400 \times 644 \\ &= 235156 \text{ N} \\ &= 235 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Kondisi kecukupan penampang dan S_{max} :

$$\begin{aligned} \text{a.} \quad &= \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} \times b \times d \right) \\ &= 0,65 \left(235 + \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 644 \right) \\ &= 611557,28 \text{ N} \\ &= 611,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.} \quad &= \frac{\sqrt{f_c}}{3} \times b \times d \\ &= \frac{\sqrt{30}}{3} \times 400 \times 644 \\ &= 470311 \text{ N} \\ &= 470,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

Balok BL2 Tumpuan

Daerah tumpuan arah X

$$V_u = 109,93 \text{ kN}$$

Cek V_u terhadap kondisi (a)

$$V_u = 109,93 \text{ kN} < 611,56 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Penampang OK}$$

Gaya geser yang harus ditahan

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{109,93}{0,65} - 235 \\ &= 66,032 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek V_s terhadap A_v min dan S maks :

$$\begin{aligned} \frac{A_v \text{ min}}{s} &= \frac{bw}{3fc} \\ &= \frac{400}{3 \times 400} \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \times d} \\ &= \frac{66032}{400 \times 644} \\ &= 0,2563372 \end{aligned}$$

$$\frac{A_v \text{ min}}{s} > \frac{A_v}{s} ; \text{ dipakai } \frac{A_v \text{ min}}{s} = 0,33$$

Cek terhadap kondisi (b)

$$\begin{aligned} V_s = 66,032 \text{ kN} < 470,31 ; \text{ dipakai } S_{\text{maks}} &= \frac{d}{2} \\ &= \frac{644}{2} \\ &= 322 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Ambil } s = 200 \text{ mm} < S_{\text{maks}}$$

$$A_v = 150 \times 0,33$$

$$= 50,0 \text{ mm}^2$$

Gunakan D 12 mm

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2 > 50,0 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Sehingga digunakan sengkang D12-100 mm

Lapangan

$$V_u = 50,55 \text{ kgm (Data Sap)}$$

1. Kemampuan Geser penampang beton (V_c)

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f_c}}{6} \times b \times d \\ &= \frac{\sqrt{30}}{6} \times 400 \times 644 \\ &= 235156 \text{ N} \\ &= 235 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Kondisi kecukupan penampang dan S_{max} :

$$\begin{aligned} \text{a.} \quad &= \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} \times b_w \times d \right) \\ &= 0,65 \left(235 + \frac{2}{3} \sqrt{30} \times 400 \times 644 \right) \\ &= 611557,28 \text{ N} \\ &= 611,56 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.} \quad &= \frac{\sqrt{f_c}}{3} \times b \times d \\ &= \frac{\sqrt{30}}{3} \times 400 \times 644 \\ &= 470311 \text{ N} \\ &= 470,31 \text{ kN} \end{aligned}$$

Balok BL2 Lapangan

Daerah Lapangan arah x

$$V_u = 50,55 \text{ kN}$$

Cek V_u terhadap kondisi (a)

$$V_{ub} = 50,55 \text{ kN} < 611,56 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{Penampang OK}$$

Gaya geser yang harus ditahan

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{50,550}{0,65} - 235 \\ &= 157,386 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek V_s terhadap A_v min dan S maks :

$$\begin{aligned} \frac{A_v \text{ min}}{s} &= \frac{bw}{3fc} \\ &= \frac{400}{3 \times 400} \\ &= 0,33 \\ \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_y \times d} \\ &= \frac{66032}{400 \times 644} \\ &= 0,2563372 \end{aligned}$$

$$\frac{A_v \text{ min}}{s} > \frac{A_v}{s} ; \text{ dipakai } \frac{A_v \text{ min}}{s} = 0,33$$

Cek terhadap kondisi (b)

$$\begin{aligned} V_s = 66,032 \text{ kN} &< 470,31 ; \text{ dipakai } S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} \\ &= \frac{644}{2} \\ &= 322 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ambil $s = 200 \text{ mm} < S_{\text{maks}}$

$$A_v = 150 \times 0,33$$

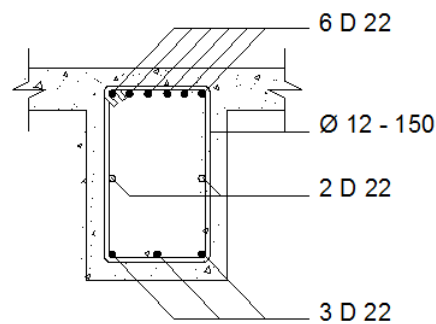
$$= 50,0 \text{ mm}^2$$

Gunakan D 12 mm

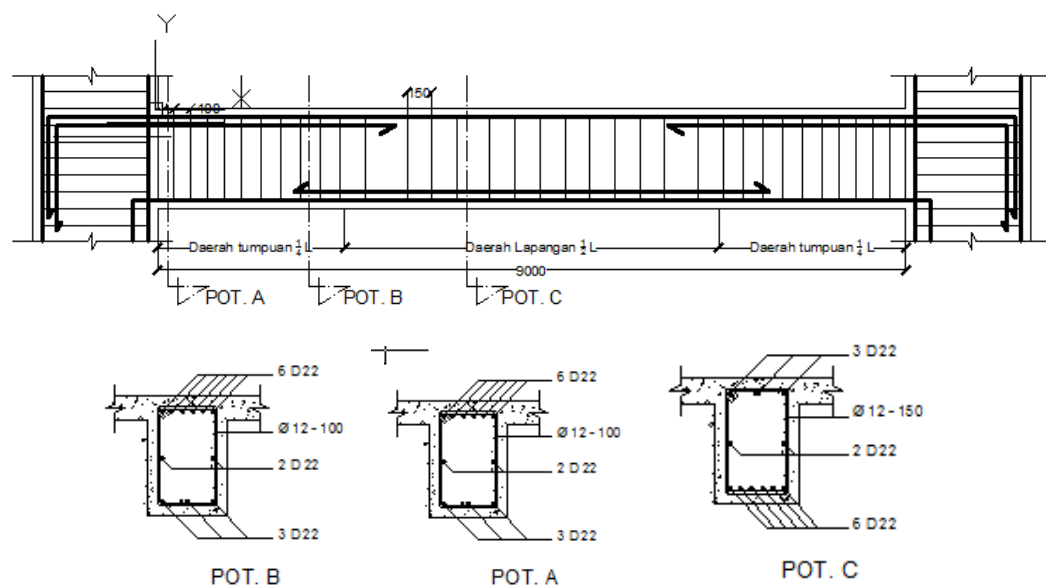
$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2$$

$$= 113,04 \text{ mm}^2 > 50,0 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Sehingga digunakan sengkang D12-150 mm



Gambar 3.23 Penulangan Geser (Sengkang) pada Balok



Gambar 3.24. Detail Tulangan Geser Pada Balok

3.5 Perhitungan Kolom

Setelah dilakukan analisis dengan program SAP2000, maka didapatkan gaya-gaya aksial yang bekerja pada kolom di tiap lantai. Dan untuk bagian ini penulis memilih kolom dengan gaya aksial terbesar yang dikeluarkan oleh program untuk mencari tulangan dari kolom yang ditinjau.

Tabel 3.3 Nilai Gaya-gaya dalam untuk perhitungan Kolom (data SAP)

Story	Pu (KN)	Mu (KN.m)	H1 (mm)	B1 (mm)
Lantai Dasar	1581,27	25,5625	700	700
Lantai 1	850,751	99,173	700	700
Lantai 2	523,125	97,294	600	600
Lantai 3	247,101	68,459	600	600
Lantai 4	1581,27	25,5625	500	500
Lantai 5	850,751	99,173	500	500
Lantai 6	532,125	97,294	500	500
Lantai 7	247,101	68,459	500	500

Data-data untuk perhitungan :

Mu = Lihat tabel gaya-gaya dalam

Pu = Lihat tabel gaya-gaya dalam

$f_y = 400 \text{ Mpa} = 4000 \text{ kg/cm}^2$

$f_c = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$

3.5.1 Perhitungan Dimensi Tulangan Kolom 700mm x 700mm untuk Lantai Dasar

Penyelesaian :

$P_u = 1581,3 \text{ kN} = 1581270 \text{ N}$

$M_u = 25,563 = 25562500 \text{ N.mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{a. Agr} &= B \times H \\
 &= 700 \times 700 \\
 &= 490000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } \frac{Pu}{\phi \times Agr \times 0,85 \times f'c} &= \frac{1581270}{\phi \times 49000 \times 0,85 \times 30} \\
 &= 0,195 \quad (\text{sb. Vertikal})
 \end{aligned}$$

$$\text{c. } \frac{Mu}{Pu} = \frac{25562500}{1581270} = 16,17$$

$$\text{d. } \frac{et}{h} = \frac{16,17}{700} = 0,02$$

$$\begin{aligned}
 \text{e. } \frac{Pu}{\phi \times Agr \times 0,85 \times f'c} \times \frac{et}{h} &= 0,195 \times 0,02 \\
 &= 0,004 \quad (\text{sb. Horisontal})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan grafik interaksi kolom yang diplot dari sb bertikal dan sb, horisontal diperoleh nilai r

$$r = 0,023 \quad \text{dan diketahui } \beta = 1,2$$

maka :

$$\begin{aligned}
 \rho &= \beta \times r \\
 &= 0,0276
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As tot} &= \rho \times Agr \\
 &= 0,0276 \times 490000 \\
 &= 13524 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{A D-22} &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \\
 &= 380,286 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan yang dipakai} &= \frac{As}{A} = \frac{13524}{380,3} = 35,56 \\
 &= 35,56 \sim 36
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan kolom 36 D 22 mm

3.5.2 Perhitungan Dimensi Tulangan Kolom 700 mm x 700 mm untuk Lantai 1 (Satu)

Penyelesaian :

$$P_u = 850,75 \text{ kN} = 1581270 \text{ N}$$

$$M_u = 99,17 = 25562500 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } A_{gr} &= B \times H \\ &= 700 \times 700 \\ &= 490000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} &= \frac{850751}{\phi \times 490000 \times 0,85 \times 30} \\ &= 0,105 \quad (\text{sb. Vertikal}) \end{aligned}$$

$$\text{c. } \quad et = \frac{M_u}{P_u} = \frac{99173000}{850751} = 116,57$$

$$\text{d. } \frac{et}{h} = \frac{116,57}{700} = 0,17$$

$$\begin{aligned} \text{e. } \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{et}{h} &= 0,105 \times 0,17 \\ &= 0,0017 \quad (\text{sb. Horisontal}) \end{aligned}$$

Berdasarkan grafik interaksi kolom yang diplot dari sb bertikal dan sb, horisontal diperoleh nilai r

$$r = 0,023 \quad \text{dan diketahui } \beta = 1,2$$

maka :

$$\begin{aligned} \rho &= \beta \times r \\ &= 0,0276 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tot}} &= \rho \times A_{gr} \\ &= 0,0276 \times 490000 \\ &= 13524 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{D-22} &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \\ &= 380,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan yang dipakai} = \frac{A_s}{A} = \frac{13524}{380,3} = 35,56$$

$$= 35,56 \sim 36$$

Jadi digunakan tulangan kolom 36 D 22 mm

3.5.3 Perhitungan Dimensi Tulangan Kolom 600 mm x 600 mm untuk Lantai 2 (Dua)

Penyelesaian :

$$P_u = 532,13 \text{ kN} = 532125 \text{ N}$$

$$M_u = 97,294 \text{ kN} = 97294000 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} \text{a. } A_{gr} &= B \times H \\ &= 600 \times 600 \\ &= 360000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} &= \frac{532125}{\phi \times 360000 \times 0,85 \times 30} \\ &= 0,089 \quad (\text{sb. Vertikal}) \end{aligned}$$

$$\text{c. } e_t = \frac{M_u}{P_u} = \frac{97294000}{532125} = 182,84$$

$$\text{d. } \frac{e_t}{h} = \frac{182,84}{600} = 0,30$$

$$\begin{aligned} \text{e. } \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{e_t}{h} &= 0,089 \times 0,30 \\ &= 0,027 \quad (\text{sb. Horisontal}) \end{aligned}$$

Berdasarkan grafik interaksi kolom yang diplot dari sb bertikal dan sb, horisontal diperoleh nilai r

$$r = 0,023 \quad \text{dan diketahui } \beta = 1,2$$

maka :

$$\begin{aligned} \rho &= \beta \times r \\ &= 0,0276 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ tot}} &= \rho \times A_{gr} \\ &= 0,0276 \times 360000 \\ &= 9936 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{D-22} = \frac{1}{4} \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \times 22^2$$

$$= 380,286 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan yang dipakai} = \frac{A_s}{A} = \frac{9936}{380,3} = 26,13$$

$$= 26,13 \sim 28$$

Jadi digunakan tulangan kolom 28 D 22 mm

3.5.4 Perhitungan Dimensi Tulangan Kolom 600 mm x 600 mm untuk Lantai 3 (Tiga)

Penyelesaian :

$$P_u = 532,13 \text{ kN} = 532125 \text{ N}$$

$$M_u = 97,294 \text{ kN} = 97294000 \text{ N.mm}$$

$$\text{a. } A_{gr} = B \times H$$

$$= 600 \times 600$$

$$= 360000 \text{ mm}^2$$

$$\text{b. } \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} = \frac{532125}{\phi \times 360000 \times 0,85 \times 30}$$

$$= 0,089 \quad (\text{sb. Vertikal})$$

$$\text{c. } \quad et = \frac{M_u}{P_u} = \frac{68459000}{247101} = 277,05$$

$$\text{d. } \frac{et}{h} = \frac{277,05}{600} = 0,46$$

$$\text{e. } \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{et}{h} = 0,041 \times 0,46$$

$$= 0,019 \quad (\text{sb. Horisontal})$$

Berdasarkan grafik interaksi kolom yang diplot dari sb bertikal dan sb, horisontal diperoleh nilai r

$$r = 0,023 \quad \text{dan diketahui } \beta = 1,2$$

maka :

$$\rho = \beta \times r$$

$$= 0,0276$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ tot} &= \rho \times A_{gr} \\
 &= 0,0276 \times 360000 \\
 &= 9936 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{D-22} &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \\
 &= 380,286 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan yang dipakai} &= \frac{A_s}{A} = \frac{9936}{380,3} = 26,13 \\
 &= 26,13 \sim 28
 \end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan kolom 28 D 22 mm

3.5.5 Perhitungan Dimensi Tulangan Kolom 500 mm x 500 mm untuk Lantai 4 (empat)

Penyelesaian :

$$P_u = 1581,3 \text{ kN} = 1581270 \text{ N}$$

$$M_u = 25,563 \text{ kN} = 25562500 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{a. } A_{gr} &= B \times H \\
 &= 500 \times 500 \\
 &= 250000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. } \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} &= \frac{1581270}{\phi \times 250000 \times 0,85 \times 30} \\
 &= 0,382 \quad (\text{sb. Vertikal})
 \end{aligned}$$

$$\text{c. } \quad \frac{e t}{h} = \frac{M_u}{P_u} = \frac{25562500}{1581270} = 16,17$$

$$\text{f. } \quad \frac{e t}{h} = \frac{16,17}{500} = 0,30$$

$$\begin{aligned}
 \text{g. } \quad \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{e t}{h} &= 0,382 \times 0,30 \\
 &= 0,017 \quad (\text{sb. Horisontal})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan grafik interaksi kolom yang diplot dari sb bertikal dan sb, horisontal diperoleh nilai r

$r = 0,03$ dan diketahui $\beta = 1,2$

maka :

$$\rho = \beta \times r$$

$$= 0,036$$

$$A_{s \text{ tot}} = \rho \times A_{gr}$$

$$= 0,036 \times 250000$$

$$= 9000 \text{ mm}^2$$

$$A_{D-22} = \frac{1}{4} \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \times 22^2$$

$$= 380,286 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan yang dipakai} = \frac{A_s}{A} = \frac{9000}{380,3} = 23,67$$

$$= 23,67 \sim 24$$

Jadi digunakan tulangan kolom 24 D 22 mm

3.5.6 Perhitungan Dimensi Tulangan Kolom 500 mm x 500 mm untuk Lantai 5 (Lima)

Penyelesaian :

$$P_u = 850,75 \text{ kN} = 850751 \text{ N}$$

$$M_u = 99,173 \text{ kN} = 99173000 \text{ N.mm}$$

$$a. A_{gr} = B \times H$$

$$= 500 \times 500$$

$$= 250000 \text{ mm}^2$$

$$b. \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} = \frac{850751}{\phi \times 250000 \times 0,85 \times 30}$$

$$= 0,205 \quad (\text{sb. Vertikal})$$

$$f. \quad e_t = \frac{M_u}{P_u} = \frac{99173000}{850751} = 116,57$$

$$g. \quad \frac{e_t}{h} = \frac{116,57}{500} = 0,23$$

$$h. \quad \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{e_t}{h} = 0,205 \times 0,23$$

$$= 0,048 \text{ (sb. Horisontal)}$$

Berdasarkan grafik interaksi kolom yang diplot dari sb bertikal dan sb, horisontal diperoleh nilai r

$$r = 0,03 \quad \text{dan diketahui } \beta = 1,2$$

maka :

$$\rho = \beta \times r$$

$$= 0,036$$

$$A_s \text{ tot} = \rho \times A_{gr}$$

$$= 0,036 \times 250000$$

$$= 9000 \text{ mm}^2$$

$$A_{D-22} = \frac{1}{4} \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi \times 22^2$$

$$= 380,286 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan yang dipakai} = \frac{A_s}{A} = \frac{9000}{380,3} = 23,67$$

$$= 23,67 \sim 24$$

Jadi digunakan tulangan kolom 24 D 22 mm

3.5.7 Perhitungan Dimensi Tulangan Kolom 500 mm x 500 mm untuk Lantai 6 (Enam)

Penyelesaian :

$$P_u = 532,13 \text{ kN} = 532125 \text{ N}$$

$$M_u = 97,294 \text{ kN} = 97294000 \text{ N.mm}$$

$$a. A_{gr} = B \times H$$

$$= 500 \times 500$$

$$= 250000 \text{ mm}^2$$

$$b. \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} = \frac{532125}{\phi \times 25000 \times 0,85 \times 30}$$

$$= 0,128 \text{ (sb. Vertikal)}$$

$$\begin{aligned}
\text{c.} \quad et &= \frac{Mu}{Pu} = \frac{97294000}{532125} = 182,84 \\
\text{d.} \quad \frac{et}{h} &= \frac{182,84}{500} = 0,37 \\
\text{e.} \quad \frac{Pu}{\phi \times Agr \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{et}{h} &= 0,128 \times 0,37 \\
&= 0,047 \text{ (sb. Horisontal)}
\end{aligned}$$

Berdasarkan grafik interaksi kolom yang diplot dari sb bertikal dan sb, horisontal diperoleh nilai r

$$r = 0,03 \quad \text{dan diketahui } \beta = 1,2$$

maka :

$$\rho = \beta \times r$$

$$= 0,036$$

$$\begin{aligned}
As_{\text{tot}} &= \rho \times Agr \\
&= 0,036 \times 250000 \\
&= 9000 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{D-22} &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\
&= \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \\
&= 380,286 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tulangan yang dipakai} &= \frac{As}{A} = \frac{9000}{380,3} = 23,67 \\
&= 23,67 \sim 24
\end{aligned}$$

Jadi digunakan tulangan kolom 24 D 22 mm

3.5.8 Perhitungan Dimensi Tulangan Kolom 500 mm x 500 mm untuk Lantai 7 (Tujuh)

Penyelesaian :

$$Pu = 247,1 \text{ kN} = 247101 \text{ N}$$

$$Mu = 68,459 \text{ kN} = 68459000 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
\text{a. } Agr &= B \times H \\
&= 500 \times 500 \\
&= 250000 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$b. \frac{Pu}{\phi \times Agr \times 0,85 \times f'_c} = \frac{247101}{\phi \times 25000 \times 0,85 \times 30}$$

$$= 0,060 \quad (\text{sb. Vertikal})$$

$$c. \quad et = \frac{Mu}{Pu} = \frac{68459000}{247101} = 277,05$$

$$i. \quad \frac{et}{h} = \frac{277,05}{500} = 0,55$$

$$j. \quad \frac{Pu}{\phi \times Agr \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{et}{h} = 0,060 \times 0,55$$

$$= 0,033 \quad (\text{sb. Horisontal})$$

Berdasarkan grafik interaksi kolom yang diplot dari sb bertikal dan sb, horisontal diperoleh nilai r

$$r = 0,03 \quad \text{dan diketahui } \beta = 1,2$$

maka :

$$\rho = \beta \times r$$

$$= 0,036$$

$$\begin{aligned} As_{\text{tot}} &= \rho \times Agr \\ &= 0,036 \times 250000 \\ &= 9000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

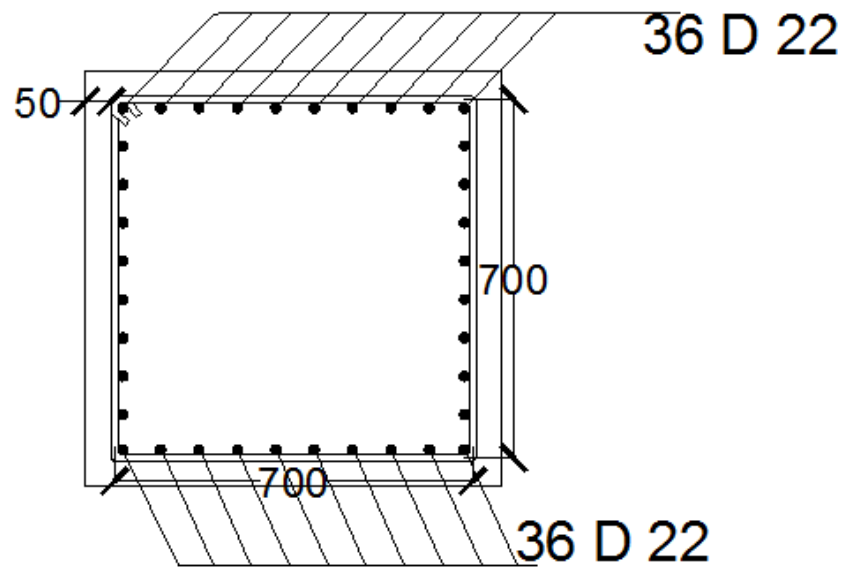
$$\begin{aligned} A_{D-22} &= \frac{1}{4} \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi \times 22^2 \\ &= 380,286 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tulangan yang dipakai} &= \frac{As}{A} = \frac{9000}{380,3} = 23,67 \\ &= 23,67 \sim 24 \end{aligned}$$

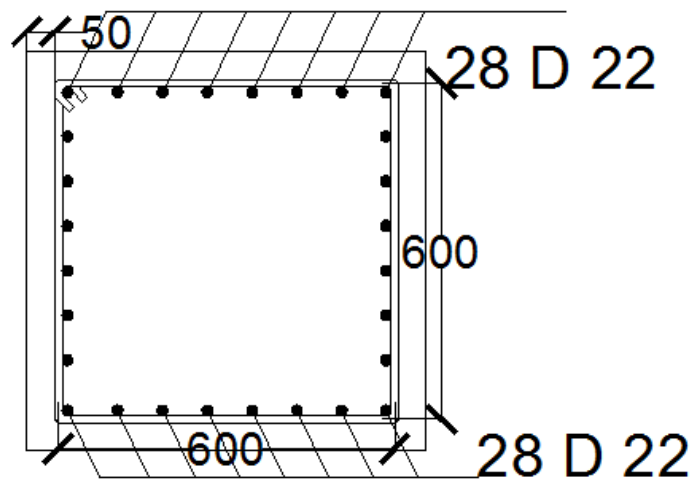
Jadi digunakan tulangan kolom 24 D 22 mm

Kesimpulan :

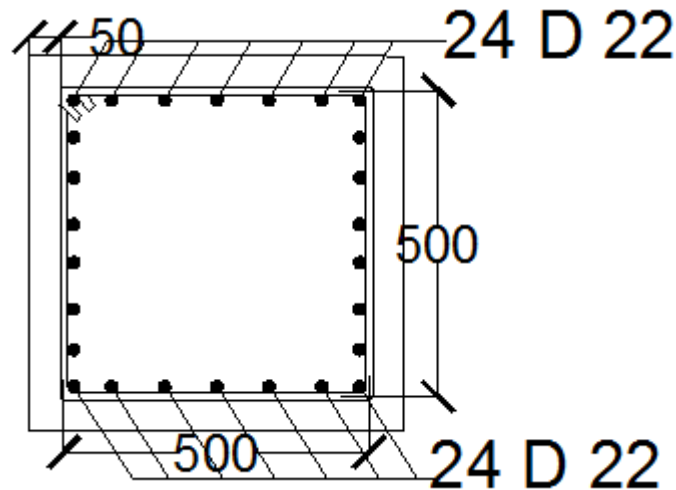
Berdasarkan perhitungan dimensi kolom diatas, didapatkan dimensi tulangan untuk kolom ukuran 700 mm x 700 mm dengan ukuran 36D22 untuk lantai Dasar dan lantai satu, kolom ukuran 600 mm x 600 mm dengan ukuran 27D22 untuk lantai dua dan lantai tiga, kolom ukuran 500 mm x 500 mm dengan ukuran 24D22 untuk lantai empat sampai dengan lantai tujuh.



Gambar 3.25 Dimensi Tulangan Kolom 700 mm x 700 mm pada Lantai Dasar dan lantai Satu



Gambar 3.26 Dimensi Tulangan Kolom 600 mm x 600 mm pada Lantai Dua dan Lantai Tiga



Gambar 3.27 Dimensi Tulangan Kolom 500 mm x 500 mm pada Lantai Empat sampai dengan Lantai Tujuh

3.5 Metode Pelaksanaan Struktur Atas

Struktur atas (*upper structure*) adalah bagian dari struktur yang berfungsi menerima beban mati, beban hidup, berat sendiri struktur dan beban-beban lainnya yang direncanakan. Selain itu struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan arsitektur sekaligus harus mampu menjamin segi keamanan dan kenyamanan serta ekonomis.

Pekerjaan struktur atas melibatkan beberapa kegiatan antara lain adalah pengukuran, pekerjaan penulangan, bekisting, pengecoran, pembongkaran bekisting.

3.6.1 Pekerjaan Kolom

Pada proyek ini kolom yang digunakan adalah bentuk persegi. Prosedur pelaksanaan pekerjaan kolom dalam proyek ini secara keseluruhan sama, meskipun dimensi dan jumlah tulangan pada masing-masing tipe kolom berbeda-beda. Langkah teknis pada pekerjaan kolom adalah sebagai berikut:

1) Penentuan As kolom

Titik-titik as kolom diperoleh dari hasil pekerjaan pengukuran dan pematokan, yaitu marking berupa titik – titik atau garis yang digunakan sebagai dasar penentuan letak kolom. Cara penentuan as-as kolom adalah dengan menggunakan

alat *Theodolith*, yaitu dengan menentukan letak as awal atau yang disebut *Benchmark* (BM) yang didapat dari pengukuran terhadap acuan BM yang telah ada. Dari BM turunan tersebut dibuat as-as yang lain dengan mengikuti jarak yang telah disyaratkan dalam perencanaan awal. Letak as-as ini harus selalu dikontrol karena bukan tidak mungkin karena satu dan lain hal, as-as tersebut berubah dari yang telah dibuat.



Gambar 3.28 Pengontrolan As Kolom

2) Pembesian kolom

Pada kolom, penulangan dilakukan sebelum pemasangan bekisting. Hal ini berkaitan dengan kemudahan metode pelaksanaan. Penulangan pada kolom terdiri dari dua tulangan yaitu tulangan pokok dan sengkang. Tulangan pokok berfungsi menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur, sedangkan sengkang berfungsi untuk menahan gaya geser yang mengakibatkan tekuk. Pada proyek ini untuk tulangan utama, diameter yang dipakai adalah D22, sedang untuk tulangan sengkang menggunakan $\varnothing 12$.

Dalam penulangan kolom perlu diperhatikan hal-hal antara lain:

- a) Tipe besi yang digunakan
- b) Jumlah besi pada kolom
- c). Jarak antar beugel

Tahap-tahap penulangan kolom :

Bahan terdiri dari:

- Besi tulangan sesuai gambar *shop drawing / for construction*)
- Kawat bendrat

Tenaga kerja:

- Tukang besi terampil yang mengerti lingkup pekerjaan penulangan.
- Mandor dan pelaksana yang dapat membaca *shop drawing/for construction* dengan baik.

Alat berupa:

- Kunci besi → alat yang digunakan untuk pembengkokkan besi tulangan.
- Bar cutter → alat yang digunakan untuk pemotongan besi tulangan.
- Tang besi

Metode kerja kolom beton bertulang :

- 1) Besi tulangan berbagai diameter dipotong sesuai dengan ukuran dalam gambar kerja dengan *bar cutter* sedangkan pembengkokan tulangan dilakukan dengan menggunakan *Kunci besi*.
- 2) Pemotongan tulangan utama dilakukan sepanjang tinggi kolom pada lantai ditambah dengan panjang penyaluran tulangan untuk pekerjaan penyambungan tulangan, yaitu sebesar 40 D (dimana D adalah diameter tulangan ulir).
- 3) Panjang pembengkokan tulangan sengkang dilakukan sesuai dengan ketentuan
- 4) Tulangan kolom langsung dirakit pada posisinya, yang terlebih dahulu dibuat adalah sisi-sisi dari kolom dan langsung di ikat dengan begel agar mempermudah pengerjaan.
- 5) Pemasangan tulangan kolom dilakukan dengan cara mengikatkan kawat bendrat pada tulangan utama dengan stek penyaluran yang telah terpasang pada kolom lantai sebelumnya. Syarat penjangkaran $\frac{1}{4}$ H. Perhatikan sambungan pada penulangan kolom.
- 6) Setelah tulangan kolom terpasang maka pada tulangan kolom tersebut diberi penyangga sementara berupa besi tulangan agar posisinya tetap tegak.

Proses pabrikasi, perakitan dan penyambungan Tulangan Kolom dapat dilihat pada Gambar sebagai berikut :



Gambar 3.28 Perakitan tulangan Kolom

3. Pembuatan *Bekisting* Kolom

Bekisting merupakan alat yang penting dalam membentuk dan menempatkan beton pada posisi yang diinginkan. *Bekisting* tersebut juga merupakan struktur sementara yang mendukung berat sendirinya, beton segar, dan beban hidup konstruksi selama masa pelaksanaan yang meliputi bahan, peralatan, pekerja. Pada bagian dalam dari *bekisting* diolesi minyak agar mudah saat dilepas, sedangkan pada bagian luar dilengkapi dengan panel-panel dan pengaku. Panel *bekisting* kolom diukur sesuai dengan jenis kolom, dimensi kolom.

4. Pemasangan *Bekisting* Kolom

Pada prinsipnya pekerjaan pemasangan *bekisting* pada tiap-tiap kolom adalah sama. Untuk menjaga posisi *bekisting* kolom tetap tegak maka selama pengerjaan pengecoran, *bekisting* kolom diberi pengaku. Untuk mempermudah pemasangan, maka diberi bantuan *marking* garis. Hal-hal yang diperhatikan sebelum mengadakan pemasangan cetakan / *bekisting* adalah :

- a) Mengolesi permukaan *bekisting* sebelah dalam dengan oli agar dapat memudahkan dalam penglepasan.

- b) Diberi beton *decking* untuk menjaga jarak antara sisi bekisting dengan baja tulangan sehingga terbentuk ruang untuk selimut beton.

Langkah-langkah pemasangan bekisting adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pengecekan as kolom sesuai *shop drawing*.
- b. Pemindahan panel bekisting ke lokasi yang telah disiapkan,
- c. Pemasangan panel bekisting kolom, sebelumnya dilakukan pembersihan panel dan pemberian minyak bekisting.
- d. Setelah kolom berdiri, dilakukan pemasangan unting-unting di kedua sisi kolom, untuk menjaga sudut tetap tegak lurus terhadap lantai.
- e. Cek posisi vertikal bekisting terhadap as kolom, agar sewaktu pengecoran tidak terjadi pergeseran.
- f. Pemberian bahan perekat dibawah dasar kolom untuk melekatkan campuran beton dengan plat dibawahnya
- g. Maka, bekisting kolom sudah siap untuk dilakukan pengecoran.



Gambar 3.29 Pemasangan bekisting kolom

1. Pengecoran Kolom

Setelah *bekisting* selesai dipasang, maka diadakan pengecekan posisi kolom oleh surveyor. Hal ini untuk menjaga kelurusan bangunan dan ketepatan pemasangan kolom. Sebelum melakukan pengecoran, persiapan yang dilakukan antara lain:

- a. Tenaga kerja disiapkan.
- b. Koordinasi dengan perusahaan beton dilakukan minimal sehari sebelumnya, sehingga pada saat pengiriman beton *ready mix* tidak terlambat untuk pengecoran kolom.
- c. Peralatan disiapkan seperti, *vibrator* dan sebagainya.
- d. Jika pengecoran diperkirakan dilakukan sampai malam hari, penerangan harus sudah siap sebelumnya.

Langkah-langkah pengecoran yaitu:

- a. *Readymix* dari truk *mixer* ditumpahkan ke kolom dengan bantuan *concretepump*.
- b. Di lokasi pengecoran posisi lengan *concretepump* diatur sedemikian rupa sehingga tepat di atas kolom dan selang tersebut dimasukkan ke bekisting.
- c. Pengecoran dilakukan secara bertahap/perlayer.
- d. Lakukan pemadatan adonan beton dengan menggunakan *vibrator*.



Gambar 3.30 Pengecoran Kolom di lantai Dasar

3.6.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pelat Lantai dan Balok

Pekerjaan balok dilaksanakan setelah pekerjaan kolom telah selesai. Pada proyek ini sistem balok yang dipakai adalah konvensional. Balok yang digunakan memiliki tipe yang berbeda-beda. Balok terdiri dari 2 macam, yaitu balok utama

(balok induk) dan balok anak. Semua pekerjaan balok dan pelat dilakukan langsung di lokasi mulai dari pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran sampai perawatan.

1) Tahap Persiapan

- Pekerjaan Pengukuran

Pengukuran ini bertujuan untuk mengatur/ memastikan kerataan, ketinggian balok dan pelat. Pada pekerjaan ini digunakan alat ukur theodolit.

- Pembuatan Bekisting

Pekerjaan bekisting balok dan pelat merupakan satu kesatuan pekerjaan, karena dilaksanakan secara bersamaan. Pembuatan panel bekisting balok harus sesuai dengan gambar kerja. Dalam pemotongan plywood harus cermat dan teliti sehingga hasil akhirnya sesuai dengan balok yang akan dibuat. Pekerjaan balok dilakukan langsung di lokasi dengan mempersiapkan material utama antara lain: kaso 5/7, balok kayu 6/12, papan plywood.

- Pabrikasi besi

Untuk balok, pemotongan dan pembengkokan besi dilakukan sesuai kebutuhan dengan bar cutter dan bar bending. Pembesian balok dilakukan dengan sistem pabrikasi sendiri dan ada yang dirakit di atas bekisting yang sudah jadi. Sedangkan pembesian plat dilakukan di atas bekisting yang sudah jadi.

2) Tahap Pekerjaan Balok dan Pelat

Pada dasarnya, pekerjaan balok dan pelat dilakukan secara bersamaan. Pekerjaan bekisting balok. Tahap pekerjaan bekisting balok adalah sebagai berikut :

- Scaffolding dengan masing – masing jarak 100 cm disusun berjajar sesuai dengan kebutuhan di lapangan, baik untuk bekisting balok maupun pelat.

- Memperhitungkan ketinggian scaffolding balok dengan mengatur U-head jack nya.

- Pada U-head dipasang balok kayu (girder) 6/12 sejajar dengan arah cross brace dan diatas girder dipasang balok suri tiap jarak 50 cm (kayu 5/7) dengan arah melintangnya, kemudian dipasang pasangan plywood sebagai alas balok.

- Setelah itu, dipasang dinding bekisting balok dan dikunci dengan siku yang dipasang di atas suri-suri. Gambar 3.31 memperlihatkan pekerja yang sementara memasang bekisting balok.



Gambar 3.31 Pemasangan Bekisting balok

- Pekerjaan bekisting pelat

Tahap pekerjaan bekisting pelat adalah sebagai berikut :

- Scaffolding disusun berjajar bersamaan dengan scaffolding untuk balok. Karena posisi pelat lebih tinggi daripada balok maka Scaffolding untuk pelat lebih tinggi daripada balok.
- Pada U-head dipasang balok kayu (girder) 6/12 sejajar dengan arah cross brace dan diatas girder dipasang suri-suri dengan arah melintangnya.
- Dalam pelaksanaan proyek ini, bekisting yang akan diterapkan adalah sistem steel floor decking.

3) Pengecekan

Setelah pemasangan bekisting balok dan pelat dianggap selesai selanjutnya pengecekan tinggi level pada bekisting balok dan pelat dengan waterpass, jika sudah selesai maka bekisting untuk balok dan pelat sudah siap.

4) Pembesian balok

Tahap pembesian balok adalah sebagai berikut :

- Untuk Pembesian balok, semua bagian pembesian dilakukan ditempat yang akan dicor
- Besi tulangan balok diletakkan diatas bekisting balok dan ujung besi balok dimasukkan ke kolom.

- Pasang beton decking untuk jarak selimut beton pada alas dan samping balok lalu diikat.

5) Pemasangan bondek dan wire mesh

Setelah tulangan balok terpasang. Selanjutnya adalah tahap pekerjaan pemasangan bondek yang sudah dipotong sesuai ukuran yang ditentukan sebagai alas pelat. Bondek tersebut diangkat menggunakan tower crane dan dipasang di atas bekisting pelat. Pemasangan bondek haruslah rapat sehingga tidak terjadi kebocoran pada saat pengecoran. Selanjutnya, bondek dipaku dengan paku tembak. Setelah bondek terpasang wire mesh di tempatkan di atas bondek mengikuti bentuk dari bondek. Letakkan beton decking dan besi sisa yang telah dipotong antara wire mesh dan bondek. Untuk lebih memastikan agar tidak terjadi kebocoran nantinya maka di bawah bondek diselipkan gabus sebagai penyumbat lubang di antara balok dan pelat. Perhatikan Gambar 4.13 dua orang pekerja yang sedang memasang beton decking dan besi sisa di antara wire mesh dan bondek.



Gambar 3.33 Pemasangan bondek dan wire mesh

6) Pengecekan

Setelah pembesian balok dan pelat dianggap selesai, lalu diadakan checklist/pemeriksaan untuk tulangan. Adapun yang diperiksa untuk pembesian balok adalah diameter dan jumlah tulangan utama, diameter, jarak, dan jumlah sengkang, ikatan

kawat , dan beton decking. Untuk pembesian pelat lantai yang diperiksa adalah, penyaluran pembesian pelat terhadap balok, jumlah dan jarak tulangan ekstra, perkuatan (sparing) pada lubang-lubang di pelat lantai, beton decking, kaki ayam, dan kebersihannya.

7) Pembongkaran Bekisting

Pembongkaran bekisting pelat dilakukan setelah 4 hari pengecoran sedangkan untuk balok pembongkaran bekisting dilakukan 7 hari setelah pengecoran.

8) Tahap Pengecoran Pelat dan Balok

Proses Pengecoran Pelat lantai dan Balok

Pengecoran pelat dilaksanakan bersamaan dengan pengecoran balok.. Peralatan pendukung untuk pekerjaan pengecoran balok diantaranya yaitu : bucket, truck mixer, vibrator, lampu kerja, papan perata. Adapun proses pengecoran pelat yaitu sebagai berikut :

- Setelah mendapatkan Ijin pengecoran, engineer menghubungi pihak CBSP untuk mengecor sesuai dengan mutu dan volume yang dibutuhkan di lapangan.
- Pembersihan ulang area yang akan dicor dengan menggunakan air compressor sampai benar – benar bersih
- Bucket dipersiapkan sebelumnya kemudian di siram air untuk membersihkan bucket dari debu-debu atau sisa pengecoran sebelumnya. Selanjutnya mempersiapkan satu keranjang dorong untuk mengambil sampel dan test slump yang diawasi oleh engineer dan pihak pengawas.
- Setelah dinyatakan OK, pengecoran siap dilaksanakan
- Sampel benda uji diambil bersamaan selama pengecoran berlangsung, diambil beton yang keluar dari truk kemudian dituang ke bucket lalu bucket diangkut dengan TC
- Setelah bucket sampai pada tempat yang akan dicor, petugas bucket membuka katup bucket untuk mengeluarkan beton segar ke area pengecoran.
- Kemudian pekerja cor meratakan beton segar tersebut ke bagian balok terlebih dahulu selanjutnya untuk pelat diratakan dengan alat cangkul secara manual lalu check level dengan waterpass. Seorang pekerja memasukkan vibrator kedalam adukan kurang lebih 5-10 menit di setiap bagian yang dicor. Pemadatan tersebut

bertujuan untuk mencegah terjadinya rongga udara pada beton yang akan mengurangi kualitas beton.

- Setelah dipastikan balok dan pelat telah terisi beton semua, permukaan beton segar tersebut diratakan dengan menggunakan balok kayu yang panjang dengan memperhatikan batas ketebalan pelat yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.34 di bawah ini yang memperlihatkan proses pengecoran dan perataan beton di pelat lantai zona 3.



Gambar3.34 Proses pengecoran pelat lantai

- Pekerjaan ini dilakukan berulang sampai beton memenuhi area cor yang telah ditentukan, idealnya waktu pengecoran dilakukan 6 sampai 8 jam.

9) Pengecoran Balok

Nilai slump pada pelat dan balok adalah $12 \pm 2\text{cm}$ (10 cm s/d 14 cm). Pengecoran balok dan pelat dengan menggunakan concrete pump dan beton ready mix.

Sebelum proses pengecoran dilaksanakan, maka perlu dilakukan pemeriksaan bekisting meliputi: Posisi bekisting harus dicek lagi apakah sudah sesuai dengan yang direncanakan. Bekisting harus lurus, tegak, tidak bocor, dan kuat. Selain mengenai hal tersebut, sebelum dilaksanakan pengecoran, bekisting dibersihkan dulu dengan menggunakan compressor.

Pelaksanaan pengecoran balok dan pelat adalah sebagai berikut:

- (a) Untuk pelaksanaan pengecoran balok dan pelat lantai, digunakan concrete pump yang menyalurkan beton readymix dari truck mixer ke lokasi pengecoran,

dengan menggunakan pipa pengecoran yang di sambung-sambung. Gambar 3.35 memperlihatkan proses pekerjaan pengecoran dengan menggunakan concrete pump.



Gambar 3.35 Pengecoran dengan menggunakan concrete pump

- (b) Alirkan beton readymix sampai ke lokasi pengecoran, lalu padatkan dengan menggunakan vibrator.
- (c) Setelah beton dipadatkan, maka dilakukan perataan permukaan cor dengan menggunakan alat-alat manual.
- (d) Setelah proses pengecoran selesai sampai batas pengecoran, maka dilakukan finishing.

10) Pembongkaran Bekisting

Untuk pelat pembongkaran besting dilakukan setelah 4 hari pengecoran sedangkan untuk balok pembongkaran bekisting dilakukan 7 hari setelah pengecoran. Sebagai penunjang sampai pelat benar – benar mengeras.

BAB IV

PENUTUP



POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
KONSENTRASI BANGUNAN
GEDUNG

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pembahasan, maka penulis mengambil kesimpulan :

1. Pembebanan rangka atap hanya di perhitungkan untuk menyalurkan beban-beban ke setiap joint struktur kolom yang akan memikul atap.
2. Dari hasil perhitungan struktur portal 3 dimensi, didapatkan ukuran penampang luas tulangan yang diperlukan untuk balok dan kolom. Untuk balok lantai Dasar sampai dengan lantai 7 (tujuh) ukuran penampang 700 x 700 mm dengan luas tulangan As Tumpuan 2279,64 mm² , As Lapangan 1139,82 mm². 6 D 22 untuk tumpuan 3 D 22 untuk lapangan.
3. Perhitungan kolom ukuran penampang dan tulangan gedung ini mencakup 3 tipe kolom (K1 pada lantai Dasar dan lantai Satu , K1-1 pada lantai dua dan lantai tiga, K1-2 pada lantai empat sampai dengan lantai tujuh). Untuk K1 berukuran 700 mm x 700 mm dan menggunakan 36 tulangan longitudinal dengan diameter 22 mm, ukuran K1-1 600 mm x 600 mm dan menggunakan 28 tulangan longitudinal dengan diameter 22 mm, K1-2 ukuran 500 mm x 500 mm menggunakan 24 tulangan longitudinal dengan diameter 22 mm.
4. Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan dan Pelaksanaan di Lapangan
Balok

PELAKSANAAN DILAPANGAN							
Lantai	Jenis Balok	Dimensi		Tul Tumpuan		Lapangan	
		b (mm)	h (mm)	Atas	Bawah	Atas	Bawah
Dasar	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
1	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
2	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
3	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
4	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
5	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
6	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
7	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22

Hasil Perhitungan							
Lantai	Jenis Balok	Dimensi		Tul Tumpuan		Lapangan	
		b (mm)	h (mm)	Atas	Bawah	Atas	Bawah
Dasar	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
1	BL2	400	700	7 D 22	3 D 22	3 D 22	7 D 22
2	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
3	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
4	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
5	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
6	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22
7	BL2	400	700	6 D 22	3 D 22	3 D 22	6 D 22

Kolom

PELAKSANAAN DILAPANGAN				
Lantai	Jenis Kolom	Dimensi		Tulangan
		b (mm)	h (mm)	
Dasar	K1	700	700	36 D 22
1	K1	700	700	36 D 22
2	K1-1	600	600	28 D 22
3	K1-1	600	600	28 D 22
4	K1-2	500	500	24 D 22
5	K1-2	500	500	24 D 22
6	K1-2	500	500	24 D 22
7	K1-2	500	500	24 D 22

HASIL PERHITUNGAN			
Jenis Kolom	Dimensi		Tulangan
	b (mm)	h (mm)	
K1	700	700	36 D 22
K1	700	700	36 D 22
K1-1	600	600	28 D 22
K1-1	600	600	28 D 22
K1-2	500	500	24 D 22
K1-2	500	500	24 D 22
K1-2	500	500	24 D 22
K1-2	500	500	24 D 22

Dari Rekapitulasi hasil perhitungan dan pelaksanaan di lapangan dapat disimpulkan bahwa untuk hasil perhitungan Kolom dan Balok sama dengan perhitungan yang ada di lapangan.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil pengerjaan untuk tugas akhir ini, saran-sarannya yang dapat penulis berikan untuk pengembangan lebih lanjut antara lain :

1. Sangatlah penting untuk memperhitungkan pengaruh gempa pada suatu perencanaan bangunan gedung dan mengaplikasikannya pada daerah yang rawan gempa.
2. Disamping menggunakan program SAP2000 sebaiknya disertakan dengan penguasaan materi yang merupakan salah satu kunci keberhasilan dalam perhitungan struktur.
3. Dalam perhitungan *software* SAP2000 ini, sebaiknya dilakukan beberapa kali untuk mengurangi kesalahan yang dapat terjadi. Selalu konsultasi dengan dosen pembimbing selama proses pembuatan tugas akhir ini, agar hambatan-hambatan yang ada dalam penyelesaian penulisan tugas akhir ini mendapatkan solusi yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, 2010, ***Kolom Fondasi & Balok Beton Bertulang***, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Asroni, 2010, ***Balok Dan Pelat Beton Bertulang***, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, Dirjen Cipta Karya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1971, ***Peraturan Beton Indonesia***, Bina Marga, Bandung.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983, ***Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung***, Yayasan LPMB, Bandung.
- Kalumata Fardy,SST, ***Tugas Akhir***, Politeknik Negeri Manado 2014.
- Lumankun Feikel,SST, ***Tugas Akhir***, Politeknik Negeri Manado 2014
- SK SNI 03-2847-2002, ***Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung***, Badan Standarisasi Nasional BSN, Jakarta.
- SK SNI T-15-1991-03, ***Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung***, Badan Standarisasi Nasional BSN, Jakarta.
- SNI 03-1726-2002, ***Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002***, Badan Standarisasi Nasional BSN, Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan, 1997, ***Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK SNI-T-15-1991-03***, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- ILT Learning, 2009, ***11 Aplikasi Rekayasa Konstruksi 3D Dengan SAP 2000***, Penerbit Alex Media Komputindo, Jakarta.
- Nawi, Edward, 1998, ***Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar***, Penerbit Refika Aditama, Bandung.

Pramono, Handi, 2010, ***Panduan Praktis Analisis Struktur Bangunan dan Gedung Dengan SAP 2000 versi14***, Penerbit Wahana Komputer Semarang, Yogyakarta.

Purwono R. 2005. ***Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa***. ITS Press. Surabaya

Winter, G *et al.* 1993. ***Perencanaan Struktur Beton Bertulang***. Tim Editor dan Penerjemah ITB

<http://duniatekniksipil.web.id/411/desain-balok-beton-bertulang>, diakses tanggal 07 Agustus 2015

<https://ryanrahmats.wordpress.com/syarat-penulangan-geser-kolom-balok>, diakses tanggal 08 agustus 2015

<http://sanggapramana.wordpress.com/category/pelat-lantai>, diakses tanggal 08 Agustus 2015

<http://www.slideshare.net/perkasa45/materi-kuliah-beton-sederhana>, diakses tanggal 07 Agustus 2015

<http://www.slideshare.net/reskiaprilia/pelat-beton-bertulang>, diakses tanggal 07 Agustus 2015

<http://www.slideshare.net/sahnohilhami/kolom-sahnohilhami>, diakses tanggal 07 Agustus 2015

LAMPIRAN



**POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
KONSENTRASI BANGUNAN
GEDUNG**