

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN PERENCANAAN DAN METODE PELAKSANAAN
STRUKTUR ATAS PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR
OTORITAS BANDAR UDARA WILAYAH VIII MANADO
TAHAP 2 GEDUNG C**

**Diajukan Sebagai Persyaratan Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Diploma - IV Konstruksi Bangunan Gedung
Pada Jurusan Teknik Sipil.**

Oleh :

Nama : Rendy Saputra Makalalag

NIM : 11 012 040



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2015**

TUGAS AKHIR
TINJAUAN PERENCANAAN DAN METODE PELAKSANAAN
STRUKTUR ATAS PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR
OTORITAS BANDAR UDARA WILAYAH VIII MANADO
TAHAP 2 GEDUNG C

Diajukan Sebagai Persyaratan Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Diploma - IV Konstruksi Bangunan Gedung
Pada Jurusan Teknik Sipil.

Oleh :

Nama : Rendy Saputra Makalalag
NIM : 11 012 040

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Donny R. Taju., MT
NIP. 19591003 199303 2 002

Estrellita V. Y. Waney., ST, MengMgt
NIP. 19680711 199403 2 002



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 : Rendy Saputra Makalalag

NIM : 11 012 040

Telah menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul :

Tinjauan Perencanaan dan Metode Pelaksanaan Struktur Atas Pada Proyek Pembangunan Kantor Otoritas Bandara Wilayah VIII Manado Tahap 2 di Gedung C

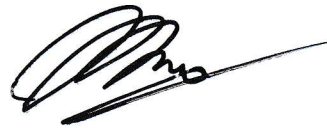
Selanjutnya telah siap diterima dan disetujui oleh Panitia Tugas Akhir.

Manado, September 2015

Dosen Pembimbing



Ir. Donny Royke Taju., MT
NIP. 19581031 199103 1 001



Estrellita V. Y. Waney., ST., MEngMgt
NIP. 19680711 199403 2 002

Disetujui

Koordinator Tugas Akhir



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

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Manado



Ir. Donny Royke 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 JULES RANGAN
NIP. 49570604 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.

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
			Mycele 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
			Mycele 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 Cnibala, 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. Kandyoh, 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 Malo	11012004	Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
			Ir. Bambang P. Widodo, MT

3	Priangga Pantow	11012006	Sherley Runtunuwu, ST., MT Noldie E. Kondo, ST., MT
4	Cicilia Mantiri	11012007	Ir. Jeanelly 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	Kurniawan 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 : 2725/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 Rendy Saputra Makalalag NIM : 11012040 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 Kepmendiknas Nomor 139/O/2002;
- 5 Permendiknas Nomor 21 Tahun 2005;
- 6 Kepmendikbud Nomor 184/MPK.A4/KP/2012;

MEMUTUSKAN

- Menetapkan :
PERTAMA : Menetapkan personalia di bawah ini sbb :
- Pengarah** : Ir. Jemmy J. Rangan, MT
- Ketua / Penguji** : Dr. Debby Willar, ST., M.Eng Sc
- Anggota / Penguji** : Ir. Juliuas E. Tenda, MT
- Anggota / Penguji** : Noldie E. Kondo, ST., MT
- Anggota / Pembimbing** : Estrelita V. Y. Waney, ST., M.Eng Mgmt
- 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 :
- Nama** : Rendy Saputra Makalalag
- NIM** : 11012040
- Sesuai judul Tugas Akhir** : Tinjauan Perencanaan Dan Metode Pelaksanaan Struktur Atas Proyek Pembangunan Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado Tahap 2 Gedung C
- 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 : 04 Agustus 2015


DIREKTUR,

JEMMY JULES 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 KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG – D IV

FORMULIR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rendy Saputra Makalalag
Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV
Judul : Tinjauan perencanaan dan metode pelaksanaan struktur atas pembangunan kantor otoritas Bandar udara wilaya VIII Manado tahap 2 Gedung C

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
10/04/15	- Membuat Rpa. capan & bel - layah	15
5/04/15	- D. bel & (Datar peni) di jelaskan metode perhitungan struktur belah (plat dan balok) dengan dengan menggunakan	15
23/6	- layah	15

Manado, 2015

Dosen Pembimbing:

Pembimbing 1


Ir. Donny R. Taju, MT
NIP.19591003 199303 2 002

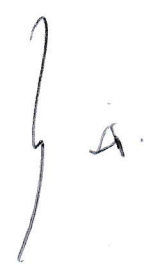
Pembimbing 2


Estrelita V. Y. Waney, ST, M.eng.Ment
NIP. 19680711199403 2 002

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

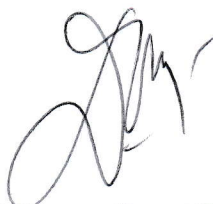
FORMULIR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rendy Saputra Makalalag
NIM : 11 012 040
Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV Tahun 2014
Judul : Tinjauan Perencanaan dan metode pelaksanaan pada proyek pembangunan gedung kantor otoritas Bandar udara wilaya VIII Manado Tahap 2 gedung C

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
10/7/2015	- Cek gambar detail t potong, portal kusen ukuran: cm.	 
13/7/2015	- Inspeksi & foto jg. detail cunin. - Rep.	

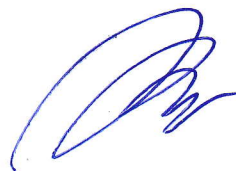
Manado, 2015

Dosen Pembimbing;



Ir. Donny Royce Tajau, MT

NIP. 19591003 199303 2 002



Estrelita V. Y. Waney, ST, MT, M.Eng, Ment

NIP. 19680711 199403 2 002

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

FORMULIR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Rendy Saputra Makalalag
Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV
Judul : Tinjauan perencanaan dan metode pelaksanaan struktur atas pembangunan kantor otoritas Bandar udara wilaya VIII Manado tahap 2 Gedung C

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
29/6/15	- Periksa pengetahuan yg ada! (Huruf harus sama besar, Spasi harus sama, dll)	
3/7/15	- Ura metode pelaksanaan disertai dgn foto 2 pelaksanaan yg dilak- ukan. - Setiap gambar dicantumkan sumber-nya! - Laythas perhitungan & tulangan	

Manado, 2015

Dosen Pembimbing:

Pembimbing 1


Ir. Donny R. Tajur, MT
NIP.19591003 199303 2 002

Pembimbing 2


Estrelita V. Y. Waney, ST, M.eng.Ment
NIP. 19680711199403 2 002

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG – D IV

FORMULIR ASISTENSI STUDI KASUS

Nama : Rendy Saputra Makalalag
NIM : 11 012 040
Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV Tahun 2014
Judul : Tinjauan Perencanaan dan metode pelaksanaan pada proyek pembangunan gedung kantor otoritas Bandar udara wilaya VIII Manado Tahap 2 gedung C

Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Pembimbing
5/7/2015	Kontrol lendutan yg terjadi Lanjutkan	
7/7/2015	Lanjutkan dgn penggambaran tulangan	
8/7/2015	Lanjutkan dgn Bab IV	
9/7/2015	selesai	
10/7-2015	Siap diseminarkan	

Manado, 2015

Dosen Pembimbing;

Ir. Donny Royce Taju., MT

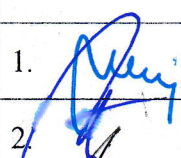
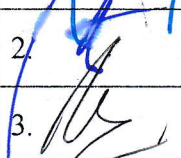
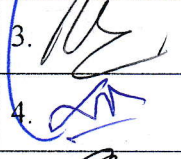
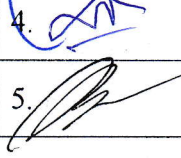
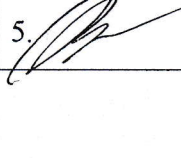
NIP. 19591003 199303 2 002


Estrelita V. Y. Waney., ST, MT.M.Eng.Ment

NIP. 19680711 199403 2 002

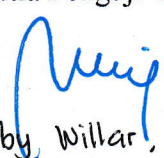
BUKTI SELESAI KONSULTASI PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Nama : Rendy Saputra Makalalag
NIM : 11 012 040
Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV
Judul : Tinjauan perencanaan dan metode pelaksanaan
struktur atas proyek pembangunan kantor otoritas
Bandar Udara wilayah VIII Manado tahap 2 Gedung C

No	Nama	Jabatan	Tgl. Selesai Konsultasi	Tanda Tangan
1	D. willar	Ketua/Penguji	21/9/15	1. 
2	Johanes Tunde	Anggota/Penguji	12/9-15	2. 
3	NORIE E. KONDO	Anggota/Penguji	8/9'2015	3. 
4	S. Raja	Anggota/Penguji/Pembimbing	16/9-2015	4. 
5	E-Wamey	Anggota/Penguji/Pembimbing	16/9-2015	5. 

Manado, 21/09/2015

Ketua Panitia Penguji Tugas Akhir,


Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.Sc
NIP. 19680809 199403 2 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO

Alamat Kantor : Kampus Politeknik, Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256

Tel : (0431) 815212, 815217 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144

Website : www.polimdo.ac.id

LEMBAR ASISTENSI REVISI TUGAS AKHIR

Nama : Rendy Saputra Makalalag
NIM : 11 012 040
Program Studi : konstruksi Bangunan Gedung D-IV
Judul : Tinjauan perencanaan dan metode pelaksanaan struktur atas proyek pembangunan Kantor otoritas bandar udara wilayah VIII Manado tahap 2 Gedung C
Dosen Penguji :

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Dosen
01	26/8'2015	⇒ Pelajari kembali tentang beton ⇒ Perhitungan & buat Manual Supaya mengerti ⇒ Gbr & hrs dibuat	
02	01/9'2015	⇒ ~~Penulisan~~ Penulisan Standard & benar	
03	08/9'2015	⇒ Selesai.	

Manado, 21/09/ 2015

Ketua Panitia Penguji Tugas Akhir

Debby willar

NIP. 19680809 199403 2 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI MANADO

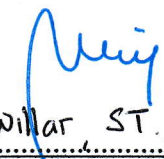
Alamat Kantor: Kampus Politeknik, Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256
Tel : (0431) 815212, 815217 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144
Website : www.polimdo.ac.id

LEMBAR ASISTENSI REVISI TUGAS AKHIR

Nama : Rendy Saputra Makalalag
NIM : 11 012 040
Program Studi : Konstruksi Bangunan Gedung D-IV
Judul : Tinjauan perencanaan dan metode pelaksanaan
struktur atas proyek pembangunan Kantor Otoritas
Bandar udara wilayah VIII Manado tahap 2 Gedung C
Dosen Penguji : Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.-sc

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Dosen
1	15/09/15	- Lanjutkan perbaikan surat daftar koreksi.	
2.	21/09/15	- Revisi	

Manado, 21/09/ 2015
Ketua Panitia Penguji Tugas Akhir


Dr. Debby Willar, ST., M.Eng.-sc
NIP. 19680809 199403 2 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena berkat dan karunia hikmat dan pengetahuan diberikan kepada penulis sehingga dapat membuat Tugas Akhir ini dengan baik, dan penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa tuntunan dan pertolonganNya penulis tidak bisa berbuat apa-apa. Tugas akhir ii berjudul “Tinjauan struktur atas dan metode pelaksanaan pada proyek pembangunan kantor otoritas Bandar udara wilaya VIII Manado, Tahap 2 gedung C.

Penyusun Tugas Akhir ini Diajukan Sebagai Persyaratan Menyelesaikan Studi Pada Program Studi Diploma - IV Konstruksi Bangunan Gedung Pada Jurusan Teknik Sipil.

Pada kesempatan ini, tak lupa penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini :

1. Donny R Taju selaku dosen Pembimbing
2. Estrellita Waney juga sebagai dosen Pembimbing
3. Jeanelly Rankang sebagai ketua panitia Tugas Akhir
4. Seluruh staf pengajar dan administrasi Jurusan Teknik Sipil
5. Almarhummah Ibu saya yang selalu menjadi penyemangat saya
6. Orang tua selalu mendukung dalam doa dan kasih sayang
7. Maya, Cicilia, Brenda, Iga yang selalu bersama membantu menemani
8. Angkatan teknik sipil 011 khususnya kelas VIII B
9. Anak-anak Badan Tadzkir Politeknik Negeri Manado.

Sangat disadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis. Kiranya laporan ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan bagi para pembaca.

Manado, Juni 2014

Penulis

Rendy Saputra Makalalag

ABSTRAK

Pembangunan suatu struktur gedung dibagi dalam 2 struktur utama, yakni struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas gedung terdiri atas plat, kolom, balok dan atap. Maksud dan tujuan dalam penulisan tugas akhir ini ialah meninjau struktur atas dalam hal ini plat, kolom dan balok pada pembangunan Kantor Otoritas Bandara Sam Ratulangi Manado. Mendesain Struktur (plat, balok dan kolom) pada lantai pembangunan gedung Kantor dalam perencanaannya dilakukan dengan memperhatikan kelayakan dimensi terhadap ketentuan atau persyaratan. Proses desain struktur atas, dilakukan untuk memperoleh gaya-gaya dalam (momen, geser dan gaya normal) dengan bantuan *software* ETABS.

Pada kolom, balok dan plat lantai setelah menghitung momen, harus memperhitungkan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan itu sendiri yaitu beban mati, beban hidup dan juga beban gempa. Untuk perhitungan beban-beban di pakai SNI 03-1726-2002 dan PPIUG 1983. Kemudian, pada proyek yang tinjau untuk mutu beton dipakai K300 untuk pengecoran kolom, balok dan plat lantai.

Pada pelaksanaan pembangunan gedung kantor otoritas Bandar udara wilayah VIII Manado khususnya pada struktur atas (kolom, balok dan pelat) hampir semua pekerjaannya dilakukan secara manual. Tetapi, dalam pengecoran untuk kolom, balok dan plat lantai biasanya dilakukan dengan alat *pump concrete* untuk mempercepat pekerjaan pengecoran. Adapun untuk pembesian semuanya dilakukan secara manual kecuali, pemotongan besi menggunakan alat *Bar cutter*. Untuk bekisting di buat dari papan dan multi pleks.

Tahap akhir desain struktur adalah untuk memperoleh hasil penulangan untuk plat Ø 10 – 200 mm, kolom lantai 1 45/45 Ø 22 12 buah, lantai 2 45/45 Ø22 12 buah, balok utama lantai 1 dan 2 40/50 Ø 16 dan balok anak 30/40 Ø 16, pelat lantai jarak 300 mm Ø10 . Dengan dasar pertimbangan tulangan yang dipakai telah memenuhi persyaratan, baik dari segi jumlah tulangan, ketentuan dalam pemasangannya, maupun jarak antar tulangan.

DAFTAR ISI

Halam Judul	
Lembar pengesahan	
Surat keputusan dosen pembimbing	
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.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Metode penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Umum.....	4
2.2 Perencanaan Elemen Struktur.....	4
2.2.1 Elemen kolom.....	4
2.2.2 Prinsip Dasar Kolom.....	5
2.2.3 Elemen Balok.....	6
2.3 Analisa Lentur Balok Beton Bertulang.....	11
2.4 Mutu Beton.....	13
2.5 Kekuatan Beton dan Tulangan.....	13
2.5.1 Kekuatan Beton.....	13
2.5.2 Keunggulan Beton Sebagai Suatu Bahan Struktur.....	16

2.5.3 Kelemahan Beton Sebagai Suatu Bahan Struktur.....	17
2.6 Pelat Lantai Beton Bertulang.....	18
2.7 Pelat Lantai Menurut Sistem Perencanaan Penulangan.....	19
2.7.1 Pelat Lantai Satu Arah.....	19
2.7.2 Pelat Lantai Dua Arah.....	20
2.8 Pengertian Tulangan	21
2.8.1 Jenis-jenis Tulangan.....	21
2.8.2 Diameter Tulangan.....	22
2.8.3 Pemotongan dan Pembengkokan.....	23
2.8.4 Jarak Antar Tulangan.....	24
2.8.5 Selimut Beton.....	24
2.9 Metode Pelaksanaan Pekerjaan.....	26
2.9.1 Pekerjaan Konstruksi Kolom.....	26
2.9.2 Pekerjaan konstruksi Pelat Lantai Dan Balok.....	30
BAB III PEMBAHASAN	
3.1 Data Proyek.....	30
3.2 Perhitungan Gaya Geser Gempa.....	31
3.3 Waktu Getar Alami.....	32
3.4 Gaya Geser Dasar Nominal.....	33
3.5 Distribusi Gaya Geser Horisontal Gempa.....	34
3.6 Kinerja Struktur.....	34
3.6.1 Kontrol Kinerja Batas Layan (Δ_s).....	34
3.6.2 Kontrol Kinerja Batas Ultimit (Δ_m).....	35
3.7 Penulangan.....	37
3.7.1 Penulangan Balok	40
3.7.2 Penulangan Kolom.....	43
3.7.3 Penulangan pelat Lantai.....	44
3.8 Metode Pelaksanaan.....	66
3.8.1 Pekerjaan Konstruksi Kolom.....	66
3.8.2 Pekerjaan Konstruksi Plat lantai dan Balok.....	70

BAB VI PENUTUP

4.1 Kesimpulan.....79

4.2 Saran.....82

Daftar pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan tegangan dan regangan tekan beton.....	15
Gambar 2.2 Sistem pelat satu arah.....	20
Gambar 2.3 pelat lantai 2 arah.....	21
Gambar 2.4 Tulangan Polos dan Tulangan deform.....	22
Gambar 2.5 pemasangan sengkang kolom.....s.....	26
Gambar 2.6 pemasangan bekisting kolom.....	26
Gambar 2.7 pengecoran kolom.....	27
Gambar 2.8 pengecoran plat lantai dan balok.....	28
Gambar 2.9 perancah plat lantai dan balok.....	29

DAFTAR TABEL

Table 2.1 diameter tulangan.....	22
Table 2.2 Tulangan ulir berdasarkan SNI T-15-1991-03.....	23
Tabel 2.3 Diameter bengkokan minimum.....	24
Tabel 2.4 Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang.....	24
Tabel 3.1 Hasil Output ETABS untuk masa bangunan.....	32
Tabel 3.2 Distribusi gaya geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung.....	34
Tabel 3.3 nilai UX dan UY.....	35
Tabel 3.4 Perhitungan T-Rayleigh arah X.....	35
Tabel 3.5 Perhitungan T-Rayleigh arah Y.....	35
Tabel 3.6 Analisa Δs akibat gempa arah X.....	36
Tabel 3.7 Analisa Δs akibat gempa arah Y.....	36
Tabel 3.7 Analisa Δm akibat gempa arah X.....	37
Tabel 3.8 Analisa Δm akibat gempa arah Y.....	37
Tabel 3.9 penulangan portal balok arah X.....	40
Tabel 3.10 penulangan portal balok arah Y.....	41
Tabel 3.11 penulangan balok anak.....	42
Table 3.12 penulangan kolom.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 . Latar Belakang

Kekuatan suatu bangunan sangat bergantung pada dasar bangunan dan struktur pembentuk bangunan itu sendiri. Mengingat pentingnya bangunan itu dan akan digunakan untuk waktu yang lama, maka perlu adanya perencanaan dan pelaksanaan struktur dengan baik dan teliti demi keamanan bagi penghuni/pemakainya.

Untuk struktur bangunan gedung pada dasarnya dibagi menjadi tiga bagian komponen yaitu sub struktur atau pada bagian bawah/dasar struktur bangunan (pondasi), struktur badan (rangka) dan struktur bagian atas struktur bangunan (atap).

Kolom, balok dan pelat lantai merupakan suatu elemen struktur utama pada konstruksi bangunan gedung yang mempunyai fungsi mendasar yaitu sebagai pembentuk bangunan serta membagi beban-beban yang ada dan menyalurkan ke pondasi. Dengan demikian harus diperlukan suatu perencanaan yang benar dengan memperhatikan segala faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan dari struktur. Salah satunya adalah masalah penulangan pada kolom, balok dan pelat lantai juga harus diperhitungkan penulangan secara baik agar supaya struktur tersebut tidak terjadi pemasangan tulangan yang sangat banyak dan mengakibatkan “*over structure*” yang tidak ekonomis dari segi biaya dan tidak sesuai standar.

Berdasarkan pertimbangan maka penulis mengambil judul **“Tinjauan Perencanaan dan Metode Pelaksanaan Struktur Atas proyek pembangunan gedung kantor otoritas bandara wilaya VIII Manado tahap 2 gedung C ”** yang didalamnya berisikan tentang tinjauan struktur atas meliputi kolom, balok dan pelat lantai sebagai struktur utama bangunan dan pembentuk suatu bangunan.

1.2. Maksud dan Tujuan

- Maksud

- Meninjau kembali pemakaian tulangan yang *over structur* pada struktur kolom, balok dan plat lantai di pembangunan kantor otoritas Bandar udara wilayah VIII Manado tahap 2 gedung C.
- Maksud dalam menuliskan tugas akhir ini adalah salah satu syarat menyelesaikan studi di jurusan teknik sipil konstruksi bangunan gedung D-IV Politeknik Negeri Manado.

-Tujuan

- Tujuan dalam menuliskan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan hasil penulangan yang tidak *over structur* dan sesuai SNI dan dapat membandingkan dengan penulangan yang di pakai di lapangan.

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam penulisan laporan ini penulis hanya memperhitungkan penulangan kolom, balok dengan menggunakan *software ETABS versi 9.70.6*. sedangkan untuk plat lantai di hitung dengan cara manual. Membahas metode pelaksanaan pada item pekerjaan struktur kolom, balok dan pelat lantai.

1.4. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi lapangan : dengan cara mengumpulkan data-data di lokasi proyek.
2. Studi literatur : dengan cara mencari informasi dari buku - buku literatur yang berhubungan dengan pembahasan.
3. Konsultasi langsung dengan dosen pembimbing serta pihak - pihak terkait dengan penyusunan proposal pengajuan judul skripsi.
4. Memakai *softwer ETABS* versi 9.6 untuk perhitungan momen

1.5. Sistematika penulisan

Untuk memudahkan penulisan tugas akhir ini maka diperlukan sistematika penulisan karena dengan adanya sistematika penulisan maka penulisan dapat lebih terarah. Dalam laporan ini sistematika penulisannya di susun sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan yang berisi tentang latar belakang judul yang diambil, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, metodologi penelitian yang di pakai dalam penyelesaian tugas akhir dan juga sistematika penulisan.

BAB II Dasar teori yang menjelaskan tentang struktur, fungsi, beban yang akan di pikul kolom, balok dan pelat lantai dan menjelaskan tentang metode pelaksanaan.

BAB III Pembahasan tentang data proyek, hasil perencanaan dan metode pelaksanaan yang digunakan dalam pengerjaan kolom, balok dan juga pelat lantai.

BAB IV Penutup yang menjelaskan tentang kesimpulan tugas akhir dan juga rekomendasi dari pembahasan tugas akhir.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 UMUM

Dalam penulisan bab dua tugas akhir ini penulis membahas tentang pengertian kolom, balok dan pelat lantai serta syarat penulangan berdasarkan SNI 03-2847-2002. Selain itu penulis juga membahas tentang metode pelaksanaan pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai serta pembebanan yang ada di struktur bangunan gedung khususnya di kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VIII Manado tahap 2 gedung C.

2.2 Perencanaan Elemen Struktur

Perencanaan awal elemen struktur direncanakan dengan asumsi berdasarkan kriteria minimum pada SK SNI T-15-1991-03, yang merupakan suatu perencanaan pendahuluan untuk menaksir atau memperkirakan dimensi dari struktur (balok, kolom dan pelat) sehingga didapat suatu dimensi yang optimal, tidak terlalu kuat juga tidak terlalu lemah (*over design and under design*).

2.2.1 Elemen Kolom.

Kolom sebagai elemen tekan juga merupakan elemen penting pada konstruksi. Kolom pada umumnya merupakan elemen vertical. Namun sebenarnya kolom tidak harus selalu vertikal, bahkan dinding pemikul (*load-bearing wall*) sebenarnya juga dapat dipandang sebagai kolom yang dipeluas menjadi suatu bidang. Umumnya, kolom tidak mengalami lentur secara langsung, karena tidak ada beban tegak lurus terhadap sumbuhnya. Sistem *post and beam* terdiri dari elemen struktur horizontal (balok) yang merupakan konstruksi dasar yang digunakan sejak dulu. Pada sistem ini, secara sederhana balok dan kolom digunakan sebagai elemen penting dalam konstruksi.

Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari selalu menekuk pada arah seperti yang diilustrasikan pada di bawah bagian. Namun bentuk penampang simetris (misalnya bujursangkar atau lingkaran) tidak mempunyai arah tekuk khusus seperti penampang segi empat. Ukuran distribusi material (bentuk dan ukuran penampang) dalam hal ini pada umumnya dapat dinyatakan dengan momen inersia (I).

2.2.2 Prinsip Desain Kolom.

Elemen struktur kolom yang mempunyai nilai perbandingan antara panjang dan dimensi penampang melintangnya relative kecil disebut kolom pendek. Kapasitas pikul beban kolom pendek tidak bergantung pada panjang kolom dan bila mengalami beban berlebihan, maka kolom pendek pada umumnya akan gagal karena hancurnya material. Dengan demikian, kapasitas pikul-beban batas tergantung pada material yang digunakan. Semakin panjang suatu elemen tekan, proporsi relatif elemen akan berubah hingga mencapai keadaan yang disebut elemen langsing. Perilaku elemen langsing. Perilaku elemen langsing sangat berbeda dengan elemen pendek. Perilaku elemen tekan panjang terhadap beban tekan adalah apabila bebannya kecil, elemen masih dapat mempertahankan bentuk liniernya, begitu pula apabila bebannya bertambah. Pada saat beban mencapai nilai tertentu, elemen tersebut tiba-tiba tidak stabil, dan berubah bentuk menjadi seperti tergambar.

Apabila suatu elemen struktur mulai tidak stabil, seperti halnya kolom yang mengalami beban tekuk, maka elemen tersebut tidak dapat memberikan gaya tahanan internal lagi untuk mempertahankan bentuk liniernya

Banyak faktor yang mempengaruhi bentuk tekuk (P_{cr}) pada suatu elemen struktur tekan panjang. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut :

- Panjang kolom

Pada umumnya, kapasitas pikul-beban kolom berbanding terbalik dengan kuadrat panjang elemennya. Selain itu, faktor lain yang menentukan besar beban tekuk adalah yang berhubungan dengan karakteristik kekuatan elemen struktur (jenis material, bentuk dan ukuran).

- Kekakuan

Kekakuan elemen struktur sangat dipengaruhi oleh banyaknya material dan distribusinya. Pada elemen struktur persegi panjang, elemen struktur akan selalu menekuk pada arah seperti yang di ilustrasikan pada dibawah bagian. . Namun bentuk penampang simetris (misalnya bujursangkar atau lingkaran) tidak mempunyai arah tekuk khusus seperti penampang segi empat. Ukuran distribusi material (bentuk dan ukuran penampang) dalam hal ini pada umumnya dapat dinyatakan dengan momen inersia (I).

2.2.3 Elemen Balok

Syarat dimensi awal balok harus memenuhi ketentuan pada “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung” Tabel 3.2.5 (a) dan Pasal :3.14.3 Ayat 1.

Syarat minimum :

$$h_{min} = \frac{L}{18.5} \text{ untuk balok dengan satu ujung menerus} \quad (1)$$

$$b_{min} = 250 \text{ mm dan } \frac{b}{h} \geq 0,3 \quad (2)$$

Dimana :

b = lebar penampang balok (mm)

h = tinggi penampang balok

L = panjang bentang balok, diukur dari pusat ke pusat (mm)

Pers. (1) dan (2) berlaku untuk mutu baja dengan $f_y = 400$ MPa. Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$

Pada perencanaan/peninjauan tulangan balok disamping beban-beban pada balok ternyata ukuran dan syarat-syarat tumpuan pun perlu di ketahui juga. Tumpuan akan dianggap kaku, yaitu tidak dapat dideformasi, sehingga hanya tiga syarat-syarat tumpuan yang dipertimbangkan :

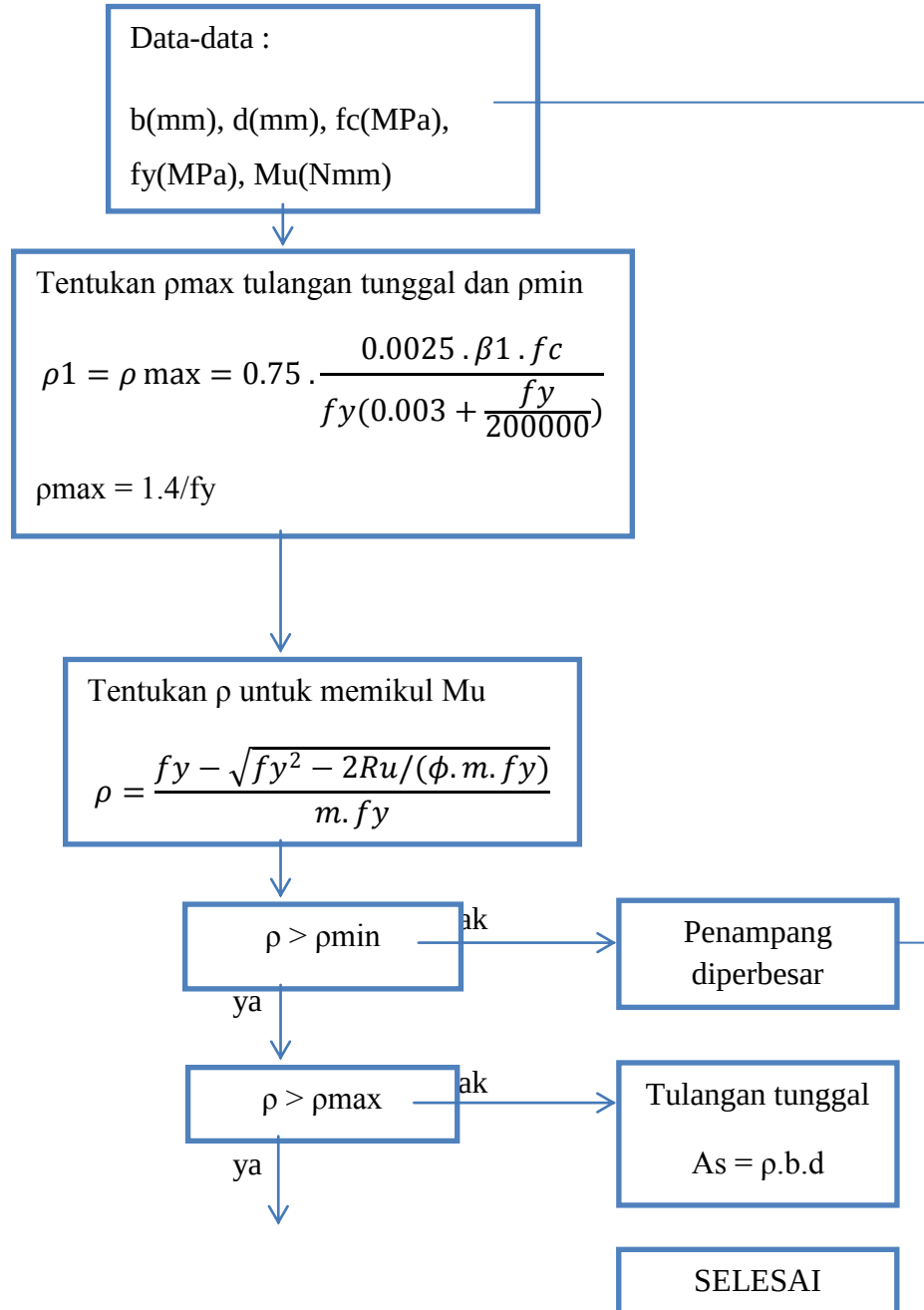
- Tumpuan bebas (sederhana)
- Tumpuan terjepit penuh
- Tumpuan terjepit sebagian

Balok sederhana yang di tumpu bebas dapat mengalami perputaran sudut pada perletakan balok dikatakan terjepit penuh bila terdapat jepitan penuh, sehingga rotasi tidak mungkin terjadi. Tumpuan terjepit sebagian (parsial) adalah suatu keadaan diantara dua situasi tersebut yang memungkinkan tumpuan ini sedikit berotasi. Bila semua balok secara teoritis diaanggap tertumpu bebas, tetapi jenis tumpuan ini memungkinkan jepitan tak terduga, maka harus dipertimbangkan dengan adanya ‘momen jepit tak terduga’.

Berikut ini adalah cara-cara perhitungan balok

- Diagram alir menentukan tulangan rangkap atau tunggal atau balok persegi

Diketahui : M_u , f_c , f_y , b , d



Tulangan rangkap

Tentukan Mu_1 yang dapat dipikul oleh ρ_1
dan tentukan As_1 dan Mu sisa

$$Mu_1 = \phi \cdot \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot d \cdot f_y (1 - 0.5 \cdot \rho_1 \cdot m)$$

Dimana :

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

$$As_1 = \rho_1 \cdot b \cdot d$$

$$Mu_{sisa} = Mu - Mu_1$$

Cek tulangan tekan, belum / sudah leleh

$$K = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot d}{f_y \cdot d} \frac{600}{600 - f_y}$$

$$(\rho - \rho') \text{ atau } \rho_1 \geq K$$

ya

k

Tulangan tekan
sudah leleh

$$f_s = f_y$$

Tulangan tekan belum leleh

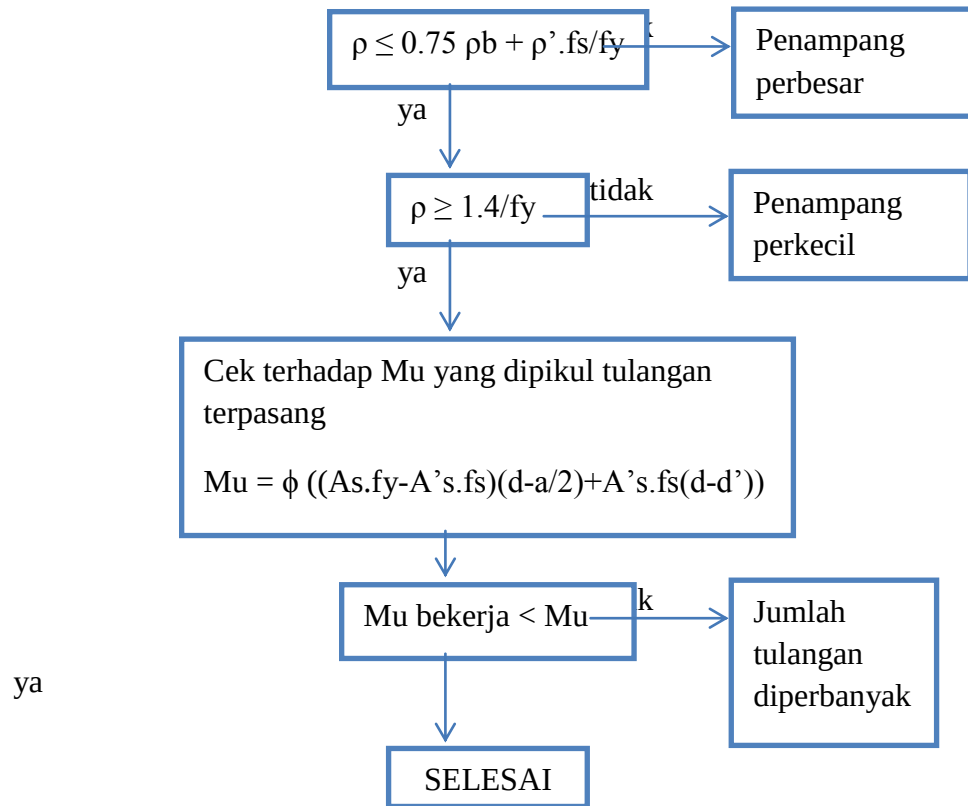
$$\epsilon'_s = 0.003 \left(1 - \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c \cdot d}{\rho_1 \cdot f_y \cdot d} \right)$$

$$F'_s = \epsilon'_s \cdot 200000$$

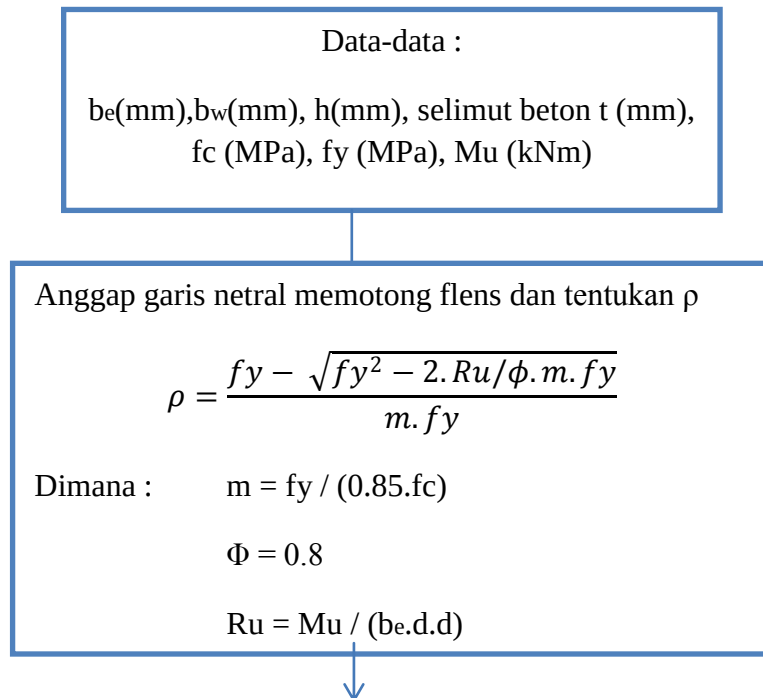
Tentukan $A's = As_2$

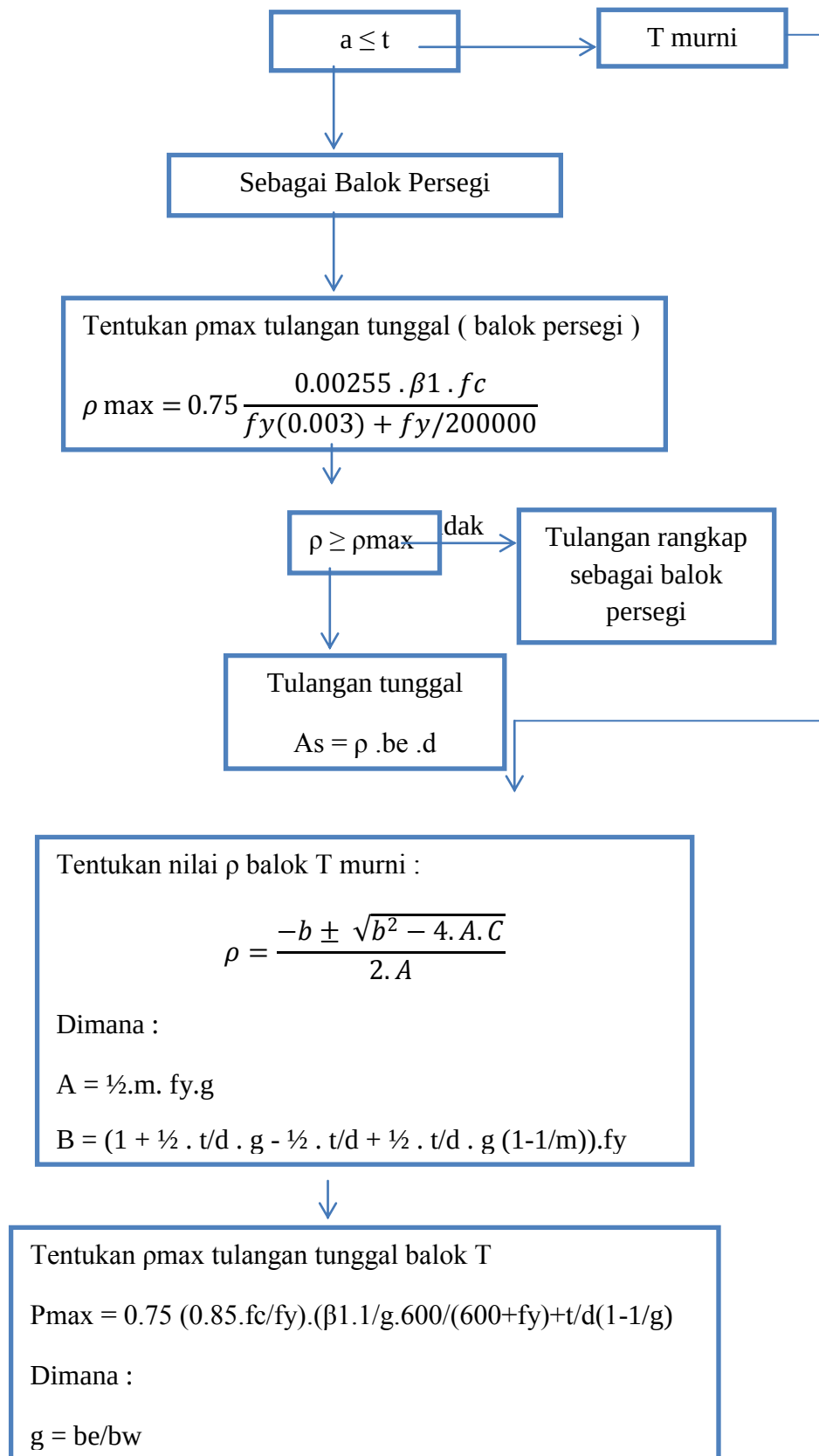
$$A's = 0.003 \left(1 - \frac{Mu - Mu_1}{\phi \cdot f_s (d - d')} \right)$$

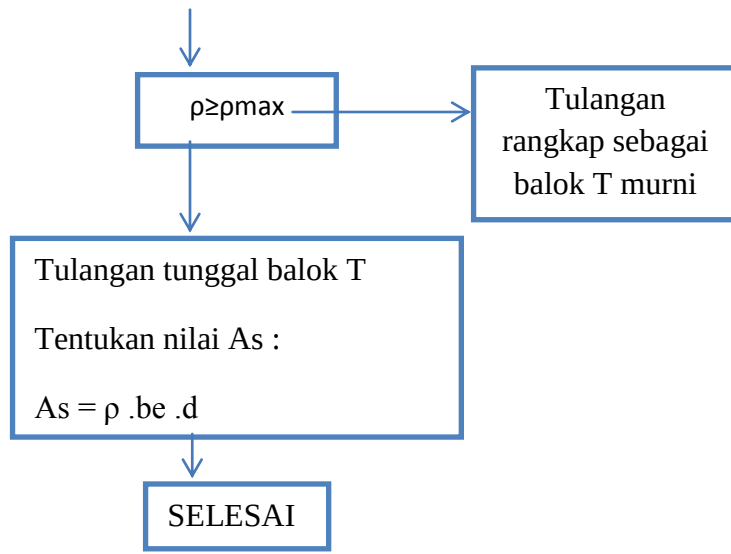
Cek terhadap p_{max}



• **Diagram Alir Menentukan Luas Tulangan Balok T**







2.3 Analisis Lentur Balok Beton Bertulang

- Pengertian Beton

Beton adalah suatu bahan komposit yang terdiri dari kumpulan, secara umum pasir dan kerikil atau agregat kasar, dengan bahan pengikat semen portland dan air. Kumpulan pasir dan kerikil dengan ukuran kerikil yang maksimum di dalam beton struktural biasanya 3/4 in, ada 3/8 in, atau 1,5 in. Sebatas kerikil masih bisa digunakan (JamesG.MacGregor,1997).

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya. Material pembentuk tersebut berupa agregat halus dan agregat kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen portland, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (JamesG.MacGregor,1997).

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan yang bersifat getas. Kuat tarik yang dimiliki beton hanya berkisar antara 9-15% dari kuat tekannya (Istimawan Dipohusodo,1999) karenanya sering kali dalam perencanaan kuat tarik beton dianggap sama dengan nol. Dengan menambahkan baja tulangan pada daerah tarik pada beton, maka kelemahan tarik beton dapat ditanggung oleh baja tulangan

yang memiliki kuat tarik yang lebih besar.

Kuat tekan beton diwakili oleh tegangan tekan maksimum f'_c dengan satuan N/mm² atau MPa (Mega Pascal). Kuat tekan beton normal berumur 28 hari berkisar antara $\pm$ 10-65 MPa. Struktur beton bertulang umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan berkisar 17-30 MPa, sedangkan untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan yang lebih tinggi, berkisar antara 30-45 MPa. Untuk keadaan dan keperluan struktur khusus, beton ready mix sanggup mencapai kuat tekan 62 Mpa (James G.MacGregor, 1997).

Ada empat langkah-langkah utama untuk pengembangan tentang keretakan kecil dan kegagalan pada beton uniaksial (James G.MacGregor, 1997):

1. Penyusutan pasta semen selama hidrasi dan pengeringan beton ini mempengaruhi agregat. Regangan dapat timbul tanpa beban besar dan langsung ditahan oleh agregat dan mengalami retak. Retak-retak hanya memberikan sedikit pengaruh pada beton pada beban-beban yang rendah dan kurva tegangan-regangan tetap linear sampai 30% dari kekuatan beton.
2. Ketika beton diberikan beban yang lebih besar dari 30 ke 40% , tekanan di permukaan-permukaan yang ditahan oleh agregat akan meningkatkan regangan dan kekuatan geser dari campuran hingga retak-retak baru akan meningkat. Retak-retak bertahan stabil dan meningkat jika beban ditingkatkan. Begitu retak telah stabil, setiap beban tambahan akan langsung dialirkan ke bagian bawah penghubung yang didistribusikan lagi kepada alat penghubung sisa secara terus menerus dan ke adukan semen. Pembagian kembali beban menyebabkan kurva tegangan-regangan berangsur-angsur membengkok untuk menekankan di atas 40% dari kekuatan. Kelengkungan diakibatkan berkurangnya kekuatan menahan beton.
3. Ketika beban ditingkatkan sebesar 50 atau 60%, retak-retak tersebut berkembang paralel terhadap tekanan terjadi, karena beban tarik garis melintang. keretakan meningkat dengan meningkatkan beban tetapi tidak meningkat di bawah beban tetap. Perilaku seperti ini disebut discontinuity limit.
4. Pada 75 hingga 80% dari beban ultimat, retak mulai meningkat sehingga keretakan-keretakan kecil membentuk pola. Sebagai hasilnya, ada lebih sedikit tidak bercacat membagi kepada membawa beban dan kurva tegangan regangan menjadi taklinear lagi. Kejadian ini disebut tekanan kritis.

2.4 Mutu Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi $(2200 - 2500) \text{ kg/m}^3$ menggunakan agregat alam yang dipecah.

Menurut Mulyono.T, 2004 beton dapat dibagi atas 6 jenis yaitu:

1. Beton Ringan

Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil pembakaran shale, lempung, slates, residu slag, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440-1850 \text{ kg/m}^3$, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari $17,2 \text{ MPa}$.

2. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan kerikil sebagai agregat kasar dan mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar $15-40 \text{ MPa}$.

3. Beton Berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

2.5 Kekuatan Beton dan Tulangan.

2.5.1 Kekuatan Beton.

Karena sifat utama dari beton adalah sangat kuat jika menerima beban tekan, maka mutu beton pada umumnya hanya ditinjau terhadap kuat tekan beton tersebut. Sifat yang lain (misalnya : kuat tarik modulus elastisitas beton) dapat dikorelasikan terhadap kuat tekan beton di Indonesia (PBI-1971, diperbaiki dengan SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2002), kuat

tekan beton diberi notasi f_c' , yaitu kuat tekan silinder beton yang diisyaratkan pada waktu berumur 28 hari.

Mutu beton dibedakan menjadi 3 macam menurut kuat tekannya, yaitu :

1. Mutu beton dengan f_c' kurang dari 10 MPa, digunakan untuk beton non struktur (misalnya : kolom praktis dan balok praktis)
2. Mutu beton dengan f_c' antara 10 MPa sampai 20 MPa, digunakan untuk beton struktur (misalnya : balok, kolom, pelat maupun fondasi).
3. Mutu beton dengan f_c' sebesar 20 MPa ke atas, digunakan untuk struktur beton yang digunakan tahan gempa.

Untuk menguji kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban P sampai runtuh.

Karena ada beban tekan P , maka terjadi tegangan tekan pada beton (σ_c) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang beton (A), sehingga dirumuskan :

$$\sigma_c = P/A$$

Dengan :

$$\sigma_c = \text{tegangan tekan beton, MPa}$$

P = besar beban tekan, N

A = luas penampang beton, mm^2

Beban P tersebut juga mengakibatkan bentuk fisik silinder beton berubah menjadi lebih pendek , sehingga timbul regangan tekan pada beton (ϵ_c) sebesar perpendekan beton (ΔL) dibagi dengan tinggi awal silinder beton (L_0), ditulis dengan rumus :

$$\epsilon_c = \Delta L/L_0$$

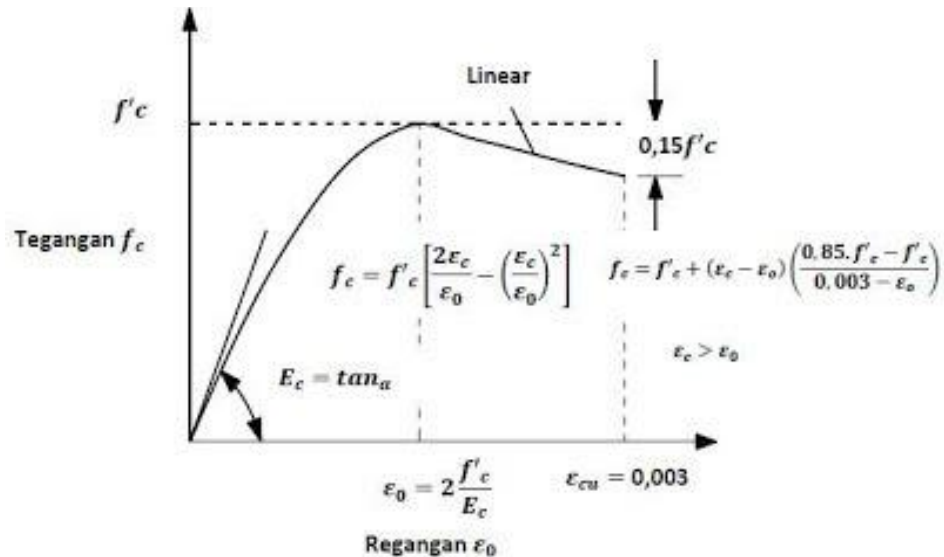
Dengan :

ϵ_c = regangan tekan beton.

ΔL = perpendekan beton, mm

L_0 = tinggi awal silinder beton, mm

Hubungan antara tegangan dan regangan tekan beton dilukiskan seperti terlihat pada gambar



Gambar 2.2 Hubungan tegangan dan regangan tekan beton.

Pada gambar 2.3 tampak perilaku tegangan regangan beton sebagai berikut :

1. Pada saat beban tekan mencapai $0,3.f'_c \sim 0,4.f'_c$, perilaku tegangan regangan beton pada dasarnya masih linier. Retak – retak lekatan yang sebelum pembebanan sudah terbentuk, akan tetap stabil dan tidak berubah selama tegangan tekan yang bekerja masih di bawah $0,3.f'_c \sim 0,4.f'_c$, retak – retak lekatan mulai terbentuk. Pada saat ini mulai terjadi deviasi pada hubungan tegangan-regangan dari kondisi linier.

2. Pada saat beban tekan mencapai $0,75.f'_c \sim 0,90.f'_c$, retak-retak lekatan tersebut merambat ke mortar sehingga berbentuk pola retak yang kontinu. Pada kondisi ini hubungan tegangan-regangan beton semakin menyimpang dari kondisi linier.

Gambar 2.3 juga menunjukkan, bahwa pada saat beton akan runtuh (kuat tekan beton telah mencapai puncak f'_c), maka tegangan beton turun (menjadi $0,85.f'_c$) sedangkan regangan tekan tetap naik sampai mencapai batas retak (ϵ_{cu} sebesar $0,003$). Kedua angka ini (tegangan $0,85.f'_c$ dan regangan batas $\epsilon_{cu} = 0,003$) sangat penting bagi perencanaan struktur beton bertulangan.

3. Kuat tarik beton. Perilaku beton pada saat diberikan beban aksial tagir agar sedikit berbeda dengan perilakunya pada saat diberikan beban tekan. Hubungan antara

tegangan dan regangan tarik beton umumnya bersifat linier sampai terjadi retak yang biasanya langsung di ikuti oleh keruntuhan beton.

Kuat tarik beton (f_{ct}) jauh lebih kecil dari pada kuat tekannya, yaitu :

$$F_{ct} = 10\%f_c'$$

Menurut pasal 13.4.2.2 SNI 03-2847-2002, hubungan antara kuat tarik langsung f_{ct} terhadap kuat tekan beton f_c' dinyatakan dengan rumus berikut :

$$F_{ct} = 0,33.\sqrt{f_c'}$$

4. Modulus elastisitas beton beton. Dari hubungan tegangan-regangan tekan beton terlihat sudut α yaitu sudut garis lurus kurva yang di tarik dari kondisi tegangan nol sampai tegangan tekan sebesar $0,45.f_c'$ dan garis regangan ϵ_c' . modulus elastisitas beton (E_c) merupakan tangens dari sudut α tersebut. Menurut pasal 10.5 SNI 03-2847-2002, modulus elastisitas beton E_c dapat ditentukan berdasarkan berat beton nominal W_c dan kuat tekan beton f_c' , dengan rumus :

$$E_c = (W_c)^{1,5}.0,043 \sqrt{f_c'} \text{ dengan } W_c = 1500-2500 \text{ kg/m}^3$$

Untuk beton nominal, nilai E_c boleh diambil berikut :

$$E_c = 4700.\sqrt{f_c'}$$

2.5.2. Keunggulan Beton Sebagai Suatu Bahan Struktur.

Beton bertulang bole jadi adalah bahan konstruksi yang paling penting. Beton bertulang digunakan dalam berbagai bentuk untuk hamper semua struktur, besar maupun kecil – bangunan, jembatan, perkerasan jalan, bendungan, dinding penahan tanah, terowongan, jembatan yang melintasi lembah (*viaduct*), drainase serta fasilitas irigasi, tangki dan sebagainya.

Sukses besar beton sebagai bahan konstruksi yang *universal* cukup mudah di pahami jika dilihat dari banyaknya kelebihan yang dimilikinya. Kelebihan tersebut antara lain :

1. Beton memiliki kuat tekan yang relatif 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 permukaannya saja tanpa mengalami keruntuhan.
3. Struktur material beton sangat kokoh.
4. Beton tidak memerlukan biaya pemeliharaan tinggi.
5. Dibandingkan dengan bahan lain, beton memiliki usia layan yang sangat panjang. Dalam kondisi-kondisi normal, struktur beton bertulang dapat digunakan sampai kapan pun tanpa kehilangan kemampuannya untuk menahan beban. Ini dapat dijelaskan dari kenyataan bahwa kekuatan beton tidak berkurang dengan berjalannya waktu bahkan semakin lama semakin bertambah dalam hitungan tahun, karena lamanya proses pematatan pasta semen.
6. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi tapak, dinding *basement*, tiang tumpuan jembatan, dan bangunan-bangunan semacam itu.
7. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuan untuk dicetak menjadi bentuk yang sangat beragam, mulai dari pelat, balok dan kolom yang sederhana sampai atab kubah dan cangkang besar.
8. Di sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan local yang murah (pasir, kerikil dan air) dan relatif hanya sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus di datangkan dari daerah lain.
9. Keahlian buruh yang di butuhkan untuk membangun konstruksi beton bertulang lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja..

2.5.3. Kelemahan Beton Sebagai Suatu Bahan Struktur.

Untuk dapat mengoptimalkan penggunaan beton, perencanaan harus mengenal dengan baik kelemahan-kelemahan beton bertulang di samping kelebihan-kelebihannya. Kelemahan-kelemahan tersebut antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulang tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap di tempatnya sampai beton tersebut mengeras. Selain itu, penopang atau penyangga sementara mungkin diperlukan untuk menjaga agar bekisting tetap berada pada tempatnya, misalnya pada atap, dinding, dan struktur-struktur sejenis, sampai bagian-bagian beton ini cukup kuat untuk menahan beratnya sendiri. Bekisting sangat mahal. Di Amerika Serikat, biaya bekisting berkisar antara sepertiga hingga dua pertiga dari total biaya dari suatu struktur beton bertulang, dengan nilai sekitar 50% sudah jelas bahwa untuk mengurangi biaya dalam pembuatan suatu struktur beton bertulang, hal utama yang harus dilakukan adalah mengurangi biaya bekisting.
3. Rendahnya kekuatan persatuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur –struktur bentang panjang dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.
4. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuaan dan perawatan beton tidak bisa di tangani setelah seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti struktur baja dan kayu.

2.6 Pelat Lantai Beton Bertulang.

Yang dimaksud dengan pelat lantai beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relative sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengakuan horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur. Oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur (seperti pada kasus balok).

2.7 Pelat Lantai Menurut Sistem Perencanaan Penulangan.

Berdasarkan sistem perencanaan penulangannya, pelat lantai dibagi menjadi dua yaitu :

4. Pelat lantai satu arah.
5. Pelat lantai dua arah.

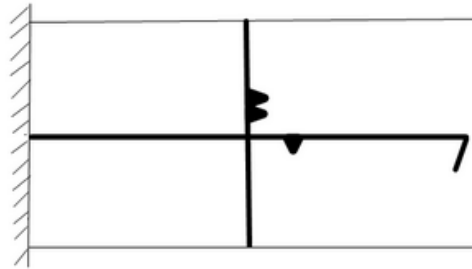
2.7.1 Pelat Lantai Satu Arah.

Disebut pelat satu arah bila panjang dari permukaan pelat ialah dua kali atau lebih besar dari lebarnya. Sedangkan menurut pramono (2007) pelat satu arah adalah pelat yang tertumpu di salah satu sisinya atau di kedua sisi berhadapan. Hampir semua beban lantai menuju balok-balok sisi panjang dan hanya sebagian kecil yang ke sisi pendek. Tulangan utama direncanakan sejajar dengan sisi pendek. Apabila diberikan beban merata, pelat akan melendut membentuk kelengkungan satu arah, dan oleh karenanya timbul momen lentur pada arah tersebut.

1. Pelat dengan satu tumpuan (*plate overstek*), contohnya :
 - Pelat beton penahan sinar matahari di atas jendela (topi-topi teras).
 - Pelat pondasi (*foot plat*)
2. Pelat dengan dua dukungan. Contohnya :
 - Pelat beton penahan sinar matahari di atas jendela (topi-topi teras)
 - Pelat tertumpu bebas di dua sisinya seperti penutup parit.
 - Pelat terjepit elastis / penuh di dua sisinya, (misalnya pada pelat tangga).



(a) Tampak depan pelat kantilever



(a) Tampak atas pelat kantilever

Gambar 2.3 Sistem pelat satu arah

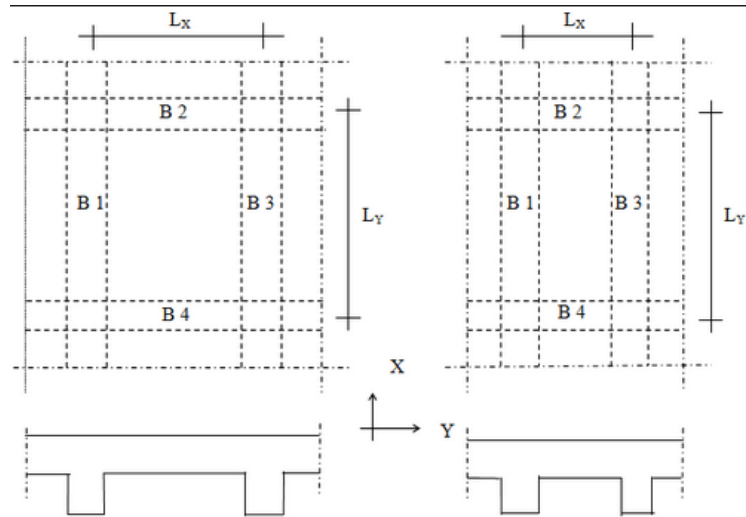
2.7.2 Pelat Lantai Dua Arah.

Disebut sistem plat dua arah bila perbandingan dari bentang panjang (L) dan bentang pendek (S) kurang dari pada dua. Beban pelat disalurkan keempat sisi plat atau keempat balok pendukung hingga tulangan utama plat di perlukan pada kedua arah sisi plat.

Plat dua arah dibedakan menjadi beberapa macam yaitu :

1. Plat yang menumpu di empat sisinya.
 - Tertumpu kaku di keempat sisinya.
 - Tertumpu bebas di keempat sisinya.
 - Keempat sisi tertumpu kaku dan bebas.
2. Plat yang tertumpu di ketiga sisinya
 - Tertumpu kaku di ketiga sisi.
 - Tertumpu bebas di ketiga sisi.

- Ketiga sisi tertumpu kaku dan bebas (dua tertumpu kaku dan satu bebas.)



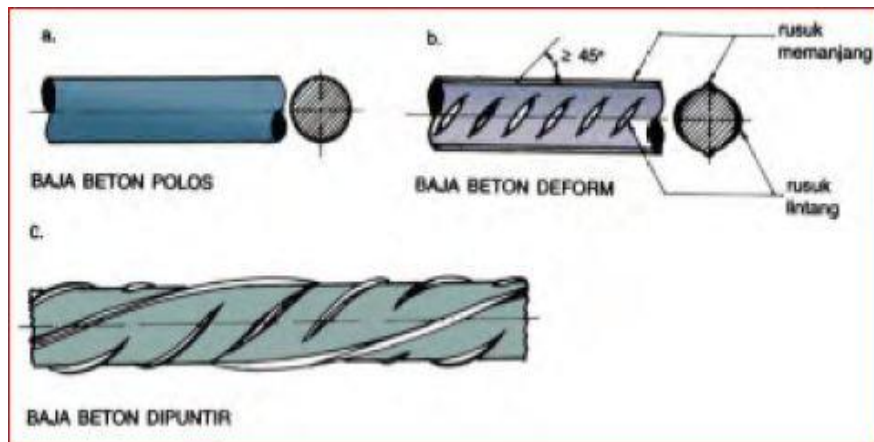
Gambar 2.4 pelat lantai 2 arah

2.8 Pengertian Tulangan

Tulangan adalah material penyusun struktur bertulang yang sangat penting karena daya dukung struktur beton bertulang didapat dari hasil kerja sama antara beton dan tulangan, yaitu beton untuk menahan gaya tekan sedangkan tulangan untuk menahan gaya tarik. Tulang merupakan baja paduan yang terutama terdiri dari pesenyawaan unsur besi (Fe) dan unsur dari logam lain, misalnya: mangan (Mn), tembaga (Cu), vanadium (V), dan niobium (Nb), serta nonlogam seperti karbon (C), silisium (Si), fosfor (P) dan belerang (S).

2.8.1 Jenis-jenis Tulangan

Ada dua jenis tulangan yaitu tulangan polos (plain bar) dan tulangan ulir (deformed bar). Umumnya tulangan di Indonesia diproduksi oleh pabrik Krakatau Steel, berupa tulangan polos untuk bajak lunak dan tulangan air untuk bajakan keras. SNI menggunakan simbol BJTP (Bajang Tulang Polos) dan BJTD (Baja Tulang Deform). Baja tulangan polos dan deform/ulir ditunjukkan seperti pada gambar 3.1 di bawah:



Gambar 2.5 Tulangan Polos dan Tulangan deform

2.8.2 Diameter Tulangan

Baja tulangan polos tersedia dalam beberapa diameter tetapi penggunaannya terbatas karena ketentuan SNI hanya memperkenankan penggunaannya untuk sengkang dan tulangan spiral. Saat ini, tulangan polos yang mudah dijumpai adalah diameter 6 mm hingga diameter 16 mm dengan panjang standar 12 m.

Table 2.1 diameter tulangan

Diameter (mm)	Berat (kg/m)	Keliling (cm)	Luas penampang (cm ²)
6	0.222	1.88	0.283
8	0.395	2.51	0.503
10	0.617	3.14	0.785
12	0.888	3.77	1.130
16	1.580	5.02	2.010

Selanjutnya tulangan ulir berdasarkan SNI T-15-1991-03, lebih diutamakan penggunaannya untuk batang tulangan beton struktur dengan variasi diameter seperti pada table di bawah ini:

Table 2.2 Tulangan ulir berdasarkan SNI T-15-1991-03

Diameter (mm)	Berat (kg/m)	Keliling (cm)	Luas penampang (cm ²)
10	0.617	3.140	0.785
13	1.040	4.080	1.330
16	1.580	5.020	2.010
19	2.230	5.090	2.840
22	2.980	6.910	3.800
25	3.880	7.850	4.910
32	6.310	10.5	8.040
36	7.990	11.30	10.20
40	9.870	12.56	12.60

2.8.3 Pemotongan dan Pembengkokan

1. Pemotongan

Pemotongan tulang sangat bergantung pada detail tulangan, panjang dan bentuk batang.

Batang. Untuk pemotongan, penting diperhitungkan dengan panjang yang di pasarkan yaitu 12 m ini, dapat dihasilkan pemotongan tanpa ada yang terbuang (effisien) yakni berupa:

2x6, 3x4, 4x3, 6x2, 7x171, 8x150 mm.

2. Pembengkokan

Kait pada batang tulangan dapat berupa kait lurus (180°), dan kait penuh (90°).

Menurut SNI 03-2784-2002, pembengkokan tulangan harus memenuhi

ketentuan sebagai berikut:

- Bengkokan 180° ditambah $4d_{b2}$ tapi tidak kurang dari 60 mm, pada ujung bebas kait.

Gambar 3.2 kait lurus

- Bengkokan 90° ditambah perpanjang $12d_b$ pada ujung bebas kait.

Gambar 3.3 kait penuh

- Untuk sengkang dan kait pengikat

- Batang D-16 dan yang lebih kecil, bengkokan 90° ditambah perpanjang $6d_b$ pada ujung bebas kait.

Gambar 3.4 kait penuh

- Batang D-25 dan yang lebih kecil, bengkokan 135° ditambah perpanjangan $6d_{b2}$ pada ujung bebas kait.

Gambar 3.5 kait miring

3. Diameter bengkokan minimum

- Diameter bengkokan yang diukur pada bagian dalam batang tulangan tidak boleh kurang dari nilai dalam tabel 3. Ketentuan ini tidak berlaku untuk sengkang dan sengkang ikat dengan ukuran D-10 hingga D-16.

- b. Diameter dalam untuk sengkang dan sengkang ikat tidak boleh kurang dari $4d_b$ untuk batang D-16 dan yang lebih kecil.
Untuk batang yang lebih besar dari pada D-16, Diameter bengkokan harus memenuhi Tabel 3.

Tabel 2.3 Diameter bengkokan minimum

Ukuran Tulangan	Diameter Minimum
D-10 sampai dengan D-25	$6d_b$
D-29, D-32 dan D-36	$8d_b$
D-44, D-56	$10d_b$

Sumber: SNI 03-2847-2002 (tabel 6)

2.8.4 Jarak Antar Tulangan

1. Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari d_b atau 25 mm.
2. Bila tulangan tersebut diletakan dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus di letakan pada lapis atas harus diletakan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan jarak bersihantar tulangan tidak boleh kurang dari 25 mm.
3. Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $1.5d_b$ 40 mm.
4. Pembatasan jarak bersih antar batng tulangan ini berlaku untuk jarak bersih antara suatu sambungan lewatan dan sambungan lewatan lainnya atau dengan batang tulangan yang berdekatan.

- **Selimut Beton**

1. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 2.4 Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang

Spesifikasi	Tebal selimut Minimum (mm)
• Beton yang dicor Langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
• Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56	50
• Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-16, jarring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	40
• Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tidak langsung berhubungan dengan tanah:	40
1. Pelat, dinding, pelat berusuk: Batang D-44 dan D-56	20
2. Batang D-36 dan yang lebih kecil	40
2. Balok, kolom: Tulangan utama, sengkang, lilitan spiral	20
3. Komponen struktur cangkang, pelat lipat: Batang D-16 dan yang lebih besar Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	15

Sumber SNI 03-2847-2002 (9.7(1))

2.9 Metode Pelaksanaan Pekerjaan

2.9.1 Metode pelaksanaan kolom

langkah - langkah dalam pembuatan kolom adalah sebagai berikut :

- Titik-titik dari *as* kolom diperoleh dari hasil pengukuran dan pematokan. Hal ini disesuaikan dengan gambar yang telah direncanakan. Cara menentukan *as* kolom membutuhkan alat-alat seperti: theodolit, meteran, tinta, sipatan dll.
- Penentuan *as* kolom dengan Theodolit dan *waterpass* berdasarkan *shop drawing* dengan menggunakan acuan yang telah ditentukan bersama dari titik BM (*Bench Mark*)
- Buat *as* kolom dari garis pinjaman
- Pemasangan patok *as* bangunan/kolom (tanda berupa garis dari sipatan).
- Pembesian kolom

Proses pekerjaan pembesian dalam proyek ini adalah sebagai berikut:

- Pembesian atau perakitan tulangan kolom adalah *precast* atau dikerjakan di tempat lain yang lebih aman
- Perakitan tulangan kolom harus sesuai dengan gambar kerja.
- Selanjutnya adalah pemasangan tulangan utama. Sebelum pemasangan sengkang, terlebih dahulu dibuat tanda pada tulangan utama dengan kapur.
- Selanjutnya adalah pemasangan sengkang, setiap pertemuan antara tulangan utama dan sengkang diikat oleh kawat dengan sistem silang.



Gambar 2.7 pembesian kolom

- . Pemasangan Bekisting Kolom

Pemasangan bekisting kolom dilaksanakan apabila pelaksanaan pembesian tulangan telah selesai dilaksanakan.

Berikut ini adalah uraian singkat mengenai proses pembuatan bekisting kolom.

- Bersihkan area kolom dan *marking* posisi bekisting kolom.
- Membuat garis pinjaman dengan menggunakan sipatan dari as kolom sebelumnya sampai dengan kolom berikutnya dengan berjarak 100cm dari masing-masing *as* kolom.
- Setelah mendapat garis pinjaman, lalu buat tanda kolom pada lantai sesuai dengan dimensi kolom yang akan dibuat, tanda ini berfungsi sebagai acuan dalam penempatan bekisting kolom.
- *Marking* sepatu kolom sebagai tempat bekisting
- Pasang sepatu kolom pada tulangan utama atau tulangan sengkang.
- Pasang sepatu kolom dengan *marking* yang ada.
- Atur kelurusan bekisting kolom dengan memutar *push pull*.
- Setelah tahapan diatas telah dikerjakan, maka kolom tersebut siap dicor.



Gambar 2.8 pemasangan bekisting kolom

- Setelah semua langkah diatas selesai dan kolom siap sudah siap untuk dicor, selanjutnya adalah tahap pengecoran kolom. dalam pengecoran gunakan alat concrete vibrator agar beton kolom tetap padat.



Gambar 2.9 pengecoran kolom

2.9.2 Pekerjaan balok dan pelat lantai

- Persiapkan shop drawing sebelum pekerjaan bekisting balok/pelat lantai dimulai.
 - Pekerjaan Pengukuran

Pengukuran ini bertujuan untuk mengatur/ memastikan kerataan ketinggian balok dan pelat. Pada pekerjaan ini digunakan pesawat ukur *theodolithe*.

- Pembuatan Bekisting

Pekerjaan bekisting balok dan pelat merupakan satu kesatuan pekerjaan, kerana dilaksanakan secara bersamaan. Pembuatan panel bekisting balok harus sesuai dengan gambar kerja. Dalam pemotongan *plywood* harus cermat dan teliti sehingga hasil akhirnya sesuai dengan luasan pelat atau 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*.

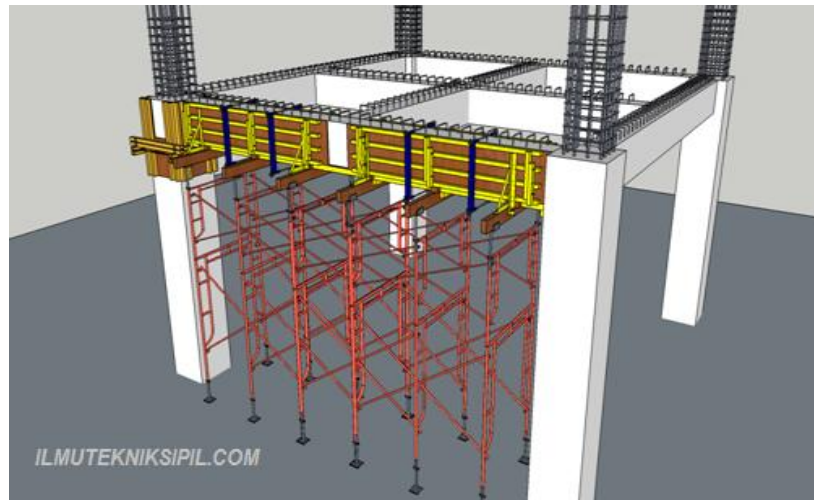
- Pabrikasi besi

Untuk balok, pemotongan dan pembengkokan besi dilakukan sesuai kebutuhan dengan bar cutter dan bar bending. Pembesian balok ada dilakukan dengan sistem pabrikasi di los besi dan ada yang dirakit diatas bekisting yang sudah jadi. Sedangkan pembesian plat dilakukan dilakukan di atas bekisting yang sudah jadi.



Gambar 2.10 pengecoran plat lantai dan balok.

- Diameter besi, jumlah besi dan jarak pembesian pada area yang mau di-cor diperiksa dan diidentifikasi.
- Periksa selimut beton/beton decking, ukur jarak bersih besi terhadap bekisting dengan meteran.
- Periksa kaki ayam (KA), perhatikan jumlah dan jaraknya .
- Periksa pengikatan besi (bendrat) tidak bergeser jika diketok, direkomendasikan agar pemotongan bendrat dilakukan difabrikasi.
- Periksa pembesian sekeliling bukaan (opening) pada pelat beton, minimum jumlah pembesian yang seharusnya dapat diletakkan pada opening dialihkan peletakkannya pada kedua sisi pelat (membentuk frame) atau disyaratkan lain oleh konsultan.
- Besi harus bebas dari karat, beton kering, oli/gemuk dan material lain yang dapat mengurangi lekatan (bonding) antara besi dengan beton.
- Periksa sambungan besi pada balok harus zigzag dengan ketentuan sebagai berikut :
 - besi atas sambungannya di daerah lapangan (midspan)
 - besi bawah sambungannya di daerah tumpuan
- Periksa jarak/ruang antar beton yang cukup untuk dilewati oleh agregat beton dan vibrator.
- Periksa pembengkokan besi (bending slope) diukur dengan meteran perbandingan tinggi dan lebar maksimum 1:6
- Pada balok, posisi sleeve/conduit harus diletakkan pada midspan (lapangan) dengan syarat diameter maksimum $\frac{1}{5} h$ (tinggi balok) dan diberi tulangan silang 2 sisi dengan panjang $50 d$ (diameter tulangan balok).



Gambar 2.11 perancah Plat lantai dan Balok

BAB III

DATA PROYEK

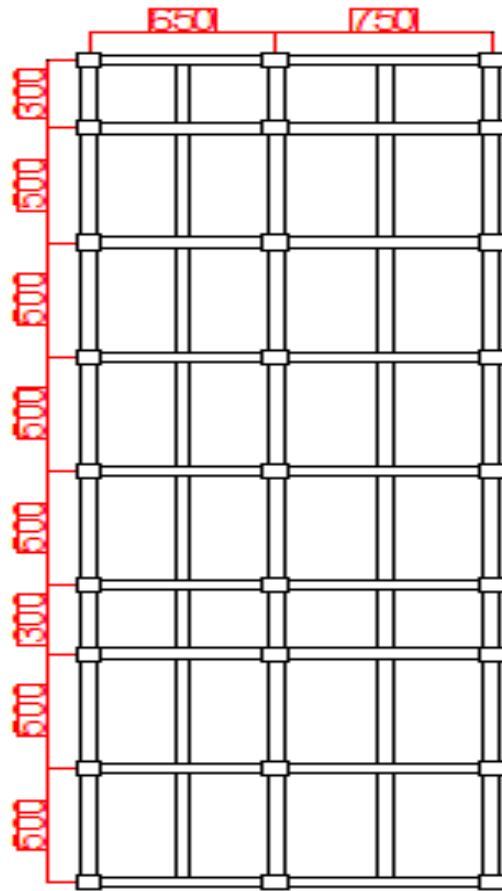
3.1. DATA PROYEK

Berikut ini adalah merupakan sebagian data yang didapat dari hasil koordinasi dengan pihak pelaksana :

- a. Nama proyek : Pembangunan Kantor Otoritas Bandara Wilayah VIII Manado
- b. Lokasi : Bandara Internasional Samratulangi Manado
- c. Bangunan ini terdiri dari 3 lantai sudah termasuk plat lantai atap.
- d. Owner adalah pimpinan dari kantor Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado.
- e. Kontraktor adalah PT. SUBOTA CONTRACTOR INTERNASIONAL
- f. Konsultan adalah PT. PARIGRAHA KONSULTAN

- DATA-DATA STRUKTUR

- Denah bangunan : Berbentuk persegi panjang
- Mutu beton : 300 MPa
- Mutu baja : 400 MPa
- Lokasi bangunan : Bandara Sam Ratulangi Manado.
- Jenis Tanah : Keras
- Jumlah tingkat : 2 tingkat
- Fungsi bangunan : Kantor
- Dimensi kolom : 450 mm x 450 mm
- Dimensi balok : 300 mm x 400 mm
400 mm x 500 mm
- Tebal plat : 120 mm



Gambar 3.1 denah bangunan

3.2 Perhitungan Gaya Geser Gempa.

Pada output *Centres of Cumulative Mass and Centres of Rigidity*, bagian kolom MAS terdapat nilai massa bangunan. Untuk mencari berat, adalah dengan mengalikan massa lantai dengan satuan gravitasi yaitu 9.81 m/det^2

Yang harus diingat nilai-nilai massa tersebut adalah nilai komulatif. Sehingga untuk mencari berat tiap lantai adalah dengan cara mengurangi nilai massa lantai yang diinginkan dengan massa lantai di atasnya, kemudian dikalikan dengan 9.81.

Berdasarkan perhitungan yang telah di hitung dalam program ETABS di dapat hasil sebagai berikut :

ETABS v9.6.0 File:TUGAS AKHIR ETABS RENDY SAPUTRA MAKALALAG Units:Kgf-m Juli 1, 2015 13:51 PAGE 1

CENTERS OF CUMULATIVE MASS & CENTERS OF RIGIDITY

STORY	DIAPHRAGM	/-----CENTER OF MASS-----/		/---CENTER OF RIGIDITY---/		
LEVEL	NAME	MASS	ORDINATE-X	ORDINATE-Y	ORDINATE-X	ORDINATE-Y
STORY2	D1	7,326E+04	6,711	18,129	6,664	18,439
STORY1	D1	1,492E+05	6,710	18,135	6,665	18,442

Data untuk mencari berat tiap tingkat sebagai berikut :

Tabel 3.1 Hasil Output ETABS untuk masa bangunan.

Lantai	Zi (m)	Massa (Kg)	selisih	g (Gravitasi)	Berat (Kg)
STORY 2	8	73260	73.260,00	9,81	718.680,60
STORY 1	4	149200	75.940,00	9,81	744.971,40
TOTAL					1.463.652,00

3.3 Waktu Getar Alami.

Apabila suatu gedung menerima beban gempa besar, tetapi tidak ada batasan waktu getar alaminya, maka pengguna gedung dan seisinya bisa diibaratkan seperti dadu yang dikocok dalam suatu kotak.

Dengan rumus empiris *Method A* dari *UBC Section 1630.2.2*, waktu getar alami gedung adalah :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{empiris}} &= C_t \cdot h_n^{3/4} \\
 &= 0,0731 \times 8 \\
 &= \mathbf{0,3477 \text{ detik}}
 \end{aligned}$$

Ct = Koefisien untuk bangunan beton bertulang

h_n = Tinggi gedung

$$\begin{aligned} T &= \zeta \cdot N \\ &= 0,18 \times 2 \\ &= \mathbf{0,36 \text{ detik}} \end{aligned}$$

ζ = Koefisien tergantung wilayah gempa (Wilayah 5)

N = Jumlah tingkat

Kontrol Pembatasan Waktu Getar

T _{Empiris}	<	T	
0,29	<	0,36	OK

3.4 Gaya Geser Dasar Nominal

Yang diperhitungkan untuk menentukan gaya geser dasar nominal yang terjadi pada tingkat dasar gedung yaitu akibat berat gedung, fungsi gedung dan wilayah gempa dimana gedung tersebut akan dibangun.

$$V = \frac{C_i \cdot I \cdot W_t}{R}$$

adalah faktor respons gempa sesuai gambar 2 SNI 03 - 1726

C_i = – 2002

I = Faktor Keamanan untuk gedung sesuai dengan tabel 1 (Bangunan kantor)
adalah berat total

W_t = bangunan

adalah faktor reduksi gempa sesuai tabel 3 (Wilayah 4

R = SRPMK)

(Tanah keras, Wilayah Gempa

C_i = 0.23 5)

$$V = \frac{0.23 \times 1,4 \times W_t}{8,5} = \mathbf{55.446,58 \text{ Kg}}$$

3.5 Distribusi Gaya Geser Horizontal Gempa

Distribusi gaya geser horizontal gempa dihitung sepanjang tinggi gedung dan beban gempa rencana yang akan ditanggung oleh keseluruhan komponen struktur gedung. Gaya geser dasar nominal akan dibagi ke setiap lantai gedung dengan cara mendistribusikan gaya tersebut berdasarkan porsi berat lantai dan ketinggiannya.

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n (W_i z_i)} V$$

Tabel 3.2 Distribusi gaya geser dasar akibat gempa sepanjang tinggi gedung.

Hasil perhitungan yang akan menghasilkan nilai F_i dalam arah X dan Y

Lantai	Z_i (m)	W_i (Kg)	$W_i . Z_i$	$F_{ix,y}$ (Kg)
2	8,5	718.681	6.108.785	35.800,20
1	4,5	744.971	3.352.371	19.646,39
	Σ	1.463.652	9.461.156	55.446,58

3.6 KINERJA STRUKTUR

3.6.1 Kontrol Kinerja Batas Layan (Δ_s)

Kinerja batas layan Δ_s struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan, mencegah kerusakan non struktur, membatasi terjadinya pelelehan baja dan retaknya beton yang berlebihan.

DISPLACEMENTS AT DIAPHRAGM CENTER OF MASS

STORY	DIAPHRAGM	LOAD	POINT	X	Y	UX	UY	RZ
STORY2	D1	FX	80	671,127	1812,904	1,8790	0,0087	0,00185
STORY2	D1	FY	80	671,127	1812,904	-0,0207	1,4176	-0,00067
STORY1	D1	FX	81	670,970	1814,017	0,9677	0,0044	0,00097
STORY1	D1	FY	81	670,970	1814,017	-0,0105	0,7821	-0,00035

Analisis Waktu Getar Struktur dengan Cara T-Rayleigh

$$T = 6.3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i \cdot d_i}}$$

Tabel 3.3 nilai UX dan UY.

STORY	UX (cm)	UY(cm)
STORY 2	1,88	1,42
STORY 1	0,97	0,78

Tabel 3.4 Perhitungan T-Rayleigh arah X.

Lantai	Wi (Kg)	dix (cm)	dix ²	Fix (Kg)	Wi . dix ²	Fix . Dix
2	718.681	1,88	3,5306	35.800,2	2.537.403	67.269
1	744.971	0,9677	0,9364	19.646,4	697.623	19.012
					3.235.027	86.280

Tabel 3.5 Perhitungan T-Rayleigh arah Y.

Lantai	Wi (Kg)	diy (cm)	diy ²	Fiy (Kg)	Wi . Diy ²	Fiy . Diy
2	718.681	1,4176	2,00958976	35.800,2	1.444.253	50.750
1	744.971	0,7821	0,61168041	19.646,4	455.684	15.365
0	-	0	0	-	-	-
					1.899.938	66.116

$$T\text{-Rayleigh} = 6.3 * ((\Sigma W_i \cdot d_i^2) / (g \cdot \Sigma F_i \cdot d_i))$$

T-Rayleigh = 1,53
Kontrol Pembatasan waktu
getar

$$T\text{-Rayleigh} = 6.3 * ((\Sigma W_i \cdot d_i^2) / (g \cdot \Sigma F_i \cdot d_i))$$

T-Rayleigh
= 1,49

Kontrol Pembatasan waktu getar

T_{empiris}	<	T-rayleigh
0,58	<	1,53

T_{empiris}	<	T-rayleigh
0,58	<	1,49

Analisis Kinerja Batas Layan (Δs) Dan Kinerja Batas Ultimate (Δm)

$$\Delta s = (0.03/8.5) * 4000 = 14,12$$

mm

Jadi Kinerja batas layan Δs antar tingkat tidak boleh
melebihi

Mm
14,12

Tabel 3.6 Analisa Δs akibat gempa arah X

Lantai	h_i (m)	Δs (mm)	Drift Δs antar tingkat (mm)	Syarat drift (Δs) antar tingkat (mm)	Keterangan
2	4	18,79	9,11	14,12	Ok
1	4	9,68	9,677	14,12	Ok

Tabel 3.7 Analisa Δs akibat gempa arah Y

Lantai	h_i (m)	Δs (mm)	Drift Δs antar tingkat (mm)	Syarat drift (Δs) antar tingkat (mm)	Keterangan
2	4	14,18	6,355	14,12	Ok
1	4	7,82	7,821	14,12	Ok

3.6.2 Kontrol Kinerja Batas Ultimit (Δm)

Kinerja batas ultimit ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan. Dimaksudkan untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa dan benturan antar gedung.

Tabel 3.7 Analisa Δm akibat gempa arah X

Lantai	h_i (mm)	Δs (mm)	Drift Δm antar tingkat (mm)	Syarat drift (Δs) antar tingkat (mm)	Keterangan
2	4000	9,11	54,222	80	Ok
1	4000	9,677	57,578	80	Ok

Tabel 3.8 Analisa Δm akibat gempa arah Y

Lantai	h_i (mm)	Δs (mm)	Drift Δm antar tingkat (mm)	Syarat drift (Δs) antar tingkat (mm)	Keterangan
2	4000	6,355	37,81225	80	Ok
1	4000	7,821	46,53495	80	Ok

Kinerja Batas Ultimate

$$\Delta m = 0.02 \times h_i = 0.02 \times 4000 = 80 \text{ mm}$$

Jadi Kinerja batas Ultimate Δm antar tingkat tidak boleh melebihi 80,00 Mm

3.7 Penulangan

3.7.1 Penulangan Balok

Data-data desain

Mutu bahan

Beton

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \times \sqrt{F_c'} = 30 \text{ Mpa}$$

Baja U24 untuk besi tulangan $\phi \leq 12$

$$F_y' = 400 \text{ Mpa}$$

Baja U40 untuk besi tulangan $D \geq 13$

$$F_y' = 400 \text{ Mpa}$$

Lokasi Bangunan = Manado

Jenis Tanah = Keras

Kategori Gedung = Perkantoran

Tinggi Tiap Lantai = 4 m

Beban-beban

- Beban Hidup (LL) :

$$\text{Lantai 1 (Ruangan)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Lantai 2 (atap)} = 100 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Mati (DL) :

Berat sendiri komponen struktur (DL) sudah dihitung secara otomatis oleh ETABS berdasarkan input data dimensi dan karakteristik material yang direncanakan.

- Beban Mati tambahan (DL) antara lain sebagai berikut :

$$\text{Dinding bata} = 250 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Plester (2.5cm)} = 53 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban M/E} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Plafond} = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{water Proofing} = 5 \text{ kg/m}^2$$

Sehingga beban-beban gravitasi tersebut dapat dirangkum untuk masing-masing lantai sebagai berikut :

- Lantai 1:

$$\text{Beban hidup} = 250 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{Ruangan})$$

Beban Mati tambahan :

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

$$\text{Plester (2.5cm)} = 53 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban M/E} = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Plafond} = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$= \underline{120 \text{ kg/m}^2}$$

- Lantai 2

<i>Beban hidup</i>	=	100	kg/m ²	(atap)
<i>Beban Mati tambahan :</i>				
Plester (2.5cm)	=	53	kg/m ²	
water Proofing	=	5	kg/m ²	
Beban M/E	=	25	kg/m ²	
Beban Plafond	=	18	kg/m ²	
	=	101	kg/m ²	

- Dimensi plat lantai, kolom dan balok :

Tebal plat lantai	=	120	mm	
Balok Utama	=	400	x	500 mm
Kolom	=	450	x	450 mm

Perhitungan dimensi Balok

$$\begin{aligned}
 B_w &= 400 \text{ mm} \\
 W &= 280 \text{ mm} \\
 H_t &= 150 \text{ mm} \\
 B_e &= 2H_w + B_w \\
 &= 2 \times 280 + 400 \\
 &= 960 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

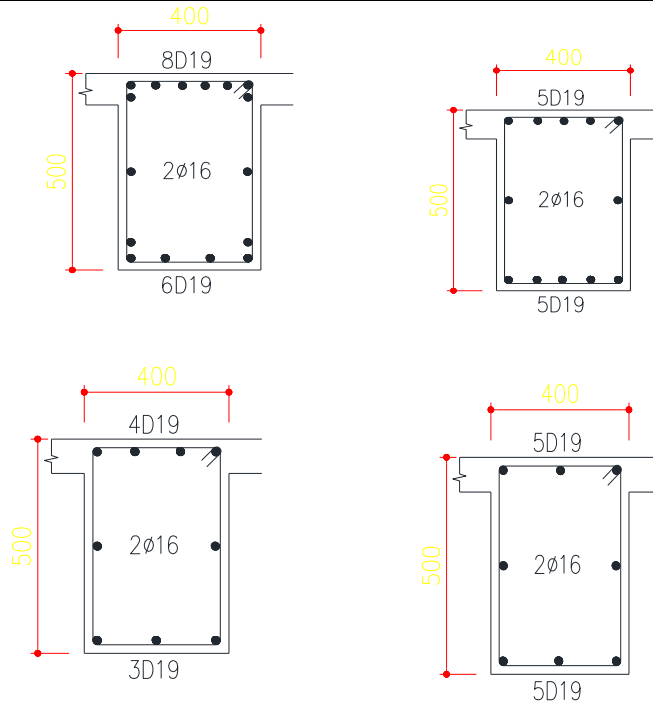
$$\begin{aligned}
 \text{Lebar efektif sayap (Be)} &= \frac{(B_e - B_w)/2}{2} = 230 \text{ mm} \\
 230 \text{ mm} &< 5 \times 120 = 600 \text{ mm} \quad \text{..... OK !!}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_3 &= \text{tinggi balok - tebal plat} \\
 t_2 &= (2 \times t_3) + t_w \\
 T_f &= \text{tebal plat} \\
 T_w &= \text{lebar balok}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi balok} &= 50 \text{ cm} \\
 t_3 &= 23 \text{ cm} \\
 t_2 &= 61 \text{ cm} \\
 T_f &= 12 \text{ cm} \\
 T_w &= 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tabel 3.9 penulangan portal balok arah X

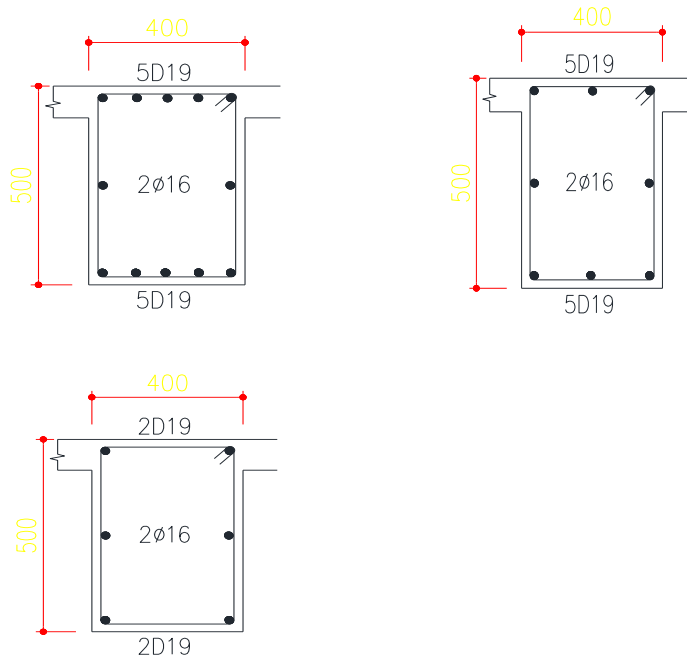
No	Balok lentur	Lokasi	Tulangan		Luas tulangan (mm)		Jumlah tulangan	Pembulatan jumlah tulangan
			D	Luas (mm)				
1	Lantai 1	Tumpuan	19	490,625	Atas	3839	7,825	8
					Bawah	2516	5,128	6
2	Lantai 1	Lapangan	19	490,625	Atas	2243	4,572	5
					Bawah	2033	4,144	5
3	Lantai 2	Tumpuan	19	490,625	Atas	1940	3,954	4
					Bawah	1237	2,521	3
4	Lantai 2	Lapangan	19	490,625	Atas	1372	2,796	3
					Bawah	1361	2,774	3



Gambar 3. Gambar penulangan balok arah X

Tabel 3.10 penulangan portal balok arah Y

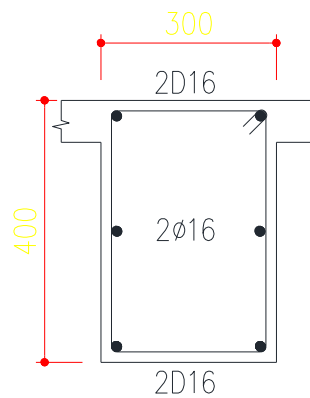
No	Balok lentur	Lokasi	Tulangan		Luas tulangan (mm)		Jumlah tulangan	pembulatan jumlah tulangan
			D	Luas (mm)				
1	Lantai 1	Tumpuan	19	283,385	Atas	1298	4,580	5
					Bawah	1220	4,305	5
2	Lantai 1	Lapangan	19	283,385	Atas	621	2,191	3
					Bawah	621	2,191	3
3	Lantai 2	Tumpuan	19	283,385	Atas	621	2,191	3
					Bawah	621	2,191	3
4	Lantai 2	Lapangan	19	283,385	Atas	274	1,967	2
					Bawah	395	1,394	2



Gambar 3.2 Penulangan balok arah

Tabel 3.11 penulangan balok anak

No	Balok lentur	Lokasi	Tulangan		Luas tulangan (mm)		Jumlah tulangan	pembulatan jumlah tulangan
			D	Luas (mm)				
1	Lantai 1	Tumpuan	16	200,96	Atas	444	2,209	3
					Bawah	288	1,433	2
2	Lantai 1	Lapangan	16	200,96	Atas	144	1,717	2
					Bawah	362	1,801	2
3	Lantai 2	Tumpuan	16	283,39	Atas	362	1,277	2
					Bawah	226	1,198	2
4	Lantai 2	Lapangan	16	283,39	Atas	122	1,031	2
					Bawah	279	1,985	2

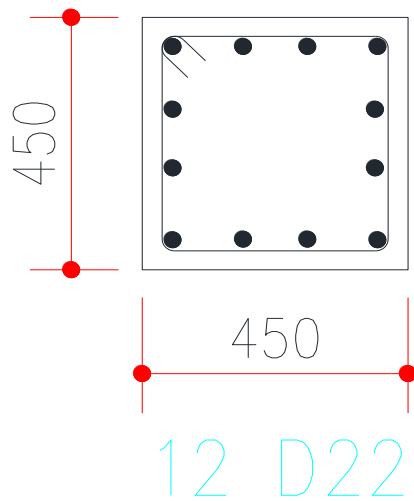


Gambar 3.3 Penulangan balok anak

3.7.2 Penulangan Kolom

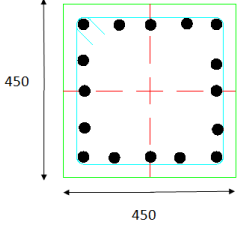
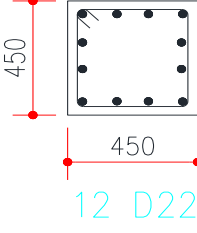
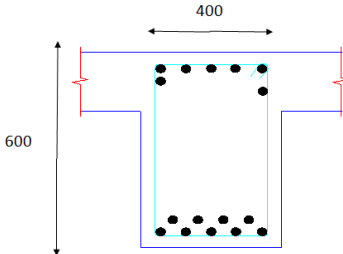
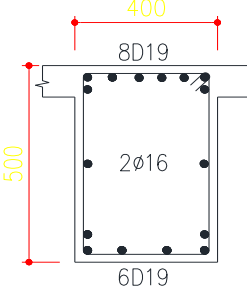
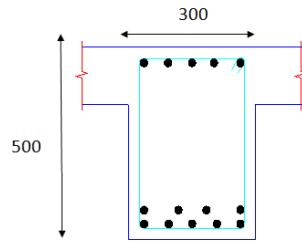
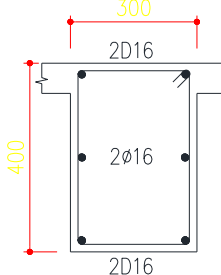
Table 3.12 penulangan kolom

No	STORY	Tulangan		Luas tulangan (mm)	Jumlah tulangan	Pembulatan jumlah tulangan
		D	Luas (mm)			
1	Lantai 1	22	379,94	4016	11,570	12
2	Lantai 2	22	379,94	4016	11,570	12



Gambar 3.4 penulangan kolom lantai 1 dan Lantai 2

Tabel perbandingan hasil hitungan penulangan.

Gambar hasil penulangan di lapangan	Gambar hasil penulangan perhitungan kembali dengan software ETABS
 Gambar tulangan kolom	 Gambar tulangan kolom
 Gambar tulangan balok induk	 Gambar tulangan balok induk
 Gambar tulangan balok anak	 Gambar tulangan balok anak

3.7.3 Penulangan Plat

Dalam Perhitungan Plat Lantai digunakan perhitungan secara manual dengan menggunakan syarat-syarat dari PBI 1971, SNI 03-2847-2001 dan juga menggunakan metode koefisien momen. Karena dalam perhitungan initer dapat banyak panel plat lantai yang akan dihitung maka di ambil 3 sample panel plat saja yang berbeda ukuran dan koefisien momennya.

Pada proyek pembangunan gedung kantor otoritas bandara terdiri dari 2 lantai dan pada tugas akhir ini ditinjau pada struktur lantai 1 yang paling banyak menerima beban baik beban mati maupun beban hidup.

1. PerhitunganPembebanan Plat Lantai

a. Data BahanStruktur

- Kuat Tekan Beton $F'_c = 30 \text{ MPa}$
- Mutu Baja Tulangan lentur $F'_y = 240 \text{ Mpa}$
- Tebal plat $= 12 \text{ cm}$
- Diameter Tulangan $\phi = 10 \text{ mm}$

b. BebanHidup (QL)

Berdasarkan PPIUG 83 UntukGedungyaitu :

Beban hidup untuk gedung yang berfungsi sebagai perkantoran tiap 1 m adalah 250 Kg/m^2 .

c. BebanMati

Berat Plat Sendiri	$= 0,12 \times 2400 \times 1$	$= 288 \text{ Kg/m}$
Berat keramik (1cm)	$= 0,01 \times 2400 \times 1$	$= 24 \text{ Kg/m}$
Berat Spesi (2cm)	$= 0,2 \times 2100 \times 1$	$= 42 \text{ Kg/m}$
Berat palfond dan penggantung		$= 18 \text{ Kg/m}$
	QD	$= 355 \text{ Kg/m}$

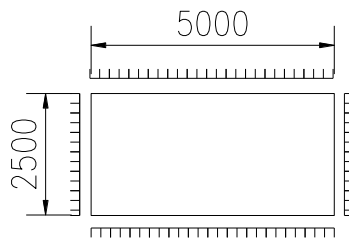
d. Beban Ultimate (QU)

Sesuai dengan SNI 03 2847-2002 maka :

$$\begin{aligned} \text{QU} &= 1,2\text{QD} + 1,6 \text{ QL} \\ &= 1,2 \cdot 355 + 1,6 \cdot 250 = 826,6 \text{ Kg/m}^2 = 8,26 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Momen Plat

a. Panel 1



Panel 1

$$L_y/l_x = 5/3,2 = 1,5 \text{ (lihat tabel 13.3.1 PBI 1971)}$$

Dari table diperoleh kofisien pengali yaitu :

$$C_{lx} = 43$$

$$C_{ly} = 26$$

$$C_{tx} = 94$$

$$C_{ty} = 76$$

Perhitungan momen akibat beban untuk panel 1

$$M_{lx} = 0.001 \cdot Q \cdot U \cdot L_x^2 \cdot C_{lx} = 0.001 \cdot 8,26 \cdot 2,5^2 \cdot 43 = 2,21 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot Q \cdot U \cdot L_x^2 \cdot C_{ly} = 0.001 \cdot 8,26 \cdot 2,5^2 \cdot 26 = 1,34 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = 0.001 \cdot Q \cdot U \cdot L_x^2 \cdot C_{tx} = 0.001 \cdot 8,26 \cdot 2,5^2 \cdot 94 = 4,85 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = 0.001 \cdot Q \cdot U \cdot L_x^2 \cdot C_{ty} = 0.001 \cdot 8,26 \cdot 2,5^2 \cdot 76 = 3,92 \text{ kNm}$$

$$\text{Panjangbentang plat arah X} \quad L_x = 3250 \text{ mm}$$

$$\text{Panjangbentang plat arah Y} \quad L_y = 5000 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal plat lantai} \quad h = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Momen } M = 0 \text{ arah X} = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 3250 \text{ mm} = 812,2 \text{ mm}$$

$$\text{Momen Max arah X} = \frac{1}{2} L = \frac{1}{2} \cdot 3250 \text{ mm} = 1625 \text{ mm}$$

$$\text{Momen } M = 0 \text{ arah Y} = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 5000 \text{ mm} = 1250 \text{ mm}$$

$$\text{Momen Max arah Y} = \frac{1}{2} L = \frac{1}{2} \cdot 5000 \text{ mm} = 2500 \text{ mm}$$

Koefisien momen untuk plat dua arah

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5000}{3250} = 1,5$$

Dari tabel PBI 1971 hal. 202, untuk koefisien momen plat tipe I diperoleh nilai:

$$\text{Lapangan X} \quad C_{lx} = 69$$

$$\text{Lapangan Y} \quad C_{ly} = 51$$

$$\text{Tumpuan X } C_{tx} = 51$$

$$\text{Tumpuan Y } C_{ty} = -$$

$$M_{lx} = +0.001 \cdot QU \cdot L_x^2 \cdot C_{lx} = +0.001 \cdot 846,6 \cdot 3,1^2 \cdot 69 = 366,11 \text{ Kg m}$$

$$M_{ly} = +0.001 \cdot QU \cdot L_x^2 \cdot C_{ly} = +0.001 \cdot 846,6 \cdot 3,1^2 \cdot 51 = 414,92 \text{ Kg m}$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot QU \cdot L_x^2 \cdot C_{tx} = 0.001 \cdot 846,6 \cdot 3,1^2 \cdot 51 = 414,92 \text{ Kg m}$$

$$M_{ty} = 1/2 M_{lx} = 1/2 \cdot 366,02 = 183,01 \text{ Kg m}$$

b. Plat Tipe B

$$\text{Panjangbentang plat arah X } L_x = 3500 \text{ mm}$$

$$\text{Panjangbentang plat arah Y } L_y = 5000 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal plat lantai } h = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Momen } M = 0 \text{ arah X } = 1/4 L = 1/4 \cdot 3500 \text{ mm} = 875 \text{ mm}$$

$$\text{Momen Max arah X } = 1/2 L = 1/2 \cdot 3500 \text{ mm} = 1750 \text{ mm}$$

$$\text{Momen } M = 0 \text{ arah Y } = 1/4 L = 1/4 \cdot 5000 \text{ mm} = 1250 \text{ mm}$$

$$\text{Momen Max arah Y } = 1/2 L = 1/2 \cdot 5000 \text{ mm} = 2500 \text{ mm}$$

Koefisien momen untuk plat dua arah

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5000}{3500} = 1,4$$

Dari tabel PBI 1971 hal. 202, untuk koefisien momen plat tipe II diperoleh nilai:

$$\text{Lapangan X } C_{lx} = 57$$

$$\text{Lapangan Y } C_{ly} = 37$$

$$\text{Tumpuan X } C_{tx} = -$$

$$\text{Tumpuan Y } C_{ty} = 37$$

$$M_{lx} = +0.001 \cdot QU \cdot L_x^2 \cdot C_{lx} = +0.001 \cdot 846,6 \cdot 2,5^2 \cdot 57 = 301,6 \text{ Kg m}$$

$$M_{ly} = +0.001 \cdot QU \cdot L_x^2 \cdot C_{ly} = +0.001 \cdot 846,6 \cdot 2,5^2 \cdot 37 = 195,7 \text{ Kg m}$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot QU \cdot L_x^2 \cdot C_{tx} = 1/2 \cdot 301,6 = 150,8 \text{ Kg m}$$

$$M_{ty} = 1/2 M_{lx} = -0.001 \cdot 846,6 \cdot 2,5^2 \cdot 37 = -195,7 \text{ Kg m}$$

c. Plat Tipe C

Panjang bentang plat arah X	$L_x = 3000 \text{ mm}$
Panjang bentang plat arah Y	$L_y = 3000 \text{ mm}$
Tebal plat lantai	$h = 120 \text{ mm}$

Momen $M = 0$ arah X	$= \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 3000 \text{ mm}$	$= 750 \text{ mm}$
Momen Max arah X	$= \frac{1}{2} L = \frac{1}{2} \cdot 3000 \text{ mm}$	$= 1500 \text{ mm}$
Momen $M = 0$ arah Y	$= \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 3000 \text{ mm}$	$= 750 \text{ mm}$
Momen Max arah Y	$= \frac{1}{2} L = \frac{1}{2} \cdot 3000 \text{ mm}$	$= 1500 \text{ mm}$

Koefisien momen untuk plat dua arah

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3000}{3000} = 1$$

Dari tabel PBI 1971 hal. 202, untuk koefisien momen plat tipe II diperoleh nilai:

Lapangan X	C_{lx}	$= 38$
Lapangan Y	C_{ly}	$= 43$
Tumpuan X	C_{tx}	$= -$
Tumpuan Y	C_{ty}	$= 43$

$M_{lx} = +0.001 \cdot Q \cdot L_x^2 \cdot C_{lx}$	$= +0.001 \cdot 846,6 \cdot 2,65^2 \cdot 38$	$= 225,9 \text{ Kg m}$
$M_{ly} = +0.001 \cdot Q \cdot L_x^2 \cdot C_{ly}$	$= +0.001 \cdot 846,6 \cdot 2,65^2 \cdot 43$	$= 225,6 \text{ Kg m}$
$M_{tx} = -0.001 \cdot Q \cdot L_x^2 \cdot C_{tx}$	$= \frac{1}{2} \cdot 225,9$	$= 112,9 \text{ Kg m}$
$M_{ty} = 1/2 M_{lx}$	$= -0.001 \cdot 846,6 \cdot 2,65^2 \cdot 43$	$= -225,6 \text{ Kg m}$

3. Penulangan Plat Lantai

a. Rekapitulasi Momen Plat

Tipe Plat	Ly/Lx (m)	Mlx (Kgm)	Mly (Kgm)	Mtx (Kgm)	Mty (Kgm)
A	1,5	366,11	414,92	414,92	183,01
B	1,4	301,6	195,7	150,8	-195,7
C	1,0	225,9	225,6	112,9	-225,6

Tabel 3.1 Rekapitulasi Momen Plat

Dari perhitungan momen plat di ambil momen yang terbesar yaitu :

$$M_{lx} = 366,11 \text{ Kgm}$$

$$M_{ly} = 414,92 \text{ Kgm}$$

$$M_{tx} = 414,92 \text{ Kgm}$$

$$M_{ty} = 183,01 \text{ Kgm}$$

Data :

$$\text{Tebal Plat (h)} = 12 \text{ cm} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Penutup (d')} = 2 \text{ cm} = 20 \text{ mm}$$

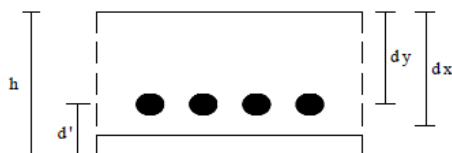
$$\text{Diameter Tulangan } (\phi) = 10 \text{ mm}$$

$$b = 1000$$

$$F_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$F_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tinggi Efektif (d)} = h - d' = 120 - 20 = 100 \text{ mm}$$



Gambar 3.4 Perhitungan tinggi efektif

$$\begin{aligned} dx &= h - d' - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - d' - \varnothing - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

Untuk Plat digunakan

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \times \beta \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot 30}{240} \times 0,85 \times \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,0645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0645 = 0,0483 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025 \text{ (untuk Plat)}$$

b. Penulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 366,11 \text{ Kgm} = 3,661 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\varnothing} = \frac{3,66 \cdot 10^6}{0,85} = 4,30 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4,30 \cdot 10^6}{1000 (95)} = 0,47 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,41$$

$$\rho_{\text{Perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,47}{240}} \right) = 0,0019$$

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

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0019$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0019 \cdot 1000 \cdot 95 = 180,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan Tulangan } \phi 10 = \frac{1}{4} \pi (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{A_s}{\text{Luas Tulangan } \phi 10} = \frac{180,5}{78,5} = 2,29 \rightarrow 3 \text{ Buah}$$

$$\text{Jarak Tulangan dalam 1 m} = \frac{1000}{3} = 333,333 \text{ mm} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \rightarrow \text{dikakai } 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ yang timbul} &= 3 \cdot \frac{1}{4} \pi (10)^2 \\ &= 314 \text{ mm} > 235,5 \text{ mm (As) ...OK!} \end{aligned}$$

Dipakai Tulangan $\phi 10 - 300 \text{ mm}$

c. Penulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 414,92 \text{ Kgm} = 4,14 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5,71 \cdot 10^6}{0,85} = 4,87 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4,87 \cdot 10^6}{1000 (85)^2} = 0,53 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,41$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 0,53}{240}} \right) = 0,0022 \end{aligned}$$

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

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0022$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} b.d \\ &= 0,0022 \cdot 1000 \cdot 85 = 187 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan $\phi 10 = \frac{1}{4} \pi (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{A_s}{\text{Luas Tulangan } \phi 10} = \frac{187}{78,5} = 2,38 \rightarrow 3 \text{ Buah}$$

$$\text{Jarak Tulangan dalam 1 m} = \frac{1000}{3} = 333,333 \text{ mm} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2 \times h = 2 \times 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ yang timbul} &= 3 \cdot \frac{1}{4} \pi (10)^2 \\ &= 392,5 \text{ mm} > 235,5 \text{ mm (As) ...OK!} \end{aligned}$$

Dipakai Tulangan $\phi 10 - 300 \text{ mm}$

d. Penulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 414,92 \text{ Kgm} = 41,49 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{41,4 \cdot 10^6}{0,85} = 49,9 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{49,9 \cdot 10^6}{1000 (95)} = 5,2 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,41$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 5,2}{240}} \right) = 0,0024 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{Perlu}} b.d \\ &= 0,0025 \cdot 1000 \cdot 85 = 212 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Digunakan Tulangan } \phi 10 = \frac{1}{4} \pi (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{A_s}{\text{Luas Tulangan } \phi 10}$$

$$= \frac{212}{78,5} = 2,70 \rightarrow 3 \text{ Buah}$$

$$\text{Jarak Tulangan dalam 1 m} = \frac{1000}{3} = 333,333 \text{ mm} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2,5 \times h = 2,5 \times 120 = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As yang timbul} &= 13 \cdot \frac{1}{4} \pi (10)^2 \\ &= 942 \text{ mm} > 1020 \text{ mm (As)} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Dipakai Tulangan $\phi 10 - 300 \text{ mm}$

e. Penulangan Tumpuan Arah Y

$$M_u = 183,01 \text{ Kgm} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1,8 \cdot 10^6}{0,85} = 21,17 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{12,02 \cdot 10^6}{1000 (95)} = 2,32 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{240}{0,85 \cdot 30} = 9,41$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 9,41 \cdot 2,32}{240}} \right) = 0,0010 \end{aligned}$$

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

Maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0010$

$$A_s = \rho_{\min} b \cdot d$$

$$= 0,0025 \cdot 1000 \cdot 95 = 95 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan Tulangan } \phi 10 = \frac{1}{4} \pi (10)^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah Tulangan} = \frac{A_s}{\text{Luas Tulangan } \phi 10}$$

$$= \frac{95}{78,5} = 2,2 \rightarrow 3 \text{ Buah}$$

$$\text{Jarak Tulangan dalam 1 m} = \frac{1000}{3} = 333,3 \text{ mm} \rightarrow 300 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak maksimum} = 2,5 \times h = 2,5 \times 120 = 300 \text{ mm}$$

$$\text{As yang timbul} = 3 \cdot \frac{1}{4} \pi (10)^2$$

$$= 235,5 \text{ mm} > 212,5 \text{ mm (As)} \dots \text{OK!}$$

Dipakai Tulangan ϕ **10 - 300mm**

f. Rekapitulasi Penulangan

Dari perhitungan di atas diperoleh

$$\text{Tulangan lapangan arah X} = \phi \text{ 10 - 300 mm}$$

$$\text{Tulangan lapangan arah Y} = \phi \text{ 10 - 300 mm}$$

$$\text{Tulangan tumpuan arah X} = \phi \text{ 10 - 300 mm}$$

$$\text{Tulangan tumpuan arah Y} = \phi \text{ 10 - 300 mm}$$

g. Kontrol Terhadap Lendutan

$$\text{Modulus Elastisitas Beton (Ec)} = 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{30} = 25743 \text{ Mpa}$$

$$\text{Modulus Elastisitas Baja Tulangan (Es)} = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\text{Beban merata tidak terfaktor pada plat } Q = Q_D + Q_L$$

$$= 8,464 + 2,50 = 10,964 \text{ N/mm}$$

$$\text{Panjang bentang plat } (L_y) = 5000 \text{ mm}$$

$$\text{Batas Lendutan maksimum yang di izinkan } L_x/240 = 5000/240$$

$$= 20,8 \text{ mm}$$

$$\text{Momen Inersia Plat (I_g)} = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 1000 \cdot 120^3$$

$$= 144000000 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned}
\text{Modulus Keruntuhan lentur beton}(f_r) &= 0,7 \times \sqrt{f_c} \\
&= 0,7 \times \sqrt{30} = 3,834 \text{ Mpa} \\
\text{Nilai perbandingan Modulus elastisitas (n)} &= E_s / E_c \\
&= 200000 / 25743 = 7,77 \\
\text{Jarak garis netral terhadap sisi atas beton}(c) &= n \cdot \frac{A_s}{b} = 7,77 \cdot \frac{237,5}{1000} \\
&= 1,84 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Momen inersia penampang retak yang di trnasformasikan ke beton dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
I_{cr} &= 1/3 \cdot b \cdot c^3 + n \cdot A_s \cdot (d-c)^2 \\
&= 1/3 \cdot 1000 \cdot (1,84)^3 + 7,77 \cdot 237,5 \cdot (95-1,84)^2 \\
&= 1128,53 + 16015613,9 \\
&= 16016742,43 \text{ mm}^4 \\
y_t &= h/2 = 120/2 = 60 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Momenretak :

$$\begin{aligned}
M_{cr} &= f_r \cdot I_g / y_t \\
M_{cr} &= 3,834 \cdot 144000000 / 60 = 9201600 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban)

$$\begin{aligned}
M_a &= 1/8 \cdot Q \cdot l^2 \\
M_a &= 1/8 \cdot 10,964 \cdot (5000)^2 = 34262500 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan

$$\begin{aligned}
I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right) \cdot I_{cr} \\
&= \left(\frac{9201600}{34262500} \right)^3 \cdot 144000000 + \left(1 - \left(\frac{9201600}{34262500} \right)^3 \right) \cdot 16016742,43 \\
&= 18495579,83
\end{aligned}$$

Lendutan elastic seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\begin{aligned}
\delta_e &= \frac{5}{384} \cdot \frac{Q \cdot L^4}{E_c \cdot I_e} \\
&= \frac{5}{384} \cdot \frac{10,964 \cdot 5000^4}{25743 \cdot 18495579,83} = 1,87 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Rasio Tulangan Slab Lantai

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} = \frac{237,5}{1000.95} = 0,0025$$

Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 Th) nilai $\zeta = 2$

$$\lambda = \frac{\zeta}{(1+50.\rho)} = \frac{2}{(1+50.0,0025)} = 1,7$$

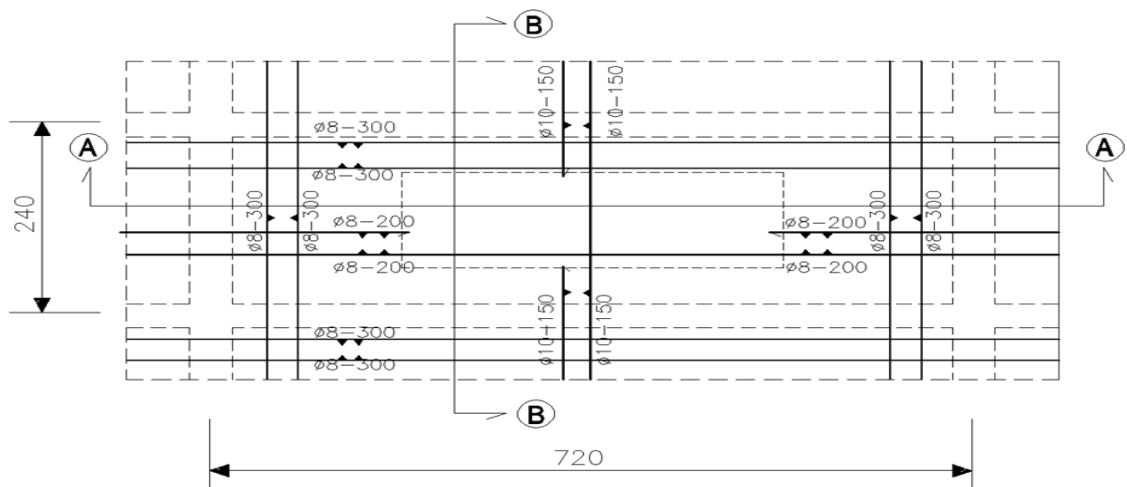
Lendutan jangka panjang akibat susut

$$\begin{aligned}\delta_g &= \lambda . \delta_e \\ &= 1,7 . 1,87 = 3,17 \text{ mm}\end{aligned}$$

Lendutan Total

$$\begin{aligned}\delta_{\text{tot}} &= \delta_e + \delta_g \\ &= 1,87 + 3,17 = 5,04 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat } \delta_{\text{tot}} &\leq \frac{Lx}{(240)} = 5,04 \text{ mm} \leq \frac{5000}{(240)} \\ &= 5,04 \text{ mm} \leq 20,83 \text{ mm} \dots\dots \text{AMAN !!}\end{aligned}$$



Gambar 3.5 skema penulangan plat lantai.

3.8 Perhitungan Kolom Dan Balok Secara Manual.

a. Kolom 450 X 450

Data- data untuk perhitungan :

$$D = 450 \text{ mm}$$

$$P_u = 702,8 \text{ mm}$$

$$M_u = 5,8 \text{ kNm}$$

$$F_y = 400 \text{ MPa} = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_c = 25 \text{ MPa} = 250 \text{ kg/cm}^2$$

Penyelesaian :

$$P_u = 702,84 \text{ kN} = 702840 \text{ N}$$

$$A_{gr} = \pi \cdot r^2 = 1589 \text{ mm}^2$$

$$F'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$P_u / (\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f'_c)$$

$$= 1200000 / (0,65$$

$$= 0,3201028 > 0,1$$

$$\text{Nilai } \phi = 0,65$$

$$et = \frac{M_u}{P_u}$$

$$P_u$$

$$= \frac{5,8}{702,84}$$

$$= 0,0082522 \text{ m} = 8,252 \text{ mm}$$

$$\frac{et}{H} = \frac{8,252}{450} = 0,0183$$

$$P_u / (\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 (et \cdot f'_c)$$

$$= 0,32 \cdot 0,018338$$

$$= 0,006$$

$$\text{Dianggap } \frac{D}{H} = \frac{65}{450} = 0,144$$

Menurut grafik didapatkan :

$$r = 0,0175$$

$$\beta = 1,0$$

$$\rho = \beta \cdot r$$

$$= 0,0175$$

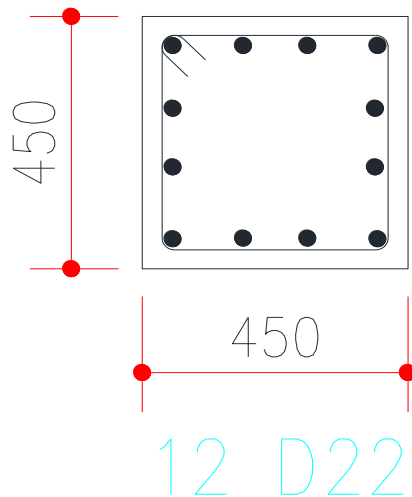
$$\text{Jadi, } A_s \text{ total} = \rho \cdot A_{gr} = 0,018 \cdot 158962,5$$

$$= 2781,84 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gunakan } 12 \text{ } \varnothing 22 = 4563,429 \text{ mm}^2$$

Maka dengan luas tulangan tersebut di pasang tulangan empat sisi :

$$\text{Dimana per sisi} = 4 \text{ } \varnothing 22 = 1521,143 \text{ mm}^2$$



b. Perhitungan balok 400 X 600

Data – data untuk perhitungan :

$$h = 600 \text{ mm} \quad d = 539 \text{ mm}$$

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

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

$$f'_c = 20 \text{ MPa}$$

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

$$DTP = 10 \text{ mm}$$

$$L = 5 \text{ m}$$

$$\text{Beban mati} = 0,4 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN} = 5,76 \text{ kN}$$

$$\text{Beban Hidup} = 50 \text{ kN}$$

$$q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \cdot 5,76 + 1,6 \cdot 50$$

$$= 86,912 \text{ kN}$$

$$M \text{ lapangan} = \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 86,912 \cdot 5^2$$

$$= 271,6 \text{ kNm}$$

1. Langkah - langkah perhitungan

Tentukan $\rho_{\max}$ untuk tulangan tunggal

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot (0,0025 \cdot \beta_1 \cdot f'_c) / (f_y (0,003 + f_y / 200000))$$

$$= 0,75 \cdot (0,0025 \cdot 0,85 \cdot 20) / (400 (0,003 + 400 / 200000))$$

$$= 0,0159$$

2. Tentukan $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035 \end{aligned}$$

400

3. Tentukan ρ

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

dimana :

$$\begin{aligned} R_u &= \frac{M_u}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{26,55}{400} \cdot \frac{1000000}{539^2} \\ &= 0,2285 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 20} \\ &= 23,5294 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{400 - \sqrt{(400)^2 - 2 \cdot 6.2326 / (0,8 \cdot 23.529 \cdot 400)}}{23.529 \cdot 400} \\ &= 0,0425 \end{aligned}$$

karena $\rho = 0,0425 > \rho_{\max} = 0,0159$ Maka, dipasang tulangan rangkap

4. Tentukan M_u1 yang dapat dipikul tulangan maksimum $\rho_{\max} =$

$$\begin{aligned} M_u1 &= \phi \cdot \rho1 \cdot b \cdot d \cdot d \cdot F_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho1 \cdot m) \\ &= 0,85 \cdot 0,0159 \cdot 400 \cdot 539 \cdot 539 \cdot 400 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,0159 \cdot 23,5294) \\ &= 511634717,3 \text{ Nmm} \\ &= 511,6347 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \rho1 \cdot b \cdot d \cdot F_y \cdot \left\{ d - \left(\frac{a}{2} \right) \right\} \\ &= 0,0159 \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 3436,125 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_{s1} \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b}$$

$$601923196,9 \text{ Nmm} = 601,9231969 \text{ kNm}$$

5. Tentukan M_u sisa

$$M_u \text{ sisa} = M_u - M_u1$$

$$= 271,6 - 511,63$$

$$= 240,03 \text{ kNm}$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{(0.85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot d') / (f_y \cdot d) - 600 / (600 - f_y)}{(0.85 \cdot 20 \cdot 0.85 \cdot 50) / (400 \cdot 450) - 600 / (600 - 450)}$$

$$\rho_1 \geq$$

$$0,0159 \geq 0,010053$$

karena $0,0159 \geq 0,0101 \rightarrow$ tulangan tekan sudah leleh, jadi $f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$A's = A_s2 = (M_u \text{ sisa}) / (\phi \cdot f_s (d - d'))$$

$$= (111.16 \cdot 1000000) / (0.8 \cdot 400 (450 - 50))$$

$$= 1533,96 \text{ mm}^2$$

c. Jadi, $A_s = 3436,13 + 1533,96$

$$= 4970,09 \text{ mm}^2$$

$$A's = 1533,96 \text{ mm}^2$$

d. Tulangan terpasang

Tulangan tarik :

$$\text{diameter } \phi = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Luas tulangan hasil perhitungan, } A_s = 4970,09 \text{ mm}^2$$

d. Tulangan terpasang

Tulangan tarik :

diameter $\emptyset$ = 22 mm

Luas tulangan hasil perhitungan , A_s = 4970,09 mm²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{4970,09}{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot 22^2} \\ &= 13,069 \rightarrow \text{pakai } 14 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan tarik terpasang} &= 14 \cdot 0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot 22^2 \\ &= 5324 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan :

diameter $\emptyset$ = 22 mm

Luas tulangan hasil perhitungan , A'_s = 1533,96 mm²

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{1533,96}{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot 22^2} \\ &= 4,034 \rightarrow \text{pakai } 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan tarik terpasang} &= 5 \cdot \frac{22}{7} \cdot 22^2 \\ &= 7605,71 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. **Perhitungan balok 500 X 300**

Data-data untuk perhitungan :

h = 500 mm d = 437,5 mm
 b = 300 mm
 s = 50 mm
 f_c = 20 MPa
 f_y = 400 MPa
 DTP = 25 mm
 $\emptyset$ TS = 10 mm

Beban mati = 0,3m. 0,5 m . 24 kN= 3,6 kN

Beban Hidup = 50 kN

q_u = 1.2 DL + 1.6 LL

$$= 1,2 \cdot 3,6 + 1,6 \cdot 50$$

$$= 84,32 \text{ kN}$$

$$M \text{ lapangan} = 1/8 \cdot q_u \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 84,32 \cdot 6^2$$

$$= 379,44 \text{ kNm}$$

Langkah - langkah perhitungan

1. Tentukan $\rho_{\max}$ untuk tulangan tunggal

$$\rho_{\max} = 0.75 \cdot (0.0025 \cdot \beta_1 \cdot f_c) / (f_y (0.003 + f_y / 200000))$$

$$= 0.75 \cdot (0.0025 \cdot 0.85 \cdot 20) / (400 (0.003 + 400 / 200000))$$

$$= 0,0159$$

2. Tentukan $\rho_{\min}$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y}$$

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

3. Tentukan ρ

$$\rho = (f_y - \sqrt{(f_y)^2 - 2 \cdot R_u / (\phi \cdot m \cdot f_y)}) / (m \cdot f_y)$$

dimana :

$$R_u = \frac{M_u}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{26,55 \cdot 1000000}{300 \cdot 437,5^2}$$

$$= 0,4624$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

$$= \frac{400}{0,85 \cdot 20}$$

$$= 23,5294$$

$$\rho = (400 - \sqrt{(400)^2 - 2 \cdot 6.2326 / (0.8 \cdot 23.529 \cdot 400)}) / (23.529 \cdot 400)$$

$$= 0,0425$$

karena $\rho = 0,0425 > \rho_{\max} = 0,0159$ Maka, dipasang tulangan rangkap

4. Tentukan M_u1 yang dapat dipikul tulangan maksimum $\rho_{\max} =$

$$\begin{aligned}
 Mu1 &= \phi \cdot \rho1 \cdot b \cdot d \cdot d \cdot Fy \cdot (1 - 0.5 \cdot \rho1 \cdot m) \\
 &= 0,85 \cdot 0,0159 \cdot 300 \cdot 437,5 \cdot 438 \cdot 400 \cdot (1 - 0.5 \cdot 0,0159 \cdot 23,5294) \\
 &= 252813262,9 \text{ Nmm} \\
 &= 252,8133 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As1 &= \rho1 \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0159 \cdot 300 \cdot 437,5 \\
 &= 2091,796875 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As1 \times Fy \{ d - (a/2) \} \\
 297427368,2 \text{ Nmm} &= 297,4273682 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$a = \frac{As1 \times Fy}{0.85 \times F'c \times b}$$

$$164,0625$$

5. Tentukan Mu sisa

$$\begin{aligned}
 Mu \text{ sisa} &= Mu - Mu1 \\
 &= 379,44 - 252,81 \\
 &= 126,63 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

6. Mu sisa dipikul oleh momen kopel akibat tulangan tarik tambahan dan tulangan tekan :

a. cek dulu apakah tulangan tekan sudah/belum leleh :

Syarat tulangan tekan sudah leleh

$$\begin{aligned}
 \rho - \rho' &\geq \frac{(0.85 \cdot f_c \cdot \beta1 \cdot d') / (fy \cdot d) \cdot 600 - 600 / (600 - fy)}{(0.85 \cdot 20 \cdot 0.85 \cdot 50) / (400 \cdot 450) - 600 / (600 - 400)} \\
 \rho1 &\geq 0,012386 \\
 0,0159 &\geq 0,015 \\
 \text{karena } \frac{0,015}{9} &\geq 0,0124 \rightarrow \text{tulangan tekan sudah leleh, jadi } f's = fy = 400 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$A's = As2 = (Mu \text{ sisa}) / (\phi \cdot fs (d - d'^{\wedge}))$$

b.

$$= (111.16 \cdot 1000000) / (0.8 \cdot 400 (450 - 50))$$

$$= 1021,18 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{c. Jadi, } A_s &= 2091,80 + 1021,18 = 3112,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A's = 1021,18 \text{ mm}^2$$

d. Tulangan terpasang

Tulangan tarik :

diameter $\emptyset = 25 \text{ mm}$

Luas tulangan hasil perhitungan , $A_s = 3112,98 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{3112,98}{\frac{22}{7} \cdot \frac{25^2}{4}} \\ &= 6,339 \rightarrow \text{pakai } 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan tarik terpasang} &= 7 \cdot \frac{22}{7} \cdot \frac{25^2}{4} \\ &= 3437,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan :

diameter $\emptyset = 25 \text{ mm}$

Luas tulangan hasil perhitungan , $A's = 1021,18 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan} &= \frac{1021,18}{\frac{22}{7} \cdot \frac{25^2}{4}} \\ &= 2,080 \rightarrow \text{pakai } 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan tarik terpasang} &= 3 \cdot \frac{22}{7} \cdot \frac{25^2}{4} \\ &= 5892,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3.9 Metode Pelaksanaan Pekerjaan

3.9.1 Pekerjaan Konstruksi Kolom

Pada proyek perkantoran kolom yang digunakan ada 2 bentuk, yaitu persegi dan silender. 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:

- Penentuan As kolom

Titik-titik dari *as* kolom diperoleh dari hasil pengukuran dan pematokan. Hal ini disesuaikan dengan gambar yang telah direncanakan. Cara menentukan *as* kolom membutuhkan alat-alat seperti: theodolit, meteran, tinta, sipatan dll.

Proses pelaksanaan:

- Penentuan *as* kolom dengan Theodolit dan *waterpass* berdasarkan *shop drawing* dengan menggunakan acuan yang telah ditentukan bersama dari titik BM (*Bench Mark*)
- Buat *as* kolom dari garis pinjaman
- Pemasangan patok *as* bangunan/kolom (tanda berupa garis dari sipatan).
- Pembesian kolom

Proses pekerjaan pembesian dalam proyek ini adalah sebagai berikut:

- Pembesian atau perakitan tulangan kolom adalah *precast* atau dikerjakan di tempat lain yang lebih aman
- Perakitan tulangan kolom harus sesuai dengan gambar kerja.
- Selanjutnya adalah pemasangan tulangan utama. Sebelum pemasangan sengkang, terlebih dahulu dibuat tanda pada tulangan utama dengan kapur.
- Selanjutnya adalah pemasangan sengkang, setiap pertemuan antara tulangan utama dan sengkang diikat oleh kawat dengan sistem silang.



Gambar 3.6 pemasangan sengkang pada kolom

- Setelah itu tulangan dirakit secara manual
- Setelah besi tulangan terpasang maka kolom siap di pasang bekisting untuk pengecoran.
- Pemasangan Bekisting Kolom
Pemasangan bekisting kolom dilaksanakan apabila pelaksanaan pembesian tulangan telah selesai dilaksanakan.

Berikut ini adalah uraian singkat mengenai proses pembuatan bekisting kolom.

- Bersihkan area kolom dan *marking* posisi bekisting kolom.
- Membuat garis pinjaman dengan menggunakan sipatan dari as kolom sebelumnya sampai dengan kolom berikutnya dengan berjarak 100cm dari masing-masing as kolom.

- Setelah mendapat garis pinjaman, lalu buat tanda kolom pada lantai sesuai dengan dimensi kolom yang akan dibuat, tanda ini berfungsi sebagai acuan dalam penempatan bekisting kolom.
- *Marking* sepatu kolom sebagai tempat bekisting
- Pasang sepatu kolom pada tulangan utama atau tulangan sengkang.
- Pasang sepatu kolom dengan *marking* yang ada.
- Atur kelurusan bekisting kolom dengan memutar *push pull*.
- Setelah tahapan diatas telah dikerjakan, maka kolom tersebut siap dicor.



Gambar 2.7 pemasangan bekisting kolom.

- pengecoran kolom

Langkah kerja pekerjaan pengecoran kolom adalah sebagai berikut:

- Persiapan pengecoran
Sebelum dilaksanakan pengecoran, kolom yang akan dicor harus benar-benar bersih dari kotoran agar tidak membahayakan konstruksi dan menghindari kerusakan beton.
- Pelaksanaan pengecoran
Pengecoran dilakukan dengan menggunakan *bucket* cor yang dihubungkan dengan pipa tremi dengan kapasitas *bucket* sampai $0,9\text{m}^3$. *Bucket* tersebut diangkut dengan menggunakan *Tower crane* untuk memudahkan pengerjaan.

Penuangan beton dilakukan secara bertahap, hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya *segregasi* yaitu pemisahan agregat yang dapat mengurangi mutu beton. Selama proses pengecoran berlangsung, pemadatan beton menggunakan *vibrator*. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan rongga-rongga udara serta untuk mencapai pemadatan yang maksimal.

- Pembongkaran bekisting kolom

Setelah pengecoran selesai, maka dapat dilakukan pembongkaran bekisting. Proses pembongkarannya adalah sebagai berikut:

- Setelah beton berumur 2 hari, maka bekisting kolom sudah dapat dibongkar.
- Pertama-tama, buka kuda-kuda penahan bekisting
- Kendorkan (penyangga bekisting)
- Kendorkan baut-baut yang ada pada bekisting kolom, sehingga rangkaian/panel bekisting terlepas.
- Panel bekisting yang telah terlepas, atau setelah dibongkar segera diangkat ke lokasi pabrikasi awal.



Gambar 3.8 pembongkaran bekisting kolom.

- Perawatan Beton Kolom

Perawatan beton kolom setelah pengecoran adalah perawatan beton yang dilakukan adalah dengan menyiram/membasahi beton 2 kali sehari selama 1 minggu.

2.9.2 Pekerjaan konstruksi Pelat Lantai Dan Balok

Pekerjaan balok dilaksanakan setelah pekerjaan kolom telah selesai dikerjakan. Pada proyek kantor 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 yang direncanakan, 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 pesawat ukur *theodolite*.

- 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 luasan pelat atau 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 ada dilakukan dengan sistem pabrikasi di los besi dan ada yang dirakit diatas bekisting yang sudah jadi. Sedangkan pembesian plat dilakukan dilakukan di atas bekisting yang sudah jadi.

2) Tahap Pekerjaan Balok dan Pelat

Pengerjaan balok dan pelat dilakukan secara bersamaan pada dasar.

- Pembekistingan balok

Tahap pembekistingan 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 *base jack* atau *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 3.9 Pemasangan bekisting pada balok.

- Pembekistingan pelat

Tahap pembekistingan 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 dan diperlukan *main frame* tambahan dengan menggunakan *Joint pin*. Perhitungkan ketinggian *scaffolding* pelat dengan mengatur *base jack* dan *U-head jack* nya
- Pada *U-head* dipasang balok kayu (girder) 6/12 sejajar dengan arah *cross brace* dan diatas girder dipasang suri-suri dengan arah melintangnya.
- Kemudian dipasang *plywood* sebagai alas pelat. Pasang juga dinding untuk tepi pada pelat dan dijepit menggunakan siku.. Plywood dipasang serapat mungkin, sehingga tidak terdapat rongga yang dapat menyebabkan kebocoran pada saat pengecoran
- Semua bekisting rapat terpasang, sebaiknya diolesi dengan solar sebagai pelumas agar beton tidak menempel pada bekisting, sehingga dapat mempermudah dalam pekerjaan pembongkaran dan bekisting masih dalam kondisi layak pakai untuk pekerjaan berikutnya.



Gambar 3.10 pemasangan bekisting balok dan plat lantai.

- 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.

- Pembesian balok

Tahap pembesian balok adalah sebagai berikut :

- Untuk Pembesian balok pada awalnya dilakukan pabriksi di los besi kemudian diangkat ke lokasi yang akan dipasang.
- Besi tulangan balok yang sudah diangkat lalu 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.

Untuk pembesian balok dilakukan 3 kali perubahan dalam metode pemasangannya. Perubahan yang pertama yaitu semua besi tulangan dipabriksi seluruh bagian sampai balok jadi utuh, namun ada kendala pada saat pertemuan pembesian kolom sehingga dilakukan perubahan yang kedua yaitu dengan pembesian pabriksi sebagian, tulangan memanjang dan sengkang dipisah namun ada kendala pada saat pembersihannya dan perubahan yang terakhir semua bagian pembesian dilakukan ditempat yang akan dicor tidak dipabrikasikan lagi dan sampai kini metode ini yang paling baik untuk digunakan.

- Pembesian pelat

Setelah tulangan balok terpasang. Selanjutnya adalah tahap pembesian pelat, antara lain :

- Pembesian pelat dilakukan langsung di atas bekisting pelat yang sudah siap. Besi tulangan diangkat menggunakan *tower crane* dan dipasang diatas bekisting pelat.
- Rakit pembesian dengan tulangan bawah terlebih dahulu. Kemudian pasang tulangan ukuran tulangan D10-200.
- selanjutnya secara menyilang dan diikat menggunakan kawat ikat.

- Letakkan beton deking antara tulangan bawah pelat dan bekisting alas pelat. Pasang juga tulangan kaki ayam antara untuk tulangan atas dan bawah pelat.



Gambar 3.11 Pemasangan pembesian pada balok dan pelat

- 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.

- Pembongkaran Bekisting

Pembongkaran bekisting pelat dilakukan setelah 4 hari pengecoran sedangkan untuk balok pembongkaran bekisting dilakukan 7 hari setelah pengecoran. Setelah bekisting di bongkar kemudian dipasang sapot sebagai penunjang pelat dan beban di atasnya.

- Tahap Pengecoran Pelat dan Balok

Administrasi pengecoran

- Setelah bekisting dan pembesian siap *engineer* mengecek ke lokasi atau zona yang akan dicor
- Setelah semua OK, *engineer* membuat izin cor dan mengajukan surat izin ke konsultan pengawas
- Kemudian tim pengawas melakukan survey ke lokasi yang diajukan dalam surat cor.

Setelah OK konsultan pengawas menandatangani surat izin cor tersebut

- Surat izin cor dikembalikan kepada *engineer* dan pengecoran boleh dilaksanakan.

- 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 sebagai contoh pengamatan yaitu adalah sebagai berikut :

- Setelah mendapatkan Ijin pengecoran disetujui, *engineer* menghubungi pihak beaching plan 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
- Truck Mixer tiba di proyek dan laporan ke satpam kemudian menyerahkan bon penyerahan barang yang berisi waktu keberangkatan, kedatangan, waktu selesai, volume.
- 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 plat diratakan oleh scrub secara manual lalu check level dengan waterpass.1 pekerja vibrator memasukan alat 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
- Pekerjaan ini dilakukan berulang sampai beton memenuhi area cor yang telah ditentukan, idealnya waktu pengecoran dilakukan 6 sampai 8 jam

- Pengecoran Balok

Setelah pekerjaan pembesian balok dan pelat selesai, maka dapat dilakukan pengecoran. Pengecoran balok dan pelat dilakukan bersamaan. Nilai slump pada pelat 12 – 2cm (10 cm s/d 14 cm) sedangkan pada balok 12 – 2cm (10 cm s/d 14 cm). Pengecoran balok dan pelat dengan menggunakan *concrete pump* dengan menggunakan beton *readymix*.

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 compessor.

- Pelaksanaan pengecoran balok dan pelat adalah sebagai berikut:

- 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.
- Alirkan beton *readymix* sampai ke lokasi pengecoran, lalu padatkan dengan menggunakan vibrator.

- Setelah beton dipadatkan, maka dilakukan petrataan permukaan coran dengan menggunakan alat-alat manual.
- Setelah proses pengecoran selesai ampai batas pengecoran, maka dilakukan *finishing*.



Gambar 3.12 pengecoran balok dan plat lantai

- 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.



Gambar 3.13 pembongkaran bekisting

- Perawatan (*curing*)

Setelah dilaksanakan pengecoran, maka untuk menjaga agar mutu beton tetap terjaga dilakukan perawatan beton. Perawatan beton yang dilakukan adalah dengan menyiram/membasahi beton 2 kali sehari selama 1 minggu

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Dalam perencanaan struktur kolom, balok dan pelat lantai sangat dianjurkan untuk memperhitungkan penulangan yang akan dipakai sesuai syarat SNI yang ada, agar supaya penulangan pada struktur kolom, balok dan pelat lantai tidak mengalami *over structur* yang tidak ekonomis dari segi biaya.

Dari perhitungan di dapat hasil perhitungan tulangan sebagai berikut :

Penulangan kolom : Lantai 1 D22 12 buah

: Lantai 2 D22 12 buah

Penulangan balok :

Pembesian balok pada Portal arah X

lantai	Diameter	Tumpuan/lapangan	buah
Lantai 1	D19	Tumpuan atas	8
		Tumpuan bawah	6
	D19	Lapangan atas	5
		Lapangan bawah	5
Lantai 2	D19	Tumpuan atas	4
		Tumpuan bawah	3
	D19	Lapangan atas	2
		Lapangan bawah	3

Pembesian balok pada Portal arah Y

lantai	diameter	Tumpuan/lapangan	buah
Lantai 1	D19	Tumpuan atas	5
		Tumpuan bawah	5
	D19	Lapangan atas	3
		Lapangan bawah	3
Lantai 2	D19	Tumpuan atas	3
		Tumpuan bawah	3
	D19	Lapangan atas	2
		Lapangan bawah	2

Pembesian balok pada balok anak

lantai	diameter	Tumpuan/lapangan	buah
Lantai 1	D16	Tumpuan atas	3
		Tumpuan bawah	2
	D16	Lapangan atas	2
		Lapangan bawah	2
Lantai 2	D16	Tumpuan atas	2
		Tumpuan bawah	2
	D16	Lapangan atas	2
		Lapangan bawah	2

Penulangan plat lantai :

Tulangan lapangan arah X	= D10 – 300 mm 3 buah
Tulangan lapangan arah Y	= D10 – 300 mm 3 buah
Tulangantumpuan arah X	= D10 – 300 mm 3 buah
Tulangantumpuan arah Y	= D10 – 300 mm 3 buah

4.2 Saran.

1. Dalam perencanaan pembuatan struktur memakai program ETABS versi 9.0.7 ada baiknya juga dapat mengontrol dengan penggunaan aplikasi SAP 2000.
2. Dalam perencanaan struktur bangunan harus di perhitungkan jumlah tulangan yang efisien dan ekonomis.
3. Selain memakai program *software* untuk perhitungan struktur ada baiknya juga kita dapat memahami perhitungan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 03-2847-2002 Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung
- Anugrah, pamungkas and Harianti, Erni. 2009. Gedung beton bertulang tahan gempa sesuai Standar SNI 03-1726-2002 SNI 03-2847-2002 dengan bantuan program ETABS versi 9.0.7, CV. Putra Media Nusantara, Surabaya.
- Istimawan Dipohusodo. (1999). “**Struktur Beton Bertulang**”, Jakarta.
- MacGregor, J.G. (1997). “**Reinforced Concrete : Mechanics and Design 3rd Ed.**”, Prentice-Hall International, Inc.
- Robert, Park and T.Paulay. (1975). “**Reinforced Concrete Structures**”, A Wiley-intersciencpublication, Inc.
- Dewobroto, Wiryanto. (2005). “**Strategi penyelesaian numerik berbasis komputer Analisis lentur ultimate penampang beton1 (Model Tegangan Parabolik PCA)**” http://sipil-uph.tripod.com/wiryanto_di_uty.pdf
- Marlina, Endy. *Panduan perancangan Bangunan Komersial*, Andi : 2006, Jakarta
- Nawi. EG, *Beton bertulang Suatu pendekatan dasar*, rafikaaditama : 1998, Bandung
- Gurki, TambahSembiring J., *Beton bertulang edisi revisi.*, Rekayasasains : 2007 Bandung.
- Pamungkas, A, Hariyati E., *Gedung beton bertulang tahan gempa* ,ITSPress : 2009 Surabaya

Tabel 3 Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung

Sistem dan subsistem struktur gedung	Urutan sistem pemikul beban gempa	μ	R_a Pers. (6)	Γ Pers. (39)
1. Sistem dinding penutupi (Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penutupi atau sistem bracing memiliki hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bracing)	1. Dinding geser beton bertulang	2,7	4,5	2,8
	2. Dinding penutupi dengan rangka baja ringan dan bracing tarik	1,8	2,8	2,2
	3. Rangka bracing di mana bracingnya memikul beban gravitasi			
	a. Baja	2,8	4,4	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,8	2,8	2,2
2. Sistem rangka gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bracing)	1. Rangka bracing eksentrik baja (ERB)	4,3	7,0	2,8
	2. Dinding geser beton bertulang	1,3	3,5	2,8
	3. Rangka bracing biasa			
	a. Baja	1,6	3,6	2,2
	b. Beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	1,6	3,6	2,2
	4. Rangka bracing konsentrik khusus			
	a. Baja	4,1	6,4	2,2
	b. Beton bertulang berangkai daktil	4,0	6,5	2,8
	5. Dinding geser beton bertulang kanti-lever daktil penuh	1,6	6,0	2,8
	6. Dinding geser beton bertulang kanti-lever daktil parsial	1,3	3,5	2,8
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	3,2	6,5	2,8
	b. Beton bertulang	3,2	6,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen semanggot beton (SRPMM)	1,3	3,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRPMBK)	4,0	6,5	2,8
4. Sistem ganda (Terdiri dari: 1) rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi; 2) pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bracing dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul selang-selingnya 25% dari seluruh beban lateral; 3) kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi sistem ganda)	1. Dinding geser			
	a. Beton bertulang dengan SRPMK beton bertulang	3,2	6,5	2,8
	b. Beton bertulang dengan SRPMBK baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang	4,0	6,5	2,8
	2. RIB: baja			
	a. Dengan SRPMBK baja	3,2	6,5	2,8
	b. Dengan SRPMBK baja	2,6	4,2	2,8
	3. Rangka bracing biasa			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,0	6,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMBK baja	2,6	4,2	2,8
	c. Beton bertulang dengan SRPMBK beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	4,0	6,5	2,8
	d. Beton bertulang dengan SRPMM beton bertulang (tidak untuk Wilayah 5 & 6)	2,6	4,2	2,8
	4. Rangka bracing konsentrik khusus			
	a. Baja dengan SRPMK baja	4,6	7,5	2,8
	b. Baja dengan SRPMBK baja	2,6	4,2	2,8
5. Sistem struktur gedung kolom kanti-lever (Sistem struktur yang memanfaatkan kolom kanti-lever untuk memikul beban lateral)	Sistem struktur kolom kanti-lever	1,4	2,2	2
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka	Beton bertulang biasa (tidak untuk Wilayah 3, 4, 5 & 6)	1,4	3,5	2,8
7. Subsistem tunggal (Subsistem struktur gedung yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan)	1. Rangka terbuka baja	3,2	6,5	2,8
	2. Rangka terbuka beton bertulang	3,2	6,5	2,8
	3. Rangka terbuka beton bertulang dengan balok beton pretelan (bergantung pada indeks baja tulai)	1,3	3,5	2,8
	4. Dinding geser beton bertulang berangkai daktil penuh	4,0	6,5	2,8

Sumber: SNI – 1726 – 2002

Tabel 1 Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

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 di atas menara	1,5	1,0	1,5

Sumber: SNI – 1726 – 2002

Tabel 8 Koefisien ζ yang membatasi waktu getar alami Fundamental struktur gedung

Wilayah Gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Sumber: SNI – 1726 – 2002

Tanpa lubang	
- tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
- tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
- kaca, dengan tebal 3 - 4 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.d.a. minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genteng dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap simp dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gording	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Catatan:

- (1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengu.
- (2) Untuk beton getas, beton krusut, beton mampat dan beton padat lain sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri.
- (3) Nilai ini adalah nilai rata-rata, untuk jenis-jenis kayu tertentu lihat NI 5 Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia.

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983

Tabel 3.1.
Beban hidup pada lantai gedung

a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m ²
b.	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m ²
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, <u>rosrba</u> , restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m ²
d.	Lantai ruang olah raga	400 kg/m ²
e.	Lantai ruang dansa	500 kg/m ²
f.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a/d e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m ²
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m ²
h.	Tangga, <u>borfes</u> tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300 kg/m ²
i.	Tangga, <u>bordes</u> tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500 kg/m ²
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250 kg/m ²
k.	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, persediaan, ruang angip, toko kayu, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 kg/m ²
l.	Lantai gedung parkir bertingkat	
	— untuk lantai bawah	800 kg/m ²
	— untuk lantai tingkat lainnya	400 kg/m ²
m.	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

