



TUGAS AKHIR

PENINJAUAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS

PLAT, BALOK, DAN KOLOM (LANTAI 2-4)

PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT

Oleh :

Gilang Kumara Widodo

40030118060115

Diajukan sebagai

salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Diploma III Teknik Sipil

Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

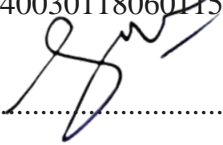
2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

NAMA : GILANG KUMARA WIDODO

NIM : 40030118060115

Tanda Tangan : 

Tanggal : 21 Juni 2022

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gilang Kumara Widodo
NIM : 40030118060115
Jurusan/Program Studi : Diploma III Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil dan Perencanaan Wilayah
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksekutif** (*Non-Executive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENINJAUAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS PLAT, BALOK, DAN KOLOM (LANTAI 2-4) PROYEK APARTERMIN CISAUK POINT beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan hak bebas royalti/noneksekutif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/memformat, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada tanggal : 21 Juni 2022

Yang menyatakan

(.....*GILANG KUMARA W.*.....)

HALAMAN PENGESAHAN



TUGAS AKHIR

PENINJAUAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS PLAT, BALOK DAN KOLOM (LANTAI 2-4) PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT

Tugas akhir ini telah diperiksa dan disahkan pada

hari : Selasa

tanggal : 21 Juni 2022

Disusun oleh :

Gilang Kumara Widodo

40030118060115

Dosen Pembimbing

Sutanto, ST, MT.

NIP. 195804051982031005

Mengetahui,

Ketua Program Studi Diploma III
Teknik Sipil Sekolah Vokasi UNDIP

Asri Nurdiana, ST, MT.

NIP. 198512092012122001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan hikmat-Nya dalam penyusunan tugas akhir, sehingga dapat terselesaikan. Tugas akhir dengan judul “PENINJAUAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS PLAT, BALOK, DAN KOLOM (LANTAI 2-4) PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT” disusun guna melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan pada Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih atas bantuannya kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta' ala yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta kelancaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan magang ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
3. Ibu Asri Nurdiana, S.T, M.T, selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro;
4. Bapak Sutanto, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir di Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro;

5. Dosen dan staff Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro;
6. *Team* PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT;
7. Semua pihak yang telah membantu sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Penulis menyadari akan ketidaksempurnaan maupun kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi insan Teknik Sipil khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Semarang, 10 Desember 2021

Penyusun

HALAMAN MOTTO

“Maka sesungguhnya bersana kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.” (QS. Al-Insyirah : 5-6)

“Ridha Allah tergantung ridha orang tuanya, dan murka Allah tergantung murka keduanya.” (HR. Thabrani)

“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya” (An Najm: 39)

*Ever tried, ever failed, no matter what, don't worry try again, fail again,
fail better.*

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
TUGAS AKHIR UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN MOTTO	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	13
1.1 Judul Tugas Akhir.....	13
1.2 Latar Belakang	13
1.3 Maksud dan Tujuan.....	14
1.4 Pembatasan Masalah	15
1.5 Sistematika Penulisan	15
BAB II METODOLOGI.....	17
2.1 Metode Pengerjaan.....	17
2.2 Metode Penggambaran.....	17
2.3 Metode Penulisan.....	18
2.4 Metode Analisa	18
BAB III PERHITUNGAN PLAT LANTAI.....	19
3.1 Uraian Umum.....	19
3.2 Pedoman Perhitungan Plat Lantai	19
3.3 Dasar Perhitungan	20
3.4 Konsep Perhitungan Tulangan	25
3.5 Perhitungan Plat Lantai	25
3.5.1 Menentukan Tebal Plat Lantai.....	27
3.5.2 Menentukan Tinggi Efektif Plat Lantai.....	30
3.5.3 Perhitungan Pembebanan Plat Lantai.....	31
3.5.4 Menghitung Momen yang bekerja.....	34

3.5.5	Menghitung Kebutuhan Tulangan Plat Lantai	38
3.5.6	Rekapitulasi Momen dan Penulangan	49
BAB IV PERHITUNGAN BALOK.....		51
4.1	Uraian Umum.....	51
4.2	Perhitungan Pembebanan	52
4.3	Analisa Statis.....	52
4.4	Perhitungan Balok.....	53
4.4.1	Data Perencanaan Balok.....	53
4.4.2	Beban Akibat Plat Lantai	53
4.5	Analisa Perhitungan Beban yang Bekerja pada Balok.....	54
4.6	Perhitungan Balok Anak Basement Type B4.....	59
4.6.1	Perhitungan Balok Anak Type B4 As 4-5 / G-J.....	60
4.7	Perhitungan Balok Induk Type B1.....	71
4.7.1	Perhitungan Balok Induk Type B1 As 4-5/G-J	71
4.7.2	Perhitungan Pembebanan Pada Balok Induk Type B1 ...	71
BAB V PENINJAUAN KOLOM.....		79
5.1	Dasar Peninjauan.....	79
5.2	Perhitungan Kolom	80
BAB VI PENUTUP		95
6.1	Kesimpulan.....	95
6.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		103
LAMPIRAN.....		104
BAB V PENINJAUAN KOLOM.....		105
5.1	Dasar Peninjauan.....	105
5.2	Perhitungan Kolom	106
BAB VI PENUTUP		120
6.1	Kesimpulan.....	120
6.2	Saran	123
DAFTAR PUSTAKA		103
LAMPIRAN.....		103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penentuan Panjang Bentang	20
Gambar 2. Beban Hidup Untuk Struktur Bangunan	24
Gambar 3. Denah Plat Lantai As 4-5/G-I.....	26
Gambar 4. Denah Plat Lantai As 5-6/C-E.....	26
Gambar 5. Dimensi Plat Type A1	27
Gambar 6. Dimensi Plat Type A1	29
Gambar 7. Ilustrasi Tinggi Efektif Plat Lantai.....	30
Gambar 8. Ilustrasi Tinggi Efektif Plat Lantai.....	31
Gambar 9. Posisi Tumpuan Jepit Plat Lantai Type A1	34
Gambar 10. Posisi Tumpuan Jepit Plat Lantai Type A1	35
Gambar 11. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah X Plat Type A1	39
Gambar 12. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah Y Plat Type A1	40
Gambar 13. Detail Penampang Tulangan Tumpuan Arah X Plat Type A1.....	41
Gambar 14. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah Y Plat Type A1	43
Gambar 15. Denah Penulangan Plat Lantai Type A1	43
Gambar 16. Potongan Melintang arah x Plat Lantai Type A1	44
Gambar 17. Potongan Melintang arah y Plat Lantai Type A1	44
Gambar 18. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah X Plat Type A1	45
Gambar 19. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah Y Plat Type A1	46
Gambar 20. Detail Penampang Tulangan Tumpuan Arah X Plat Type A1.....	47
Gambar 21. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah Y Plat Type A1	48
Gambar 22. Denah Penulangan Plat Lantai Type A1	49
Gambar 23. Potongan Melintang arah x Plat Lantai Type A1	49
Gambar 24. Potongan Melintang arah y Plat Lantai Type A1	49
Gambar 25. Denah Balok As 4-5/ G-J	53
Gambar 26. Ilustrasi Pembebanan Equivalent	55
Gambar 27. Ilustrasi Pembebanan Trapesium	55
Gambar 28. Ilustrasi Pembebanan Segitiga	57
Gambar 29. Ilustrasi Pembebanan Balok Sistem Amplop.....	59
Gambar 30. Ilustrasi Pembebanan Sistem Amplop Balok Anak Type B4	59
Gambar 31. Ilustrasi Momen dan Gaya Lintang.....	61
Gambar 32. Potongan Memanjang Balok Anak Type B4.....	70
Gambar 33. Potongan Melintang Balok Anak Type B4	70
Gambar 34. Ilustrasi Pembebanan Sistem Amplop Balok Induk Type B1	71
Gambar 35. Potongan Memanjang Balok Induk Type B1	78
Gambar 36. Potongan Melintang Balok Induk Type B1.....	78
Gambar 37. Denah Kolom As 3-6/ G-J.....	80
Gambar 38. Detail Kolom K1a	81

Gambar 39. Potongan Memanjang Kolom K1a.....	81
Gambar 40. Detail Kolom K1a	87
Gambar 41. Detail Kolom K2a	88
Gambar 42. Potongan Memanjang Kolom K2a.....	88
Gambar 43. Detail Kolom K2a	94
Gambar 44. Denah Kolom As 5-6/ J'-K'.....	106
Gambar 45. Detail Kolom K1a	107
Gambar 46. Potongan Memanjang Kolom K1a.....	107
Gambar 47. Detail Kolom K1a	112
Gambar 48. Detail Kolom K2a	113
Gambar 49. Potongan Memanjang Kolom K2a.....	114
Gambar 50. Detail Kolom K2a	119

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Minimum Pelat Satu Arah.....	9
Tabel 3.2	Besar Beban Mati untuk Material Bangunan.....	11
Tabel 3.3	Besar Beban Mati Untuk Komponen Bangunan.....	11
Tabel 3.4	Beban Hidup Untuk Struktur Bangunan.....	12
Tabel 3.5	Tabel Perhitungan Momen Plat Lantai.....	23
Tabel 3.6	Momen dan Penulangan Plat Lantai.....	36
Tabel 3.7	Hasil Peninjauan Ulang Plat Lantai.....	87
Tabel 3.8	Kondisi Plat Lantai Sebenarnya.....	87
Tabel 3.9	Hasil Peninjauan Ulang Balok.....	88
Tabel 3.10	Kondisi Balok Sebenarnya.....	88
Tabel 3.11	Hasil Peninjauan Ulang Kolom.....	89
Tabel 3.12	Kondisi Kolom Sebenarnya.....	89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Judul Tugas Akhir

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis mengangkat judul “PENINJAUAN PERHITUNGAN STRUKTUR ATAS PLAT, BALOK, DAN KOLOM (LANTAI 2-4) PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT”

1.2 Latar Belakang

Dalam Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, setiap mahasiswa yang akan menyelesaikan studinya diwajibkan untuk menyusun suatu karya ilmiah yang disebut tugas akhir. Penyusunannya dilaksanakan dengan persyaratan akademis, yaitu mahasiswa telah selesai menyelesaikan laporan magang dan telah menempuh atau menyelesaikan 90 sks.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini pokok bahasan yang akan dibahas adalah peninjauan mengenai perencanaan struktur atas yaitu plat lantai, balok, dan kolom. Peninjauan Proyek Apartemen Cisauk Point. Perhitungan gedung ini dilandasi oleh beberapa hal, diantaranya adalah :

1. Penulis ingin mempelajari lebih dalam tentang struktur bangunan gedung.

2. Penulis berpendapat bahwa pembangunan suatu gedung di masa sekarang dan mendatang akan sangat pesat perkembangannya
3. Keberhasilan suatu proyek konstruksi gedung sangat ditentukan oleh perhitungan yang baik dan ditunjang oleh pelaksanaannya di lapangan
4. Mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang diharapkan setelah lulus dapat menjadi tenaga yang terampil yang siap pakai dan mampu menguasai perhitungan suatu proyek bangunan.

1.3 Maksud dan Tujuan

Dengan menyusun Tugas Akhir diharapkan mahasiswa mampu merangkum dan mengaplikasikan semua pengalaman pendidikan untuk memecahkan masalah dalam bidang studi yang ditempuh secara sistematis, logis, kritis dan kreatif, berdasarkan data yang akurat dan didukung analitis yang tepat dan menuangkannya dalam bentuk penulisan karya ilmiah.

Secara akademis penulisan Tugas Akhir ini mempunyai tujuan adalah sebagai berikut :

1. Untuk melengkapi syarat akhir kelulusan pada Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang
2. Untuk melatih mahasiswa membuat suatu perhitungan proyek yang lebih baik yaitu dengan cara membuat sistem perhitungan proyek yang efektif dan efisien dengan pengalaman yang didapat dari Kerja Praktik selama 90 hari.

3. Tolak ukur kemampuan mahasiswa dalam menyerap ilmu yang diperoleh selama perkuliahan serta mengukur kualitas, kreatifitas dan kemampuan mahasiswa dalam mengembangkan gagasan serta mewujudkan secara nyata penerapan mata kuliah keteknikan secara terpadu, terencana, ilmiah dan sistematis
4. Untuk menambah pengalaman bagi mahasiswa dalam mempersiapkan diri menghadapi pekerjaan perhitungan yang sesungguhnya
5. Melatih dan meningkatkan kreatifitas serta meningkatkan kemampuan dalam mengembangkan gagasan bagi setiap mahasiswa.

1.4 Pembatasan Masalah

Peninjauan struktur atas pembangunan Aparteme Cisauk Point dalam penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi pembahasannya dengan peninjauan plat lantai, balok dan kolom pada lantai tipikal 2-4.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dan penyajian bentuk laporan tugas akhir ini adalah dengan gambar kerja yang dituangkan dalam membagi beberapa bagian yang terdiri dari :

BAB I	PENDAHULUAN
	Menguraikan judul tugas akhir, latar belakang, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.
BAB II	METODOLOGI
	Menguraikan metode pengerjaan, penggambaran dan analisa.
BAB III	PENINJAUAN PELAT LANTAI
	Berisi tentang uraian umum, pedoman perencanaan, dasar perencanaan, konsep perhitungan penulangan, dan analisa perencanaan pelat lantai.
BAB IV	PENINJAUAN BALOK
	Berisi tentang uraian umum, pedoman perencanaan, dan analisa perencanaan balok.
BAB V	PENINJAUAN KOLOM
	Berisi tentang uraian umum, pedoman perencanaan, dan analisa perencanaan kolom.
BAB VII	PENUTUP
	Bab ini berisi kesimpulan dan saran.
	DAFTAR PUSTAKA
	Berisi daftar literatur yang diperlukan dalam penyusunan tugas akhir.
	LAMPIRAN
	Berisi lampiran-lampiran penunjang dari tugas akhir ini

BAB II

METODOLOGI

2.1 Metode Pengerjaan

Pengerjaan Tugas Akhir ini menggunakan metode-metode sebagai berikut:

1. Metode Diskriptif

Metode diskriptif (literatur) didapatkan dari buku dan situs internet yang mendukung dan menunjang tentang contoh-contoh analisa yang digunakan dalam perhitungan struktur. Metode literatur digunakan dalam pemecahan-pemecahan yang dihadapi dalam pembuatan tugas akhir ini.

2. Metode Bimbingan

Metode bimbingan dilakukan dengan dosen mengenai masalah yang dibahas untuk mendapatkan pertunjuk dalam pembuatan tugas akhir.

3. Metode Observasi

Metode yang berupa pengamatan yang dapat berguna dalam perolehan data untuk pengerjaan tugas akhir.

2.2 Metode Penggambaran

Format penggambaran tugas akhir baik berupa hasil peninjauan perencanaan maupun gambar-gambar penunjang laporan tugas akhir ini,

disesuaikan dengan tata cara menggambar teknik struktur bangunan dengan menggunakan program *Auto CAD 2007*.

2.3 Metode Penulisan

Penulisan dalam tugas akhir ini menyesuaikan ejaan yang disempurnakan (EYD) dan tata cara penulisan karya ilmiah dengan menggunakan bantuan program *Microsoft Office 2019*.

2.4 Metode Analisa

Pada tugas akhir ini penulis hanya menganalisa pada struktur atas saja (*upper structure*). Peninjauan struktur atas yang dimaksud adalah berupa perencanaan plat lantai, balok dan kolom. Pengerjaan penganalisaan dibantu dengan menggunakan program *Microsoft Excel 2019*. Pada perencanaan tersebut penulis menyesuaikan dengan peraturan-peraturan berikut :

1. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 03-2847-2002).
2. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI T-15-1991-03).
3. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG 1987).
4. Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon kusum M.Eng.
5. Perhitungan mekanika rekayasa.

BAB III

PERHITUNGAN PLAT LANTAI

3.1 Uraian Umum

Plat adalah struktur planar kaku yang secara khas terbuat dari material monolit dengan tinggi yang kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Untuk merencanakan plat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan, tetapi juga ukuran dan syarat-syarat dari peraturan yang ada. Sistem perhitungan tulangan plat pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu plat satu arah (*one way slab*) dan plat dua arah (*two way slab*). Perhitungan plat lantai ini diperhitungkan dari struktur beton bertulang yang dicor secara monolit (menyatu) dengan struktur utama bangunan.

3.2 Pedoman Perhitungan Plat Lantai

Pedoman yang digunakan dalam perhitungan plat lantai adalah sebagai berikut:

1. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 03-2847-2002)
2. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG 1987)
3. Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng

4. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013)
5. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI-T-15-1991-03)

3.3 Dasar Perhitungan

Pada perhitungan plat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan/ketentuan sebagai berikut :

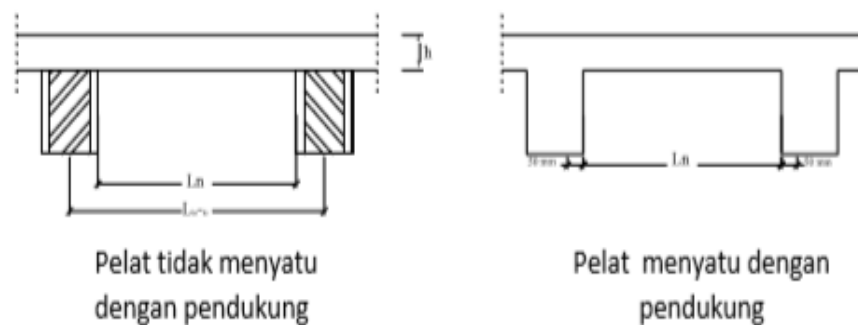
1. Pada perhitungan plat, lebar plat diambil 1 meter (**b=1000mm**)
2. Panjang Bentang (L) (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)

- a. Plat yang tidak menyatu dengan struktur pendukung

$$L = L_n + h \text{ dan } L \leq L_{as} - a_s$$

- b. Plat yang menyatu dengan struktur pendukung

$$\text{Jika } L_n \leq 3,0 \text{ m, maka } L = L_n$$



$$\text{Jika } L_n > 3,0 \text{ m, maka } L = L_n + (2 \times 50 \text{ mm})$$

Gambar 1. Penentuan Panjang Bentang

3. Tebal Minimum plat (h) (Pasal 11.5 SNI 03-2847-2002)
 - a. Untuk Plat satu arah (Pasal 11.5.2.3 SNI 03-2847-2002) tebal minimum plat dapat dilihat pada table sebagai berikut :

Komponen Struktur	Tinggi Minimal (h)			
	Dua Tumpuan	Satu ujung Menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lendutan yang besar			
Pelat Solid satu arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau pelat jalur satu arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Tabel 1. Data Minimum Plat Satu Arah

- b. Plat dua arah (Pasal 11.5.3 SNI 03-2847-2002), tebal minimal plat bergantung pada $\alpha_m = \alpha$ rata-rata, α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur plat dengan rumus berikut:

$$\alpha = (E_c b / I_b) / (E_c p / I_p)$$

- Jika $\alpha_m < 0,2$, maka

$$h \geq 120 \text{ mm}$$

- Jika $0,2 \leq \alpha_m < 2$, maka

$$h = \frac{L_n (0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (\alpha_m - 0,2)} \text{ dan } \geq 120 \text{ mm}$$

- Jika $\alpha_m > 2$, maka

$$h = \frac{L_n (0,8 - \frac{f_y}{1500})}{36 - 9 \cdot \beta} \text{ dan } \geq 90 \text{ mm}$$

dengan β = rasio bentang bersih plat dalam arah memanjang dan memendek. Tebal Selimut Beton minimal (Pasal 9.7.1 SNI 03-2847-2002))

Keterangan :

E_{cb} = Modulus Elastisitas Beton

E_{cp} = Modulus Elastisitas Plat

I_b = Momen Inersia Balok

I_p = Momen Inersia Plat

1) Untuk baja tulangan $D \leq 36$

Tebal selimut beton ≥ 20 mm

2) Untuk baja tulangan D44-D56

Tebal selimut beton ≥ 20 mm- 40 mm

4. Jarak bersih antar tulangan S (Pasal 9.6.1 SNI 03-2847-2002)

Jarak bersih antar tulangan tidak boleh kurang dari d_b ataupun 25mm

5. Jarak maksimal antar tulangan (as ke as)

a. Tulangan Pokok

Plat 1 arah : $s \leq 3.h$ dan $s \leq 450$ mm (pasal 12.5.4)

Plat 2 arah : $s \leq 2.h$ dan $s \leq 450$ mm (pasal 15.3.2)

b. Tulangan bagi

$s \leq 5.h$ atau $s \leq 450$ mm (Pasal 9.12.2.2)

6. Luas Tulangan Plat minimum

Untuk $f_y = 240$ Mpa, Maka $A_s \geq 0,0025.b.h$

Untuk $f_y = 320$ Mpa, Maka $A_s \geq 0,0020.b.h$

Untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$, Maka $A_s \geq 0,0018.b.h$

Untuk $f_y \geq 400 \text{ Mpa}$, Maka $A_s \geq 0,0014.b.h$

7. Macam Pembebanan

Macam-macam beban yang direncanakan dan perlu dipertimbangkan kemungkinan terjadi sesuai Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung SNI 03-2847-2002, antara lain :

a. Beban Mati (*Dead Load*(qD))

Beban mati adalah berat dari semua bagian bangunan gedung yang bersifat tetap, termasuk peralatan tetap yang tidak terpisahkan dari gedung. Beban mati untuk gedung diatur dalam SNI 03-1727-1989-F.

Material	Specific Gravity (Kg/m ³)
Beton Tanpa Tulangan	2200
Beton Bertulang	2400
Baja	7850
Kayu	1000
Pasir	1600

Tabel 2. Besar Beban Mati untuk Material Bangunan

Sumber : SNI Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung

SNI 03-1727-1989

Komponen	Berat Satuan (Kg/m ²)
Mortar (per 1 cm)	21
Batu bata	250
Langit-langit (tidak termasuk penggantung)	11
Struktur penggantung langit-langit	7

Tegel semen	10
Keramik (tidak termasuk mortar)	24
Struktur atap baja	10 + 0,8 L

Tabel 3. Besar Beban Mati Untuk Komponen Bangunan

Sumber : SNI Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung

SNI 03-1727-1989

b. Beban Hidup (*Life load (qL)*)

Berat semua beban yang terjadi akibat penggunaan dari gedung tersebut, termasuk peralatan yang sering berpindah posisi sehingga mengakibatkan perubahan pada pembebanan yang ada.

Komponen	Beban (Kg/m^2)
Beban hidup pada atap	100
Lantai rumah tinggal	200
Lantai sekolah, perkantoran, hotel, asrama, pasar, dan rumah sakit	250
Panggung penonton	500
Lantai ruang olahraga, pabrik, bengkel, gudang, tempat orang berkumpul, perpustakaan, toko buku, masjid, gereja, bioskop, dan ruang mesin atau alat	400
Balkon atau tangga	300
Lantai gedung parkir :	
- Lantai bawah	800
- Lantai atas	400

Gambar 2. Beban Hidup Untuk Struktur Bangunan

Sumber : SNI Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SNI 03-1727-1989

3.4 Konsep Perhitungan Tulangan

Perhitungan penulangan ini diambil dari momen-momen yang menentukan dan dapat mewakili penulangan secara keseluruhan. Untuk melakukan perhitungan penulangan plat terlebih dahulu ditentukan ρ dari M_u / bd^2 dan ρ harus memenuhi syarat yaitu $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$. Jika ternyata ρ yang ada $< \rho_{min}$ maka digunakan ρ_{min} dan bila $\rho > \rho_{maks}$ maka harus redesain plat. Kemudian dicari tulangan dengan rumus $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ dan ditentukan berapa diameter dan jumlah tulangan.

Keterangan :

M_u = Momen yang bekerja

b = lebar

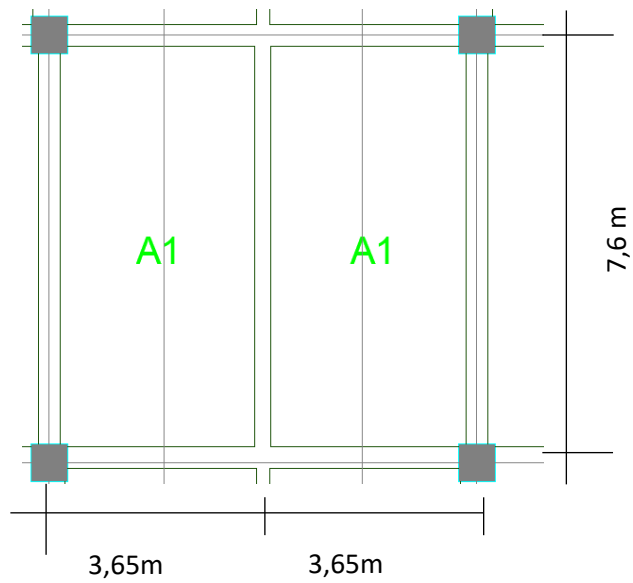
d = tinggi efektif

A_s = Luas penampang

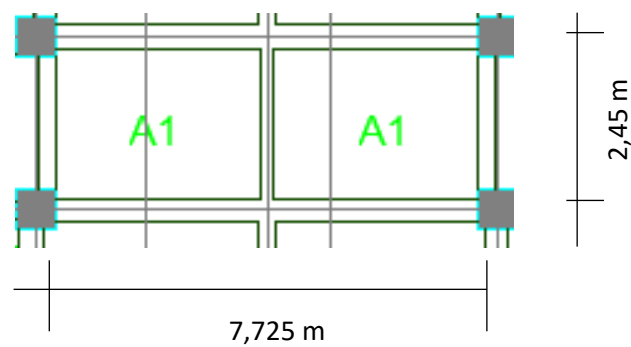
ρ = masa jenis

3.5 Perhitungan Plat Lantai

Konstruksi pada PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT ini menggunakan perencanaan tulangan dengan system plat dua arah (two way slab).



Gambar 3. Denah Plat Lantai As 4-5/G-I



Gambar 4. Denah Plat Lantai As 5-6/C-E

Berikut ini adalah data-data penunjang Perhitungan Plat Lantai :

- Mutu Beton ($f'c$) = 25 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Beban Beton Bertulang = 2400 kg/m³
- Tebal Spesi (t_s) = 0,02 m
- Tebal Keramik (t_k) = 0,01 m
- Berat Jenis Beton = 24 KN/m³
- Berat Jenis Keramik = 24 KN/m³

- Berat Jenis Spesi = 21 KN/m³
- Berat Jenis Plafond = 0,18 KN/m³

Berdasarkan Pasal 3.15 SK SNI T-15-1991-03 Modulus elastisitas untuk beton dihitung dengan rumus :

$$E_c = 4700 * \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 4700 * \sqrt{25}$$

$$E_c = 23.500 \text{ Mpa}$$

3.5.1 Menentukan Tebal Plat Lantai

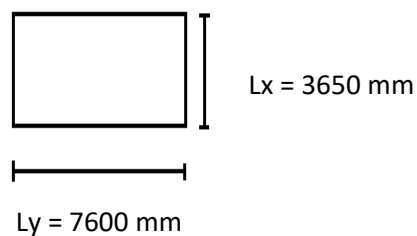
Pada penentuan tebal pelat lantai, penulis mengikuti Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK-SNI-T-15-1991-03) pasal 3.2.5.3 ayat (3) yang menjelaskan bahwa tebal pelat lantai dapat ditentukan dengan rumus berikut.

$$h_{\min} = \ln (0,8 + (f_y/1500)) / (36 + (9 \times \beta))$$

$$h_{\max} = \ln (0,8 + (f_y/1500)) / 36$$

dengan demikian tebal pelat lantai untuk lantai 2-4 Gedung Fakultas Syariah IAIN Pekalongan dapat dihitung sebagai berikut.

1. Plat Lantai Type A1



Gambar 5. Dimensi Plat Type A1

Data-data Dimensi Plat Lantai :

L_n = Panjang Bentang Memanjang

$$\text{➤ } L_n = L_y \text{ (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)}$$

$$L_n = 7600 \text{ mm}$$

$$= 760 \text{ cm}$$

$$\text{➤ } \beta = L_y/L_x$$

$$= 760 / 365 \text{ cm}$$

$$= 2,082 \text{ cm}$$

$$\text{➤ } h_{\min} = L_n (0,8 + (f_y/1500)) / (36 + (9 \times \beta))$$

$$= 7600 (0,8 + (420/1500)) / (36 + (9 \times 2,082))$$

$$= 140,994 \text{ mm}$$

$$\text{➤ } h_{\max} = L_n (0,8 + (f_y/1500)) / 36$$

$$= 7600 (0,8 + (420/1500)) / 36$$

$$= 220,800 \text{ mm}$$

Keterangan :

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap melebar plat

h = Tebal plat

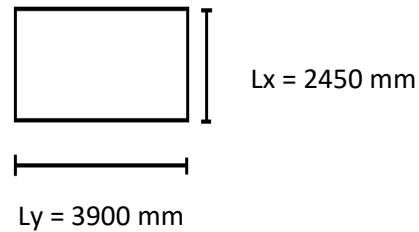
L_n = Panjang Bentang Memanjang

Karena $140,994 < h < 220,800 < \text{cm}$ atau $h_{\min} < h < h_{\max}$,

Maka tebal pelat lantai yang digunakan adalah 150 mm

Jadi tebal plat yang digunakan pada **Plat Type A1** adalah **15 cm**

2. Plat Lantai Type A1



Gambar 6. Dimensi Plat Type A1

Data-data Dimensi Plat Lantai :

L_n = Panjang Bentang Memanjang

$$\text{➤ } L_n = L_y \text{ (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)}$$

$$L_n = 7725 \text{ mm}$$

$$= 772,5 \text{ cm}$$

$$\text{➤ } \beta = L_y/L_x$$

$$= 772,5 / 245 \text{ cm}$$

$$= 3,153 \text{ cm}$$

$$\text{➤ } h_{\text{min}} = L_n (0,8 + (f_y/1500)) / (36 + (9 \times \beta))$$

$$= 7725 (0,8 + (420/1500)) / (36 + (9 \times 3,153))$$

$$= 129,595 \text{ mm}$$

$$\text{➤ } h_{\text{max}} = L_n (0,8 + (f_y/1500)) / 36$$

$$= 7725 (0,8 + (420/1500)) / 36$$

$$= 231,750 \text{ mm}$$

Keterangan :

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap melebar plat

h = Tebal plat

L_n = Panjang Bentang Memanjang

Karena $129,595 < h < 231,750 < \text{cm}$ atau $h_{\text{min}} < h < h_{\text{max}}$,

Maka tebal pelat lantai yang digunakan adalah 150 mm

Jadi tebal plat yang digunakan pada **Plat Type A1** adalah **15 cm**.

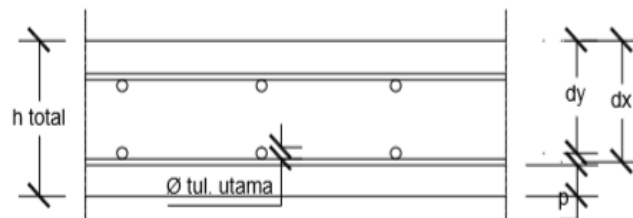
3.5.2 Menentukan Tinggi Efektif Plat Lantai

Berikut ini adalah data-data penunjang perhitungan tinggi efektif plat

lantai :

1. Plat Lantai Type A1

- Tebal selimut beton (p) = 10 mm
- \emptyset Tulangan Utama = 10 mm
- Tebal Plat Lantai = 150 mm

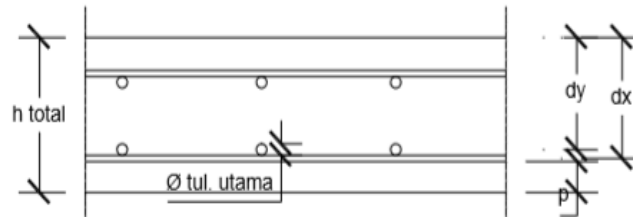


Gambar 7. Ilustrasi Tinggi Efektif Plat Lantai

- d efektif x = $h - p - \frac{1}{2} \emptyset$
 $= 150 - 10 - (0,5 \times 10)$
 $= 135 \text{ mm}$
- d efektif y = $h - p - \frac{1}{2} \emptyset - 1\emptyset$
 $= 150 - 10 - \frac{1}{2} (10) - 1(10)$
 $= 125 \text{ mm}$

2. Plat Lantai Type A1

- Tebal selimut beton (p) = 10 mm
- Ø Tulangan Utama = 10 mm
- Tebal Plat Lantai = 150 mm



Gambar 8. Ilustrasi Tinggi Efektif Plat Lantai

- d efektif x = $h - p - \frac{1}{2} \emptyset$
 $= 150 - 10 - (0,5 \times 10)$
 $= 135 \text{ mm}$
- d efektif y = $h - p - \frac{1}{2} \emptyset - 1\emptyset$
 $= 150 - 10 - \frac{1}{2} (10) - 1(10)$
 $= 125 \text{ mm}$

3.5.3 Perhitungan Pembebanan Plat Lantai

1. Plat Lantai Type A1

- **Beban Mati (W_D)** —————> (PPPURG – 1987 Tabel 1)

- 1) Berat sendiri plat = Tebal Plat x BJ Beton x b
 $= 0,15 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m}$
 $= 3,60 \text{ KN/m}^2$
- 2) Berat Spesi = Tebal Spesi x BJ spesi x b
 $= 0,02 \times 21 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m}$
 $= 0,42 \text{ KN/m}^2$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Berat Keramik} &= \text{Tebal Keramik} \times \text{BJ Keramik} \times b \\
 &= 0,01 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
 &= 0,24 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \text{ Berat Plafond} &= (\text{BJ Plafond} + \text{BJ Penggantung}) \times 1 \\
 &= 0,20 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
 &= 0,20 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Total } W_D &= \text{Berat sendiri plat} + \text{Berat spesi} + \text{Berat} \\
 &\quad \text{Keramik} + \text{Berat plafond} \\
 &= 3,60 + 0,42 + 0,24 + 0,20 \\
 &= 4,46 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Beban Hidup (W_L)** \longrightarrow (PPPURG -1987 TABEL 2)

$$W_L = 2,50 \text{ KN/m}^2$$

- **Beban Berfaktor (W_U)** \longrightarrow (SNI 03- 2847-2002 Pasal 11.2-1)

$$\begin{aligned}
 W_U &= 1,2 W_D + 1,6 W_L \\
 &= 1,2 (4,46) + 1,6 (2,50) \\
 &= 9,352 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Plat Lantai Type A1

- **Beban Mati (W_D)** \longrightarrow (PPPURG – 1987 Tabel 1)

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Berat sendiri plat} &= \text{Tebal Plat} \times \text{BJ Beton} \times b \\
 &= 0,15 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
 &= 3,60 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Berat Spesi} &= \text{Tebal Spesi} \times \text{BJ spesi} \times b \\
 &= 0,02 \times 21 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
 &= 0,42 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Berat Keramik} &= \text{Tebal Keramik} \times \text{BJ Keramik} \times b \\
 &= 0,01 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
 &= 0,24 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4) \text{ Berat Plafond} &= (\text{BJ Plafond} + \text{BJ Penggantung}) \times 1 \\
 &= 0,20 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
 &= 0,20 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Total } W_D &= \text{Berat sendiri plat} + \text{Berat spesi} + \text{Berat} \\
 &\quad \text{Keramik} + \text{Berat plafond} \\
 &= 3,60 + 0,42 + 0,24 + 0,20 \\
 &= 4,46 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Beban Hidup (W_L)** —————> (PPPURG -1987 TABEL 2)

$$W_L = 2,50 \text{ KN/m}^2$$

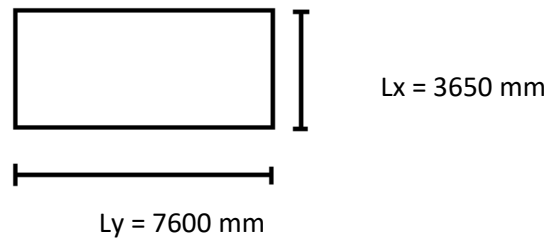
- **Beban Berfaktor (W_U)** —————> (SNI 03- 2847-2002 Pasal 11.2-1)

$$\begin{aligned}
 W_U &= 1,2 W_D + 1,6 W_L \\
 &= 1,2 (4,46) + 1,6 (2,50) \\
 &= 9,352 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

3.5.4 Menghitung Momen yang bekerja

Momen penentu yang bekerja pada plat berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b (Tabel terlampir).

1. Plat Lantai Type A1



Gambar 9. Posisi Tumpuan Jepit Plat Lantai Type A1

Dari Tabel Gideon didapat :

$$C = \frac{l_y}{l_x} = \frac{7,6}{3,65} = 2,082$$

Maka,	Clx = 65	Ctx = 83
	Cly = 14	Cty = 49

Keterangan :

C = konstanta penampang untuk menentukan kekakuan puntir

- Dengan Beban Terfaktor $W_U = 9,352 \text{ KN/m}^2$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_{Lx} &= 0,001 \times W_U \times L_x^2 \times C_{lx} \\ &= 0,001 \times 9,352 \times (3,65)^2 \times 58 \\ &= 7,226 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Ly} &= 0,001 \times W_U \times L_x^2 \times C_{ly} \\ &= 0,001 \times 9,352 \times (3,65)^2 \times 15 \\ &= 1,869 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MT_x &= -0,001 \times W_U \times L_x^2 \times C_{t_x} \\
 &= -0,001 \times 9,352 \times (3,65)^2 \times 82 \\
 &= -10,217 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

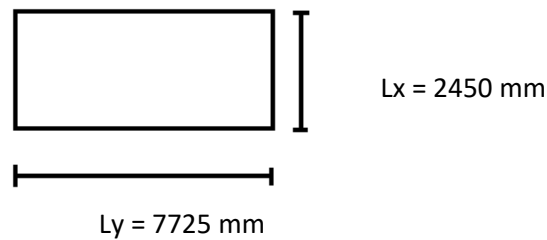
$$\begin{aligned}
 MT_y &= -0,001 \times W_U \times L_x^2 \times C_{t_y} \\
 &= -0,001 \times 9,352 \times (3,65)^2 \times 49 \\
 &= -6,603 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

ML = Momen lapangan

MT = Momen tumpuan

2. Plat Lantai Type A1



Gambar 10. Posisi Tumpuan Jepit Plat Lantai Type A1

Dari Tabel Gideon didapat :

$$C = \frac{l_y}{l_x} = \frac{7,7}{2,45} = 2,082$$

Maka, $C_{l_x} = 65$ $C_{t_x} = 83$

$C_{l_y} = 14$ $C_{t_y} = 49$

Keterangan :

C = konstanta penampang untuk menentukan kekakuan puntir

- Dengan Beban Berfaktor $W_U = 9,352 \text{ KN/m}^2$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} ML_x &= 0,001 \times W_U \times L_x^2 \times Cl_x \\ &= 0,001 \times 9,352 \times (2,45)^2 \times 65 \\ &= 3,649 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML_y &= 0,001 \times W_U \times L_x^2 \times Cl_y \\ &= 0,001 \times 9,352 \times (2,45)^2 \times 14 \\ &= 0,786 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MT_x &= -0,001 \times W_U \times L_x^2 \times Ct_x \\ &= -0,001 \times 9,352 \times (2,45)^2 \times 83 \\ &= -4,659 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML_y &= -0,001 \times W_U \times L_x^2 \times Ct_y \\ &= -0,001 \times 9,352 \times (2,45)^2 \times 49 \\ &= -2,751 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Keterangan :

ML = Momen lapangan

MT = Momen tumpuan

Tipe Plat		$\frac{W_u \times Lx^2}{Lx^2}$	Mlx	Mly	Mtx	Mty
		kN	kNm	kNm	kNm	kNm
Tipe A1	Ly = 7600 mm	124,592	7,226	1,869	-10,217	-6,603
	Lx = 3650 mm					
	Ly/Lx = 2,082 mm					
Tipe A1	Ly = 7725 mm	56,135	3,649	0,786	-4,659	-2,751
	Lx = 2450 mm					
	Ly/Lx = 3,153 mm					

Tabel 4. Perhitungan Momen Plat Lantai

Jadi, Momen yang dipakai (terbesar) adalah :

- Mlx = 7,226 kNm
- Mly = 1,869 kNm
- Mtx = 10,217 kNm
- Mty = 6,603 kNm
- Jdx = 0,8 x dx = 0,8 x 125 = 100
- Jdy = 0,8 x dy = 0,8 x 115 = 92
- Tinggi efektif, dx = $h - p - \frac{1}{2} \emptyset$
= 150 - 20 - $\frac{1}{2}$ (10)
= 135 mm
- Tinggi efektif, dy = $h - p - \frac{1}{2} \emptyset - 1 \emptyset$
= 150 - 20 - $\frac{1}{2}$ (10) - 1(10)
= 125 mm

3.5.5 Menghitung Kebutuhan Tulangan Plat Lantai

1. Plat Lantai Type A1

a. Penulangan Lapangan Arah X :

- M_lx = 7,226 kNm
- D tulangan = 10 mm
- Panjang Efektif (dx) = 135 mm
- $K = \frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{7,226}{1 \cdot (0,135)^2} = 396,488 \text{ kN/m}^2$
= 0,396 MPa

Berdasarkan **SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.5** diperoleh rumus :

- $A_s \geq 0,0018 b \cdot h$
- ρ minimum = $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$
- A_s rencana = ρ min x b x dx
= 0,0033 x 1000 x 135
= 445,5 mm²

Keterangan :

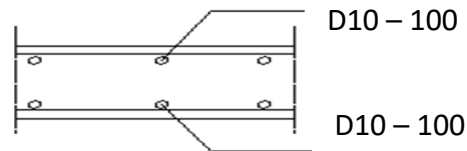
A_s = Luas tulangan Tarik

ρ = rasio penulangan Tarik

M_u = Momen terfaktor pada penampang

D = diameter tulangan ulir

Jadi, Tulangan yang digunakan pada area Lapangan arah X Plat Type A1 adalah $\text{Ø}10\text{-}100 \longrightarrow \text{As} = 785,4 \text{ mm}^2$; tabel A-5 (Tabel terlampir)



Gambar 11. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah X Plat Type A1

b. Penulangan Lapangan Arah Y :

- M_{ly} = 1,869 kNm
- D tulangan = 10 mm
- Panjang Efektif (d_y) = 125 mm
- $K = \frac{M_u}{b \cdot d_y^2} = \frac{1,869}{1 \cdot (0,125)^2} = 119,616 \text{ kN/m}^2$
= 0,119 MPa

Berdasarkan SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.5 diperoleh rumus :

- ρ minimum = $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$
- As rencana = $\rho \text{ min} \times b \times d_y$
= $0,0033 \times 1000 \times 125$
= 412,5 mm

Keterangan :

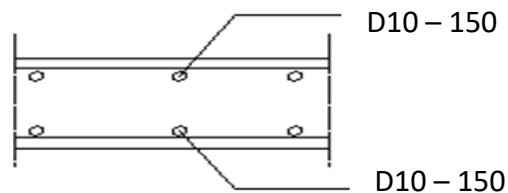
As = Luas tulangan Tarik

ρ = rasio penulangan Tarik

M_u = Momen terfaktor pada penampang

D = diameter tulangan ulir

Jadi, Tulangan yang digunakan pada area Lapangan arah Y Plat Type A1 adalah $\text{Ø}10\text{-}150 \longrightarrow A_s = 523,6 \text{ mm}^2$; Tabel A-5 (Tabel terlampir)



Gambar 12. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah Y Plat Type A1

c. Penulangan Tumpuan Arah X :

- $M_{tx} = 10,217 \text{ kNm}$

- $D \text{ tulangan} = 10 \text{ mm}$

- $\text{Panjang Efektif (dx)} = 135 \text{ mm}$

- $K = \frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{10,217}{1 \cdot (0,135)^2} = 560,604 \text{ N/m}^2$
 $= 0,560 \text{ Mpa}$

Berdasarkan **SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.5** diperoleh rumus :

- $\rho \text{ minimum} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$

- $A_s \text{ rencana} = \rho \text{ min} \times b \times dx$
 $= 0,0033 \times 1000 \times 135$
 $= 445,5 \text{ mm}$

- $A_s \geq 0,0018 b.h$
 $A_s \geq 0,0018 \times 1000 \times 140$
 $A_s \geq 252 \text{ mm}^2$
- $s \leq 3.h$ dan $s \leq 450 \text{ mm}$ (pasal 12.5.4)
- Maka diperlukan $A_s = 327,25 \text{ mm}^2$

Keterangan :

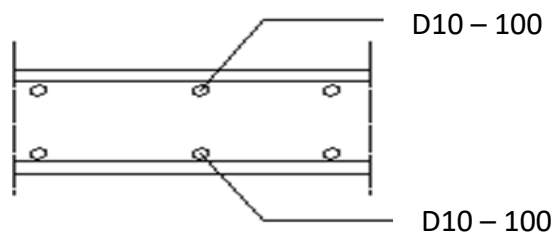
A_s = Luas tulangan Tarik

ρ = rasio penulangan Tarik

M_u = Momen terfaktor pada penampang

D = diameter tulangan ulir

Jadi, Tulangan yang digunakan pada area Lapangan arah X Plat Type A1 adalah $\text{Ø}10\text{-}100 \longrightarrow A_s = 785,4 \text{ mm}^2$; Tabel A-5 (Tabel terlampir)



Gambar 13. Detail Penampang Tulangan Tumpuan Arah X Plat Type A1

d. Penulangan Lapangan Arah Y :

- M_{ty} = 6,603 kNm
- D tulangan = 10 mm
- Panjang Efektif (d_y) = 125 mm

$$\bullet K = \frac{Mu}{b \cdot dy^2} = \frac{6,603}{1 \cdot (0,125)^2} = 422,582 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0,422$$

Berdasarkan **SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.5** diperoleh rumus :

$$\bullet \rho \text{ minimum} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\bullet \text{As rencana} = \rho \text{ min} \times b \times d$$

$$= 0,0033 \times 1000 \times 125$$

$$= 416,666 \text{ mm}$$

$$\bullet \text{As} \geq 0,0018 \text{ b.h}$$

$$\text{As} \geq 0,0018 \times 1000 \times 140$$

$$\text{As} \geq 252 \text{ mm}^2$$

$$\bullet s \leq 3 \cdot h \text{ dan } s \leq 450 \text{ mm (pasal 12.5.4)}$$

$$\bullet \text{Maka diperlukan As} = 309,75 \text{ mm}^2$$

Keterangan :

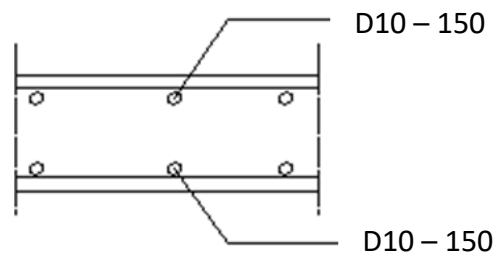
As = Luas tulangan Tarik

ρ = rasio penulangan Tarik

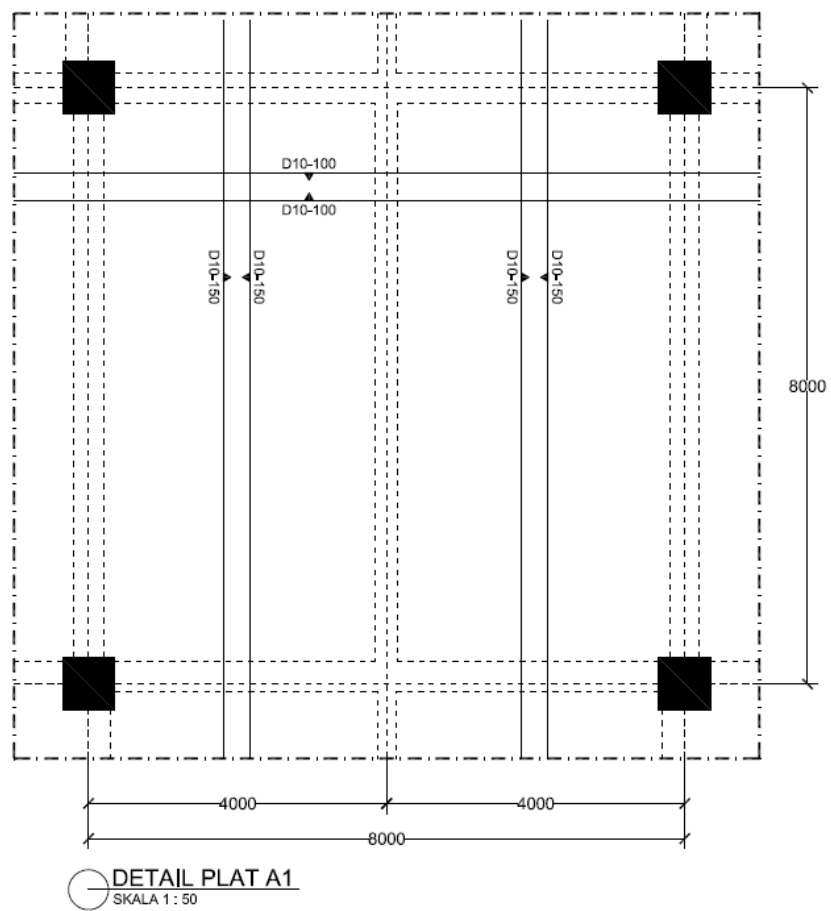
Mu = Momen terfaktor pada penampang

D = diameter tulangan ulir

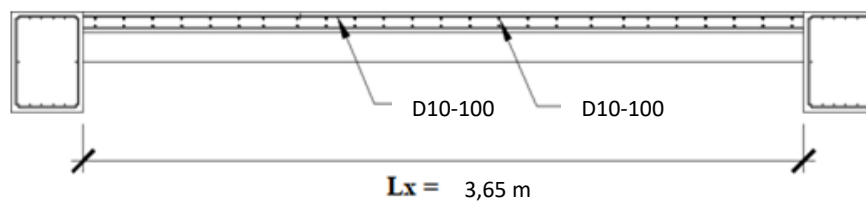
Jadi, Tulangan yang digunakan pada area Lapangan arah Y Plat Type A1 adalah Ø10-150 \longrightarrow As = 523,6 mm² ; Tabel A-5 (Tabel terlampir)



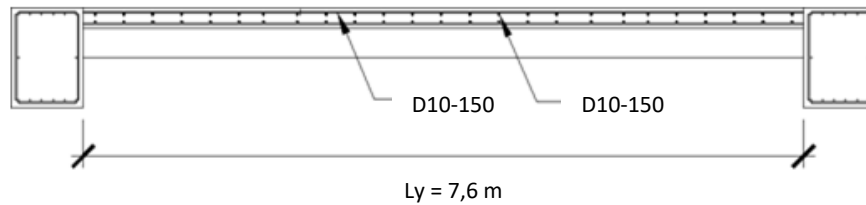
Gambar 14. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah Y Plat Type A1



Gambar 15. Denah Penulangan Plat Lantai Type A1



Gambar 16. Potongan Melintang arah x Plat Lantai Type A1



Gambar 17. Potongan Melintang arah y Plat Lantai Type A1

2. Plat Lantai Type A1

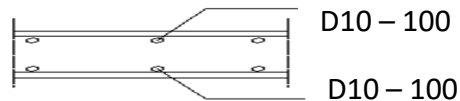
a. Penulangan Lapangan Arah X :

- M_{lx} = 3,649 kNm
- D tulangan = 10 mm
- Panjang Efektif (dx) = 135 mm
- $K = \frac{M_u}{b \cdot dx^2} = \frac{3,649}{1 \cdot (0,135)^2} = 200,208 \text{ kN/m}^2$
= 0,200 MPa

Berdasarkan SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.5 diperoleh rumus :

- $A_s \geq 0,0018 b \cdot h$
- ρ minimum = $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$
- A_s rencana = $\rho \text{ min} \times b \times dx$
= $0,0033 \times 1000 \times 135$
= $445,5 \text{ mm}^2$

Jadi, Tulangan yang digunakan pada area Lapangan arah X Plat Type A1 adalah Ø10-100 → $A_s = 785,4 \text{ mm}^2$; tabel A-5 (Tabel terlampir)



Gambar 18. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah X Plat Type A1

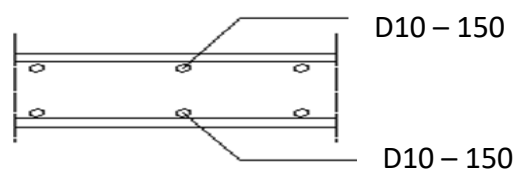
b. Penulangan Lapangan Arah Y :

- M_{ly} = 0,786 kNm
- D tulangan = 10 mm
- Panjang Efektif (d_y) = 125 mm
- $K = \frac{M_u}{b \cdot d_y^2} = \frac{0,786}{1 \cdot (0,125)^2} = 50,297 \text{ kN/m}^2$
= 0,05 MPa

Berdasarkan SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.5 diperoleh rumus :

- ρ minimum = $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$
- As rencana = $\rho \text{ min} \times b \times d_y$
= $0,0033 \times 1000 \times 125$
= 412,5 mm

Jadi, Tulangan yang digunakan pada area Lapangan arah Y Plat Type A1 adalah Ø10-150 → $A_s = 523,6 \text{ mm}^2$; Tabel A-5 (Tabel terlampir)



Gambar 19. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah Y Plat Type A1

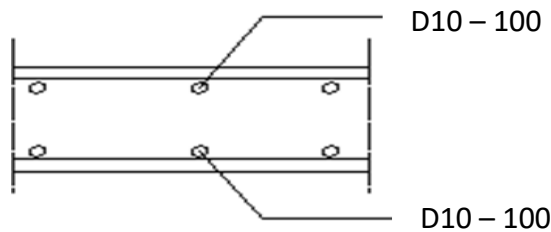
c. Penulangan Tumpuan Arah X :

- M_{tx} = 4,659 kNm
- D tulangan = 10 mm
- Panjang Efektif (d_x) = 135 mm
- $K = \frac{M_u}{b \cdot d_x^2} = \frac{10,217}{1 \cdot (0,135)^2} = 255,651 \text{ N/m}^2$
= 0,256 Mpa

Berdasarkan **SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.5** diperoleh rumus :

- ρ minimum = $\frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$
- A_s rencana = $\rho \text{ min} \times b \times d_x$
= $0,0033 \times 1000 \times 135$
= 445,5 mm
- $A_s \geq 0,0018 b \cdot h$
 $A_s \geq 0,0018 \times 1000 \times 140$
 $A_s \geq 252 \text{ mm}^2$
- $s \leq 3 \cdot h$ dan $s \leq 450 \text{ mm}$ (pasal 12.5.4)
- Maka diperlukan $A_s = 327,25 \text{ mm}^2$

Jadi, Tulangan yang digunakan pada area Lapangan arah X Plat Type A1 adalah $\text{Ø}10\text{-}100 \longrightarrow A_s = 785,4 \text{ mm}^2$; Tabel A-5 (Tabel terlampir)



Gambar 20. Detail Penampang Tulangan Tumpuan Arah X Plat Type A1

d. Penulangan Lapangan Arah Y :

- $M_{ty} = 2,751 \text{ kNm}$
- D tulangan = 10 mm
- Panjang Efektif (d_y) = 125 mm
- $K = \frac{M_u}{b \cdot d_y^2} = \frac{2,751}{1 \cdot (0,125)^2} = 176,041 \text{ kN/m}^2$
= 0,176

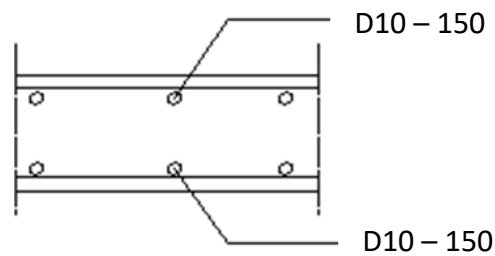
Berdasarkan SNI T-15-1991-03 Pasal 3.3.5 diperoleh rumus :

- $\rho_{\text{minimum}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$
- $A_s \text{ rencana} = \rho_{\text{min}} \times b \times d$
= $0,0033 \times 1000 \times 125$
= 416,666 mm
- $A_s \geq 0,0018 b \cdot h$
 $A_s \geq 0,0018 \times 1000 \times 140$

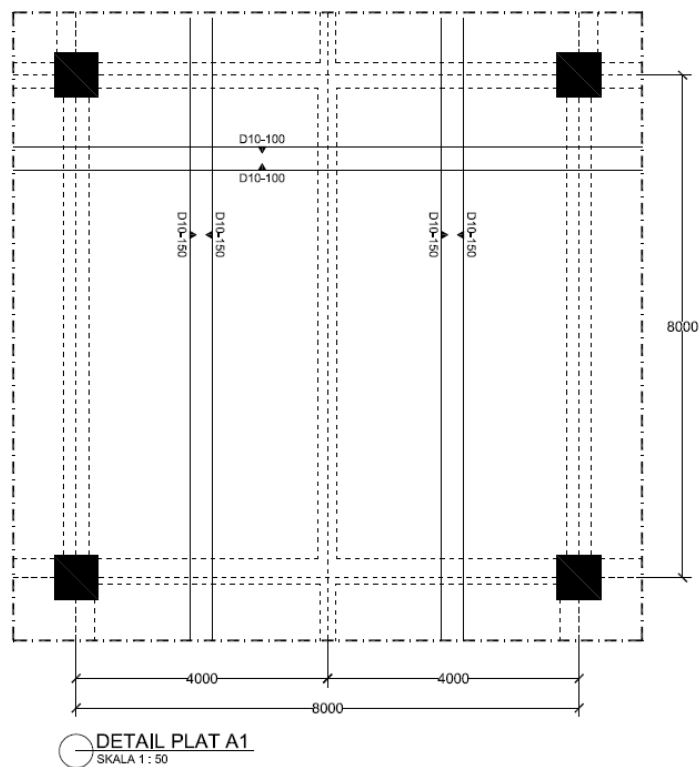
$$A_s \geq 252 \text{ mm}^2$$

- $s \leq 3.h$ dan $s \leq 450 \text{ mm}$ (pasal 12.5.4)
- Maka diperlukan $A_s = 309,75 \text{ mm}^2$

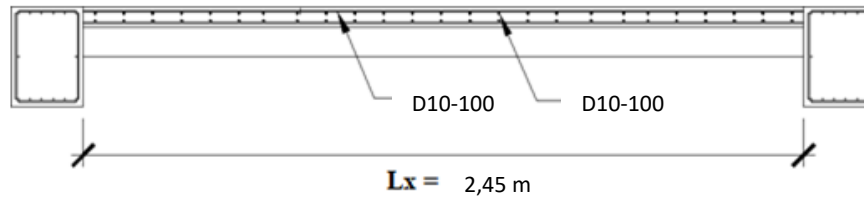
Jadi, Tulangan yang digunakan pada area Lapangan arah Y Plat Type A1 adalah $\text{Ø}10\text{-}150 \longrightarrow A_s = 523,6 \text{ mm}^2$; Tabel A-5 (Tabel terlampir)



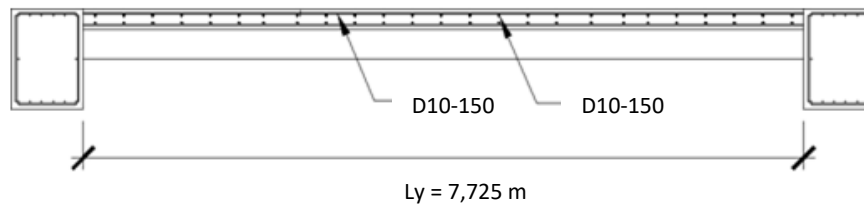
Gambar 21. Detail Penampang Tulangan Lapangan Arah Y Plat Type A1



Gambar 22. Denah Penulangan Plat Lantai Type A1



Gambar 23. Potongan Melintang arah x Plat Lantai Type A1



Gambar 24. Potongan Melintang arah y Plat Lantai Type A1

3.5.6 Rekapitulasi Momen dan Penulangan

No	Type Plat Lantai (mm)	Tebal Plat (mm)	L_y/L_x	C	Momen (M_u) (KNm)	K (MPa)	ρ	As Rencana (mm^2)	As Terpakai (mm^2)	Ø tulangan
1	A1	150	2,082	58	7,226	0,619	0,0033	445,5	785,4	Ø 10 – 100
2		150	2,082	15	1,809	0,179	0,0033	416,666	523,6	Ø 10 – 150
3		150	2,082	82	10,217	0,396	0,0033	445,5	785,4	Ø 10 – 100
4		150	2,082	53	6,603	0,119	0,0033	416,666	523,6	Ø 10 – 150
1	A1	150	2,082	65	3,649	0,200	0,0033	445,5	785,4	Ø 10 – 100
2		150	2,082	14	0,786	0,050	0,0033	416,666	523,6	Ø 10 – 150
3		150	2,082	83	4,659	0,256	0,0033	445,5	785,4	Ø 10 – 100
4		150	2,082	49	2,751	0,176	0,0033	416,666	523,6	Ø 10 – 150

Tabel 5. Momen dan Penulangan Plat Lantai

Keterangan :

Nilai koef → didapat dari dasar – dasar perencanaan beton bertulang

Nilai Mu → didapat dari $W_u \cdot I_x^2 \cdot koef$

Nilai b → 1,00 m

Nilai d → pada arah x menggunakan $d = dx$, sedangkan pada arah y menggunakan $d = dy$

Nilai p min → didapat dari dasar – dasar perencanaan beton bertulang

Nilai p max → didapat dari dasar – dasar perencanaan beton bertulang

Nilai AS rencana → didapat dari : $p \cdot b \cdot d$ dimana p adalah p min bila $p \min > p \text{ an}$ atau $p \text{ an}$ jika $p \text{ an} > p \min$

Tulangan → didapat dari grafik dan perhitungan beton bertulang

BAB IV

PERHITUNGAN BALOK

4.1 Uraian Umum

Pada perencanaan balok memiliki peninjauan yang terdiri dari dua bagian, yaitu perhitungan balok melintang dan perhitungan balok memanjang serta dibuat secara dua dimensi. Perhitungan balok ini meliputi perhitungan pembebanan beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

➤ **Beban Mati**

Beban gravitasi termasuk beban mati yang terdiri dari berat sendiri balok dan berat sendiri plat lantai.

➤ **Beban Hidup**

Beban hidup besarnya berasal dari fungsi bangunan tersebut, dan ditentukan berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

➤ **Beban Gempa**

Beban gempa direncanakan agar struktur tersebut dapat menahan gempa yang sewaktu-waktu dapat terjadi sehingga bangunan tersebut tidak roboh. Perhitungan beban gempa direncanakan sebagai struktur dengan daktilitas terbatas. Perencanaan beban gempa berdasarkan pada

Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI- 1726-2002.

4.2 Perhitungan Pembebanan

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung, maka beban yang diperhitungkan adalah:

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

Keterangan :

W_u = Beban Terfaktor

DL = Beban Mati

LL = Beban Hidup

4.3 Analisa Statis

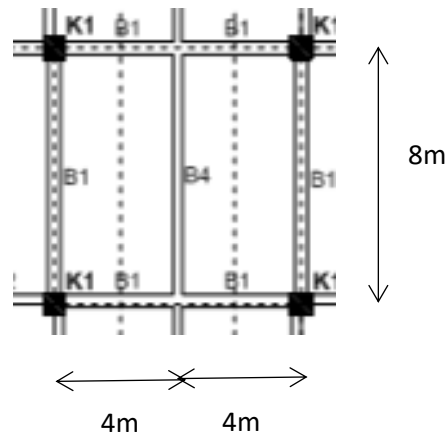
Perhitungan pembebanan dengan menggunakan system amplop dengan menggunakan sudut 45° . Ada dua macam pembebanan yang dihasilkan dari system amplop ini yaitu segitiga dan trapesium untuk perhitungan pembebanan yang diperhitungkan antara lain beban mati dan beban hidup, sedangkan untuk analisa statika meliputi perhitungan momen, gaya lintang, dan gaya normal dengan anggapan bahwa balok tersebut menggunakan perletakan jepit-jepit.

4.4 Perhitungan Balok

4.4.1 Data Perencanaan Balok

Berikut adalah data – data perencanaan balok As :

- Mutu Beton ($f'c$) = 25 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Beban Beton Bertulang = 2400 kg/m^3



Gambar 25. Denah Balok As 4-5/ G-J

4.4.2 Beban Akibat Plat Lantai

Plat Lantai Type B4

- **Beban Mati (W_D)** (PPPURG – 1987 Tabel 1)

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Berat sendiri plat} &= \text{Tebal Plat} \times \text{BJ Beton} \times b \\
 &= 0,15 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m} \\
 &= 3,60 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Berat Spesi} &= \text{Tebal Spesi} \times \text{BJ spesi} \times b \\
 &= 0,02 \times 21 \text{ KN/m}^3 \times 1\text{m}
 \end{aligned}$$

$$= 0,42 \text{ KN/m}^2$$

3) Berat Keramik $= \text{Tebal Keramik} \times \text{BJ Keramik} \times b$

$$= 0,01 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,24 \text{ KN/m}^2$$

4) Berat Plafond $= (\text{BJ Plafond} + \text{BJ Penggantung}) \times 1$

$$= 0,20 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,20 \text{ KN/m}^2$$

➤ **Berat Total W_D** $= \text{Berat sendiri plat} + \text{Berat spesi} +$
Berat keramik} + \text{Berat Plafond}

$$= 3,60 + 0,42 + 0,24 + 0,20$$

$$= 4,46 \text{ KN/m}^2$$

➤ **Beban Hidup (W_L) (PPPURG -1987 TABEL 2)**

$$W_L = 2,50 \text{ KN/m}^2$$

➤ **Beban Terfaktor (W_U) (SNI 03- 2847-2002 Pasal 11.2-1)**

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$

$$= 1,2 (4,46) + 1,6 (2,50)$$

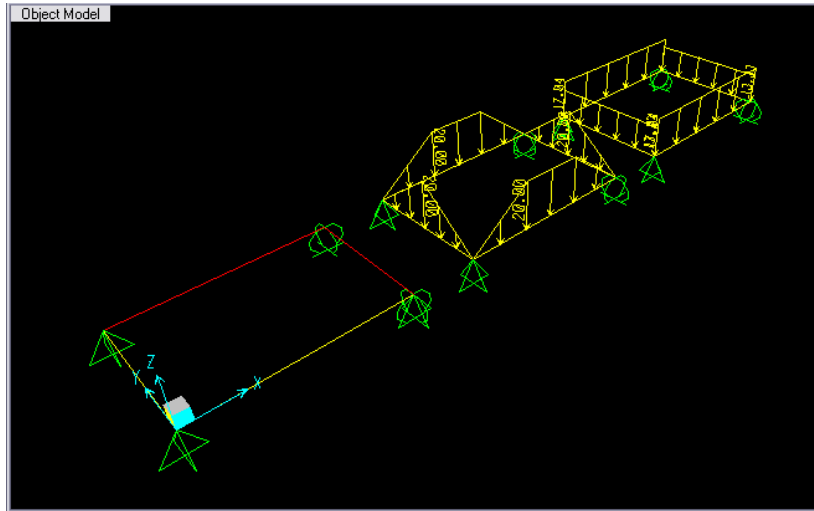
$$= 11,752 \text{ KN/m}^2$$

4.5 Analisa Perhitungan Beban yang Bekerja pada Balok

- Perhitungan Lebar Equivalent

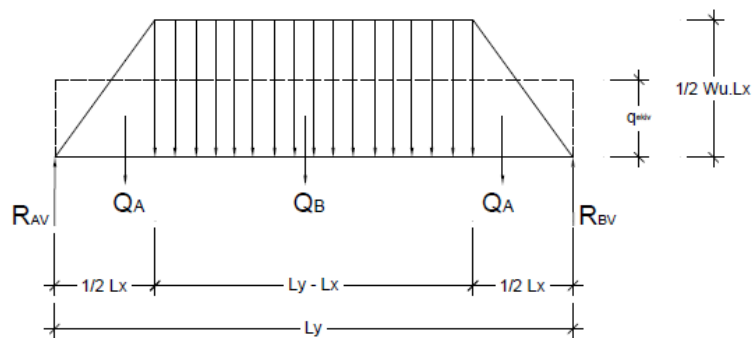
Prinsip perhitungan ini untuk mengubah beban segitiga dan beban trapesium yang ada di plat menjadi beban merata pada balok, maka beban

plat harus diubah menjadi beban equivalent yang besarnya dapat ditentukan sebagai berikut :



Gambar 26. Ilustrasi Pembebanan Equivalent

1. Lebar Equivalent Tipe I



Gambar 27. Ilustrasi Pembebanan Trapesium

Dimana :

$$R_{av} = R_{bv} = q \cdot (1-a)/2$$

$$q = 1/2 W_u.L_x$$

$$I = I_y$$

$$a = 1/2 L_x$$

Maka :

$$R_A = R_B = \frac{\frac{1}{2} W_u \cdot L_x (L_y - \frac{1}{2} L_x)}{2}$$

$$= \frac{1}{8} \cdot W_u \cdot L_x \cdot (2l_y - L_x)$$

$$M_{max} = \frac{a}{24} \cdot W_u \cdot (3 \cdot L_y^2 - 4 a^2)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot L_x \cdot (3 \cdot L_y^2 - 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot L_x^2) / 24$$

$$= \frac{1}{48} \cdot W_u \cdot L_x (3 \cdot L_y^2 - L_x^2)$$

M max persegi = M max trapezium

$$\frac{1}{8} \cdot Q_{ek} \cdot I_y^2 = \frac{1}{48} \cdot W_u \cdot L_x (3 \cdot L_y^2 - L_x^2)$$

$$Leq = \frac{1}{6} L_x \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{L_x}{2 \cdot L_y} \right)^2 \right]$$

Keterangan :

Q_{ek} = Distribusi pembebanan equivalen

I_y = Momen Inersia di y

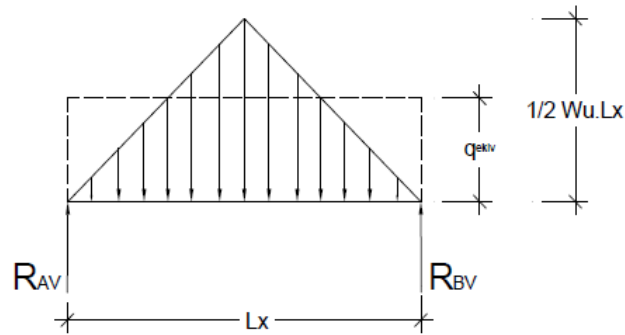
W_u = Beban terfaktor

L_x = Panjang bentang posisi x

L_y = Panjang bentang posisi y

Leq = lebar equivalent

2. Lebar Equivalent Tipe II



Gambar 28. Ilustrasi Pembebanan Segitiga

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot [(q \cdot Lx \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}) + (q \cdot Lx \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2})] \\
 &= \frac{1}{2} \cdot [(q \cdot Lx \cdot \frac{1}{4}) + (q \cdot Lx \cdot \frac{1}{4})] \\
 &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot Lx
 \end{aligned}$$

Jika $q = \frac{1}{2} \cdot Wu \cdot Lx$, maka :

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{4} (\frac{1}{2} Wu \cdot Lx) \cdot Lx \\
 &= \frac{1}{8} Wu \cdot Lx^2
 \end{aligned}$$

Maka segitiga ditengah bentang :

$$\begin{aligned}
 M_{max} &= R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot Lx - [(q \cdot Lx \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}) \cdot (Lx \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3})] \\
 &= R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot Lx - \left[\left(\frac{q \cdot Lx^2}{24} \right) \right]
 \end{aligned}$$

Jika $R_A = \frac{1}{8} \cdot Wu \cdot Lx^2$ dan $q = \frac{1}{2} Wu \cdot Lx$, maka :

$$M_{max} = (\frac{1}{8} Wu \cdot Lx^2) \cdot \frac{1}{2} Lx - (\frac{1}{2} Wu \cdot Lx - \frac{Lx^2}{24})$$

$$= \frac{1}{16} W_u \cdot Lx^3 - \frac{1}{48} W_u \cdot Lx^3$$

$$M_{\max} = \frac{1}{24} W_u \cdot Lx^3$$

Beban segitiga tersebut diekuivalensi menjadi beban persegi sehingga :

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q_{\text{eq}} \cdot Lx^2$$

M_{\max} segitiga = M_{\max} persegi

$$\frac{1}{24} W_u \cdot Lx^3 = \frac{1}{8} q_{\text{eq}} \cdot Lx^2$$

$$L_{\text{eq}} = \frac{1}{3} Lx$$

Keterangan

M_{\max} = Momen maksimum

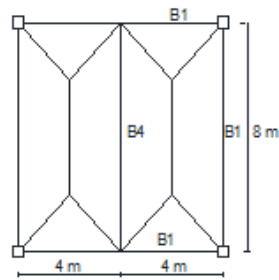
R_A = Reaksi pada tumpuan A

R_B = Reaksi pada tumpuan B

W_u = Beban Terfaktor

Lx = Lebar posisi di x

Perhitungan pembebanan balok menggunakan system amplop, pembebanan balok yang ditinjau pada lantai basement sebagai berikut :

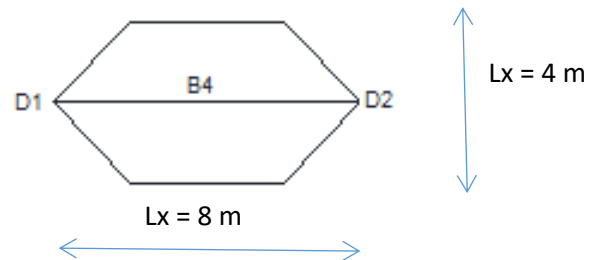


Gambar 29. Ilustrasi Pembebanan Balok Sistem Amplop

4.6 Perhitungan Balok Anak Basement Type B4

Data yang digunakan :

- \varnothing tulangan utama = 19 mm
- \varnothing tulangan Sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Ukuran Balok B4 = 300 x 600 mm



Gambar 30. Ilustrasi Pembebanan Sistem Amplop Balok Anak Type B4

$L_x = 4 \text{ m}$; $L_y = 8 \text{ m}$

4.6.1 Perhitungan Balok Anak Type B4 As 4-5 / G-J

A. Perhitungan Pembebanan

1. Menghitung Beban Equivalent

- Lebar Equivalent Trapesium Atas

$$L_x = 4 \text{ m} ; L_y = 8$$

$$\begin{aligned} \text{Leq D}_1 &= \frac{1}{6} L_x \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{L_x}{2 \cdot L_y} \right)^2 \right] \\ &= \frac{1}{6} (4) \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{4}{2 \times 8} \right)^2 \right] \\ &= 1,833 \text{ m} \end{aligned}$$

- Lebar Equivalent Trapesium Bawah

$$L_x = 4 \text{ m} ; L_y = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Leq D}_2 &= \frac{1}{6} L_x \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{L_x}{2 \cdot L_y} \right)^2 \right] \\ &= \frac{1}{6} (4) \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{4}{2 \times 8} \right)^2 \right] \\ &= 1,833 \text{ m} \end{aligned}$$

- $\text{Leq} = \text{Leq D}_1 + \text{Leq D}_2$
 $= 1,833 \text{ m} + 1,833 \text{ m}$
 $= 3,667 \text{ m}$

2. Menghitung Beban Hidup, Beban Mati, dan Terfaktor

- Beban Mati (qD)

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &= b \times (h - \text{tebal plat}) \times \text{BJ beton} \\ &= 0,30 \times (0,60 - 0,15) \times 2400 \end{aligned}$$

$$= 324 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Plat} = (\text{Leq D1} + \text{Leq D2}) \times 600$$

$$= (1,833 + 1,833) \times 600$$

$$= 2200 \text{ kg/m}$$

$$\text{TOTAL} = \text{Berat sendiri balok} + \text{Beban plat}$$

$$= 324 \text{ kg/m} + 2200 \text{ kg/m}$$

$$= 2524 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup (qL)

$$qL = \text{Leq} \times \text{beban hidup yang dipakai}$$

$$= 3,666 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2$$

$$= 916,667 \text{ kg/m}$$

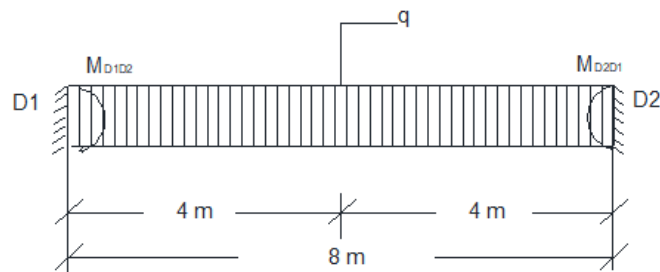
- Beban terfaktor (qU)

$$qU = 1,2 qD + 1,6 qL$$

$$= 1,2 (2524) + 1,6 (916,667)$$

$$= 4495,467 \text{ kg/m}$$

B. Menghitung Momen dan Gaya Lintang



Gambar 31. Ilustrasi Momen dan Gaya Lintang

- M tumpuan $= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2$
 $= \frac{1}{12} \times 4495,4667 \text{ kg/m} \times (8 \text{ m})^2$
 $= 23975 \text{ kgm} = 239,758 \text{ kNm}$
- M lapangan $= \frac{1}{24} \times q_u \times L^2$
 $= \frac{1}{24} \times 4495,4667 \text{ kg/m} \times (8 \text{ m})^2$
 $= 11987,9111 \text{ kgm} = 119,879 \text{ kNm}$
- W_u $= q_u \times L$
 $= 4495,4667 \text{ kg/m} \times 8 \text{ m}$
 $= 35963,7333 \text{ kg}$
- V_u $= \frac{1}{2} \times W_u \times L$
 $= \frac{1}{2} \times 35963,7333 \text{ kg} \times 8 \text{ m}$
 $= 143854,933 \text{ kgm} = 1438,5493 \text{ kNm}$

Keterangan :

M : Momen

W_u : Beban terfaktor

V_u : Gaya Geser Terfaktor pada penampang

C. Menghitung Jumlah Tulangan Utama dan Tulangan Sengkang

Data yang diperlukan :

- Ukuran Balok $= 300 \times 600 \text{ mm}$

- D tulangan utama = 19 mm
- D tulangan sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton (p) = 40 mm
- d = $h - p - \text{Ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan utama}$
 $= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} (19)$
 $= 540,5 \text{ mm}$

Keterangan :

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

➤ Menghitung Tulangan Tumpuan

- $\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$
 $= 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{420} \times \frac{600}{600 + 420}$
 $= 0,0025297$
- $\rho_{\text{max}} = 0,5 \rho_b$
 $= 0,5 \times 0,0025297$
 $= 0,00126$
- $A_{s1} = \rho \times b \times d$
 $= 0,0126 \times 300 \times 540,5$
 $= 205,1004 \text{ mm}$
- $a = \frac{A_{s1} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$
 $= \frac{205,1004 \times 420}{0,85 \times 25 \times 300}$

$$= 13,5125$$

- Mn1 $= A_{s1} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$

$$= 205,1004 \times 420 \times \left(540,5 - \frac{13,5125}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 45,977 \text{ kN.m}$$

- Mu1 $= \emptyset \text{ tulangan} \times M_{n1}$

$$= 0,19 \times 45,977$$

$$= 8,736 \text{ kN.m}$$

- Mn2 $= \frac{M_{tump} - M_{u1}}{0,8}$

$$= \frac{119,879 - 8,736}{0,8}$$

$$= 138,929 \text{ kN.m}$$

d' $= \text{tebal selimut beton} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan}$

$$= 40 \text{ mm} + \frac{1}{2}(19) \text{ mm}$$

$$= 49,5 \text{ mm}$$

- f's $= \left(1 - \left(\frac{d'}{d}\right) \times \left(\frac{600 + f_y}{600}\right)\right) \times 600$

$$= \left(1 - \left(\frac{49,5}{540,5}\right) \times \left(\frac{600 + 420}{600}\right)\right) \times 600$$

$$= 506,586 \text{ MPa}$$

$$f's \geq f_y$$

$$506,586 \text{ MPa} \geq 420 \text{ MPa} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- As2 $= \frac{M_{n2} \times 10^6}{f_y \times (d - d')}$

$$= \frac{288,778 \times 10^6}{420 \times (540,5 - 49,5)}$$

$$= 833,44 \text{ mm}^2$$

- $A_s = A_{s1} + A_{s2}$
- $= 772,15 + 833,44$
- $= 1605,586 \text{ mm}^2$

Keterangan :

f'_s = Tegangan dalam baja tulangan pada beban kerja

A_s = Luas Penampang tulangan tarik

M_n = Momen nominal

M_u = Momen terfaktor pada penampang

ρ_b = rasio penulangan keseimbangan

ρ_{max} = batas maksimum rasio penulangan

a = Tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

Untuk menentukan jumlah tulangan yang dipakai apabila menggunakan tulangan D19, maka di dapat :

➤ **Tulangan Tarik :**

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{1605,586}{0,25 \times 3,14 \times 19^2}$$

$$= 5,66 \approx 6 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tarik tumpuan yang digunakan :

6D19 $A_s=1701,5 \text{ mm}^2$; **Tabel A-4 Buku Istimawan (Tabel terlampir)**

➤ **Tulangan Tekan :**

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s^2}{0,25 \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{833,44}{0,25 \times 3,14 \times 19^2} \\ &= 2,941 \approx 3 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Jadi tulangan tekan tumpuan yang digunakan :

3D19 $A_s = 850,5 \text{ mm}^2$; **Tabel A-4 Buku Istimawan (Tabel terlampir)**

➤ **Menghitung Tulangan Lapangan**

- $\rho_b = 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$

$$= 0,85 \times 0,85 \times \frac{25}{420} \times \frac{600}{600 + 420}$$

$$= 0,000253$$
- $\rho_{\max} = 0,5 \rho_b$

$$= 0,5 \times 0,000253$$

$$= 0,00126$$
- $A_{s1} = \rho \times b \times d$

$$= 0,00126 \times 300 \times 540,5$$

$$= 205,1 \text{ mm}$$
- $a = \frac{A_{s1} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$

$$= \frac{205,1 \times 420}{0,85 \times 25 \times 420}$$

$$= 13,5125$$

- $Mn_1 = A_{s1} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \times 10^{-6}$

$$= 205,1 \times 420 \times \left(540,5 - \frac{13,5125}{2}\right) \times 10^{-6}$$

$$= 45,9779 \text{ kN.m}$$

- $Mu_1 = \emptyset \text{ tulangan} \times Mn_1$

$$= 0,19 \times 45,9779$$

$$= 8,735 \text{ kN.m}$$

- $Mn_2 = \frac{M \text{ lap} - Mu_1}{0,8}$

$$= \frac{129,046 - 8,735}{0,8}$$

$$= 138,929 \text{ kN.m}$$

- $f's = \left(1 - \left(\frac{d'}{d}\right) \times \left(\frac{600 + f_y}{600}\right)\right) \times 600$

$$= \left(1 - \left(\frac{39,5}{350,5}\right) \times \left(\frac{600 + 400}{600}\right)\right) \times 600$$

$$= 487,304 \text{ MPa}$$

$$f's \geq f_y$$

$$487,304 \text{ MPa} \geq 420 \text{ MPa} \dots\dots\dots\text{OK}$$

- $A_{s2} = \frac{Mn_2 \times 10^6}{f_y \times (d - d')}$

$$= \frac{101,44 \times 10^6}{400 \times (350,5 - 39,5)}$$

$$= 620,197 \text{ mm}^2$$

- $A_s = A_{s1} + A_{s2}$

$$= 983,503 + 620,197$$

$$= 1603,700 \text{ mm}^2$$

Untuk menentukan jumlah tulangan yang dipakai apabila menggunakan tulangan D19, maka di dapat :

➤ **Tulangan Tarik :**

$$n = \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{1603,700}{0,25 \times 3,14 \times 19^2}$$

$$= 5,659 \approx 6 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tarik lapangan yang digunakan

6D19 $A_s = 1701,5 \text{ mm}^2$; **Tabel A-4 Buku Istimawan (Tabel terlampir)**

➤ **Tulangan Tekan :**

$$n = \frac{A_{s2}}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$= \frac{620,197}{0,25 \times 3,14 \times 19^2}$$

$$= 3,811 \approx 4 \text{ tulangan}$$

Jadi tulangan tekan lapangan yang digunakan

4D19 $A_s = 1134,0 \text{ mm}^2$; **Tabel A-4 Buku Istimawan (Tabel terlampir)**

- **Menghitung Tulangan Sengkang**

$$W_u = 35963,7333 \text{ MPa}$$

$$V_u = 1438,5493 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad v_u &= \frac{V_u}{0,8 \times b \times d} \\ &= \frac{1438,5493}{0,8 \times 300 \times 540,5} \\ &= 0,108 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \emptyset vc &= \emptyset vc \times b \times d \\ &= 0,5 \times 300 \times 540,5 \\ &= 81075 \text{ N} \\ &= 81,075 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad Y &= \frac{V_u - \emptyset vc}{W_u} \\ &= \frac{1438,5493 - 81,075}{35963,733} \\ &= 3,998 \text{ m} \\ &= 3997,778 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \text{As Sengkang} &= \frac{b \times y}{3 \times f_y} \\ &= \frac{300 \times 3997,778}{3 \times 420} \\ &= 951.844201 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

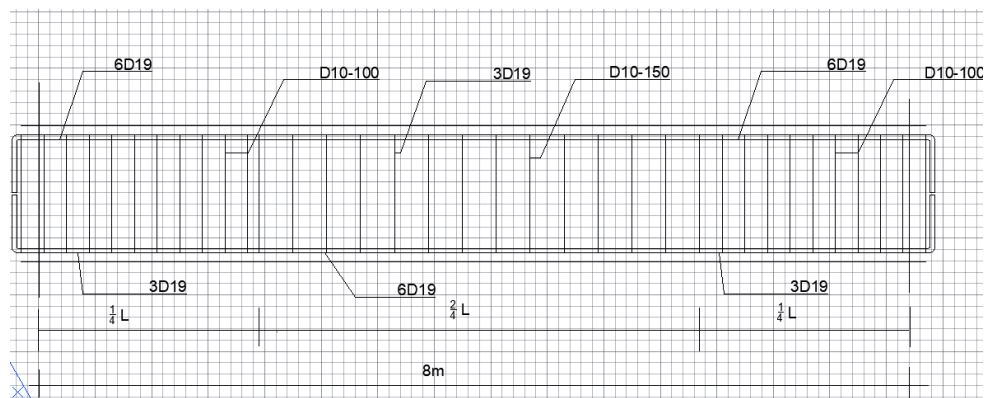
Keterangan

V_u = Gaya Geser Terfaktor pada penampang

v_u = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$\emptyset vc$ = kuat geser ijin

Menurut **Tabel A-5 (Tabel terlampir) Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Plat** berdasarkan **SK-SNI T-15-1991-03** untuk $A_s = 951.844201 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan sengkang $\emptyset 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu : $\emptyset 10 - 100$ ($A_s = 785,4 \text{ mm}^2$)



Gambar 32. Potongan Memanjang Balok Anak Type B4

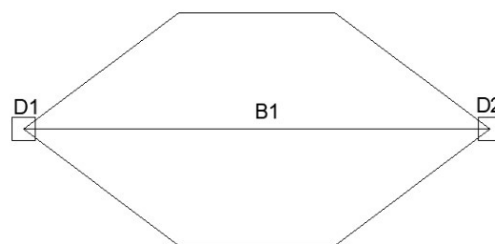
POSISI	B4 - 300 X 600			KETERANGAN :
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
Ukuran balok	1/4 In	1/2 In	1/4 In	<ul style="list-style-type: none"> - Mutu Beton f_c 25 MPa - Mutu baja ulir (Strip), BJ TS 420B - Mutu baja polos (Plain), BJ TP 280
Tulangan atas	6 D19	3 D19	6 D19	
Tulangan bawah	3 D19	6 D19	3 D19	
Sengkang	D10 - 100	D10 - 150	D10 - 100	
Tulangan pinggang	4 D10	4 D10	4 D10	
Selimit beton balok	40 mm			
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	

Gambar 33. Potongan Melintang Balok Anak Type B4

4.7 Perhitungan Balok Induk Type B1

Data yang digunakan :

- \varnothing tulangan utama = 22 mm
- \varnothing tulangan Sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Ukuran Balok G48 = 400 x 700 mm



Gambar 34. Ilustrasi Pembebanan Sistem Amplop Balok Induk Type B1

4.7.1 Perhitungan Balok Induk Type B1 As 4-5/G-J

A. Perhitungan Pembebanan Pada Balok Induk Type B1

1. Menghitung Beban *Equivalent*

➤ Lebar Equivalent Trapezium Atas

$$L_x = 4 \text{ m} ; L_y = 8 \text{ m}$$

$$Leq D_1 = \frac{1}{6} L_x \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{L_x}{2 \cdot L_y} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{1}{6} (4) \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{4}{2 \times 8} \right)^2 \right]$$

$$= 1,333\text{m}$$

➤ Lebar Equivalent Trapesium Bawah

$$\mathbf{L_x = 4 \text{ m} ; L_y = 8 \text{ m}}$$

$$\text{Leq D2} = \frac{1}{6} L_x \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{L_x}{2 \cdot L_y} \right)^2 \right]$$

$$= \frac{1}{6} (4) \left[3 - 4 \cdot \left(\frac{4}{2 \times 8} \right)^2 \right]$$

$$= 1,333 \text{ m}$$

$$\text{Leq} = \text{Leq D1} + \text{Leq D2}$$

$$= 1,333 \text{ m} + 1,333 \text{ m}$$

$$= 2,666 \text{ m}$$

2. Menghitung Beban Hidup, Beban Mati, dan Beban Terfaktor

➤ Beban Mati (qD)

- Berat sendiri balok = $b \times (h - \text{tebal plat}) \times \text{BJ beton}$
 $= 0,40 \times (0,70 - 0,15) \times 2400$
 $= 528 \text{ kg/m}$
- Beban Plat = $(\text{Leq D1} + \text{Leq D2}) \times 400$
 $= (1,333 \text{ m} + 1,333 \text{ M}) \times 400$

$$\begin{array}{r} = 1866,667 \text{ kg/m} \\ \hline \text{TOTAL (qD)} = 2394,667 \text{ kg/m} \end{array} +$$

➤ **Beban Hidup (q_L)**

$$\begin{aligned} q_L &= L_{eq} \times \text{beban hidup yang dipakai} \\ &= 2,666 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 \\ &= 666,6667 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

➤ **Beban Terfaktor (q_U)**

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\ &= 1,2 (2394,667) + 1,6 (666,6667) \\ &= 3394,2667 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

B. Menghitung Momen dan Gaya Lintang

$$q_u = 3394,2667 \text{ kg/m}$$

$$L = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ M tumpuan} &= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 3394,2667 \text{ kg/m} \times (8 \text{ m})^2 \\ &= 21014,756 \text{ kgm} = 210,147 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ M lapangan} &= \frac{1}{24} \times q_u \times L^2 \\ &= \frac{1}{24} \times 3394,2667 \text{ kg/m} \times (8 \text{ m})^2 \\ &= 10507,3778 \text{ kgm} = 105,073 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } W_u &= q_u \times L \\ &= 3394,2667 \text{ kg/m} \times 8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 31522,1333 \text{ kg} \\
 \text{➤ } Vu &= \frac{1}{2} \times Wu \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 31522,1333 \text{ kg} \times 8 \text{ m} \\
 &= 126088,533 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

M : Momen

Wu : Beban terfaktor

Vu : Gaya Geser Terfaktor pada penampang

C. Menghitung Jumlah Tulangan Utama dan Tulangan Sengkang

Data yang diperlukan :

- Ukuran balok = 400 x 700 mm
- Diameter tul. Utama = 22 mm
- Diameter tul. Sengkang = 10 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- d = $h - p - D_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} D_{\text{tul.utama}}$
 $= 600 - 40 - 10 - (\frac{1}{2} \times 22)$
 $= 639 \text{ mm}$

➤ Menghitung Tulangan Lapangan

- $k = \frac{M \text{ lapangan}}{0,8 \times b \times d^2}$
 $= \frac{33940,2667}{0,8 \times 0,20 \times 0,362^2}$

$$= 2387,134 \text{ KN/m}^2$$

$$= 2,3871 \text{ Mpa}$$

Dari Tabel A-10 Buku Istimawan (Tabel terlampir)

untuk nilai $k = 2,3913 \text{ Mpa}$, maka digunakan nilai $\rho = 0,0106$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ As} &= \rho \times b \times d \times 10^6 \\ &= 0,0106 \times 0,40 \times 0,7 \times 10^6 \\ &= 2955,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk menentukan jumlah tulangan yang dipakai apabila menggunakan tulangan D22, maka didapat :

$$\begin{aligned} \bullet \text{ n} &= \frac{\text{As}}{0,25 \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{2955,6}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} \\ &= 7,779 \approx 8 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Jadi, tulangan lapangan yang digunakan 8D22

$\text{As} = 3041,0 \text{ mm}^2$; **Tabel A-4 Buku Istimawan (Tabel terlampir)**

➤ Menghitung Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} \bullet \text{ k} &= \frac{M \text{ tumpuan}}{0,8 \times b \times d^2} \\ &= \frac{8265,987}{0,8 \times 0,40 \times 0,549^2} \\ &= 2961,5396 \text{ KN/m}^2 \\ &= 2,9615 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari Tabel A-30 Buku Istimawan (Tabel terlampir)

untuk nilai $k = 2,9719$ Mpa, maka digunakan nilai $\rho = 0,0134$

$$\begin{aligned} \bullet \quad A_s &= \rho \times b \times d \times 10^6 \\ &= 0,0134 \times 0,40 \times 0,7 \times 10^6 \\ &= 3749,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk menentukan jumlah tulangan yang dipakai apabila menggunakan tulangan D22, maka didapat :

$$\begin{aligned} \bullet \quad n &= \frac{A_s}{0,25 \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{3749,5}{0,25 \times 3,14 \times 22^2} \\ &= 9,8687 \approx 10 \text{ tulangan} \end{aligned}$$

Jadi, tulangan lapangan yang digunakan 3D22 $A_s = 1140,4 \text{ mm}^2$;

Tabel A-4 Buku Istimawan (Tabel terlampir)

Menghitung Tulangan Sengkang (Geser)

$$W_u = 31522,13 \text{ MPa}$$

$$V_u = 126088,5 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad v_u &= \frac{V_u}{0,8 \times b \times d} \\ &= \frac{49595,932}{0,8 \times 400 \times 549} \\ &= 0,562 \text{ Mpa} \\ \bullet \quad \emptyset v_c &= \emptyset v_c \times b \times d \\ &= 0,5 \times 400 \times 700 \\ &= 14000 \text{ N} \\ &= 140 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad Y &= \frac{Vu - \phi vc}{Wu} \\
 &= \frac{126088,5 - 14000}{31522,13} \\
 &= 0,441 \text{ m} \\
 &= 441,3 \text{ mm} \\
 \bullet \quad \text{As Sengkang} &= \frac{b \cdot y}{3 \cdot Fy} \\
 &= \frac{400 \times 441,3}{3 \times 400} \\
 &= 423 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$f's$ = Tegangan dalam baja tulangan pada beban kerja

As = Luas Penampang tulangan tarik

Mn = Momen nominal

Mu = Momen terfaktor pada penampang

ρ_b = rasio penulangan kesembangan

ρ_{max} = batas maksimum rasio penulangan

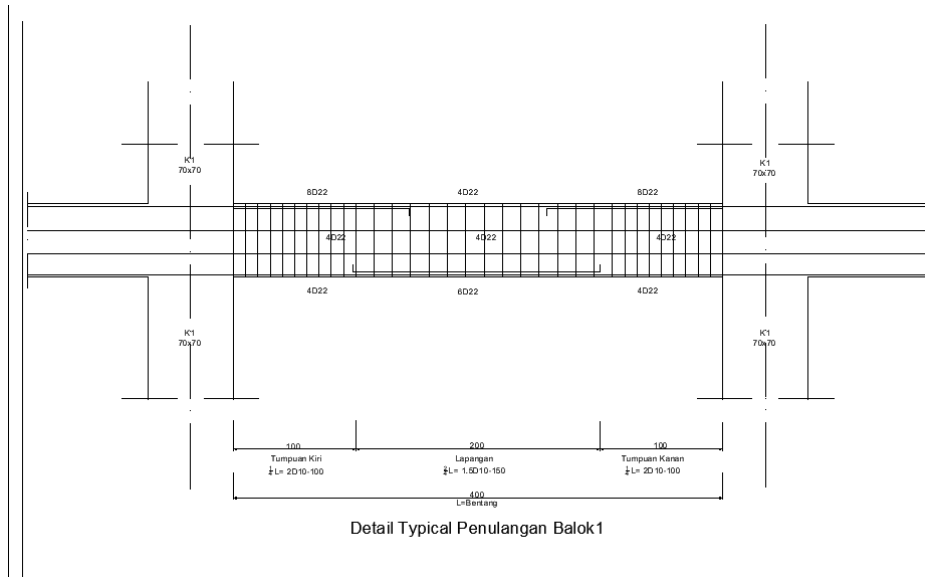
a = Tinggi blok tegangan tekan persegi equivalen

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

Menurut **tabel A-5 (Tabel terlampir) Luas Penampang Tulangan**

Baja Per Meter Panjang Plat berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk

$As = 423 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan sengkang $\phi 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu : $\phi 10 - 150$ dengan $As = 523,6 \text{ mm}^2$



Gambar 35. Potongan Memanjang Balok Induk Type B1

POSISI	B1 - 400 X 700			KETERANGAN :
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
Ukuran balok	1/4 ln	1/2 ln	1/4 ln	- Mutu Beton f_c 25 MPa - Mutu baja ulir (Srip), BJTS 420B - Mutu baja polos (Plah), BJTP 280
Tulangan atas	8 D22	4 D22	8 D22	
Tulangan bawah	4 D22	6 D22	4 D22	
Sengkang	2 D10 - 100	1.5 D10 - 150	2 D10 - 100	
Tulangan pinggang	4 D10	4 D10	4 D10	
Selimit beton balok	40 mm			
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	

Gambar 36. Potongan Melintang Balok Induk Type B1

BAB V

PENINJAUAN KOLOM

5.1 Dasar Peninjauan

Kolom merupakan struktur utama yang menerima beban bangunan dan beban lainnya, fungsi kolom ini sebagai penerus beban ke pondasi. Struktur ini menggunakan beton bertulang, karena kolom tegak lurus maka membutuhkan material yang tahan terhadap gaya tekan dan tarik. Dalam perencanaan kolom ini menggunakan mutu beton $f_c' = 25$ MPa dan mutu tulangan $f_y = 420$ MPa. Perhitungan kolom ini meliputi :

➤ **Beban Mati**

Beban gravitasi termasuk beban mati yang terdiri dari berat sendiri drop panel, berat sendiri kolom dan berat sendiri plat lantai yang bekerja.

➤ **Beban Hidup**

Beban hidup besarnya dari fungsi bangunan tersebut, dan ditentukan berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia UNTUK GEDUNG 1983.

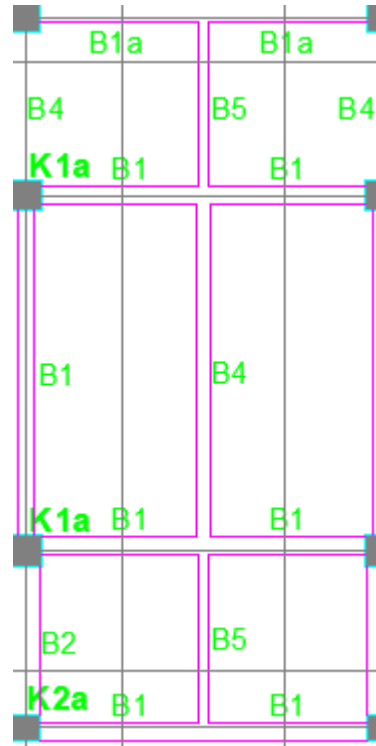
➤ **Beban Gempa**

Beban gempa direncanakan agar struktur dapat menahan gaya gempa yang sewaktu-waktu dapat terjadi sehingga bangunan tersebut tidak roboh. Perencanaan beban gempa ini berdasarkan pada Standart

Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI

– 1726 – 2002.

5.2 Perhitungan Kolom



Gambar 37. Denah Kolom As 3-6/ G-J

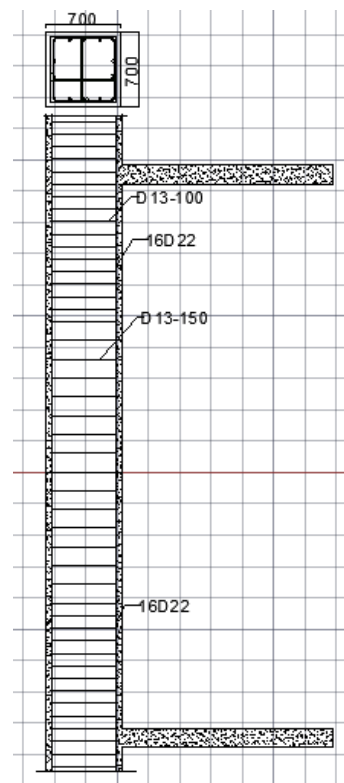
• Perhitungan Kolom K1a

Data umum perencanaan :

- Mutu Beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Tulangan Pokok = D22
- Ukuran Rencana Kolom = 700 X 700 mm

Lantai 3 - 5	POSISI	K1a - 700 X 700		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
	Ukuran Penujangan	1/4 In	1/2 In	1/4 In
	Jumlah Tulangan	16 D22	16 D22	16 D22
	Sengkang	2 D13 - 100	1,5 D13 - 150	2 D13 - 100
	Selutut Beton	40 mm		
	Mutu Beton	25 MPa		
<small>Mutu Beton (f_{ck}) 25 MPa Mutu baja ulir (f_{yk}) S175 420B Mutu baja polos (f_{yk}) S177 235</small>				
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN		

Gambar 38. Detail Kolom K1a



Gambar 39. Potongan Memanjang Kolom K1a

- Kolom dengan dimensi 700 x 700 mm dengan tulangan pokok 16D22 maka,

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s &&= 0,25 \times \pi \times D^2 \times \text{jumlah tulangan} \\ &&&= 0,25 \times 3,14 \times 22^2 \times 16 \\ &&&= 6079,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 16D22 ; $A_s = 6434,0 \text{ mm}^2$; Tabel A-5

(Tabel Terlampir)

$$\begin{aligned} d' &= t_s + \left(\frac{1}{2} \times D \text{ tul pokok}\right) + D \text{ tul sengkang} \\ &= 40 + \left(\frac{1}{2} \times 22\right) + 13 \\ &= 64 \leq 70 \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 700 - 64 \\ &= 636 \text{ mm} \end{aligned}$$

Keterangan :

A_s' = Luas tulangan tekan

A_s = Luas tulangan tarik

t_s = Tebal selimut

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

d' = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tekan

- **Mencari Mu**

$$0,7225 \times b \times c \times f'c, = A_s \times f_y$$

$$0,7225 \times 700 \times c \times 25 = 6079,04 \times 420$$

$$12643,75 c = 2553197$$

$$c = 201,934 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= A_s \times 0,8 \times f_y \times (d - 0,425 \times c) \\ &= 6079,04 \times 0,8 \times 420 \times (636 - 0,425 \times 201,934) \\ &= 1123770696 \text{ Nmm} \\ &= 11237,707 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Keterangan :

Mu = Momen terfaktor pada penampang

As = Luas penampang tulangan tekan

fy = Tegangan leleh

c = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral

➤ Mencari Pu

(Pu) belum diketahui, oleh sebab itu perlu asumsi nilai (e) untuk mendapatkan nilai (Pu), (e) = 900 mm. Jadi,

$$e = \frac{Mu \cdot (10)^3}{Pu}$$

$$900 = \frac{11237,707 \cdot (10)^3}{Pu}$$

$$Pu = 12486,34 \text{ kN}$$

Jumlah penulangan diperkirakan 2%

Ukuran kolom 700 x 700 mm ; d' = 64 mm

$$P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

$$P_o = A_g (0,85 \cdot f_c' (1 - p) + f_y \cdot p)$$

$$P_o = A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 2\%) + 420 \cdot 2\%)$$

$$P_n = 0,8 P_o \quad \text{Kolom Beugeul}$$

$$\begin{aligned}
 P_u / \Phi &= 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02) \\
 P_u &= \Phi 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02) \\
 12486,34 &= 0,65 \cdot 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02) \\
 A_g &= \frac{12486,34}{0,65 \cdot 0,8 (20,825 + 8,4)} \\
 &= 821,632 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba dengan tulangan 44D22 pada masing – masing sisi kolom

($A_s = 6079,04 \text{ mm}^2$)

$$\rho = \frac{6079,04}{700 \times 700} = 0,0124$$

Keterangan :

A_s = Luas penampang tulangan tekan

P_o = Beban aksial pada kolom

P_u = Beban aksial terfaktor ultimat

P_n = kuat beban aksial nominal

A_g = Luas penampang beton

A_{st} = Luas total tulangan pada kolom

E = eksentrisitas beban ultimit

➤ **Pemeriksaan P_u terhadap beban seimbang**

$$\begin{aligned}
 P_{ub} d &= h - d' \\
 &= 700 - 66 \\
 &= 636 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{500 (d)}{500 + f_y}$$

$$= \frac{500(636)}{500+420}$$

$$= 345,652 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$ab = \beta_1 \cdot Cb$$

$$= 0,85 \times 345,652$$

$$= 293,804$$

$$\epsilon_s' = \frac{345,652-64}{345,652} \cdot 0,003 < \frac{f_y}{E_s}$$

$$= 0,00245 < \frac{400}{200000}$$

$$= 0,00245 > 0,0002$$

Jadi, tulangan mencapai luluh ketika beton hancur

$$f_s' = E_s \cdot \epsilon_s'$$

$$= 200000 \cdot 0,00245$$

$$= 489 \text{ Mpa}$$

$$f_s' > f_y = 489 \text{ Mpa} > 420 \text{ Mpa}$$

$$P_{ub} = 0,65 [(0,85 \times f_c' \times ab \times b) + (A_s' \times f_s') - (A_s \times f_y)]$$

$$= 0,65 [(0,85 \times 25 \times 293,804 \times 700) + (6079,04 \times 489) -$$

$$(6079,04 \times 420)] (10)^{-4}$$

$$= 3112992961 \text{ N}$$

$$= 31129,929 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot (P_{ub}) > P_u$$

$$= 0,65 \cdot (31129,929) > 12486,34$$

$$= 20234,454 \text{ kN} > 12486,34 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})$$

Keterangan :

P_{ub} = beban aksial terfaktor pada kondisi seimbang

ϕP_{nb} = reduksi kuat beban aksial nominal seimbang

P_u = beban aksial terfaktor

C_b = Eksentrisitas *balance*

E_s = Modulus elastisitas baja tulangan

β_1 = factor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekivalen beton

➤ **Memeriksa Kekuatan Penampang**

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{A_s' \cdot f_y}{(d-d') + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{d^2 + 1,18} \\ &= \frac{16079,04 \cdot 420}{(636-64) + 0,5} + \frac{700 \cdot 700 \cdot 25}{636^2 + 1,18} \\ &= 2931,881 + 2093129,282 \\ &= 2096061,163 \text{ N} \\ &= 2096,601 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot (P_n) > P_u \\ &= 0,65 \cdot (2096,601) > 12486,34 \\ &= 1362,439 > 12486,34 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN}) \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan analisa diatas, tulangan utama kolom K1a menggunakan 16D22, AMAN untuk digunakan.

➤ **Perencanaan Tulangan Sengkang Kolom**

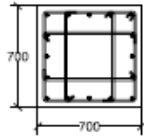
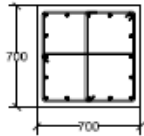
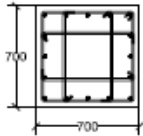
Perencanaan tulangan sengkang kolom didasarkan kepada SK-SNI-T-15-1991-03 Pasal 3.16.10 Ayat 5 dengan penjelasan berikut :

- Semua batang tulangan non-pratekan harus dilingkup dengan sengkang dan kait ikat lateral, paling sedikit ukuran D10.
- Spasi vertikal dari sengkang dan kait ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan longitudinal, 48 kali diameter batang atau kawat sengkang dan kait-ikat, atau ukuran terkecil dari komponen struktur tekan tersebut.

Sehingga dari uraian di atas direncanakan :

- Tulangan sengkang = 13 mm
- Jarak antar sengkang :
 - 16 x D tul.utama = 16 x 22 mm = 352 mm
 - 48 x D sengkang = 48 x 13 mm = 624 mm
 - Dimensi terkecil kolom = 700 mm

Berdasarkan analisa dan ketentuan diatas, maka tulangan sengkang kolom KH digunakan D13 – 300 mm.

Lantai 3 - 5	POSISI	K1a - 700 X 700		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
	Ukuran Penulangan	1/4 In	1/2 In	1/4 In
	Jumlah Tulangan	16 D22	16 D22	16 D22
	Sengkang	2 D13 - 100	1,5 D13 - 150	2 D13 - 100
	Selimit Beton	40 mm		
	Mutu Beton	25 MPa		
<small>Mutu Beton: $f_c = 25 \text{ MPa}$ Mutu Baja: $f_y = 420 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$ Mutu Baja sengkang: $f_y = 420 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$ </small>				
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	
				

Gambar 40. Detail Kolom K1a

• Perhitungan Kolom K2a

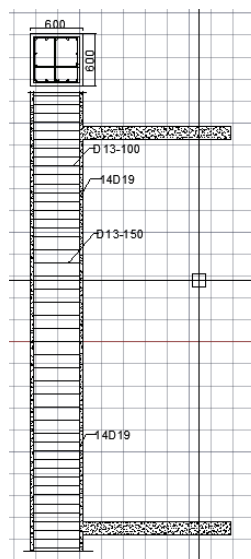
Data umum perencanaan :

- Mutu Beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Tulangan Pokok = D19
- Ukuran Rencana Kolom = 600 X 600 mm

Lantai 3 - 5	POSISI	K2a - 600 X 600		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
	Ukuran Penulangan	1/4 In	1/2 In	1/4 In
	Jumlah Tulangan	14 D19	14 D19	14 D19
	Sengkang	1.5 D13 - 100	1.5 D13 - 150	1.5 D13 - 100
	Selimit Beton	40 mm		
	Mutu Beton	25 MPa		

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN

Gambar 41. Detail Kolom K2a



Gambar 42. Potongan Memanjang Kolom K2a

- Kolom dengan dimensi 600 x 600 mm dengan tulangan pokok 14D19 maka,

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times \text{jumlah tulangan} \\ & &= 0,25 \times 3,14 \times 19^2 \times 14 \\ & &= 3967,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 14D19 ; $A_s = 4021,3 \text{ mm}^2$; Tabel A-5

(Tabel Terlampir)

$$\begin{aligned} d' &= t_s + \left(\frac{1}{2} \times D \text{ tul pokok}\right) + D \text{ tul sengkang} \\ &= 40 + \left(\frac{1}{2} \times 19\right) + 13 \\ &= 62,5 \leq 70 \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 600 - 62,5 \\ &= 537,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Keterangan :

A_s' = Luas tulangan tekan

A_s = Luas tulangan tarik

t_s = Tebal selimut

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

d' = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tekan

- **Mencari Mu**

$$0,7225 \times b \times c \times f_c = A_s \times f_y$$

$$0,7225 \times 600 \times c \times 25 = 3967,39 \times 420$$

$$c = 153,754 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= A_s \times 0,8 \times f_y \times (d - 0,425 \times c) \\ &= 3967,39 \times 0,8 \times 420 \times (537,5 - 0,425 \times 153,754) \\ &= 629402607 \text{ Nmm} \\ &= 6294,026 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Keterangan :

Mu = Momen terfaktor pada penampang

A_s = Luas penampang tulangan tekan

f_y = Tegangan leleh

c = jarak dari serat tekan terluar ke garis netral

➤ Mencari Pu

(Pu) belum diketahui, oleh sebab itu perlu asumsi nilai (e) untuk mendapatkan nilai (Pu), (e) = 900 mm. Jadi,

$$e = \frac{Mu \cdot (10)^3}{Pu}$$

$$900 = \frac{6294,026 \cdot (10)^3}{Pu}$$

$$Pu = 6993,362 \text{ kN}$$

Jumlah penulangan diperkirakan 2%

Ukuran kolom 600 x 600 mm ; d' = 62,5 mm

$$P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

$$P_o = A_g (0,85 \cdot f_c' (1 - p) + f_y \cdot p)$$

$$P_o = A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 2\%) + 420 \cdot 2\%)$$

$$P_n = 0,8 P_o \quad \text{Kolom Beugeul}$$

$$P_u / \Phi = 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02)$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \Phi 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02) \\
 6993,36 &= 0,65 \cdot 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02) \\
 A_g &= 821,632 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba dengan tulangan 44D22 pada masing – masing sisi kolom
($A_s = 3967,39 \text{ mm}^2$)

$$\rho = \frac{3967,39}{600 \times 600} = 0,011$$

Keterangan :

- A_s = Luas penampang tulangan tekan
- P_o = Beban aksial pada kolom
- P_u = Beban aksial terfaktor ultimat
- P_n = kuat beban aksial nominal
- A_g = Luas penampang beton
- A_{st} = Luas total tulangan pada kolom
- E = eksentrisitas beban ulitimit

➤ **Pemeriksaan P_u terhadap beban seimbang**

$$\begin{aligned}
 P_{ub} d &= h - d' \\
 &= 600 - 62,5 \\
 &= 537,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{500 (d)}{500 + f_y} \\
 &= \frac{500 (537,5)}{500 + 420} \\
 &= 292,12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$\begin{aligned}
 ab &= \beta_1 \cdot C_b \\
 &= 0,85 \times 292,12 \\
 &= 248,302
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon_s' &= \frac{292,12 - 62,5}{292,12} \cdot 0,003 < \frac{f_y}{E_s} \\
 &= 0,00236 < \frac{400}{200000} \\
 &= 0,00236 > 0,0002
 \end{aligned}$$

Jadi, tulangan mencapai luluh ketika beton hancur

$$\begin{aligned}
 f_s' &= E_s \cdot \epsilon_s' \\
 &= 200000 \cdot 0,00236 \\
 &= 471,628 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$f_s' > f_y = 471,628 \text{ Mpa} > 420 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 P_{ub} &= 0,65 [(0,85 \times f_c' \times ab \times b) + (A_s' \times f_s') - (A_s' \times f_y)] \\
 &= 0,65 [(0,85 \times 25 \times 248,302 \times 600) + (3967,39 \times 471,628) - \\
 &\quad (3967,39 \times 420)] (10)^{-4} \\
 &= 21909379,9 \text{ N} \\
 &= 21909,379 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot (P_{ub}) > P_u \\
 &= 0,65 \cdot (21909,379) > 6993,36 \\
 &= 1424,109 \text{ kN} > 6993,36 \text{ kN} \dots \dots \dots (\mathbf{AMAN})
 \end{aligned}$$

Keterangan :

P_{ub} = beban aksial terfaktor pada kondisi seimbang

ϕP_{nb} = reduksi kuat beban aksial nominal seimbang

P_u = beban aksial terfaktor

C_b = Eksentrisitas *balance*

E_s = Modulus elastisitas baja tulangan

β_1 = factor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekivalen beton

➤ **Memeriksa Kekuatan Penampang**

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{A_s' \cdot f_y}{(d-d') + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{3 \cdot h \cdot e + 1,18} \\ &= \frac{3967,39 \cdot 420}{(537,5 - 62,5) + 0,5} + \frac{600 \cdot 600 \cdot 25}{3 \cdot 600 \cdot 900 + 1,18} \\ &= 695819,17 + 1325995 \\ &= 2021814,3 \text{ N} \\ &= 20218,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot (P_n) > P_u \\ &= 0,65 \cdot (2021,814) > 6993,36 \\ &= 20218,14 > 6993,36 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN}) \end{aligned}$$

Jadi berdasarkan analisa diatas, tulangan utama kolom K2a menggunakan 14D19, AMAN untuk digunakan.

➤ **Perencanaan Tulangan Sengkang**

Kolom

Perencanaan tulangan sengkang kolom didasarkan kepada SK-SNI-T-15-1991-03 Pasal 3.16.10 Ayat 5 dengan penjelasan berikut :

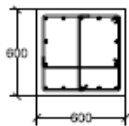
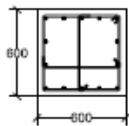
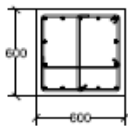
- Semua batang tulangan non-pratekan harus dilingkup dengan sengkang dan kait ikat lateral, paling sedikit ukuran D10.
- Spasi vertikal dari sengkang dan kait ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan longitudinal, 48 kali diameter batang

atau kawat sengkang dan kait-ikat, atau ukuran terkecil dari komponen struktur tekan tersebut.

Sehingga dari uraian di atas direncanakan :

- Tulangan sengkang = 13 mm
- Jarak antar sengkang :
 - 16 x D tul.utama = 16 x 22 mm = 352 mm
 - 48 x D sengkang = 48 x 13 mm = 624 mm
 - Dimensi terkecil kolom = 700 mm

Berdasarkan analisa dan ketentuan diatas, maka tulangan sengkang kolom K1 digunakan D13 – 200 mm.

Lantai 3 - 5	POSISI	K2a - 600 X 600		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
	Ukuran Penulangan	1/4 ln	1/2 ln	1/4 ln
	Jumlah Tulangan	14 D19	14 D19	14 D19
	Sengkang	1,5 D13 - 100	1,5 D13 - 150	1,5 D13 - 100
	Selimit Beton	40 mm		
	Mutu Beton	25 MPa		
<small>Mutu Beton: f_c 25 MPa Mutu Baja: f_y 380 MPa, f_u 455 MPa Mutu Baja: f_y 380 MPa, f_u 455 MPa</small>				
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	
				

Gambar 43. Detail Kolom K2a

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Peninjauan ulang perhitungan struktur atas lantai 2, 3, dan 4 PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT didasarkan pada peraturan-peraturan yang berlaku, yaitu :

- Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 03-2847-2002).
- Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 1729-2013).
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SK SNI 1726-2012).
- Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987), (SK SNI 1727-2012).
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SK SNI 2847-2013)
- Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng.

2. Penulis membatasi peninjauan ulang perhitungan struktur atas lantai 2, 3, dan 4 PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT pada struktur utama gedung saja, yaitu :

- Plat lantai tipe A1
- Balok anak tipe B4 dan Balok induk tipe B1
- Kolom tipe K1a dan K2a

3. Perbandingan dari hasil peninjauan ulang stuktur yang telah direncanakan dengan kondisi struktur yang sebenarnya dapat dilihat pada tabel dibawah:

Struktur	Tipe	Tebal (mm)	Penulangan			
			Tumpuan		Lapangan	
			Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Plat	A1	150	D10 – 100	D10 – 150	D10 – 100	D10 – 150

Tabel 6. Hasil Peninjauan Ulang Plat Lantai

Struktur	Tipe	Tebal (mm)	Penulangan			
			Tumpuan		Lapangan	
			Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Plat	A1	150	D10 – 100	D10 – 150	D10 – 100	D10 – 150

Tabel 7. Kondisi Plat Lantai Sebenarnya

Struktur	Tipe	Dimensi		Penulangan			
		b	H	Tulangan Utama		Tulangan Sengkang	
		mm	Mm	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Balok	B4	300	600	6D19	4D19	D10 - 100	D10 - 150
				3D19	6D19		
	B1	400	600	8D22	3D22	D10 - 150	D10 - 200
				3D22	8D22		

Tabel 8. Hasil Peninjauan Ulang Balok

Struktur	Tipe	Dimensi		Penulangan			
		b	H	Tulangan Utama		Tulangan Sengkang	
		mm	Mm	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Balok	B4	300	600	6D19	3D19	D10 - 100	D10 - 150
				3D19	6D19		
	B1	450	600	8D22	4D22	D10 - 100	D10 - 150
				4D22	6D22		

Tabel 9. Kondisi Balok Sebenarnya

Struktur	Tipe	Dimensi		Penulangan				
		B	H	Tul. Utama	Sengkang		Sepihak	
		mm	mm		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Kolom	K1a	700	700	16D22	D13 - 100	D13 - 150	-	-
	K2a	600	600	14D19	D13 - 200	D13 - 250	-	-

Tabel 10. Hasil Peninjauan Ulang Kolom

Struktur	Tipe	Dimensi		Penulangan		
		B	H	Tul. Utama	Sengkang	
		mm	mm		Tumpuan	Lapangan
Kolom	K1a	700	700	16D22	D13 – 100	D13 - 150
	K2a	600	600	14D19	D13 – 100	D13 - 150

Tabel 11. Kondisi Kolom Sebenarnya

4. Pada tabel diatas terlihat bahwa hasil peninjauan tidak sepenuhnya sama dengan kondisi struktur asli, perbedaan ini dikarenakan peninjauan hanya menggunakan rumus umum, sedangkan kondisi struktur asli bukan hanya menggunakan rumus umum, tetapi juga menggunakan penyesuaian-penyesuaian dengan kondisi *real* di lapangan dan juga di perhitungkan agar pelaksanaan dilapangan lebih mudah.

6.2 Saran

1. Perencanaan struktur gedung tidak hanya berpedoman secara teori akan tetapi dipertimbangkan pula pada kondisi *real* di lapangan.
2. Kelengkapan data mutlak dalam merencanakan suatu bangunan bertingkat sehingga perencanaan bisa lebih mendekati kondisi sebenarnya.
3. Ikuti ketentuan dalam peraturan-peraturan perencanaan struktur, sehingga didapat nilai yang paling ekonomis.

4. Estimasi beban dan analisa statika harus benar, agar didapatkan suatu konstruksi yang aman dan memenuhi syarat seperti yang telah ditentukan dalam perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, Bandung: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. Standart Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T - 15- 1991 – 03). Bandung: Yayasan LPMB.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Khoiriyah, Safitri Nur. 2019. Perhitungan Peninjauan Ulang Struktur Atas Gedung Kampus STIE Bank BPD Jateng. Semarang: Tidak diterbitkan.
- Kumpulan data dan wawancara magang di Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Syariah IAIN Pekalongan
- Sunarto, Mona Aulia. 2018. Peninjauan Ulang Perhitungan Struktur Atas (Plat, Balok, dan Kolom) Proyek Jogja Apartement. Semarang: Tidak diterbitkan.
- Vis, W.C. dan Kusuma, Gideon. 1995. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang. Jakarta: Erlangga.

LAMPIRAN

1. Surat Permohonan Tugas Akhir
2. Lembar Soal
3. Lembar Asistensi
4. Gambar Kerja :
 - a. Denah Plat Lantai 2 – 4.
 - b. Denah dan Detail Balok Lantai 2 – 4.
 - c. Denah dan Detail Kolom Lantai 2 – 4.
5. RKS (Bagian Struktur)
6. Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03) : Tabel A-4, Tabel A-5, Tabel A-11, Tabel A-30
7. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987) : Tabel 1, Tabel 2.
8. Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng. : Tabel 4.2.b.

BAB V

PENINJAUAN KOLOM

5.1 Dasar Peninjauan

Kolom merupakan struktur utama yang menerima beban bangunan dan beban lainnya, fungsi kolom ini sebagai penerus beban ke pondasi. Struktur ini menggunakan beton bertulang, karena kolom tegak lurus maka membutuhkan material yang tahan terhadap gaya tekan dan tarik. Dalam perencanaan kolom ini menggunakan mutu beton $f_c' = 25$ MPa dan mutu tulangan $f_y = 420$ MPa. Perhitungan kolom ini meliputi :

➤ **Beban Mati**

Beban gravitasi termasuk beban mati yang terdiri dari berat sendiri drop panel, berat sendiri kolom dan berat sendiri plat lantai yang bekerja.

➤ **Beban Hidup**

Beban hidup besarnya dari fungsi bangunan tersebut, dan ditentukan berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia UNTUK GEDUNG 1983.

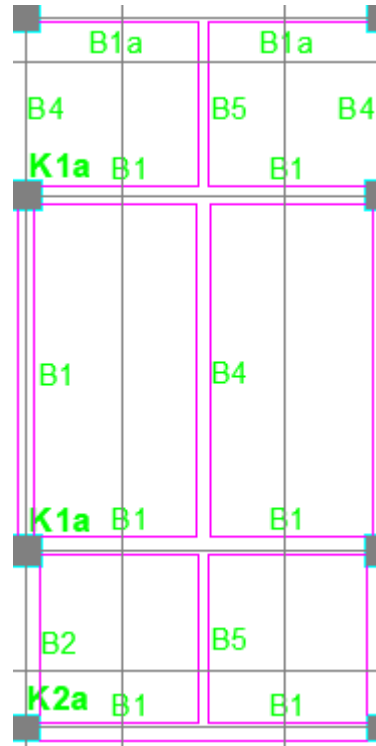
➤ **Beban Gempa**

Beban gempa direncanakan agar struktur dapat menahan gaya gempa yang sewaktu-waktu dapat terjadi sehingga bangunan tersebut tidak roboh. Perencanaan beban gempa ini berdasarkan pada Standart

Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI

– 1726 – 2002.

5.2 Perhitungan Kolom



Gambar 44. Denah Kolom As 5-6/ J'-K'

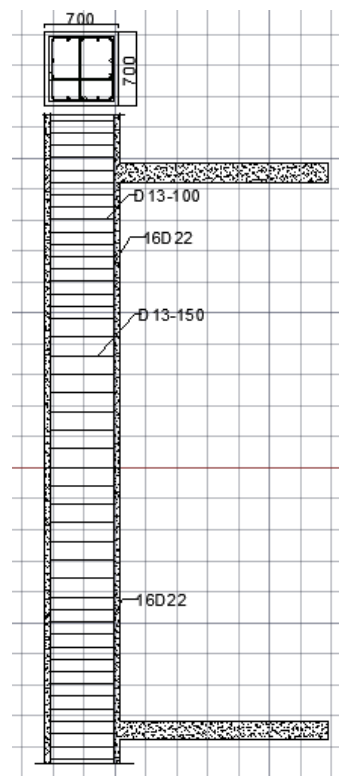
• Perhitungan Kolom K1a

Data umum perencanaan :

- Mutu Beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Tulangan Pokok = D22
- Ukuran Rencana Kolom = 700 X 700 mm

Lantai 3 - 5	POSISI	K1a - 700 X 700		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
	Ukuran Penujangan	1/4 In	1/2 In	1/4 In
	Jumlah Tulangan	16 D22	16 D22	16 D22
	Sengkang	2 D13 - 100	1,5 D13 - 150	2 D13 - 100
	Selutut Beton	40 mm		
	Mutu Beton	25 MPa		
<small>Mutu Beton (f_{ck}) 25 MPa Mutu baja ulir (S100), S175 420B Mutu baja polos (S100), S175 235</small>				
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN		

Gambar 45. Detail Kolom K1a



Gambar 46. Potongan Memanjang Kolom K1a

- Kolom dengan dimensi 700 x 700 mm dengan tulangan pokok 16D22 maka,

$$\begin{aligned} A_s' = A_s &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times \text{jumlah tulangan} \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 22^2 \times 16 \\ &= 6079,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 16D22 ; $A_s = 6434,0 \text{ mm}^2$; Tabel A-5

(Tabel Terlampir)

$$\begin{aligned} d' &= t_s + \left(\frac{1}{2} \times D \text{ tul pokok}\right) + D \text{ tul sengkang} \\ &= 40 + \left(\frac{1}{2} \times 22\right) + 13 \\ &= 64 \leq 70 \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - d' \\ &= 700 - 64 \\ &= 636 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Mencari Mu**

$$\begin{aligned} 0,7225 \times b \times c \times f_c &= A_s \times f_y \\ 0,7225 \times 700 \times c \times 25 &= 6079,04 \times 420 \\ 12643,75 c &= 2553197 \\ c &= 201,934 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= A_s \times 0,8 \times f_y \times (d - 0,425 \times c) \\ &= 6079,04 \times 0,8 \times 420 \times (636 - 0,425 \times 201,934) \\ &= 1123770696 \text{ Nmm} \\ &= 11237,707 \text{ kNm} \end{aligned}$$

➤ **Mencari Pu**

(Pu) belum diketahui, oleh sebab itu perlu asumsi nilai (e) untuk mendapatkan nilai (Pu), (e) = 900 mm. Jadi,

$$e = \frac{Mu \cdot (10)^3}{Pu}$$

$$900 = \frac{11237,707 \cdot (10)^3}{Pu}$$

$$Pu = 12486,34 \text{ kN}$$

Jumlah penulangan diperkirakan 2%

Ukuran kolom 700 x 700 mm ; d' = 64 mm

$$Po = 0,85 fc' (Ag - Ast) + fy Ast$$

$$Po = Ag (0,85 \cdot fc' (1 - p) + fy \cdot p)$$

$$Po = Ag (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 2\%) + 420 \cdot 2\%)$$

$$Pn = 0,8 Po \quad \text{Kolom Beugeul}$$

$$Pu / \Phi = 0,8 Ag (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02)$$

$$Pu = \Phi 0,8 Ag (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02)$$

$$12486,34 = 0,65 \cdot 0,8 Ag (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02)$$

$$Ag = \frac{12486,34}{0,65 \cdot 0,8 (20,825 + 8,4)}$$

$$= 821,632 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan 44D22 pada masing – masing sisi kolom

$$(As = 6079,04 \text{ mm}^2)$$

$$\rho = \frac{6079,04}{700 \times 700} = 0,0124$$

➤ **Pemeriksaan Pu terhadap beban seimbang**

$$\begin{aligned} \text{Pub d} &= h - d' \\ &= 700 - 66 \\ &= 636 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{500 (d)}{500 + fy} \\ &= \frac{500 (636)}{500 + 420} \\ &= 345,652 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$\begin{aligned} ab &= \beta_1 \cdot C_b \\ &= 0,85 \times 345,652 \\ &= 293,804 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s' &= \frac{345,652 - 64}{345,652} \cdot 0,003 < \frac{fy}{Es} \\ &= 0,00245 < \frac{400}{200000} \\ &= 0,00245 > 0,0002 \end{aligned}$$

Jadi, tulangan mencapai luluh ketika beton hancur

$$\begin{aligned} f_s' &= E_s \cdot \epsilon_s' \\ &= 200000 \cdot 0,00245 \\ &= 489 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$f_s' > f_y = 489 \text{ Mpa} > 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Pub} = 0,65 [(0,85 \times f_c' \times ab \times b) + (A_s' \times f_s') - (A_s \times f_y)]$$

$$\begin{aligned}
&= 0,65 [(0,85 \times 25 \times 293,804 \times 700) + (6079,04 \times 489) - \\
&\quad (6079,04 \times 420)] (10)^{-4} \\
&= 3112992961 \text{ N} \\
&= 31129,929 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_{nb} &= 0,65 \cdot (P_{nb}) > P_u \\
&= 0,65 \cdot (31129,929) > 12486,34 \\
&= 20234,454 \text{ kN} > 12486,34 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})
\end{aligned}$$

➤ **Memeriksa Kekuatan Penampang**

$$\begin{aligned}
P_n &= \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18} \\
&= \frac{6079,04 \cdot 420}{\frac{900}{(636-64)} + 0,5} + \frac{700 \cdot 700 \cdot 25}{\frac{3 \cdot 700 \cdot 900}{636^2} + 1,18} \\
&= 1231390,02 + 2093129,282 \\
&= 33245193,1 \text{ N} \\
&= 33241,931 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_{nb} &= 0,65 \cdot (P_n) > P_u \\
&= 0,65 \cdot 33241,931 > 12486,34 \\
&= 21607,256 > 12486,34 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})
\end{aligned}$$

Jadi berdasarkan analisa diatas, tulangan utama kolom K1a menggunakan 16D22, AMAN untuk digunakan.

➤ **Perencanaan Tulangan Sengkang Kolom**

Perencanaan tulangan sengkang kolom didasarkan kepada SK-SNI-T-15-1991-03 Pasal 3.16.10 Ayat 5 dengan penjelasan berikut :

- Semua batang tulangan non-pratekan harus dilingkup dengan sengkang dan kait ikat lateral, paling sedikit ukuran D10.
- Spasi vertikal dari sengkang dan kait ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan longitudinal, 48 kali diameter batang atau kawat sengkang dan kait-ikat, atau ukuran terkecil dari komponen struktur tekan tersebut.

Sehingga dari uraian di atas direncanakan :

- Tulangan sengkang = 13 mm
- Jarak antar sengkang :
 - 16 x D tul.utama = 16 x 22 mm = 352 mm
 - 48 x D sengkang = 48 x 13 mm = 624 mm
 - Dimensi terkecil kolom = 700 mm

Berdasarkan analisa dan ketentuan diatas, maka tulangan sengkang kolom KH digunakan D13 – 300 mm.

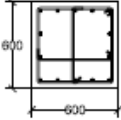
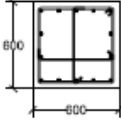
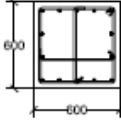
Lantai 3 - 5	POSISI	K1a - 700 X 700		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
	Ukuran Penulangan	1/4 In	1/2 In	1/4 In
	Jumlah Tulangan	16 D22	16 D22	16 D22
	Sengkang	2 D13 - 100	1,5 D13 - 150	2 D13 - 100
	Selimit Beton	40 mm		
	Mutu Beton	25 MPa		
<small>Mutu Beton: $f_c = 25 \text{ MPa}$ Mutu Baja: $f_y = 420 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$ Mutu Baja sengkang: $f_y = 420 \text{ MPa}$, $f_u = 510 \text{ MPa}$ </small>				
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	

Gambar 47. Detail Kolom K1a

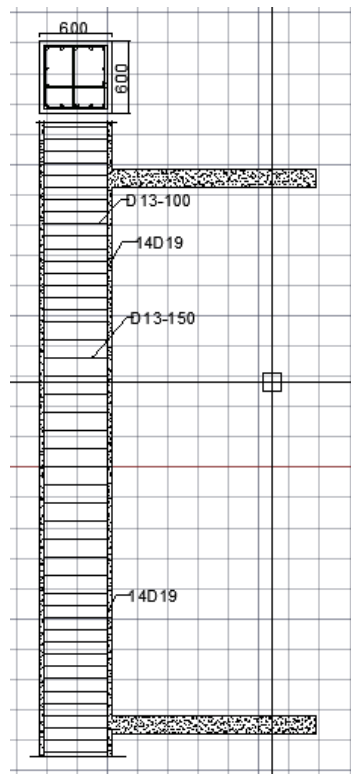
- **Perhitungan Kolom K2a**

Data umum perencanaan :

- Mutu Beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- Tulangan Pokok = D19
- Ukuran Rencana Kolom = 600 X 600 mm

Lantai 3 - 5	POSTISI	K2a - 600 X 600		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
	Ukuran Perulangan	1/4 ln	1/2 ln	1/4 ln
	Jumlah Tulangan	14 D19	14 D19	14 D19
	Sengkang	1.5 D13 - 100	1.5 D13 - 150	1.5 D13 - 100
	Selimut Beton	40 mm		
	Mutu Beton	25 MPa		
<small>Mutu Beton f_c 25 MPa Mutu Baja (S200), SUTS 455 Mutu Baja (S200), SUTP 200</small>				
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	
				

Gambar 48. Detail Kolom K2a



Gambar 49. Potongan Memanjang Kolom K2a

- Kolom dengan dimensi 600 x 600 mm dengan tulangan pokok 16D22 maka,

$$\begin{aligned}
 A_s' = A_s &= 0,25 \times \pi \times D^2 \times \text{jumlah tulangan} \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 19^2 \times 14 \\
 &= 3967,39 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 14D19 ; $A_s = 4021,3 \text{ mm}^2$; Tabel A-5

(Tabel Terlampir)

$$\begin{aligned}
 d' &= t_s + \left(\frac{1}{2} \times D \text{ tul pokok}\right) + D \text{ tul sengkang} \\
 &= 40 + \left(\frac{1}{2} \times 19\right) + 14 \\
 &= 62,5 \leq 70 \dots \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$d = h - d'$$

$$= 600 - 62,5$$

$$= 537,5 \text{ mm}$$

➤ **Mencari Mu**

$$0,7225 \times b \times c \times f_c = A_s \times f_y$$

$$0,7225 \times 600 \times c \times 25 = 3967,39 \times 420$$

$$c = 153,754 \text{ mm}$$

$$M_u = A_s \times 0,8 \times f_y \times (d - 0,425 \times c)$$

$$= 3967,39 \times 0,8 \times 420 \times (537,5 - 0,425 \times 153,754)$$

$$= 629402607 \text{ Nmm}$$

$$= 6294,026 \text{ kNm}$$

➤ **Mencari Pu**

(Pu) belum diketahui, oleh sebab itu perlu asumsi nilai (e) untuk mendapatkan nilai (Pu), (e) = 900 mm. Jadi,

$$e = \frac{M_u \cdot (10)^3}{P_u}$$

$$900 = \frac{6294,026 \cdot (10)^3}{P_u}$$

$$P_u = 6993,362 \text{ kN}$$

Jumlah penulangan diperkirakan 2%

Ukuran kolom 600 x 600 mm ; d' = 62,5 mm

$$P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

$$P_o = A_g (0,85 \cdot f_c' (1 - p) + f_y \cdot p)$$

$$P_o = A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 2\%) + 420 \cdot 2\%)$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,8 P_o && \text{Kolom Beugeul} \\
 P_u / \Phi &= 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02) \\
 P_u &= \Phi 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02) \\
 12486,34 &= 0,65 \cdot 0,8 A_g (0,85 \cdot 25 \cdot (1 - 0,02) + 420 \cdot 0,02) \\
 A_g &= \frac{6993,362}{0,65 \cdot 0,8 (20,825 + 8,4)} \\
 &= 460,18 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dicoba dengan tulangan 14D19 pada masing – masing sisi kolom

$$(A_s = 3967,39 \text{ mm}^2)$$

$$\rho = \frac{3967,39}{600 \times 600} = 0,011$$

➤ **Pemeriksaan Pu terhadap beban seimbang**

$$\begin{aligned}
 P_{ub} d &= h - d' \\
 &= 600 - 62,5 \\
 &= 537,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{500 (d)}{500 + f_y} \\
 &= \frac{500 (537,5)}{500 + 420} \\
 &= 292,12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= \beta_1 \cdot C_b \\
 &= 0,85 \times 292,12 \\
 &= 248,302
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_s' &= \frac{248,302-62,5}{248,302} \cdot 0,003 < \frac{f_y}{E_s} \\ &= 0,00236 < \frac{420}{200000} \\ &= 0,00236 > 0,0021\end{aligned}$$

Jadi, tulangan mencapai luluh ketika beton hancur

$$\begin{aligned}f_s' &= E_s \cdot \epsilon_s' \\ &= 200000 \cdot 0,00236 \\ &= 471,628 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$f_s' > f_y = 471,628 \text{ Mpa} > 420 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}P_{ub} &= 0,65 [(0,85 \times f_c' \times a_b \times b) + (A_s' \times f_s') - (A_s \times f_y)] \\ &= 0,65 [(0,85 \times 25 \times 248,302 \times 600) + (3967,39 \times 471,628) \\ &\quad - (3967,39 \times 420)] (10)^{-4} \\ &= 21909379,89 \text{ N} \\ &= 21909,379 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_{nb} &= 0,65 \cdot (P_{ub}) > P_u \\ &= 0,65 \cdot (21909,379) > 12486,34 \\ &= 14241,097 \text{ kN} > 12486,34 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})\end{aligned}$$

➤ Memeriksa Kekuatan Penampang

$$\begin{aligned}P_n &= \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18} \\ &= \frac{3967,39 \cdot 420}{\frac{900}{(537,5-62,5)} + 0,5} + \frac{600 \cdot 600 \cdot 25}{\frac{3 \cdot 600 \cdot 900}{537,5^2} + 1,18} \\ &= 695819,2 + 1325995,1 \\ &= 20218141 \text{ N}\end{aligned}$$

$$= 20218,141 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot (P_n) > P_u$$

$$= 0,65 \cdot (2021,814) > 12486,34$$

$$= 13141,79 > 6993,36 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})$$

Jadi berdasarkan analisa diatas, tulangan utama kolom K2a menggunakan 16D22, AMAN untuk digunakan.

➤ **Perencanaan Tulangan Senggang Kolom**

Perencanaan tulangan sengkang kolom didasarkan kepada SK-SNI-T-15-1991-03 Pasal 3.16.10 Ayat 5 dengan penjelasan berikut :

- Semua batang tulangan non-pratekan harus dilingkup dengan sengkang dan kait ikat lateral, paling sedikit ukuran D10.
- Spasi vertikal dari sengkang dan kait ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan longitudinal, 48 kali diameter batang atau kawat sengkang dan kait-ikat, atau ukuran terkecil dari komponen struktur tekan tersebut.

Sehingga dari uraian di atas direncanakan :

- Tulangan sengkang = 13 mm
- Jarak antar sengkang :
 - 16 x D tul.utama = 16 x 19 mm = 304 mm
 - 48 x D sengkang = 48 x 13 mm = 624 mm
 - Dimensi terkecil kolom = 600 mm

Berdasarkan analisa dan ketentuan diatas, maka tulangan sengkang kolom KH digunakan D13 – 300 mm.

Lantai 3 - 5	POSISI	K2a - 600 X 600		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
	Ukuran Penulangan	1/4 ln	1/2 ln	1/4 ln
	Jumlah Tulangan	14 D19	14 D19	14 D19
	Sengkang	1.5 D13 - 100	1.5 D13 - 150	1.5 D13 - 100
	Selimit Beton	40 mm		
	Mutu Beton	25 MPa		
<small>Mutu Beton: f_c 25 MPa Mutu baja: f_y 240 MPa, f_u 420 MPa Mutu baja sengkang: f_y 240 MPa, f_u 360 MPa</small>				
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	

Gambar 50. Detail Kolom K2a

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Peninjauan ulang perhitungan struktur atas lantai 2, 3, dan 4 PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT didasarkan pada peraturan-peraturan yang berlaku, yaitu :

- Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 03-2847-2002).
- Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI 1729-2013).
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SK SNI 1726-2012).
- Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987), (SK SNI 1727-2012).
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SK SNI 2847-2013)
- Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng.

2. Penulis membatasi peninjauan ulang perhitungan struktur atas lantai 2, 3, dan 4 PROYEK APARTEMEN CISAUK POINT pada struktur utama gedung saja, yaitu :

- Plat lantai tipe A1
- Balok anak tipe B4 dan Balok induk tipe B1
- Kolom tipe K1a dan K2a

3. Perbandingan dari hasil peninjauan ulang stuktur yang telah direncanakan dengan kondisi struktur yang sebenarnya dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 12. Hasil Peninjauan Ulang Plat Lantai

Struktur	Tipe	Tebal (mm)	Penulangan			
			Tumpuan		Lapangan	
			Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Plat	A1	150	D10 – 100	D10 – 150	D10 – 100	D10 – 150

Tabel 13. Kondisi Plat Lantai Sebenarnya

Struktur	Tipe	Tebal (mm)	Penulangan			
			Tumpuan		Lapangan	
			Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
Plat	A1	150	D10 – 100	D10 – 150	D10 – 100	D10 – 150

Tabel 14. Hasil Peninjauan Ulang Balok

Struktur	Tipe	Dimensi		Penulangan			
		b	H	Tulangan Utama		Tulangan Sengkang	
		mm	Mm	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Balok	B4	300	400	4D19	3D19	D10 - 200	D10 - 250
				3D19	4D19		
	B1	400	600	3D22	3D22	D10 - 150	D10 - 250
				3D22	3D22		

Tabel 15. Kondisi Balok Sebenarnya

Struktur	Tipe	Dimensi		Penulangan			
		b	H	Tulangan Utama		Tulangan Sengkang	
		mm	Mm	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Balok	B4	300	400	3D19	2D19	D10 - 200	D10 - 200
				2D19	3D19		
	B1	400	600	3D22	3D22	D10 - 100	D10 - 200
				3D22	3D22		

Tabel 16. Hasil Peninjauan Ulang Kolom

Struktur	Tipe	Dimensi		Penulangan		
		B	H	Tul. Utama	Sengkang	
		mm	mm		Tumpuan	Lapangan
Kolom	K1a	700	700	16D22	2D13 - 100	2D13 - 150
	K2a	600	600	14D19	D13 - 100	D13 - 150

Tabel 17. Kondisi Kolom Sebenarnya

Struktur	Tipe	Dimensi		Penulangan		
		B	H	Tul. Utama	Sengkang	
		mm	mm		Tumpuan	Lapangan
Kolom	K1a	700	700	16D22	2D13 - 100	1,5D13 - 150
	K2a	600	600	14D19	1,5D13 - 100	1,5D13 - 150

4. Pada tabel diatas terlihat bahwa hasil peninjauan tidak sepenuhnya sama dengan kondisi struktur asli, perbedaan ini dikarenakan peninjauan hanya menggunakan rumus umum, sedangkan kondisi struktur asli bukan hanya menggunakan rumus umum, tetapi juga menggunakan penyesuaian-penyesuaian dengan kondisi *real* di lapangan dan juga di perhitungkan agar pelaksanaan dilapangan lebih mudah.

6.2 Saran

1. Perencanaan struktur gedung tidak hanya berpedoman secara teori akan tetapi dipertimbangkan pula pada kondisi *real* di lapangan.

2. Kelengkapan data mutlak dalam merencanakan suatu bangunan bertingkat sehingga perencanaan bisa lebih mendekati kondisi sebenarnya.
3. Ikuti ketentuan dalam peraturan-peraturan perencanaan struktur, sehingga didapat nilai yang paling ekonomis.
4. Estimasi beban dan analisa statika harus benar, agar didapatkan suatu konstruksi yang aman dan memenuhi syarat seperti yang telah ditentukan dalam perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali Asroni. 2010. Edisi Pertama“ Balok dan Pelat Beton Bertulang ”. Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002). Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, Bandung: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. Standart Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI T - 15- 1991 – 03). Bandung: Yayasan LPMB.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Imran, Iswandi, Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang. Bandung: ITB.
- Imran, Iswandi, Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung: ITB.
- Khoiriyah, Safitri Nur. 2019. Perhitungan Peninjauan Ulang Struktur Atas Gedung Kampus STIE Bank BPD Jateng. Semarang: Tidak diterbitkan.
- Kumpulan data dan wawancara magang di Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Syariah IAIN Pekalongan
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1727-2013 Tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktural Lain. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2847-2013 Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847 –2002 Tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Sunarto, Mona Aulia. 2018. Peninjauan Ulang Perhitungan Struktur Atas (Plat, Balok, dan Kolom) Proyek Jogja Apartement. Semarang: Tidak diterbitkan.

Surendro, B. 2015. Rekayasa Pondasi. Graha Ilmu. Yogyakarta

Vis, W.C. dan Kusuma, Gideon. 1995. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang. Jakarta: Erlangga.

LAMPIRAN

1. Surat Permohonan Tugas Akhir
2. Lembar Soal
3. Lembar Asistensi