

TUGAS AKHIR

TINJAUAN KEMBALI PERHITUNGAN PLAT LANTAI, BALOK DAN KOLOM GEDUNG 3 LANTAI

Diajukan sebagai Syarat untuk Mengikuti Ujian Akhir pada
Program Diploma III Teknik Sipil
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Disusun Oleh :

NADYA NURUL ISLAMI

40030118060072

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

2021

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : NADYA NURUL ISLAMI

NIM : 40030118060072

Tanda Tangan :

Tanggal :

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPERLUAN AKADEMIS

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

Nama : Nadya Nurul Islami
NIM : 40030118060072
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:

“PERHITUNGAN PLAT LANTAI, BALOK, DAN KOLOM GEDUNG BERLANTAI 3”

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 :

Pada Tanggal :

Yang menyatakan

(Nadya Nurul Islami)

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul ” PERHITUNGAN PLAT LANTAI, BALOK, DAN KOLOM GEDUNG BERLANTAI 3”, ini telah diperiksa dan disahkan pada:

Hari : Sabtu

Tanggal : 27 Maret 2021

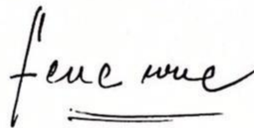
Disusun oleh:

LISA CAHYA PRATIWI

40030118060026

Dosen Pembimbing

Tugas Akhir



Drs. Puji Widodo, M.T.

NIP.195806271985031003

Mengetahui,

Ketua PSD III Teknik Sipil
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro,



Asri Nurdiana, ST, MT

NIP. 198512092012122001

...

KATA PENGANTAR

Rasa syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa ta'ala atas segala berkat dan hikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tidak lupa sholawat serta salam semoga terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wasallam, keluarga, sahabat dan umatnya sampai akhir.

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 selalu melimpahkan rahmat, ridho, kelancaran dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orangtua tersayang dan keluarga yang selama ini telah membiayai juga memenuhi semua kebutuhan penulis dan memberikan dorongan serta doanya kepada penulis, sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai.
3. Bapak Prof. Budiyono., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Ibu Asri Nurdiana, ST, MT., selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

5. Bapak Drs. Puji Widodo, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing serta memberikan arahan kepada penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, yang telah membekali penulis berbagai ilmu pengetahuan.
7. Teman-teman Ahwaya Nispatti. Putti, Sara, Daris dan Rifki yang sudah sering saya repotkan. Terimakasih atas dukunganya selama ini semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua.
8. Aswid Yumna, Elsa Felian, Helmi, Arya Putra, Baskara, yang sudah membantu Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Serta semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari akan ketidak sempurnaan 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 Agustus 2021

Penyusun

KATA PENGANTAR

Rasa syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wa ta'ala atas segala berkat dan hikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tidak lupa sholawat serta salam semoga terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wasallam, keluarga, sahabat dan umatnya sampai akhir.

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 :

10. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang selalu melimpahkan rahmat, ridho, kelancaran dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Orangtua tersayang dan keluarga yang selama ini telah membiayai juga memenuhi semua kebutuhan penulis dan memberikan dorongan serta doanya kepada penulis, sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai.
12. Bapak Prof. Budiyo., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
13. Ibu Asri Nurdiana, ST, MT., selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

14. Bapak Drs. Puji Widodo, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing serta memberikan arahan kepada penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.
15. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, yang telah membekali penulis berbagai ilmu pengetahuan.
16. Teman-teman Ahwaya Nispatti. Putti, Sara, Daris dan Rifki yang sudah sering saya repotkan. Terimakasih atas dukunganya selama ini semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua.
17. Aswid Yumna, Elsa Felian, Helmi, Arya Putra, Baskara, yang sudah membantu Penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
18. Serta semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari akan ketidak sempurnaan 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 Agustus 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN MOTTO	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Judul Tugas Akhir.....	1
1.2 Latar Belakang.....	1
1.3 Maksud dan Tujuan	1
1.4 Pembatasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB II METODOLOGI	4
2.1 Metode Pengerjaan	4
2.2 Metode Penggambaran.....	5
2.3 Metode Penulisan.....	5
2.4 Metode Analisa	5

BAB III PERHITUNGAN PLAT LANTAI	7
3.1 Uraian Umum	7
3.2 Pedoman Perhitungan	7
3.3 Dasar Perhitungan.....	8
3.4 Konsep Perhitungan Penulangan.....	13
3.5 Analisa Perhitungan Plat Lantai	13
3.5.1 Menentukan Tebal Plat Lantai	14
3.5.2 Menentukan Tinggi Efektif Plat Lantai	15
3.5.3 Menghitung Beban Plat Lantai.....	16
3.5.4 Menghitung Momen yang Bekerja.....	17
3.5.5 Menghitung Kebutuhan Penulangan	19
3.6 Analisa Perhitungan Plat Atap.....	26
3.6.1 Menentukan Tebal Pelat Atap	26
3.6.2 Menentukan Tinggi Efektif Plat Atap	27
3.6.3 Menghitung Beban Plat Atap	28
3.6.4 Menghitung Momen yang Bekerja.....	29
3.6.5 Menghitung Kebutuhan Penulangan	30
 BAB IV PERHITUNGAN PORTAL.....	 38
4.1 Uraian Umum	38
4.2 Pedoman Perhitungan	38
4.3 Konsep Perhitungan.....	39
4.4 Analisa Perhitungan Balok.....	39
4.4.1 Menghitung Dimensi Balok Pradesain	39
4.4.2 Menghitung Pembebanan.....	44

4.4.3 Menghitung Momen Maksimal (M _{lap}) dan Gaya Lintang	53
4.4.4 Menghitung Penulangan Balok	74
4.5 Analisa Perhitungan Kolom	95
4.5.1 Menghitung Pembebanan Kolom	95
4.5.2 Menghitung Penulangan Kolom	97
BAB V PENUTUP	108
5.1 Kesimpulan	108
DAFTAR PUSTAKA	110

LAMPIRAN-LAMPIRAN

1. Surat Permohonan Tugas Akhir
2. Soal Tugas Akhir
3. Lembar Asistensi Tugas Akhir
4. Lampiran Tabel Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI-T-15-1993-03
5. Lampiran Tabel Gideon
6. Lampiran Gambar Perencanaan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Penentuan Panjang Bentang	9
Gambar 3.2	Denah Lantai	14
Gambar 3.3	Ilustrasi Dimensi Pelat Lantai	15
Gambar 3.4	Ilustrasi Tinggi Efektif Pelat Lantai.....	16
Gambar 3.5	Posisi Tumpuan Jepit Pelat Lantai	17
Gambar 3.6	Ilustrasi Dimensi Pelat Atap	27
Gambar 3.7	Ilustrasi Tinggi Efektif Pelat Atap	28
Gambar 3.8	Posisi Tumpuan Jepit Pelat Atap	29
Gambar 4.1	Denah Balok	40
Gambar 4.2	Pradesain Dimensi Balok Atap	43
Gambar 4.3	Pradesain Dimensi Balok Lt 2 & Lt 3.....	43
Gambar 4.4	Pradesain Dimensi Balok Sloof	44
Gambar 4.5	Ilustrasi Pembebanan Segitiga	48
Gambar 4.6	Ilustrasi Pembebanan Trapesium	49
Gambar 4.7	Denah Pelat Lantai dengan Ilustrasi Metode Amplop.....	50
Gambar 4.8	Potongan Melintang Portal As B	53
Gambar 4.9	Momen Ujung Jepit pada Balok As B1-2 Pelat Atap.....	56
Gambar 4.10	Ilustrasi Reaksi Perletakan Bidang B1-L1 – B2-L2	59
Gambar 4.11	Potongan Memanjang Portal As 2	63
Gambar 4.12	Momen Ujung Jepit pada Balok As 2C-D Pelat Atap	67
Gambar 4.13	Ilustrasi Reaksi Perletakan Bidang B2-L1 – C2-L2.....	70
Gambar 4.14	Posisi Balok B1 Atap – B2 Atap	74
Gambar 4.15	Posisi Balok B2-Atap – C2-Atap.....	77
Gambar 4.16	Posisi Balok B1-L3 – B2-L3	81
Gambar 4.17	Posisi Balok B2-L3 – C2-L3	84
Gambar 4.18	Posisi Balok B1-L1 – B2-L1	88
Gambar 4.19	Posisi Balok B2-L1 – C2-L1	91

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tabel Minimum Pelat Satu Arah	9
Tabel 3.2	Besar Beban Mati untuk Material Bangunan	11
Tabel 3.3	Besar Beban Mati untuk Komponen Bangunan	12
Tabel 3.4	Beban Hidup untuk Struktur Bangunan	12
Tabel 3.5	Momen dan Penulangan Pelat Lantai	25
Tabel 3.6	Momen dan Penulangan Pelat Atap	36
Tabel 4.1	Rekapitulasi Dimensi Balok Rencana	42
Tabel 4.2	Rekapitulasi Faktor Distribusi (DF) Portal Arah Melintang	55
Tabel 4.3	Rekapitulasi Momen Ujung Jepit As B Portal Arah Melintang	57
Tabel 4.4	Tabel Rekapitulasi Distribusi Momen (<i>Metode Cross</i>) Portal Arah Melintang	58
Tabel 4.5	Rekapitulasi Reaksi Tumpuan Portal Arah Melintang	61
Tabel 4.6	Rekapitulasi Momen Maksimal (M _{lap}) dan Gaya Lintang Portal Arah Melintang	62
Tabel 4.7	Rekapitulasi Faktor Distribusi (DF) Portal Arah Memanjang	66
Tabel 4.8	Rekapitulasi Momen Ujung Jepit As 2 Portal Arah Memanjang	68
Tabel 4.9	Tabel Rekapitulasi Distribusi Momen (<i>Metode Cross</i>) Portal Arah Memanjang	69
Tabel 4.10	Rekapitulasi Reaksi Tumpuan Arah Portal Memanjang	72
Tabel 4.11	Rekapitulasi Momen Maksimal (M _{lap}) dan Gaya Lintang Portal Arah Memanjang	73
Tabel 4.12	Rekapitulasi Penulangan Balok Atap	80
Tabel 4.13	Rekapitulasi Penulangan Balok Lantai 2 dan 3	87
Tabel 4.14	Rekapitulasi Penulangan Balok Sloof	94
Tabel 4.15	Rekapitulasi Penulangan Balok Sloof	107s

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Judul Tugas Akhir

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis mengangkat judul “TINJAUAN KEMBALI PERHITUNGAN PLAT LANTAI, BALOK DAN KOLOM GEDUNG 4 LANTAI”

1.2 Latar Belakang

Setiap mahasiswa yang akan menyelesaikan studinya dalam Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro diwajibkan untuk menyusun suatu karya ilmiah yang disebut Tugas Akhir. Penyusunannya dilaksanakan dengan persyaratan akademis, yakni mahasiswa telah selesai menyelesaikan Laporan Praktek Magang dan telah menempuh 90 sks dengan nilai minimum tiap mata kuliah adalah C.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini pokok bahasan yang akan dibahas adalah mengenai perhitungan struktur atas yaitu kolom, balok dan pelat lantai pada suatu gedung berlantai 3. Perhitungan gedung ini dilandasi oleh beberapa hal, diantaranya adalah :

1. Penulis ingin mempelajari lebih dalam lagi tentang struktur bangunan gedung.
2. Penulis berpendapat bahwa bangunan gedung di masa yang akan datang akan sangat dibutuhkan.

3. Keberhasilan suatu proyek konstruksi gedung sangat ditentukan oleh perhitungan yang baik dan ditunjang oleh pelaksanaan dilapangan.
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

Maksud dari penyusunan Tugas Akhir diharapkan mahasiswa mampu merangkum dan mengaplikasikan 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.

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melengkapi syarat akhir kelulusan pada Program Studi Diploma III Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Melatih mahasiswa membuat suatu perhitungan proyek yang efektif dan efisien dengan pengalaman yang didapat dari kegiatan magang 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. Menambah pengalaman bagi mahasiswa dalam mempersiapkan diri menghadapi pekerjaan perhitungan yang sesungguhnya.
5. Melatih dan meningkatkan kreativitas serta kemampuan dalam mengembangkan gagasan bagi setiap mahasiswa.

1.4 Pembatasan Masalah

Perhitungan struktur atas pembangunan gedung perkantoran dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis membatasi pembahasannya dengan :

1. Perhitungan Plat Lantai, Balok dan Kolom
2. Perhitungan Portal

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 PERHITUNGAN PLAT LANTAI

Bab ini berisi tentang perhitungan beban, analisa statika dan desain penulangan pada plat lantai dan plat atap

BAB IV PERHITUNGAN PORTAL

Berisi tentang uraian umum, pedoman perhitungan, dan analisa perhitungan portal

BAB V 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 *observasi* (pengamatan)

Dalam metode ini digunakan untuk memperoleh data yang berhubungan dengan analisa yang dibahas.

2. Metode *Diskriptif*

Metode *diskriptif* (literatur) didapatkan dari buku-buku yang mempelajari tentang contoh-contoh analisa yang digunakan dalam perhitungan struktur. Metode literatur digunakan dalam pemecahan-pemecahan permasalahan yang dihadapi dalam pembuatan tugas akhir ini.

3. Metode *Interview* (wawancara langsung)

Untuk mendapatkan rujukan yang sekiranya tidak terdapat dalam data.

4. Metode Bimbingan

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

2.2 Metode Penggambaran

Format penggambaran tugas akhir baik berupa hasil perhitungan maupun gambar-gambar penunjang laporan tugas akhir ini, disesuaikan dengan tata cara menggambar teknik struktur bangunan dengan menggunakan program *Auto CAD 2013*.

2.3 Metode Penulisan

Penulisan dalam tugas akhir ini menyesuaikan ejaan yang disempurnakan (EYD) dan tata cara penulisan karya ilmiah dengan menggunakan bantuan program *SAP 2000*.

2.4 Metode Analisa

Pada tugas akhir ini penulis hanya menganalisa pada struktur atas saja (*upper structure*). Peninjauan struktur atas yang dimaksud adalah berupa perhitungan pelat lantai, balok dan kolom. Pengerjaan penganalisaan dibantu dengan menggunakan program *SAP 2000*. Pada perhitungan tersebut penulis menyesuaikan dengan peraturan-peraturan berikut :

1. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK SNI T-15-1991-03).
2. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2002)

3. Pedoman perhitungan 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 Kusuma M.Eng.
5. Kumpulan Tabel Struktur Beton Bertulang berdasar SK SNI-T15-1991-03 diikuti dari buku Struktur Beton Bertulang Istimawan Dipohusodo.

BAB III

PERHITUNGAN PLAT LANTAI

3.1 Uraian Umum

Plat adalah struktur pemisah ruang secara mendatar pada bangunan bertingkat. Fungsi plat lantai adalah struktur yang pertama kali menerima beban, yang nantinya akan diteruskan kepada balok. Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan, tetapi juga ukuran dan syarat-syarat dari peraturan yang ada.

Sistem perhitungan tulangan pelat pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam yaitu plat satu arah (*one way slab*) dan plat dua arah (*two way slab*). Perhitungan perencanaan plat lantai pada gedung berlantai 3 ini diperhitungkan dari struktur beton bertulang yang dicor secara monolit (menyatu) dengan struktur utama bangunan.

3.2 Pedoman Perhitungan

Pedoman yang digunakan dalam perhitungan plat lantai adalah sebagai berikut :

6. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK-SNI-T-15-1991-03).
7. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2002)

8. Pedoman perhitungan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG 1987).
9. Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng.

3.3 Dasar Perhitungan

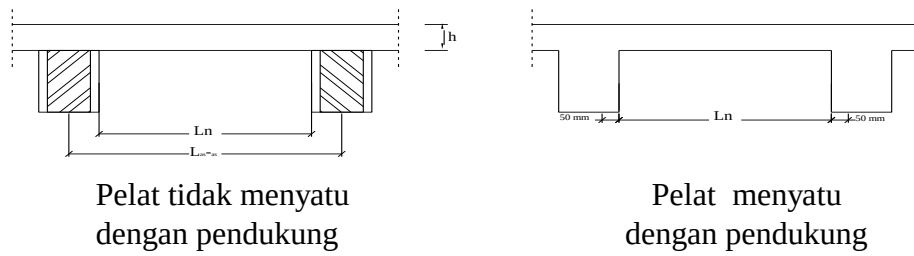
Pada perhitungan plat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan/ketentuan sebagai berikut :

1. Pada perhitungan plat, lebar plat diambil 1 meter ($b=1000$ mm)
2. Menentukan jenis perletakan dan jenis penghubung ditempat tumpuan.
 - a. Bila plat dapat berotasi bebas pada tumpuan, maka plat dapat dikatakan ditumpu bebas.
 - b. Bila tumpuan mencegah plat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir, maka plat itu terjepit penuh, dimana plat tersebut monolit (menyatu) dengan balok yang tebal
 - c. Bila balok tepi tidak cukup kuat untuk mencegah rotasi sama sekali, maka plat itu terjepit sebagian.
3. Panjang bentang (L) (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)
 - a. Plat yang tidak menyatu dengan struktur pendukung

$$L = L_n + h \text{ dan } L \leq L_{as-as}$$
 - 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 3.1 Penentuan Panjang Bentang (L)

4. Tebal minimum plat (h) (SK SNI T-15-1991-03)

- a. Untuk plat satu arah (SK SNI T-15-1991-03), tebal minimal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Tabel Minimum Pelat Satu Arah

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

- b. Untuk 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 :

$$\alpha = (E_{cb}/I_b) / (E_{cp}/I_p)$$

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

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

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

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

3) Jika $\alpha_m > 2$, maka

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

dengan β = rasio bentang bersih plat dalam arah memanjang dan memendek.

5. Tebal selimut beton minimal (Pasal 9.7.1 SNI 03-2847-2002)

a. Untuk baja tulangan $D \leq 36$

Tebal selimut beton $\geq 20 \text{ mm}$

b. Untuk baja tulangan D44-D56

Tebal selimut beton $\geq 20 \text{ mm} - 40 \text{ mm}$

6. Jarak bersih antar tulangan (s) (Pasal 9.6.1 SNI 03-2847-2002)

$S \geq D$ dan $s \geq 25 \text{ mm}$

7. Jarak maksimal antar tulangan (as ke as)

a. Tulangan Pokok :

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

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

b. Tulangan Bagi

$s \leq 5.h$ dan $s \leq 450 \text{ mm}$ (Pasal 9.12.2.2)

8. Luas Tulangan minimal Plat

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

Untuk $f_y = 320 \text{ Mpa}$, 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 $A_s \geq 0,0014.b.h$

9. Macam Pembebanan

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

1. Beban mati atau *dead load* (q_D)

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

Tabel 3.2 Besar Beban Mati Untuk Material Bangunan

Material	<i>Specific Gravity</i> (Kg/m³)
Beton tanpa tulangan	2200
Beton bertulang	2400
Baja	7850
Kayu	1000
Pasir	1600

Sumber : SNI Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung

SNI 03-1727-1989

Tabel 3.3 Besar Beban Mati Untuk Komponen Bangunan

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

Sumber : SNI Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung

SNI 03-1727-1989

2. Beban hidup atau *life load* (q_L)

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

Tabel 3.4 Beban Hidup Untuk Struktur Bangunan

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

Sumber : SNI Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung

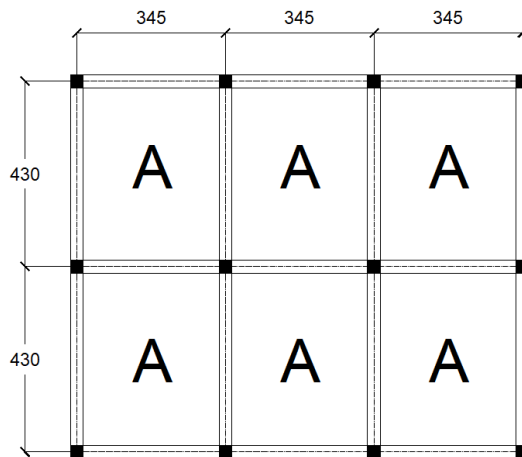
SNI 03-1727-1989

3.4 Konsep Perhitungan Penulangan

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 $M_u / b d^2$ 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.

3.5 Analisa Perencanaan Plat Lantai

Untuk konstruksi gedung 3 lantai ini menggunakan perencanaan tulangan dengan sistem pelat dua arah (two way slab). Pelat two way slab merupakan pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar dan terdapat tulangan pokok dengan 2 arah.



Gambar 3.2 Denah Lantai

Berikut adalah data-data perencanaan plat lantai :

- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 300 Mpa
- Beban Beton Bertulang = 2400 kg/m^3
- L_x (bentang pendek) = 3,80 m
- L_y (bentang panjang) = 4,20 m

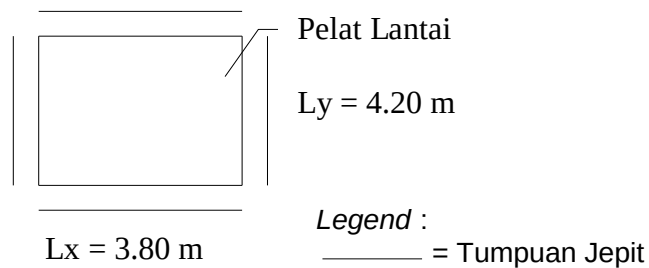
3.5.1 Menentukan Tebal Plat Lantai

Dalam 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 :

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

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

Sehingga dengan demikian tebal pelat lantai untuk gedung perkantoran dapat dihitung sebagai berikut.



Gambar 3.3 Ilustrasi Dimensi Plat Lantai

Data – data :

L_n = panjang bentang memanjang

$L_n = L_y$ (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)

$$= 4,20 \text{ m} = 420 \text{ cm}$$

$$L_x = 3,80 \text{ m} = 380 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{420}{380} = 1,10$$

$$h_{\min} = \frac{L_n \left\{ 0.8 + \left(\frac{f_y}{1500} \right) \right\}}{36 + 9\beta} = \frac{420 \left\{ 0.8 + \left(\frac{300}{1500} \right) \right\}}{36 + 9 \times 1,10} = 9,150 \text{ cm}$$

$$h_{\max} = \frac{L_n \left\{ 0.8 + \left(\frac{f_y}{1500} \right) \right\}}{36} = \frac{420 \left\{ 0.8 + \left(\frac{300}{1500} \right) \right\}}{36} = 11,667 \text{ cm}$$

Karena $9,150 < h < 11,667$ cm atau $h_{\min} < h < h_{\max}$,

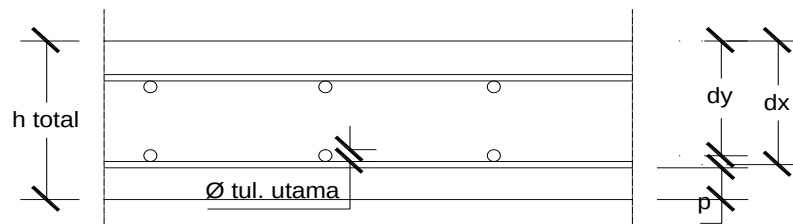
Maka tebal plat lantai diambil 11 cm.

3.5.2 Menentukan Tinggi Efektif Plat Lantai

Tebal selimut beton (p) = 20 mm

Ø tulangan utama = 10 mm

Tebal Plat (h) = 11 cm = 110 mm



Gambar 3.4 Ilustrasi Tinggi Efektif Plat Lantai

$$\begin{aligned} d \text{ efektif } x &= h - p - 0,5 \text{ Ø} \\ &= 110 - 30 - 0,5 \times 10 \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d \text{ efektif } y &= h - p - \frac{1}{2} \text{ Ø} - 1\text{Ø} \\ &= 110 - 30 - \frac{1}{2} (10) - 10 \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.5.3 Menghitung Beban Plat Lantai

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

- ✓ Berat sendiri plat = Tebal Plat x BJ Beton x **b** (lbr penampang)

$$= 0,11 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m}$$

$$= 2,64 \text{ KN/m}^2$$
- ✓ Berat Spesi = Tebal Spesi x BJ Spesi x b

$$= 0,02 \times 21 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m}$$

$$= 0,42 \text{ KN/m}^2$$
- ✓ Berat Keramik = Tebal Keramik x BJ Keramik x b

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

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

$$\begin{aligned}
 \checkmark \quad \text{Plafond} + \text{Penggantung} &= (\text{BJ Plafond} + \text{BJ Penggantung}) \\
 &= 0,18 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m} \\
 &= 0,18 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{TOTAL } W_D = 3,48 \text{ KN/m}^2$$

- **Beban Hidup (W_L)**

Berdasarkan (PPPURG – 1987 Tabel 2), fungsi bangunan untuk sebuah perkantoran mempunyai beban hidup sebesar :

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

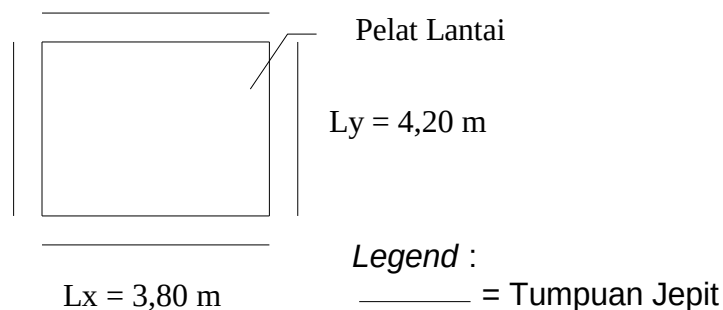
- **Beban Berfaktor (W_U)** —————→ (SNI 03-2847-2002 Pasal 11.2-1)

$$\begin{aligned}
 W_U &= 1,2 W_D + 1,6 W_L \\
 &= (1,2 \times 3,48) + (1,6 \times 2,50) \\
 &= 8,176 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$

3.5.4 Menghitung Momen yang Bekerja

Momen penentu yang bekerja pada pelat berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b

Plat lantai ukuran 380 x 420 cm (6 buah)



Gambar 3.5 Posisi Tumpuan Jepit Pelat Lantai

Dari table Gedeon didapat :

	1,0	1,1	1,2
Clx	25	29,5	34
Cly	25	23,5	22
Ctx	51	57	63
Cty	51	52,5	54

$$C = \frac{I_y}{I_x} = \frac{420}{380} = 1,10$$

$$Clx = 29,5$$

$$Ctx = 57$$

$$Cly = 23,5$$

$$Cty = 52,5$$

Dengan beban berfaktor $\longrightarrow W_U = 8,176 \text{ KN/m}^2$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_U \times l_x^2 \times Clx \\ &= 0,001 \times 8,176 \times 3,80^2 \times 29,5 \\ &= 3,483 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \times W_U \times l_x^2 \times Cly \\ &= 0,001 \times 8,176 \times 3,80^2 \times 23,5 \\ &= 2,774 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= - 0,001 \times W_U \times l_x^2 \times Ctx \\ &= - 0,001 \times 8,176 \times 3,80^2 \times 57 \\ &= - 6,730 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$M_{ty} = - 0,001 \times W_U \times l_x^2 \times Cty$$

$$= -0.001 \times 8,176 \times 3,80^2 \times 52,5$$

$$= -6,198 \text{ KNm}$$

3.5.5 Menghitung Kebutuhan Penulangan

- Tulangan Lapangan Arah X**

$$Ml_x = 3,483 \text{ KNm}$$

$$\text{Diameter tulangan digunakan } (\phi_x) = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Efektif } (d_x) &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \times \phi_x \\ &= 110 - 20 - (0,5 \times 10) \\ &= 85 \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{3,483 \times 10^6}{0,85 \cdot 1000 \cdot (85)^2} = 0,567 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_{c'}} = \frac{300}{0,85 \times 30} = 11,765$$

Karena Mutu Baja = 300 Mpa

Maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0046$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{11,765} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,567 \cdot 11,765}{300}}\right) \\ &= 0,0019 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot f_{c'}}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot 30}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} \\ &= 0,0482 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0482 \\ &= 0,0362\end{aligned}$$

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

$0,0046 < 0,0019 < 0,0362$, jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned}\text{As rencana} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0046 \times 1000 \times 85 = 391 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{ada}} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{391} \\ &= 200,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{As ada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{150} \\ &= 523,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Karena $\text{As ada} > \text{As rencana}$, maka digunakan tulangan Ø10-150 →

$\text{As} = 523,6 \text{ mm}^2$ dari tabel A-5 struktur beton bertulang.

- **Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_{tx} = -6,730 \text{ KNm}$$

$$\text{Diameter tulangan digunakan } (\phi_x) = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang Efektif } (d_x) &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \times \phi_x \\ &= 110 - 20 - (0,5 \times 10) \\ &= 85\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d_x^2} = \frac{-6,730 \times 10^6}{0,85 \cdot 1000 \cdot (85)^2} = -1,096 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_c'} = \frac{300}{0,85 \times 30} = 11,765$$

Karena Mutu Baja = 300 Mpa

Maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0046$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{11,765} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot -1,096 \cdot 11,765}{300}}\right) \\ &= -0,0036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot 30}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} \\ &= 0,0482\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0482 \\ &= 0,0362\end{aligned}$$

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

$0,0046 < -0,0036 < 0,0362$, jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned}\text{As rencana} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0046 \times 1000 \times 85 = 391 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{391} \\ &= 200,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Spakai} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{As ada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{150} \\ &= 523,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Karena $A_s \text{ ada} > A_s \text{ rencana}$, maka digunakan tulangan $\emptyset 10-150 \rightarrow$

$A_s = 523,6 \text{ mm}^2$ dari tabel A-5 struktur beton bertulang.

- **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$M_{ly} = 2,774 \text{ KNm}$$

$$\text{Diameter tulangan digunakan } (\emptyset) = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Efektif } (d_y) &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset - 1 \emptyset \\ &= 110 - 20 - (0,5 \times 10) - 1(10) \\ &= 75 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d_y^2} = \frac{2,774 \times 10^6}{0,85 \cdot 1000 \cdot (75)^2} = 0,580 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_{c'}} = \frac{300}{0,85 \times 30} = 11,765$$

Karena Mutu Baja = 300 Mpa, Maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0046$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n \cdot m}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,765} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,580 \cdot 11,765}{300}} \right) \\ &= 0,0020 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot f_{c'}}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot 30}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} \\ &= 0,0482 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0482 \end{aligned}$$

$$= 0,0362$$

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

$0,0046 < 0,0020 < 0,0362$, jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min}$

As rencana = $\rho \times b \times d_y$

$$= 0,0046 \times 1000 \times 75 = 345 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sada} = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{345}$$

$$= 227,563 \text{ mm}$$

$$\text{Spakai} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{As ada} = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$= 392,7 \text{ mm}^2$$

Karena $\text{As ada} > \text{As rencana}$, maka digunakan tulangan Ø10-200 →

$\text{As} = 392,7 \text{ mm}^2$ dari tabel A-5 struktur beton bertulang.

- **Tulangan tumpuan arah Y**

$$\text{Mty} = -6,198 \text{ KNm}$$

$$\text{Diameter tulangan digunakan } (\emptyset) = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Efektif } (d_y) = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset - 1 \emptyset$$

$$= 110 - 20 - (0,5 \times 10) - 1(10)$$

$$= 75$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d_y^2} = \frac{-6,198 \times 10^6}{0,85 \cdot 1000 \cdot (75)^2} = -1,296 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_{c'}} = \frac{300}{0,85 \times 30} = 11,765$$

Karena Mutu Baja = 300 Mpa, Maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0046$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{11,765} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot -1,296 \cdot 11,765}{300}}\right) \\ &= -0,0042\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot f_{c'}}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot 30}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} \\ &= 0,0482\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0482 \\ &= 0,0362\end{aligned}$$

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

$0,0046 < -0,0042 < 0,0362$, jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned}\text{As rencana} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0046 \times 1000 \times 75 = 345 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{345} \\ &= 227,536 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Spakai} = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{As ada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Karena $\text{As ada} > \text{As rencana}$, maka digunakan tulangan Ø10-200 →

$A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ dari tabel A-5 struktur beton bertulang.

Tabel Rekapitulasi Momen dan Penulangan Plat Lantai

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$ $f_y = 300 \text{ Mpa}$ $\rho_{\min} = 0,0046$

Tabel 3.5 Momen dan Penulangan Pelat Lantai

M	Koef	Mu	ρ perlu	$\rho_{\min}$	$\rho_{\max}$	As Renc.	Tulangan	As Terpakai
Plat A $I_x/I_y = 1,10$								
M _{lx}	29,5	3,483	0,0019	0,0047	0,0362	391	Ø10-150	523,6
M _{ly}	23,5	2,774	0,0020	0,0047	0,0362	345	Ø10-200	392,7
M _{tx}	57	-6,730	-0,0036	0,0047	0,0362	391	Ø10-150	523,6
M _{ty}	52,5	-6,198	-0,0042	0,0047	0,0362	345	Ø10-200	397,5

Keterangan :

Nilai koef = didapat dari dasar – dasar perencanaan beton bertulang

Nilai Mu = didapat dari $W_u \cdot I_x^2 \cdot \text{koef}$

Nilai b = 1.00 m

Nilai d = pada arah x menggunakan $d = d_x$, sedangkan pada arah y menggunakan $d = d_y$

Nilai ρ perlu $= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{F_y}}\right)$

Nilai $\rho_{\min}$ = didapat dari dasar – dasar perencanaan beton bertulang

Nilai $\rho_{\max}$ = didapat dari dasar – dasar perencanaan beton bertulang

Nilai AS rencana = didapat dari : $\rho \cdot b \cdot d$ dimana ρ adalah ρ_{min} bila $\rho_{min} > \rho$ yg didapat atau ρ yang didapat jika ρ yang didapat $> \rho_{min}$

Tulangan = didapat dari grafik dan perhitungan beton bertulang

3.6 Analisa Perhitungan Plat Atap

Berikut adalah data-data teknis perencanaan pelat atap :

- Mutu beton (f_c') = 30 Mpa
- Mutu Baja (f_y) = 300 Mpa
- Beban Beton Bertulang = 2400 kg/m³
- Lx (bentang pendek) = 3,80 m
- Ly (bentang panjang) = 4,20 m

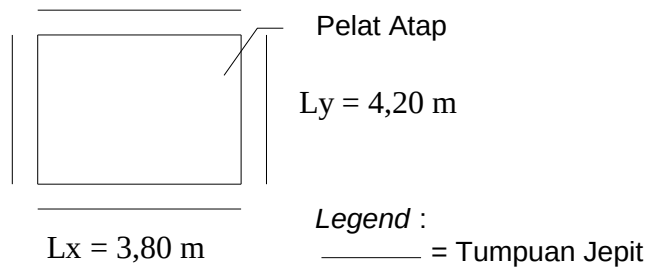
3.6.1 Menentukan Tebal Pelat Atap

Dalam penentuan tebal pelat atap, 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 atap dapat ditentukan dengan rumus berikut.

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

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

Sehingga dengan demikian tebal pelat atap untuk gedung perkantoran dapat dihitung sebagai berikut.



Gambar 3.6 Ilustrasi Dimensi Pelat Atap

Data – data :

L_n = panjang bentang memanjang

L_n = L_y (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002)

$$= 4,20 \text{ m} = 420 \text{ cm}$$

$$L_x = 3,80 \text{ m} = 380 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{420}{380} = 1,10$$

$$h_{\min} = \frac{\ln \left\{ 0,8 + \left(\frac{f_y}{1500} \right) \right\}}{36 + 9\beta} = \frac{420 \left\{ 0,8 + \left(\frac{300}{1500} \right) \right\}}{36 + 9 \times 1,10} = 9,150 \text{ cm}$$

$$h_{\max} = \frac{\ln \left\{ 0,8 + \left(\frac{f_y}{1500} \right) \right\}}{36} = \frac{420 \left\{ 0,8 + \left(\frac{300}{1500} \right) \right\}}{36} = 11,667 \text{ cm}$$

Karena $9,150 < h < 11,667 \text{ cm}$ atau $h_{\min} < h < h_{\max}$,

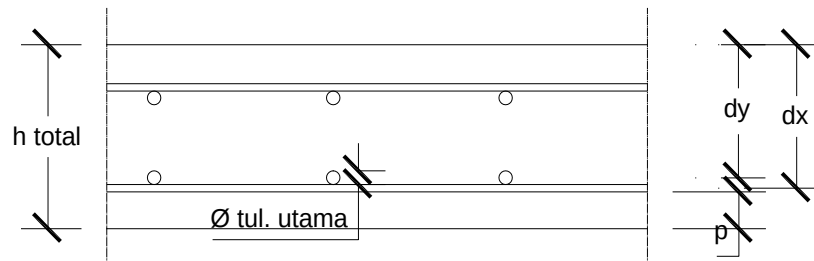
Maka tebal plat lantai diambil 11 cm.

3.6.2 Menentukan Tinggi Efektif Pelat Atap

Tebal penutup beton = 20 mm

Ø tulangan utama = 10 mm

Tebal Pelat = 11 cm = 110 mm



Gambar 3.7 Ilustrasi Tinggi Efektif Pelat Atap

$$\begin{aligned}
 d \text{ efektif } x &= h - p - 0,5 \text{ } \varnothing \\
 &= 110 - 20 - 0,5 \cdot 10 \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d \text{ efektif } y &= h - p - \frac{1}{2} \text{ } \varnothing - 1 \varnothing \\
 &= 110 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 - 10 \\
 &= 75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3.6.3 Menghitung Beban Pelat Atap

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

- ✓ Berat sendiri pelat $= \text{Tebal Pelat} \times \text{BJ Beton} \times 1$
 $= 0,11 \times 24 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m}$
 $= 2,64 \text{ KN/m}^2$
- ✓ Plafond + Penggantung $= (\text{BJ plafond} + \text{BJ penggantung}) \times 1$
 $= 0,18 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ m}$
 $= 0,18 \text{ KN/m}^2$
- ✓ Air Hujan $= 0,10 \text{ KN/m} \times 1 \text{ m}$
 $= 0,10 \text{ KN/m}^2$

TOTAL $W_D = 3,10 \text{ KN/m}^2$

- **Beban Hidup (W_L)**

Berdasarkan (PPPURG – 1987 Pasal 2.1.2.2 ayat 1) fungsi bangunan untuk sebuah hotel mempunyai beban hidup sebesar :

$$W_L = 1,00 \text{ KN/ m}^2$$

- **Beban Berfaktor (W_U)**

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L \dots\dots\dots (\text{SNI 03-2847-2002 Pasal 11.21})$$

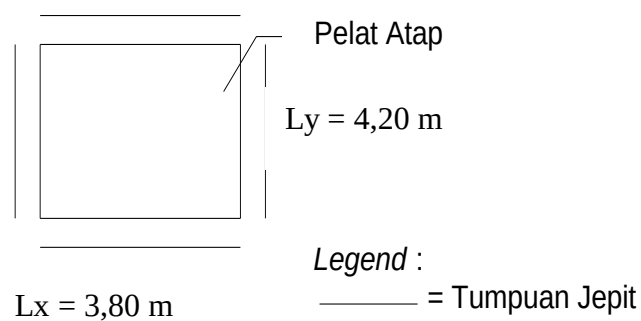
$$= (1,2 \times 3,10) + (1,6 \times 1,00)$$

$$= 5,32 \text{ KN/ m}^2$$

3.6.4 Menghitung Momen yang Bekerja

Momen penentu yang bekerja pada pelat berdasarkan CUR 4 tabel 4.2.b

Pelat Atap Ukuran 380 x 420 cm (6 buah)



Gambar 3.8 Posisi Tumpuan Jepit Pelat Atap

Dari tabel Gideon didapat : $C = \frac{l_y}{l_x} = \frac{420}{380} = 1,10$

$$C_{lx} = 29,5$$

$$C_{tx} = 57$$

$$C_{ly} = 23,5$$

$$C_{ty} = 52,5$$

Dengan koefisien $\longrightarrow W_U = 5,32 \text{ KN/ m}^2$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} M_{Ix} &= 0,001 \times W_U \times Lx^2 \times Clx \\ &= 0,001 \times 5,32 \times 3,80^2 \times 29,5 \\ &= 2,266 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{Iy} &= 0,001 \times W_U \times Lx^2 \times Cly \\ &= 0,001 \times 5,32 \times 3,80^2 \times 23,5 \\ &= 1,805 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= - 0,001 \times W_U \times Lx^2 \times Ctx \\ &= - 0,001 \times 5,32 \times 3,80^2 \times 57 \\ &= - 4,379 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= - 0,001 \times W_U \times Lx^2 \times Cty \\ &= - 0,001 \times 4,816 \times 3,80^2 \times 52,5 \\ &= - 4,033 \text{ KNm} \end{aligned}$$

3.6.5 Menghitung Kebutuhan Penulangan

- *Tulangan Lapangan Arah X*

$$M_{lx} = 2,266 \text{ KNm}$$

$$\text{Diameter tulangan digunakan } (\phi_x) = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Efektif } (d_x) &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \times \phi_x \\ &= 110 - 20 - (0,5 \times 10) \\ &= 85 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi_b \cdot d^2} = \frac{2,266 \times 10^6}{0,85 \cdot 1000 \cdot (85)^2} = 0,363 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_{c'}} = \frac{300}{0,85 \times 30} = 11,765$$

Karena Mutu Baja = 300 Mpa, Maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0047$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{11,765} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,363 \cdot 11,765}{300}}\right) \\ &= 0,0012\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot f_{c'}}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot 30}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} \\ &= 0,0482\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0482 \\ &= 0,0362\end{aligned}$$

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

$0,0047 < 0,0012 < 0,0362$, jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned}\text{As rencana} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0046 \times 1000 \times 85 = 391 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{391} \\ &= 200,77 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Spakai} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{As ada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{150} \\ &= 523,3 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Karena $A_s \text{ ada} > A_s \text{ rencana}$, maka digunakan tulangan $\emptyset 10-150 \rightarrow$

$A_s = 523,3 \text{ mm}^2$ dari tabel A-5 struktur beton bertulang.

- **Tulangan Tumpuan Arah X**

$$M_{t_x} = -4,379 \text{ KNm}$$

$$\text{Diameter tulangan digunakan } (\phi_x) = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Efektif } (d_x) &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \times \phi_x \\ &= 110 - 20 - (0,5 \times 10) \\ &= 65 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d \cdot x^2} = \frac{-4,379 \times 10^6}{0,85 \cdot 1000 \cdot (75)^2} = -0,916 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_{c'}} = \frac{300}{0,85 \times 30} = 11,765$$

Karena Mutu Baja = 300 Mpa, Maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0046$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n \cdot m}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{11,765} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot -0,916 \cdot 11,765}{300}}\right) \\ &= -0,0030 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot f_{c'}}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot 30}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} \\ &= 0,0482 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0482 \end{aligned}$$

$$= 0,0362$$

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

$0,0046 < -0,0030 < 0,0362$, jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min}$

As rencana $= \rho \times b \times dx$

$$= 0,0046 \times 1000 \times 75 = 345 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sada} = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{345}$$

$$= 227,536 \text{ mm}$$

Spakai $= 200 \text{ mm}$

$$\text{As ada} = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$= 392,5 \text{ mm}^2$$

- **Tulangan Lapangan Arah Y**

$$M_{ly} = 1,805 \text{ KNm}$$

$$\text{Diameter tulangan digunakan } (\phi_y) = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Efektif } (d_y) = h - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi - 1 \phi$$

$$= 110 - 20 - (0,5 \times 10) - 1(10)$$

$$= 75$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d_y^2} = \frac{1,805 \times 10^6}{0,85 \cdot 1000 \cdot (75)^2} = 0,378 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_{c'}} = \frac{300}{0,85 \times 30} = 11,765$$

Karena Mutu Baja = 300 Mpa, Maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0046$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \cdot m}{F_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{11,765} \cdot (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,378 \cdot 11,765}{300}})$$

$$= 0,0013$$

$$\rho_b = 0,85 \times \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot 30}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300}$$

$$= 0,0482$$

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

$$= 0,75 \cdot 0,0482$$

$$= 0,0362$$

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

$0,0046 < 0,0013 < 0,0362$, jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min}$

$$A_s \text{ rencana} = \rho \times b \times d_y$$

$$= 0,0046 \times 1000 \times 75 = 345 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{ada}} = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{345}$$

$$= 227,536 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ ada} = \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$= 392,7 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s \text{ ada} > A_s \text{ rencana}$, maka digunakan tulangan Ø10-200 →

$A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ dari tabel A-5 struktur beton bertulang.

- **Tulangan Tumpuan Arah Y**

$$M_{t_y} = -4,033 \text{ KNm}$$

$$\text{Diameter tulangan digunakan } (\phi_y) = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Efektif } (d_y) &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi - 1 \phi \\ &= 110 - 20 - (0,5 \times 10) - 1(10) \\ &= 75 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi_b \cdot d_y^2} = \frac{-4,033 \times 10^6}{0,85 \cdot 1000 \cdot (75)^2} = -0,844 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot F_{c'}} = \frac{300}{0,85 \times 30} = 11,765$$

Karena Mutu Baja = 300 Mpa, Maka :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0046$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n \cdot m}{F_y}}\right) \\ &= \frac{1}{11,765} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot -0,844 \cdot 11,765}{300}}\right) \\ &= -0,0027 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot f_{c'}}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \times \frac{0,85 \cdot 30}{300} \cdot \frac{600}{600 + 300} \\ &= 0,0482 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0482 \\ &= 0,0362 \end{aligned}$$

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

$0,0046 < -0,0027 < 0,0362$, jika $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned} \text{As rencana} &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0046 \times 1000 \times 75 = 345 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{345} \\ &= 227,536 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Spakai} = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{As ada} &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena As ada > As rencana, maka digunakan tulangan Ø10-200 →

As = 392,7 mm² dari tabel A-5 struktur beton bertulang.

Rekapitulasi Momen dan Penulangan Pelat Atap

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}, \quad f_y = 300 \text{ Mpa}, \quad \rho_{\min} = 0,0046$$

Tabel 3.6 Momen dan Penulangan Pelat Atap

M	Koef	Mu	ρ perlu	ρ min	ρ max	As Renc.	Tulangan	As Trpakai
Plat A $I_x/I_y = 1,10$								
M _{lx}	29,5	2,266	0,0012	0,0046	0,0362	391	Ø10-150	523,6
M _{ly}	23,5	1,805	0,0013	0,0046	0,0362	345	Ø10-200	392,7
M _{tx}	57	-4,379	-0,0030	0,0046	0,0362	391	Ø10-150	523,6
M _{ty}	52,5	-4,033	-0,0027	0,0046	0,0362	345	Ø10-200	392,7

Keterangan :

Nilai koef = didapat dari dasar – dasar perencanaan beton bertulang

Nilai Mu	= didapat dari Wu . Ix2 . koef
Nilai b	= 1.00 m
Nilai d	= pada arah x menggunakan d = dx, sedangkan pada arah menggunakan d = dy
Nilai p perlu	$= \frac{1}{m} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn.m}{F_y}}\right)$
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 . b . d dimana p adalah p min bila p min > p yang didapat atau p yang didapat jika p yang didapat > p min
Tulangan	= didapat dari grafik dan perhitungan beton bertulang

BAB IV

PERHITUNGAN PORTAL

4.1. Uraian Umum

Struktur portal adalah sistem konstruksi yang terdiri atas bagian - bagian struktur bangunan yang saling terhubung satu sama lain dengan fungsi sebagai penahan beban struktur yang bekerja padanya. Dalam perhitungan Gedung Berlantai 3 ini, portal yang diperhitungkankan terdiri dari kolom yang diperkuat dengan balok-balok yang dicor secara monolit untuk menahan beban akibat gravitasi dan gempa. Balok-balok tersebut terdiri dari balok induk, balok anak, ring balok dan sloof. Perhitungan portal ini terdiri dari dua bagian, yaitu perhitungan portal melintang dan perhitungan portal memanjang. Perhitungan portal ini menggunakan mutu beton $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan mutu baja $f_y = 300 \text{ Mpa}$

4.2. Pedoman Perhitungan

Pedoman yang digunakan dalam perhitungan perencanaan pelat lantai adalah sebagai berikut :

1. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SK-SNI-T-15-1991-03).
2. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG 1987).

3. Standar tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2002)
4. Buku “Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang” yang disusun oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng.

4.3. Konsep Perhitungan

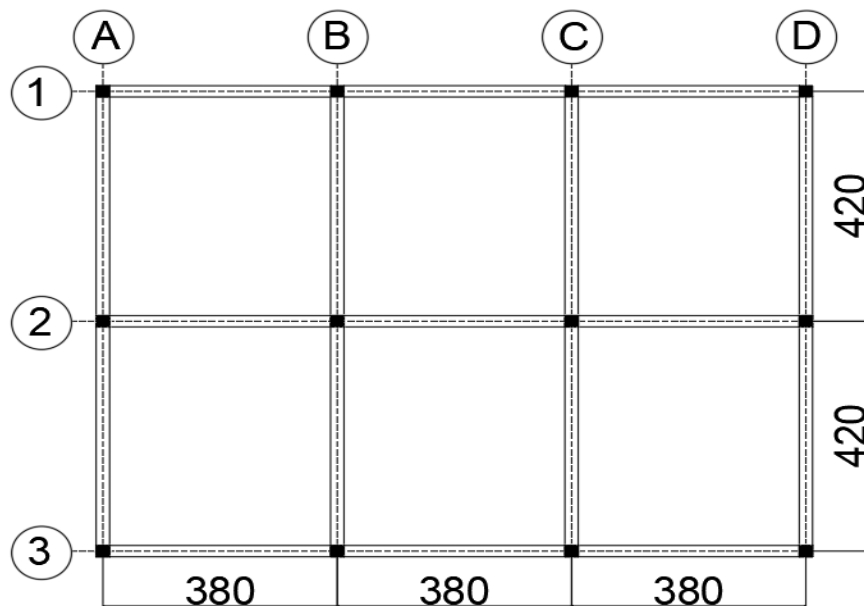
Struktur portal terdiri dari balok dan kolom yang dibebani muatan di atasnya dimana muatan tersebut akan menimbulkan lenturan pada balok dan kemudian gaya-gaya dari muatan tersebut akan diteruskan pada kolom yang dapat berupa gaya normal. Dari hasil analisa portal akan diperoleh gaya-gaya dalam pada elemen-elemen balok yang kemudian dapat digunakan untuk melakukan proses desain terutama desain penulangan. Tahapan perhitungan portal diawali dengan perhitungan balok terlebih dahulu, dan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kolom.

4.4. Analisa Perhitungan Balok

4.4.1 Menghitung Dimensi Balok Pradesain

Secara umum pradesain tinggi balok dihitung dengan $L/10 - L/15$, dan lebar balok diambil $\frac{1}{2} H - \frac{2}{3} H$ dimana H adalah tinggi balok.

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang hal. 104)



Gambar 4.1 Denah Balok

1. Balok Atap

Arah Melintang

a. Balok Ring → As A12, A23, D12 dan D23

$$h = 1/15 \times L = 1/15 \times 420 = 28 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h = 2/3 \times 30 = 18,67 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

b. Balok Pada Pelat Atap → As B12, B23, C12 dan C23

$$h = 1/15 \times L = 1/15 \times 420 = 28 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h = 2/3 \times 30 = 18,67 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Arah Memanjang

a. Balok Ring → As 1AB, 1BC, 1CD, dan 3AB, 3BC, 3CD

$$h = 1/15 \times L = 1/15 \times 380 = 25,3 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h = 2/3 \times 25 = 16,67 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

b. Balok Pada Pelat Atap → As 2AB, 2BC, 2CD

$$h = 1/15 \times L = 1/15 \times 380 = 25,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h = 2/3 \times 25 = 16,67 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

2. Balok pada Lantai 2,3

Arah Melintang

a. Balok Tepi → As A12, A23, D12 dan D23

$$h = 1/12 \times L = 1/12 \times 420 = 35 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = 1/2 \times h = 2/3 \times 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

b. Balok Tengah → As B12, B23, C12 dan C23

$$h = 1/12 \times L = 1/12 \times 420 = 35 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = 1/2 \times h = 2/3 \times 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Arah Memanjang

a. Balok Tepi → As 1AB, 1BC, 1CD, dan 3AB, 3BC, 3CD

$$h = 1/12 \times L = 1/12 \times 380 = 31,67 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h = 2/3 \times 35 = 23,33 \approx 25 \text{ cm}$$

b. Balok Tengah → 2AB, 2BC, 2CD

$$h = 1/12 \times L = 1/12 \times 380 = 31,67 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = 1/2 \times h = 2/3 \times 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

3. Sloof

Arah Melintang

- a. Balok Sloof Tepi → As As A12, A23, D12 dan D23

$$h = 1/10 \times L = 1/10 \times 420 = 42 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

$$b = 1/2 \times h = 1/2 \times 45 = 22,5 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

- b. Balok Sloof → As B12, B23, C12 dan C23

$$h = 1/10 \times L = 1/10 \times 420 = 42 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

$$b = 1/2 \times h = 1/2 \times 45 = 22,5 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Arah Memanjang

- a. Balok Sloof Tepi → As 1AB, 1BC, 1CD, dan 3AB, 3BC, 3CD

$$h = 1/10 \times L = 1/10 \times 380 = 38 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = 1/2 \times h = 1/2 \times 40 = 20 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

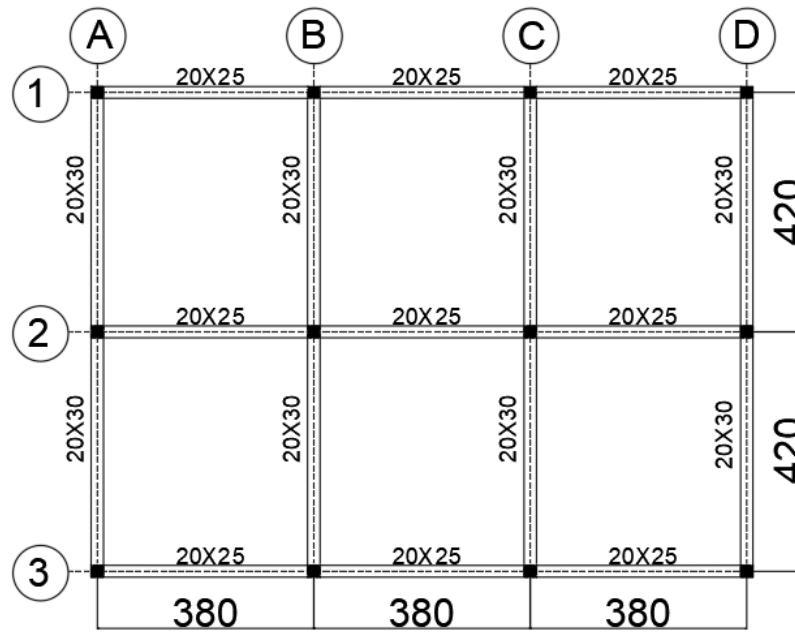
- b. Balok Sloof → As 2AB, 2BC, 2CD

$$h = 1/10 \times L = 1/10 \times 380 = 38 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

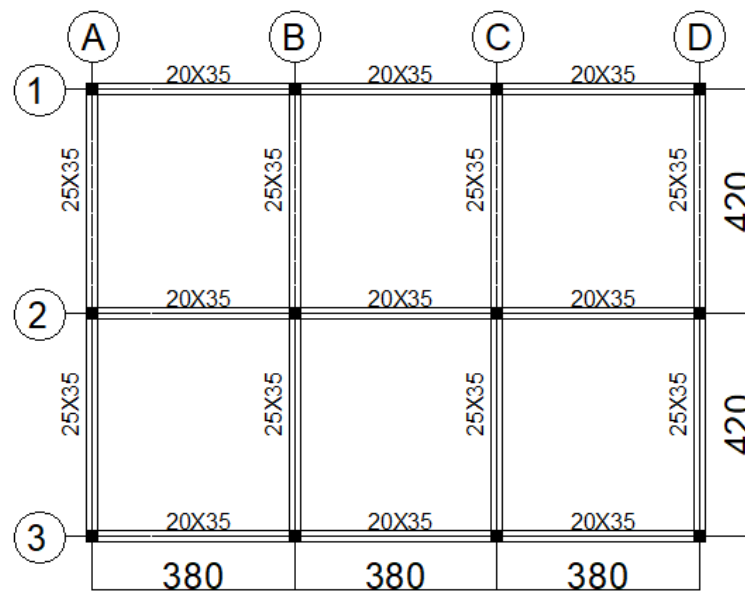
$$b = 1/2 \times h = 1/2 \times 40 = 20 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Rencana

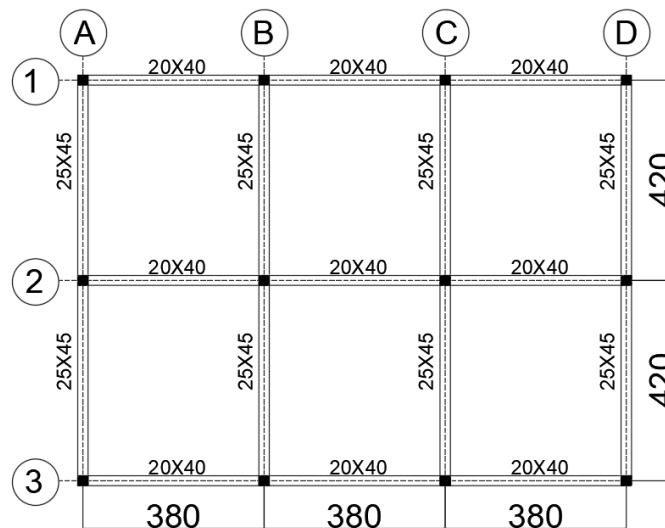
Lantai	Balok	Melintang	Memanjang
Atap	Ring Balok	20 X 30	20 X 25
	Balok Pada Plat Atap	20 x 30	20 X 25
Lantai 2&3	Balok Induk Tepi	25 x 35	25 X 35
	Blok Induk	25 x 35	25 x 35
Sloof	Balok Sloof Tepi	25 x 45	20 x 40
	Balok Sloof	25 x 45	20 x 40



Gambar 4. 2 Pradesain Dimensi Balok Atap



Gambar 4. 3 Pradesain Dimensi Balok Lantai 2&3



Gambar 4. 4 Pradesain Dimensi Sloof

4.4.2 Menghitung Pembebanan

1. Data Pembebanan

A. Menghitung Berat Sendiri Balok

❖ Atap

1) Balok Ring

Arah Melintang → As A12, A23, D12 dan D23

Dimensi = 20/30 cm

$$W = 0,20 \times 0,30 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 1,44 \text{ kN/m}$$

$$W_D = W \times 1,4 = 1,44 \times 1,4 = 2,016 \text{ kN/m}$$

Arah Memanjang → As 1AB, 1BC, 1CD & 3AB, 3BC, 3CD

Dimensi = 20/25 cm

$$W = 0,20 \times 0,25 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 1,2 \text{ kN/m}$$

$$W_D = W \times 1,4 = 1,2 \times 1,4 = 1,68 \text{ kN/m}$$

2) Balok Pada Pelat Atap

Arah Melintang → As B12, B23, C12 dan C23

Dimensi = 20/30 cm

$$W = 0,20 \times 0,30 \times 24 = 1,44 \text{ kN/m}$$

$$W_D = W \times 1,4 = 2,016 \text{ kN/m}$$

Arah Memanjang → As 2AB, 2BC, 2CD

Dimensi = 20/25 cm

$$W = 0,20 \times 0,25 \times 24 = 1,2 \text{ kN/m}$$

$$W_D = W \times 1,4 = 1,68 \text{ kN/m}$$

❖ Lantai 2 dan 3

1) Balok Induk tepi

Arah Melintang → As A12, A23, D12 dan D23

Dimensi = 25/35 cm

$$W = 0,25 \times 0,35 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,1 \text{ kN/m}$$

$$W_D = W \times 1,4 = 2,1 \times 1,4 = 2,94 \text{ kN/m}$$

Arah Memanjang → As 1AB, 1BC, 1CD & 3AB, 3BC, 3CD

Dimensi = 25/35 cm

$$W = 0,25 \times 0,35 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,1 \text{ kN/m}$$

$$W_D = W \times 1,4 = 2,1 \times 1,4 = 2,94 \text{ kN/m}$$

2) Balok Induk

Arah Melintang → As B12, B23, C12 dan C23

$$\text{Dimensi} = 25/35 \text{ cm}$$

$$W = 0,25 \times 0,35 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,1 \text{ kN/m}$$

$$WD = W \times 1,4 = 2,1 \times 1,4 = 2,94 \text{ kN/m}$$

Arah Memanjang $\rightarrow$ As 2AB, 2BC, 2CD

$$\text{Dimensi} = 25/35 \text{ cm}$$

$$W = 0,25 \times 0,35 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,1 \text{ kN/m}$$

$$WD = W \times 1,4 = 2,1 \times 1,4 = 2,94 \text{ kN/m}$$

❖ Sloof

1) Balok Sloof tepi

Arah Melintang $\rightarrow$ As A12, A23, D12 dan D23

$$\text{Dimensi} = 25/45 \text{ cm}$$

$$W = 0,25 \times 0,45 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,7 \text{ kN/m}$$

$$WD = W \times 1,4 = 2,7 \times 1,4 = 3,78 \text{ kN/m}$$

Arah Memanjang $\rightarrow$ As 1AB, 1BC, 1CD & 3AB, 3BC, 3CD

$$\text{Dimensi} = 20/40 \text{ cm}$$

$$W = 0,20 \times 0,40 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 1,92 \text{ kN/m}$$

$$WD = W \times 1,4 = 1,92 \times 1,4 = 2,688 \text{ kN/m}$$

2) Balok Sloof Tengah

Arah Melintang $\rightarrow$ As B12, B23, C12 dan C23

$$\text{Dimensi} = 25/45 \text{ cm}$$

$$W = 0,25 \times 0,45 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2,7 \text{ kN/m}$$

$$WD = W \times 1,4 = 2,7 \times 1,4 = 3,78 \text{ kN/m}$$

Arah Memanjang $\rightarrow$ As 2AB, 2BC, 2CD

Dimensi = 20/40 cm

$$W = 0,20 \times 0,40 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 1,92 \text{ kN/m}$$

$$WD = W \times 1,4 = 1,92 \times 1,4 = \mathbf{2,688 \text{ kN/m}}$$

B. Pembebanan pada Plat Lantai

Berdasarkan pada perhitungan sebelumnya, yaitu pada Bab III Perhitungan Pelat Lantai Sub Bab 3.5.3 didapatkan beban berfaktor (**W_u**) = **8,176 kN/m²**

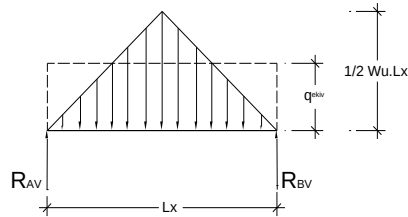
C. Pembebanan Pada Plat Atap

Berdasarkan pada perhitungan sebelumnya, yaitu pada Bab III Perhitungan Pelat Atap Sub Bab 3.6.3 didapatkan beban berfaktor (**W_u**) = **5,32 kN/m²**

2. Analisa Pemerataan Beban Pelat

Pemerataan beban pelat dilakukan dengan menggunakan metode amplop. Metode amplop merupakan metode yang digunakan sebagai pendistribusian beban gravitasi pelat menuju balok. Prinsip penggunaannya adalah reaksi dengan perletakan trapesium digunakan untuk tepi bentang panjang sedangkan reaksi perletakan segitiga digunakan untuk tepi bentang pendek. Berikut merupakan analisisnya:

A. Pembebanan Segitiga



Gambar 4.5 Ilustrasi Pembebanan Segitiga

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

Jika $q = \frac{1}{2} \cdot W_U \cdot l_x$, maka:

$$R_A = R_B = \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} \cdot W_U \cdot l_x \right) \cdot l_x = \frac{1}{8} \cdot W_U \cdot l_x^2$$

$M_{\max}$ segitiga ditengah bentang :

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

Jika $R_A = \frac{1}{8} \cdot W_U \cdot l_x^2$ dan $q = \frac{1}{2} \cdot W_U \cdot l_x$, Maka :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \left(\frac{1}{8} \cdot W_U \cdot l_x^2 \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot l_x - \left(\frac{1}{2} \cdot W_U \cdot l_x - l_x^2 / 24 \right) \\
 &= \frac{1}{16} \cdot W_U \cdot l_x^3 - \frac{1}{48} \cdot W_U \cdot l_x^3
 \end{aligned}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{24} \cdot W_U \cdot l_x^3$$

Beban segitiga tersebut diekuivalensikan menjadi beban

persegi sehingga:

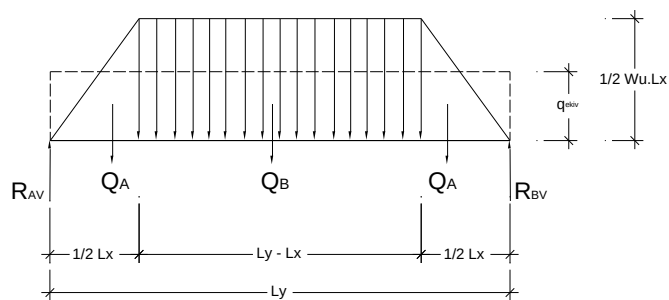
$$M_{\max} = \frac{1}{8} \cdot q_{eq} \cdot l_x^2$$

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

$$\frac{1}{24} \cdot W_U \cdot l x^3 = \frac{1}{8} \cdot q_{\text{eq}} \cdot l x^2$$

$q_{\text{ekuivalen}} = \frac{1}{3} \cdot W_U \cdot l x$
--

B. Pembebanan Trapesium



Gambar 4.6 Ilustrasi Pembebanan Trapesium

Dimana:

$$R_{AV} = R_{BV} = q \cdot (l - a) / 2 \quad q = \frac{1}{2} \cdot W_U \cdot l x$$

$$l = l_y \quad a = \frac{1}{2} \cdot l x$$

maka :

$$R_A = R_B = \frac{\frac{1}{2} \cdot W_U \cdot l x \cdot (l_y - \frac{1}{2} l x)}{2}$$

$$= \frac{1}{8} \cdot W_U \cdot l x \cdot (2 l_y - l x)$$

$$M_{\max} = \frac{q}{24} \cdot W_U \cdot (3 \cdot l_y^2 - 4 a^2)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot W_U \cdot l x \cdot (3 \cdot l_y^2 - 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot l x^2) / 24$$

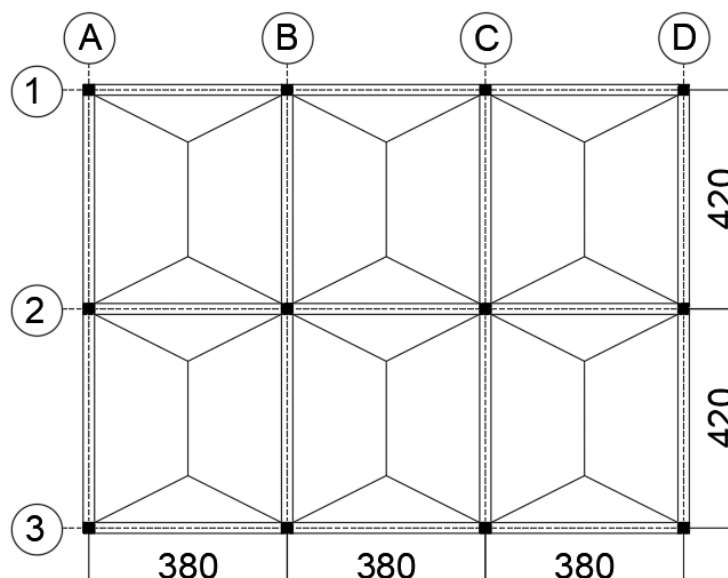
$$= \frac{1}{48} \cdot W_U \cdot l x \cdot (3 \cdot l_y^2 - l x^2)$$

$$M_{\max} \text{ persegi} = M_{\max} \text{ Trapesium}$$

$$\frac{1}{8} \cdot Q_{ek} \cdot l y^2 = \frac{1}{48} \cdot W_U \cdot l x \cdot (3 \cdot l_y^2 - l x^2)$$

$$q_{ek} = \frac{1}{6} \cdot W_u \cdot l_x \cdot (3 - (l_x / l_y)^2)$$

Bedasarkan analisa diatas, maka dapat dihitung pemerataan beban pelat pada denah berikut ini.



Gambar 4. 7 Denah plat lantai dengan ilustrasi metode amplop

Pemerataan pembebanan pelat atap

a. Pembebanan Segitiga

Balok As 1AB, 1BC, 1CD, 2AB, 2BC, 2CD, 3AB, 3BC dan 3CD.

A12, A23, B12, B23, C12, C23, D12 dan D23.

$$W_{Uatap} = 5,32 \text{ kN/m}^2, L_x = 3,8 \text{ m}$$

$$q_{ekuiplen} = 1/3 \cdot W_u \cdot L_x = 1/3 \cdot 5,32 \times 3,8 = 6,739 \text{ kN/m}$$

b. Pembebanan Trapesium

Balok As A12, A23, B12, B23, C12, C23, D12 dan D23.

$$W_{Uatap} = 5,32 \text{ kN/m}^2, L_x = 3,8 \text{ m}, L_y = 4,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ekuiavl}} &= 1/6 \cdot W_u \cdot L_x \cdot (3 - (L_x/L_y)^2) \\
 &= 1/6 \cdot (5,32) \cdot (3,8) \cdot (3 - (3,8/4,2)^2) = \mathbf{7,35 \text{ kN/m}}
 \end{aligned}$$

Pemerataan pembebanan pelat lantai

a. Pembebanan segitiga

Balok As 1AB, 1BC, 1CD, 2AB, 2BC, 2CD, 3AB, 3BC, dan 3CD.

$$W_{U\text{lantai}} = \mathbf{8,176 \text{ kN/m}}, L_x = 3,8 \text{ m}$$

$$q_{\text{ekuiavl}} = 1/3 \cdot W_u \cdot L_x = 1/3 \cdot (8,176) \cdot 3,8 = \mathbf{10,356 \text{ kN/m}}$$

b. Pembebanan trapesium

Balok As A12, A23, B12, B23, C12, C23, D12 dan D23.

$$W_{U\text{lantai}} = \mathbf{8,176 \text{ kN/m}}, L_x = 3,8 \text{ m}, L_y = 4,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{ekuiavl}} &= 1/6 \cdot W_u \cdot L_x \cdot (3 - (L_x/L_y)^2) \\
 &= 1/6 \cdot (8,176) \cdot (3,80) \cdot (3 - (3,80/4,20)^2) = \mathbf{11,3 \text{ kN/m}}
 \end{aligned}$$

3. Analisa Berat yang Diterima Balok

A. Arah Melintang Balok

Berat yang diterima Balok pada Pelat Atap → As B1-3, C1-3

$$\text{Beban trapesium} = 2 \times (7,35) = \mathbf{14,70 \text{ kN/m}}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 1,4 \times (1,44) = \mathbf{2,016 \text{ kN/m}} +$$

$$\mathbf{Q = 16,716 \text{ kN/m}}$$

Berat yang diterima Balok pada Pelat Lantai → As B1-3, C1-3

(Lt.2&3)

$$\text{Beban trapesium} = 2 \times (11,30) = \mathbf{22,60 \text{ kN/m}}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 1,4 \times (2,100) = \underline{2,94 \text{ kN/m} +}$$

$$Q = 25,54 \text{ kN/m}$$

Berat yang diterima Balok pada Pelat Lantai → As B1-3, C1-3 (Lt.1)

$$\text{Beban trapesium} = 2 \times (11,30) = \underline{22,60 \text{ kN/m}}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 1,4 \times (2,700) = \underline{3,78 \text{ kN/m} +}$$

$$Q = 26,38 \text{ kN/m}$$

B. Arah Memanjang Balok

Berat yang diterima Balok pada Pelat Atap → As 2A – D (L_{atap})

$$\text{Beban segitiga} = 2 \times (6,739) = \underline{13,478 \text{ kN/m}}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 1,4 \times (1,2) = \underline{1,68 \text{ kN/m} +}$$

$$Q = 15,158 \text{ kN/m}$$

Berat yang diterima Balok pada Pelat Lantai → As 2A – D ($L_2 \& L_3$)

$$\text{Beban tsegitiga} = 2 \times (10,356) = \underline{20,712 \text{ kN/m}}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 1,4 \times (2,1) = \underline{2,94 \text{ kN/m} +}$$

$$Q = 23,652 \text{ kN/m}$$

Berat yang diterima Balok pada Pelat Lantai → As 2A-D, (L_1)

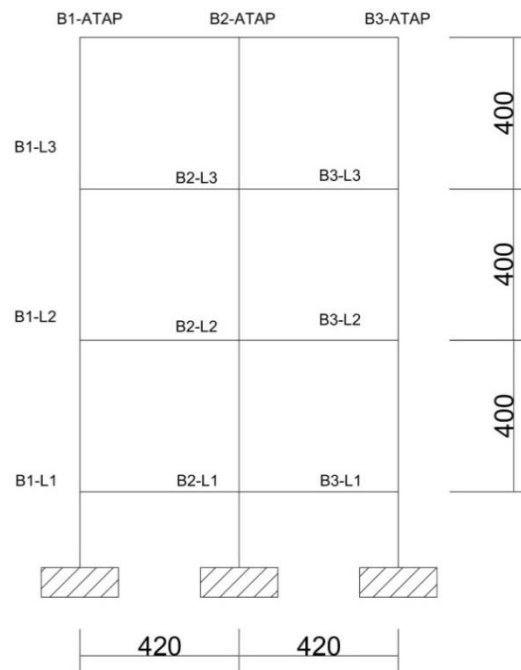
$$\text{Beban segitiga} = 2 \times (10,356) = 20,712 \text{ kN/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 1,4 \times (1,92) = \underline{2,688 \text{ kN/m} +}$$

$$Q = 23,4 \text{ kN/m}$$

4.4.3 Menghitung Momen Maksimal (Mlap) dan Gaya Lintang

1. Arah Melintang Balok Portal



Gambar 4.8 Potongan Melintang Portal As B

Menghitung Modulus Elastisitas (E) Arah Melintang

Berdasarkan SK SNI 03-2847-2002 Pasal 10.5

$$E = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{30} = 25743 \text{ Mpa} \approx 25,743 \cdot 10^6 \text{ kN}$$

Menghitung Momen Inersia Arah Melintang

a. Kolom 25/30 cm → Lantai 3

$$I_{\text{kolom}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,25 \cdot (0,30)^3 = 5,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

b. Kolom 30/35 cm → Lantai 2

$$I_{\text{kolom}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,30 \cdot (0,35)^3 = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

c. Kolom 30/45 cm → Lantai 1

$$I_{\text{kolom}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,30 \cdot (0,45)^3 = 2,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- d. Balok 20/30 cm → As B1-2 dan B2-3 Atap

$$I_{\text{balok}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,2 \cdot (0,30)^3 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- e. Balok 25/35 cm → As B1-2 dan B2-3 lantai 2&3

$$I_{\text{balok}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,25 \cdot (0,35)^3 = 8,932 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- f. Balok Induk 25/45 cm → As B1-2 dan B2-3 Lantai 1

$$I_{\text{balok}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,25 \cdot (0,45)^3 = 1,898 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Menghitung Nilai EI/L Arah Melintang

- a. Kolom 25/30 cm → Lantai 3 (H = 4 m)

$$EI_{\text{kolom}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 5,63 \cdot 10^{-3}) / 4 = 3623,327 \text{ kNm}^3$$

- b. Kolom 30/35 cm → Lantai 2 (H = 4 m)

$$EI_{\text{kolom}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 1,07 \cdot 10^{-3}) / 4 = 6886,252 \text{ kNm}^3$$

- c. Kolom 30/45 cm → Lantai 1 (H = 4 m)

$$EI_{\text{kolom}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 2,27 \cdot 10^{-3}) / 4 = 14609,152 \text{ kNm}^3$$

- d. Balok 20/30 cm (L = 4,2 m)

As → B1-2 dan B2-3 Atap

$$EI_{\text{balok}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 4,5 \cdot 10^{-4}) / 4,2 = 2578,178 \text{ kNm}^3$$

- e. Balok 25/35 cm (L = 4,2 m)

As → B1-2 dan B2-3 Lantai 2,3

$$EI_{\text{balok}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 8,932 \cdot 10^{-4}) / 4,2 = 5474,678 \text{ kNm}^3$$

- f. Balok 25/45 cm (L = 4,20 m)

As → B1-2 dan B2-3 Lantai 1

$$EI_{\text{balok}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 1,898 \cdot 10^{-3}) / 4,2 = 11633,384 \text{ kNm}^3$$

Menghitung Faktor Distribusi (DF) Arah Melintang

Berikut merupakan sampel perhitungan faktor distribusi yang dimulai dari titik B1-L1.

$$DF_{(B1-L1 - B1-L2)}$$

$$= EI/L_{(B1-L1 - B1-L2)} / \{ (EI/L_{(B1-L1 - B1-L2)}) + (EI/L_{(B1-L1 - B2-L1)}) \}$$

$$= 14609,152 / \{ (14609,152) + (11633,384) \}$$

$$= 0,557$$

$$DF_{(B1-L1 - B2-L1)}$$

$$= (EI/L_{(B1-L1 - B2-L1)}) / \{ (EI/L_{(B1-L1 - B1-L2)}) + (EI/L_{(B1-L1 - B2-L1)}) \}$$

$$= (11633,384) / \{ (14609,152) + (11633,384) \}$$

$$= 0,443$$

$$\text{Cek} \rightarrow DF_{(B1-L1 - B1-L2)} + DF_{(B1-L1 - B2-L1)} = 1$$

$$0,557 + 0,443 = 1$$

$$1 = 1 \dots\dots\dots (\text{OK})$$

Sesuai dengan contoh perhitungan diatas, maka didapatkan Tabel 4.1 Rekapitulasi Faktor.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Faktor Distribusi (DF) Portal Arah Melintang.

BUHUL	BATANG	DF	CEK
B1-L1	B1-L1 - B1-L2	0,557	1,00
	B1-L1 - B2-L1	0,443	
B2-L1	B2-L1 - B2-L2	0,386	1,00
	B2-L1 - B1-L1	0,307	
	B2-L1 - B3-L1	0,307	

BUHUL	BATANG	DF	CEK
B1-L3	B1-L3 - B1-LATAP	0,227	1,00
	B1-L3 - B1-L2	0,431	
	B1-L3 - B2-L3	0,343	
B2-L3	B2-L3 - B2-LATAP	0,169	1,00
	B2-L3 - B2-L2	0,321	

B3-L1	B3-L1 - B3-L2	0,557	1,00
	B3-L1 - B2-L1	0,443	
B1-L2	B1-L2 - B1-L3	0,255	1,00
	B1-L2 - B1-L1	0,542	
	B1-L2 - B2-L2	0,203	
B2-L2	B2-L2 - B2-L3	0,212	1,00
	B2-L2 - B2-L1	0,450	
	B2-L2 - B1-L2	0,169	
	B2-L2 - B3-L2	0,169	
B3-L2	B3-L2 - B3-L3	0,255	1,00
	B3-L2 - B3-L1	0,542	
	B3-L2 - B2-L2	0,203	

	B2-L3 - B1-L3	0,255	
	B2-L3 - B3-L3	0,255	
B3-L3	B3-L3 - B3-LATAP	0,227	1,00
	B3-L3 - B3-L2	0,431	
	B3-L3 - B2-L3	0,343	
B1-LATAP	B1-LATAP - B1-L3	0,584	1,00
	B1-LATAP - B2-LATAP	0,416	
B2-LATAP	B2-LATAP - B2-L3	0,413	1,00
	B2-LATAP - B1-LATAP	0,294	
	B2-LATAP - B3-LATAP	0,294	
B3-LATAP	B3-LATAP - B3-L3	0,584	1,00
	B3-LATAP - B2-LATAP	0,416	

Menghitung Momen Ujung Jepit (FEM) Arah Melintang

Berikut merupakan sampel perhitungan momen ujung jepit (FEM) pada pelat atap As B1-2.

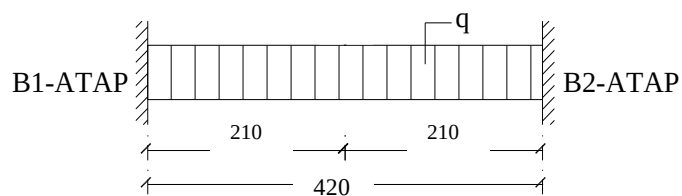
Data :

$$Q = 16,716 \text{ kN/m}, L = 4,2 \text{ m}$$

$$\text{Maka } P = 1/2 \cdot Q \cdot L$$

$$= 1/2 \cdot 16,716 \cdot 4,2$$

$$= 35,104 \text{ kN}$$



Gambar 4.9 Momen Ujung Jepit pada Balok As B1-2 Pelat Atap

Sehingga dapat dihitung

$$M_{B1-ATAP - B2-ATAP} = (1/12 \cdot Q \cdot L^2) + \{(P \cdot a \cdot b^2) / L^2\}$$

$$= (1/12 \cdot 16,716 \cdot 4,2^2) + \{(35,104 \cdot 2,1 \cdot (2,1)^2) / 4,2^2\}$$

$$= 43,002 \text{ kNm}$$

$$M_{B2-ATAP - B1-ATAP} = -(1/12 \cdot Q \cdot L^2) + \{(P \cdot a \cdot b^2) / L^2\}$$

$$= -(1/12 \cdot 16,716 \cdot 4,2^2) + \{(35,104 \cdot 2,1 \cdot (2,1)^2) / 4,2^2\}$$

$$= -43,002 \text{ kNm}$$

Sesuai dengan contoh perhitungan diatas, maka didapatkan tabel

rekapitulasi momen ujung jepit As B.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Momen Ujung Jepit As B Portal Arah Melintang

BATANG	M (kNm)	BATANG	M (kNm)
B1-L1 - B2-L1	67,863	B1-L3 - B2-L3	65,702
B2-L1 - B1-L1	-67,863	B2-L3 - B1-L3	-65,702
B2-L1 - B3-L1	67,863	B2-L3 - B3-L3	65,702
B3-L1 - B2-L1	-67,863	B3-L3 - B2-L3	-65,702
B1-L2 - B2-L2	65,702	B1-ATAP - B2-ATAP	43,002
B2-L2 - B1-L2	-65,702	B2-ATAP - B1-ATAP	-43,002
B2-L2 - B3-L2	65,702	B2-ATAP - B3-ATAP	43,002
B3-L2 - B2-L2	-65,702	B3-ATAP - B2-ATAP	-43,002

Menghitung Distribusi Momen (Metode Cross) Arah Melintang

Metode distribusi momen atau metode *cross* merupakan metode yang dipakai untuk analisis struktur balok menerus dan portal statis tak tentu. Dalam proses analisis, metode ini melakukan distribusi momen dan induksi (*Carry Over*) terhadap momen primer (*Fixed End Moment*)

sebanyak beberapa putaran guna mendapatkan keseimbangan disetiap titik simpul dengan cara momen-momen primer di tiap simpul melakukan distribusi (pembagian) sampai jumlah momen primer dimasing-masing simpul sama dengan nol. Hal ini dilakukan karena momen-momen primer yang bekerja disetiap tumpuan maupun simpul suatu struktur tidak sama besarnya, sehingga simpul tidak seimbang. Perhitungan distribusi momen arah melintang ini dapat dilihat pada Lampiran. Berikut merupakan tabel rekapitulasi distribusi momen.

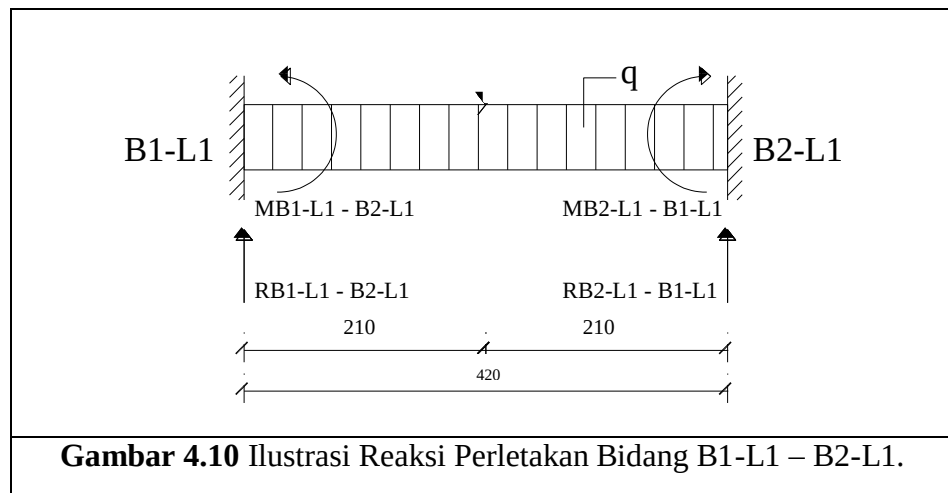
Tabel 4.4 Tabel Rekapitulasi Distribusi Momen (*Metode Cross*) Portal Arah Melintang.

BATANG				M (kNm)		BATANG				M (kNm)
M B1-L1	-	B1-L2		42,464		M B1-L3	-	B1-ATAP		22,203
M B1-L1	-	B2-L1		-42,464		M B1-L3	-	B1-L2		26,439
M B2-L1	-	B2-L2		0,000		M B1-L3	-	B2-L3		-48,643
M B2-L1	-	B1-L1		80,562		M B2-L3	-	B2-ATAP		0,000
M B2-L1	-	B3-L1		-80,562		M B2-L3	-	B2-L2		0,000
M B3-L1	-	B3-L2		-42,464		M B2-L3	-	B1-L3		74,231
M B3-L1	-	B2-L1		42,464		M B2-L3	-	B3-L3		-74,231
M B1-L2	-	B1-L3		20,693		M B3-L3	-	B3-ATAP		-22,203
M B1-L2	-	B1-L1		37,087		M B3-L3	-	B3-L2		-26,439
M B1-L2	-	B2-L2		-57,780		M B3-L3	-	B2-L3		48,643
M B2-L2	-	B2-L3		0,000		M B1-ATAP	-	B1-L3		27,471
M B2-L2	-	B2-L1		0,000		M B1-ATAP	-	B2-ATAP		-27,471
M B2-L2	-	B1-L2		69,663		M B2-ATAP	-	B2-L3		0,000
M B2-L2	-	B3-L2		-69,663		M B2-ATAP	-	B1-ATAP		50,767
M B3-L2	-	B3-L3		-20,693		M B2-ATAP	-	B3-ATAP		-50,767

M B3-L2	-	B3-L1	-37,087		M B3-ATAP	-	B3-L3	-27,471
M B3-L2	-	B2-L2	57,780		M B3-ATAP	-	B2-ATAP	27,471

Menghitung Reaksi Perletakan Arah Melintang

Berikut merupakan sampel perhitungan reaksi perletakan pada bidang B1-L1 – B2-L1.



Data :

$$q = 26,38 \text{ kNm} \quad M_{B1-L1 - B2-L1} = -42,464 \text{ kNm}$$

$$L = 4,20 \text{ m} \quad M_{B2-L1 - B1-L1} = 80,562 \text{ kNm}$$

$$P = 1/2 \cdot q \cdot L$$

$$= 1/2 \cdot 26,38 \cdot 4,20$$

$$= 55,398 \text{ kN}$$

Menurut Teori dari Mekanika Rekayasa 1, perhitungan reaksi tumpuan $R_{B1-L1-B2-L1}$ pada balok B1-L1- B2-L1 dapat dicari dengan memisalkan $\sum M_{B2-L1} = 0$. Syaratnya, gaya-gaya yang bekerja pada balok tersebut bernilai positif (+) untuk searah jarum jam dan negatif (-) untuk gaya yang

berlawanan arah jarum jam. Sehingga dengan demikian dapat dicapai keseimbangan reaksi pada portal.

$$\sum M_{B2-L1} = 0$$

$$\Leftrightarrow (R_{B1-L1-B2-L1} \cdot L) - (0,5 \cdot q \cdot L^2) - (0,5 \cdot P \cdot L) + M_{B1-L1-B2-L1} + M_{B2-L1-B1-L1} = 0$$

$$\Leftrightarrow R_{B1-L1-B2-L1} \cdot 4,2 - (0,5 \cdot 26,38 \cdot 4,2^2) - (0,5 \cdot 55,398 \cdot 4,2) + (-42,464) + 80,562 = 0$$

$$\Leftrightarrow 4,2 R_{B1-L1-B2-L1} - 232,672 - (116,336) + (-42,464) + 80,562 = 0$$

$$\Leftrightarrow R_{B1-L1-B2-L1} = 74,026 \text{ kN}$$

$$\sum M_{B1-L1} = 0$$

$$\Leftrightarrow -(R_{B2-L1-B1-L1} \cdot L) + (0,5 \cdot q \cdot L^2) + (0,5 \cdot P \cdot L) + M_{B2-L1-B1-L1} + M_{B1-L1-B2-L1} = 0$$

$$\Leftrightarrow -R_{B2-L1-B1-L1} \cdot 4,2 + 0,5 \cdot 26,38 \cdot 4,2^2 + (0,5 \cdot 55,398 \cdot 4,2) + (-42,464) + 80,562 = 0$$

$$\Leftrightarrow -4,2 R_{B2-L1-B1-L1} + 232,672 + (116,336) + (-42,464) + 80,562 = 0$$

$$\Leftrightarrow R_{B2-L1-B1-L1} = 92,168 \text{ kN}$$

Cek :

$$-(q \cdot L) - P + R_{B1-L1-B2-L1} + R_{B2-L1-B1-L1} = 0$$

$$-(26,38 \cdot 4,2) - 55,398 + 74,026 + 92,168 = 0$$

$$-166,194 + 166,194 = 0 \text{(OK)}$$

Berdasarkan dengan sampel perhitungan diatas, maka didapatkan perhitungan reaksi perletakan (R1 dan R2) yang terlampir pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Reaksi Tumpuan Portal Arah Melintang.

BIDANG <i>FREE BODY</i>	L	q	Q	P	M1	M2	R1	R2	CEK
	m	kN/m	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	
B1-L1 - B2-L1	4,20	26,380	110,796	55,398	-42,464	80,562	74,026	92,168	0,00
B2-L1 - B3-L1	4,20	26,380	110,796	55,398	-80,562	42,464	92,168	74,026	0,00
B1-L2 - B2-L2	4,20	25,540	107,268	53,634	-57,780	69,663	77,622	83,280	0,00
B2-L2 - B3-L2	4,20	25,540	107,268	53,634	-69,663	57,780	83,280	77,622	0,00
B1-L3 - B2-L3	4,20	25,540	107,268	53,634	-48,643	74,231	74,359	86,543	0,00
B2-L3 - B3-L3	4,20	25,540	107,268	53,634	-74,231	48,643	86,543	74,359	0,00
B1-ATAP - B2-ATAP	4,20	16,716	70,207	35,104	-27,471	50,767	47,109	58,202	0,00
B2-ATAP - B3-ATAP	4,20	16,716	70,207	35,104	-50,767	27,471	58,202	47,109	0,00

Menghitung Momen Maksimal (Mlap) dan Gaya Lintang Arah

Melintang

Berikut merupakan sampel perhitungan momen maksimal dan gaya lintang pada bidang B1-L1 – B2-L1.

$$\text{Data } q = 26,38 \text{ kNm} \quad M_{B1-L1 - B2-L1} = -42,464 \text{ kNm}$$

$$L = 4,20 \text{ m} \quad M_{B2-L1 - B1-L1} = 80,562 \text{ kNm}$$

$$R_{B1-L1-B2-L1} = 74,026 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{lap} &= R_{B1-L1-B2-L1} \cdot 0,5 \cdot L - 0,125 \cdot q \cdot L^2 + M_{B1-L1 - B2-L1} + M_{B2-L1 - B1-L1} \\ &= 74,026 \cdot 0,5 \cdot 4,20 - 0,125 \cdot 26,38 \cdot 4,20^2 + (-42,464) + 80,562 \end{aligned}$$

$$= 135,385 \text{ kNm}$$

$$V_n = 0,5 \cdot W_u \cdot L \Leftrightarrow 0,5 (q \cdot L) L$$

$$= 0,5 (26,38 \cdot 4,2) 4,2$$

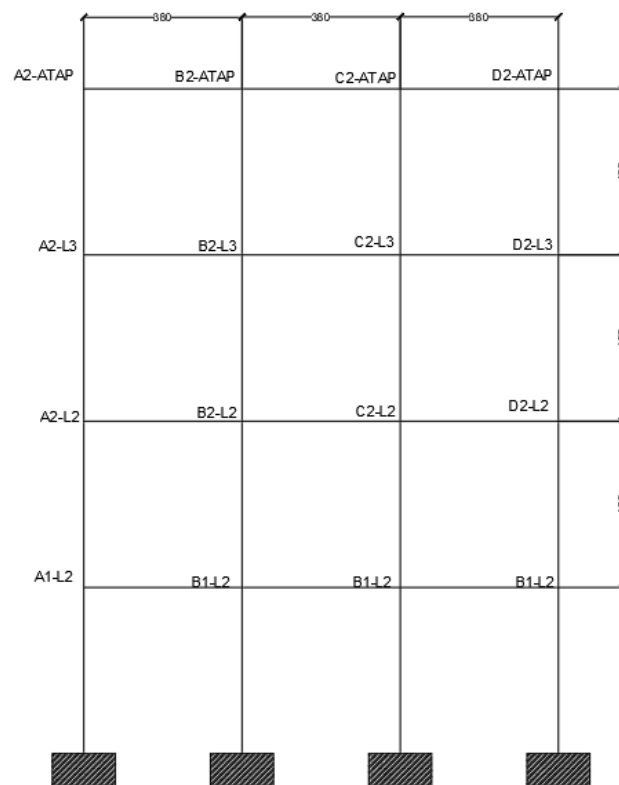
$$= 232,672 \text{ kN.}$$

Berdasarkan dengan sampel perhitungan diatas, maka didapatkan perhitungan momen maksimal (M_{lap}) dan gaya lintang seperti yang Tertera di tabel.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Momen Maksimal (M_{lap}) dan Gaya Lintang Portal
Arah Melintang.

BALOK	L	q	Wu	M1	M2	Rv	M _{LAP}	Vn
	m	kN/m	kN	kNm	kNm	kN	kNm	kN
B1-L1 - B2-L1	4,20	26,380	110,796	-42,464	80,562	74,026	135,384	232,672
B2-L1 - B3-L1	4,20	26,380	110,796	-80,562	42,464	92,168	97,287	232,672
B1-L2 - B2-L2	4,20	25,540	107,268	-57,780	69,663	77,622	118,573	225,263
B2-L2 - B3-L2	4,20	25,540	107,268	-69,663	57,780	83,280	106,690	225,263
B1-L3 - B2-L3	4,20	25,540	107,268	-48,643	74,231	74,359	125,426	225,263
B2-L3 - B3-L3	4,20	25,540	107,268	-74,231	48,643	86,543	99,837	225,263
B1-ATAP - B2-ATAP	4,20	16,716	70,207	-27,471	50,767	47,109	85,365	147,435
B2-ATAP - B3-ATAP	4,20	16,716	70,207	-50,767	27,471	58,202	62,070	147,435

2. Arah Memanjang Balok



Gambar 4.11 Potongan Memanjang Portal As 2

Menghitung Modulus Elastisitas (E) Arah Memanjang

Berdasarkan SK SNI 03-2847-2002 Pasal 10.5

$$E = 4700\sqrt{f_c} = 4700\sqrt{30} = 25743 \text{ Mpa} \approx 25,743 \cdot 10^6 \text{ kN}$$

Menghitung Momen Inersia Arah Memanjang

- a. Kolom 25/30 cm → Lantai 3

$$I_{\text{kolom}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,25 \cdot (0,30)^3 = 5,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- b. Kolom 30/35 cm → Lantai 2

$$I_{\text{kolom}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,30 \cdot (0,35)^3 = 1,07 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- c. Kolom 30/45 cm → Lantai 1

$$I_{\text{kolom}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,30 \cdot (0,45)^3 = 2,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

- d. Balok 20/25 cm → As 2A-D Atap

$$I_{\text{balok}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,2 \cdot (0,25)^3 = 2,604 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- e. Balok 25/35 cm → As 2A-D lantai 2&3

$$I_{\text{balok}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,25 \cdot (0,35)^3 = 8,932 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

- f. Balok 20/40 cm → As 2A-D Lantai 1

$$I_{\text{balok}} = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 1/12 \cdot 0,20 \cdot (0,40)^3 = 1,06 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Menghitung Nilai EI/L Arah Memanjang

- a. Kolom 25/30 cm → Lantai 3 (H = 4 m)

$$EI_{\text{kolom}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 5,63 \cdot 10^{-3}) / 4 = 3623,327 \text{ kNm}^3$$

- b. Kolom 30/35 cm → Lantai 2 (H = 4 m)

$$EI_{\text{kolom}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 1,07 \cdot 10^{-3}) / 4 = 6886,252 \text{ kNm}^3$$

- c. Kolom 30/45 cm → Lantai 1 (H = 4 m)

$$EI_{\text{kolom}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 2,27 \cdot 10^{-3}) / 4 = 14609,152 \text{ kNm}^3$$

- d. Balok 20/25 cm (L = 4,20 m)

As → B1-2 dan B2-3 Atap

$$EI_{\text{balok}} / L = (25,743 \cdot 10^6 \times 2,604 \cdot 10^{-4}) / 4,20 = 1596,066 \text{ kNm}^3$$

- e. Balok 25/35 cm ($L = 4,20$ m)

As $\rightarrow$ B1-2 dan B2-3 Lantai 2,3

$$EI_{\text{balok}}/L = (25,743.10^6 \times 8,932.10^{-4}) / 4,20 = 5474,678 \text{ kNm}^3$$

- f. Balok 25/45 cm ($L = 4,20$ m)

As $\rightarrow$ B1-2 dan B2-3 Lantai 1

$$EI_{\text{balok}}/L = (25,743.10^6 \times 1,06.10^{-3}) / 4,20 = 6497,04 \text{ kNm}^3$$

Menghitung Faktor Distribusi (DF) Arah Memanjang

Berikut merupakan sampel perhitungan faktor distribusi yang dimulai dari titik B1-L1.

DF $_{(A2-L1 - A2-L2)}$

$$\begin{aligned} &= (EI/L_{(A2-L1 - A2-L2)}) / \{ (EI/L_{(A2-L1 - A2-L2)}) + (EI/L_{(A2-L1 - B2-L1)}) \} \\ &= (14609,152 / \{ (14609,152) + (6497,04) \}) \\ &= 0,692 \end{aligned}$$

DF $_{(A2-L1 - B2-L1)}$

$$\begin{aligned} &= (EI/L_{(A2-L1 - B2-L1)}) / \{ (EI/L_{(A2-L1 - A2-L2)}) + (EI/L_{(A2-L1 - B2-L1)}) \} \\ &= (6497,04) / \{ (14,609,152) + (6497,04) \} \\ &= 0,308 \end{aligned}$$

Cek $\rightarrow$ DF $_{(A2-L1 - A2-L2)} +$ DF $_{(A2-L1 - B2-L1)} = 1$

$$0,692 + 0,308 = 1$$

$$1 = 1 \dots \dots \dots \text{(OK)}$$

Sesuai dengan contoh perhitungan diatas, maka didapatkan Tabel 4.7

Rekapitulasi Faktor.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Faktor Distribusi (DF) Portal Arah Memanjang

BUHUL	BATANG	DF	CEK	BUHUL	BATANG	DF	CE K		
A2-L1	A2-L1 - A2-L2	0,692	1,00	A2-L3	A2-L3 - A2-ATAP	0,227	1,00		
	A2-L1 - B2-L1	0,308			A2-L3 - A2-L2	0,431			
B2-L1	B2-L1 - B2-L2	0,529	1,00		B2-L3	A2-L3 - B2-L3		0,343	1,00
	B2-L1 - A2-L1	0,235		B2-L3 - B2-ATAP		0,169			
	B2-L1 - C2-L1	0,235		B2-L3 - B2-L2		0,321			
C2-L1	C2-L1 - C2-L2	0,529	1,00		B2-L3 - A2-L3	0,255	1,00		
	C2-L1 - B2-L1	0,235			B2-L3 - C2-L3	0,255			
	C2-L1 - D2-L1	0,235							
D2-L1	D2-L1 - D2-L2	0,692	1,00	C2-L3	C2-L3 - C2-ATAP	0,169	1,00		
	D2-L1 - C2-L1	0,308			C2-L3 - C2-L2	0,321			
A2-L2			1,00			C2-L3 - B2-L3		0,255	1,00
	A2-L2 - A2-L3	0,255				C2-L3 - D2-L3		0,255	
	A2-L2 - A2-L1	0,542							
B2-L2	A2-L2 - B2-L2	0,203	1,00	D2-L3		D2-L3 - D2-ATAP	0,227	1,00	
					D2-L3 - D2-L2	0,431			
					D2-L3 - C2-L3	0,343			
	B2-L2 - B2-L3	0,212		A2-ATAP	A2-ATAP - A2-L3	0,694	1,00		
B2-L2 - B2-L1	0,450	A2-ATAP - B2-ATAP	0,306						
C2-L2	B2-L2 - A2-L2	0,169	1,00	B2-ATAP	B2-ATAP - B2-L3	0,532	1,00		
	B2-L2 - C2-L2	0,169			B2-ATAP - A2-ATAP	0,234			
					B2-ATAP - C2-ATAP	0,234			
	C2-L2 - C2-L3	0,212		C2-ATAP	C2-ATAP - C2-L3	0,532	1,00		
C2-L2 - C2-L1	0,450	C2-ATAP - B2-ATAP	0,234						
C2-L2 - B2-L2	0,169	C2-ATAP - D2-ATAP	0,234						
D2-L2	C2-L2 - D2-L2	0,169	1,00	D2-ATAP	D2-ATAP - D2-L3	0,694	1,00		
	D2-L2 - D2-L3	0,255			D2-ATAP - C2-ATAP	0,306			
	D2-L2 - D2-L1	0,542							

Menghitung Momen Ujung Jepit (FEM) Arah Memanjang

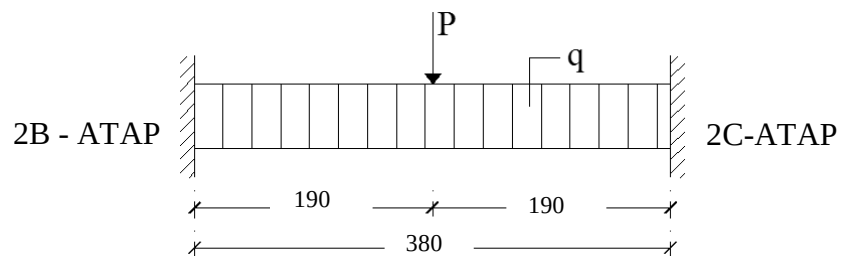
Berikut merupakan sampel perhitungan momen ujung jepit (FEM) pada pelat atap As 2B-C.

Data : $Q = 15,158 \text{ kN/m}$, $L = 3,80 \text{ m}$

Maka $P = 1/2 \cdot Q \cdot L$

$$= 1/2 \cdot 15,158 \cdot 3,8$$

$$= 28,8 \text{ kN}$$



Gambar 4.12 Momen Ujung Jepit pada Balok As 2C-D Pelat Atap

Sehingga dapat dihitung

$$\begin{aligned} M_{B2-ATAP - C2-ATAP} &= (1/12 \cdot Q \cdot L^2) + \{(P \cdot a \cdot b^2) / L^2\} \\ &= (1/12 \cdot 15,158 \cdot 3,80^2) + \{(28,8 \cdot 1,9 \cdot (1,9)^2) / 3,8^2\} \\ &= 31,920 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{C2-ATAP - B2-ATAP} &= -(1/12 \cdot Q \cdot L^2) + \{(P \cdot a \cdot b^2) / L^2\} \\ &= -(1/12 \cdot 15,158 \cdot 3,80^2) + \{(28,8 \cdot 1,9 \cdot (1,9)^2) / 3,8^2\} \\ &= -31,920 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sesuai dengan contoh perhitungan diatas, maka didapatkan tabel rekapitulasi momen ujung jepit As B.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Momen Ujung Jepit As 2 Portal Arah Memanjang

BATANG	M (kNm)	BATANG	M (kNm)
A2-L1 - B2-L1	49,277	A2-L3 - B2-L3	49,807
B2-L1 - A2-L1	-49,277	B2-L3 - A2-L3	-49,807
B2-L1 - C2-L1	49,277	B2-L3 - C2-L3	49,807
C2-L1 - B2-L1	-49,277	C2-L3 - B2-L3	-49,807
C2-L1 - D2-L1	49,277	C2-L3 - D2-L3	49,807
D2-L1 - C2-L1	-49,277	D2-L3 - C2-L3	-49,807
A2-L2 - B2-L2	49,807	A2-ATAP - B2-ATAP	31,920
B2-L2 - A2-L2	-49,807	B2-ATAP - A2-ATAP	-31,920
B2-L2 - C2-L2	49,807	B2-ATAP - C2-ATAP	31,920
C2-L2 - B2-L2	-49,807	C2-ATAP - B2-ATAP	-31,920
C2-L2 - D2-L2	49,807	D2-ATAP - C2-ATAP	-31,920
D2-L2 - C2-L2	-49,807		

Menghitung Distribusi Momen (Metode Cross) Arah Memanjang

Metode distribusi momen atau metode *cross* merupakan metode yang dipakai untuk analisis struktur balok menerus dan portal statis tak tentu. Dalam proses analisis, metode ini melakukan distribusi momen dan induksi (*Carry Over*) terhadap momen primer (*Fixed End Moment*) sebanyak beberapa putaran guna mendapatkan keseimbangan disetiap titik simpul dengan cara momen-momen primer ditiap simpul melakukan distribusi (pembagian) sampai jumlah momen primer dimasing-masing

simpul sama dengan nol. Hal ini dilakukan karena momen-momen primer yang bekerja disetiap tumpuan maupun simpul suatu struktur tidak sama besarnya, sehingga simpul tidak seimbang. Perhitungan distribusi momen arah melintang ini dapat dilihat pada Lampiran. Berikut merupakan tabel rekapitulasi distribusi momen.

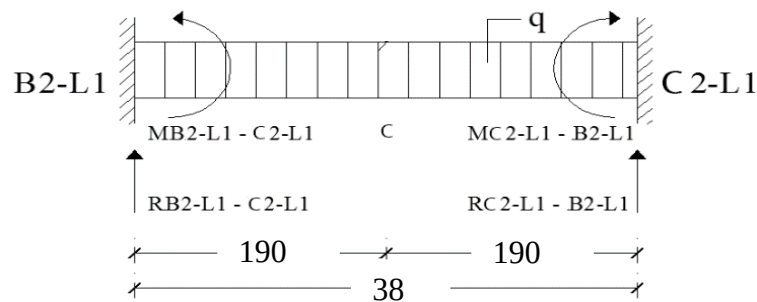
Tabel 4.9 Tabel Rekapitulasi Distribusi Momen (*Metode Cross*) Portal Arah Memanjang

BATANG				M (kNm)	BATANG				M (kNm)
A2-L1	-	A2-L2		36,965	A2-L3	-	A2-ATAP		18,254
A2-L1	-	B2-L1		-36,965	A2-L3	-	A2-L2		19,529
B2-L1	-	B2-L2		-3,935	A2-L3	-	B2-L3		-37,783
B2-L1	-	A2-L1		54,100	B2-L3	-	B2-ATAP		-2,166
B2-L1	-	C2-L1		-50,165	B2-L3	-	B2-L2		-1,915
C2-L1	-	C2-L2		3,935	B2-L3	-	A2-L3		54,661
C2-L1	-	B2-L1		50,165	B2-L3	-	C2-L3		-50,579
C2-L1	-	D2-L1		-54,100	C2-L3	-	C2-ATAP		2,166
D2-L1	-	D2-L2		-36,965	C2-L3	-	C2-L2		1,915
D2-L1	-	C2-L1		36,965	C2-L3	-	B2-L3		50,579
A2-L2	-	A2-L3		14,915	C2-L3	-	D2-L3		-54,661
A2-L2	-	A2-L1		29,410	D2-L3	-	D2-ATAP		-18,254
A2-L2	-	B2-L2		-44,325	D2-L3	-	D2-L2		-19,529
B2-L2	-	B2-L3		-0,916	D2-L3	-	C2-L3		37,783
B2-L2	-	B2-L1		-1,880	A2-ATAP	-	A2-L3		23,804
B2-L2	-	A2-L2		52,581	A2-ATAP	-	B2-ATAP		-23,804
B2-L2	-	C2-L2		-49,785	B2-ATAP	-	B2-L3		-2,799
C2-L2	-	C2-L3		0,916	B2-ATAP	-	A2-ATAP		35,223
C2-L2	-	C2-L1		1,880	B2-ATAP	-	C2-ATAP		-32,424

C2-L2	-	B2-L2	49,785	C2-ATAP	-	C2-L3	2,799
C2-L2	-	D2-L2	-52,581	C2-ATAP	-	B2-ATAP	32,424
D2-L2	-	D2-L3	-14,915	C2-ATAP	-	D2-ATAP	-35,223
D2-L2	-	D2-L1	-29,410	D2-ATAP	-	D2-L3	-23,804
D2-L2	-	C2-L2	44,325	D2-ATAP	-	C2-ATAP	23,804

Menghitung Reaksi Perletakan Arah Memanjang

Berikut merupakan sampel perhitungan reaksi perletakan pada bidang B2-L1 – C2-L1.



Gambar 4.13 Ilustrasi Reaksi Perletakan Bidang B2-L1 – C2-L1

Data :

$$q = 23,4 \text{ kNm} \quad M_{B2-L1 - C2-L1} = -50,165 \text{ kNm}$$

$$L = 3,80 \text{ m} \quad M_{C2-L1 - B2-L1} = 50,165 \text{ kNm}$$

$$P = 1/2 \cdot Q \cdot L$$

$$= 1/2 \cdot 23,4 \cdot 3,80$$

$$= 44,46 \text{ kN}$$

Menurut Teori dari Mekanika Rekayasa 1, perhitungan reaksi tumpuan

$R_{B2-L1-C2-L1}$ pada balok B2-L1–C2-L1 dapat dicari dengan memisalkan

$\sum M_{B2-L1} = 0$. Syaratnya, gaya-gaya yang bekerja pada balok tersebut

bernilai positif (+) untuk searah jarum jam dan negatif (-) untuk gaya yang berlawanan arah jarum jam. Sehingga dengan demikian dapat dicapai keseimbangan reaksi pada portal.

$$\sum M_{C2-L1} = 0$$

$$\Leftrightarrow (R_{B2-L1-C2-L1} \cdot L) - (0,5 \cdot q \cdot L^2) - (0,5 \cdot P \cdot L) + M_{B2-L1-C2-L1} + M_{C2-L1-B2-L1} = 0$$

$$\Leftrightarrow R_{A2-L1-B2-L1} \cdot 3,80 - (0,5 \cdot 23,4 \cdot 3,80^2) - (0,5 \cdot 44,46 \cdot 3,80) + (-50,165) + 50,165 = 0$$

$$\Leftrightarrow 3,80 R_{B2-L1-A2-L1} - 168,948 - 84,474 + (-50,165) + 50,165 = 0$$

$$\Leftrightarrow R_{B2-L1-C2-L1} = 66,690 \text{ kN}$$

$$\sum M_{B2-L1} = 0$$

$$\Leftrightarrow -(R_{C2-L1-B2-L1} \cdot L) + (0,5 \cdot q \cdot L^2) + (0,5 \cdot P \cdot L) + M_{B2-L1-C2-L1} + M_{C2-L1-B2-L1} = 0$$

$$\Leftrightarrow -R_{B2-L1-A2-L1} \cdot 3,80 + (0,5 \cdot 23,4 \cdot 3,80^2) + (0,5 \cdot 44,46 \cdot 3,80) + (-50,165) + 50,165 = 0$$

$$\Leftrightarrow -3,80 R_{B2-L1-A2-L1} + 168,948 + 84,474 + (-50,165) + 50,165 = 0$$

$$\Leftrightarrow R_{C2-L1-B2-L1} = 66,690 \text{ kN}$$

Cek :

$$-(q \cdot L) - P + R_{B2-L1-C2-L1} + R_{C2-L1-B2-L1} = 0$$

$$-(23,4 \cdot 3,80) - 44,46 + 66,690 + 66,690 = 0$$

$$-133,38 + 133,38 = 0 \dots\dots\dots(\text{OK})$$

Berdasarkan dengan sampel perhitungan diatas, maka didapatkan perhitungan reaksi perletakan (R1 dan R2) yang terlampir pada tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Reaksi Tumpuan Arah Portal Memanjang

BIDANG <i>FREE BODY</i>	L	q	Q	P	M1	M2	R1	R2	CEK
	m	kN/m	kN	kN	kNm	kNm	kN	kN	
A2-L1 - B2-L1	3,80	23,400	88,920	44,460	-36,965	54,100	62,181	71,199	0,00
B2-L1 - C2-L1	3,80	23,400	88,920	44,460	-50,165	50,165	66,690	66,690	0,00
C2-L1 - D2-L1	3,80	23,400	88,920	44,460	-54,100	36,965	71,199	62,181	0,00
A2-L2 - B2-L2	3,80	23,652	89,878	44,939	-44,325	52,581	65,236	69,581	0,00
B2-L2 - C2-L2	3,80	23,652	89,878	44,939	-49,785	49,785	67,408	67,408	0,00
C2-L2 - D2-L2	3,80	23,652	89,878	44,939	-52,581	44,325	69,581	65,236	0,00
A2-L3 - B2-L3	3,80	23,652	89,878	44,939	-37,783	54,661	62,967	71,850	0,00
B2-L3 - C2-L3	3,80	23,652	89,878	44,939	-50,579	50,579	67,408	67,408	0,00
C2-L3 - D2-L3	3,80	23,652	89,878	44,939	-54,661	37,783	71,850	62,967	0,00
A2-ATAP - B2-ATAP	3,80	15,158	57,600	28,800	-23,804	35,223	40,195	46,205	0,00
B2-ATAP - C2-ATAP	3,80	15,158	57,600	28,800	-32,424	32,424	43,200	43,200	0,00
C2-ATAP - D2-ATAP	3,80	15,158	57,600	28,800	-35,223	23,804	46,205	40,195	0,00

Menghitung Momen Maksimal (M_{lap}) dan Gaya Lintang Arah

Memanjang

Berikut merupakan sampel perhitungan momen maksimal dan gaya lintang pada bidang B2-L1 – C2-L1.

Data : $R_{B2-L1-C2-L1} = 64,553 \text{ kN}$

$q = 23,4 \text{ kNm}$

$M_{B2-L1 - C2-L1} = -50,165 \text{ kNm}$

$L = 3,80 \text{ m}$

$M_{C2-L1 - B2-L1} = 50,165 \text{ kNm}$

$$\begin{aligned}
 M_{lap} &= R_{B2-L1-C2-L1} \cdot 0,5 \cdot L - 0,125 \cdot q \cdot L^2 + M_{B2-L1-C2-L1} + M_{C2-L1-B2-L1} \\
 &= 64,553 \cdot 0,5 \cdot 3,80 - 0,125 \cdot 23,4 \cdot 3,80^2 + (-50,165) + 50,165 \\
 &= 84,474 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 0,5 \cdot W_u \cdot L = 0,5 (q \cdot L) L \\
 &= 0,5(23,4 \cdot 3,80) 3,80 \\
 &= 168,948 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dengan sampel perhitungan diatas, maka didapatkan perhitungan momen maksimal (M_{lap}) dan gaya lintang seperti yang terlampir pada tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.11 Rekapitulasi Momen Maksimal (M_{lap}) dan Gaya Lintang Portal Arah Memanjang.

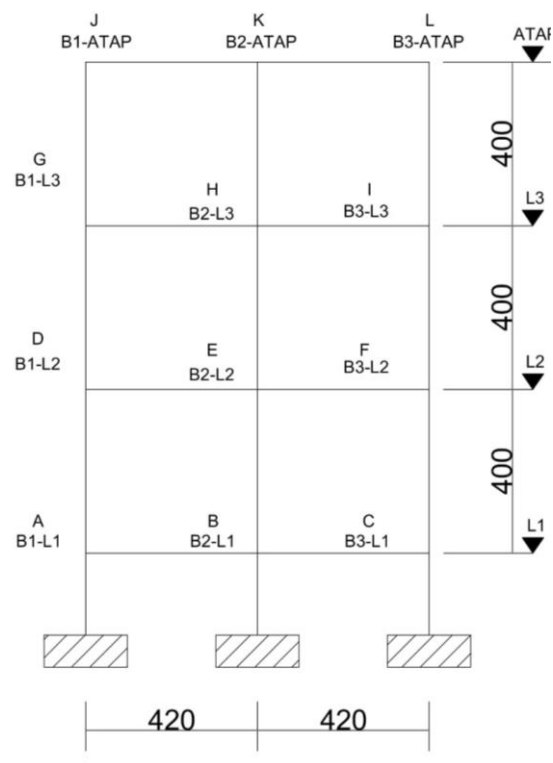
BALOK		L	q	Wu	M1	M2	Rv	M _{LAP}	Vn
		m	kN/m	kN	kNm	kNm	kN	kNm	kN
A2-L1	- B2-L1	3,80	23,400	88,920	-36,965	54,100	62,181	93,041	168,948
B2-L1	- C2-L1	3,80	23,400	88,920	-50,165	50,165	66,690	84,474	168,948
C2-L1	- D2-L1	3,80	23,400	88,920	-54,100	36,965	71,199	75,907	168,948
A2-L2	- B2-L2	3,80	23,652	89,878	-44,325	52,581	65,236	89,512	170,767
B2-L2	- C2-L2	3,80	23,652	89,878	-49,785	49,785	67,408	85,384	170,767
C2-L2	- D2-L2	3,80	23,652	89,878	-52,581	44,325	69,581	81,256	170,767
A2-L3	- B2-L3	3,80	23,652	89,878	-37,783	54,661	62,967	93,822	170,767
B2-L3	- C2-L3	3,80	23,652	89,878	-50,579	50,579	67,408	85,384	170,767
C2-L3	- D2-L3	3,80	23,652	89,878	-54,661	37,783	71,850	76,945	170,767
A2-ATAP	- B2-ATAP	3,80	15,158	57,600	-23,804	35,223	40,195	60,430	109,441
B2-ATAP	- C2-ATAP	3,80	15,158	57,600	-32,424	32,424	43,200	54,720	109,441
C2-ATAP	- D2-ATAP	3,80	15,158	57,600	-35,223	23,804	46,205	49,011	109,441

4.4.1 Menghitung Penulangan Balok

1. Perhitungan Tulangan Balok Atap

Arah Melintang

Berikut merupakan perhitungan pada balok B1 Atap – B2 Atap dengan data berikut:



Gambar 4.14 Posisi Balok B1 Atap – B2 Atap

Direncanakan:

Dimensi balok = 20/30 cm Diameter tul. utama = 19 mm

Beton *decking* = 20 mm Diameter tul. sengkang= 10 mm

$d_{eff} = h - p - \varnothing \text{ tul. Sengkang} - 0,5 \varnothing \text{ tul. Utama}$

$$= 300 - 20 - 10 - (0,5 \cdot 19)$$

$$= 260,5 \text{ mm} = 0,2605 \text{ m}$$

Berikut merupakan analisa perhitungan tulangan pada ring balok B1Atap – B2Atap.

Menghitung Tulangan Lapangan

$$M_{lap} = 85,365 \text{ kNm}$$

$$k = M_{lap} / \phi b d^2$$

$$= 85,365 / 0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,2605^2$$

$$= 7862,206 \text{ kN/m}^2 = 7,862 \text{ Mpa}$$

Menurut perhitungan Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 300 \text{ Mpa}$,

Didapatkan nilai $\rho = 0,0324$

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

$$= 0,0324 \times 200 \times 260,5 = 1688,04 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 dipilih tulangan **6D19** → **$A_s = 1701,0 \text{ mm}^2$** .

Menghitung Tulangan Tumpuan

$$M_u = 27,471 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 27,471 / 0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,2605^2$$

$$= 2530,108 \text{ kN/m}^2 = 2,530 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 300 \text{ Mpa}$, $k = 2,530 \text{ Mpa}$ didapatkan nilai $\rho = 0,0089$

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

$$= 0,0089 \times 200 \times 260,5$$

$$= 463,729 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 dipilih tulangan **2D19 $\rightarrow A_s = 566,7 \text{ mm}^2$** .

Menghitung Tulangan Geser (Sengkang)

$$W_u = 70,207 \text{ kN}$$

$$V_n = 147,435 \text{ kN}$$

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$, $\phi = 0,6$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot b \cdot d' = 0,6 \cdot 200 \cdot 0,2605 = 31,260 \text{ kN}$$

$$y = (V_n - \phi \cdot V_c) / W_u = (147,435 - 31,260) / 70,207 = 1,655 \text{ m} \approx 1655 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ sengkang} = (b \cdot y) / (3 \cdot f_y) = (200 \cdot 1655) / (3 \cdot 300) = 367,778 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ sengkang} / m = A_s \text{ sengkang} / y = 367,778 / 1,655 = 222,222 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-5 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Pelat berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 222,222 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama $\emptyset 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu **$\emptyset 10$ -250 dengan $A_s = 314,2 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan**

sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$.

Menurut aturan SNI 2847:2013 Bab 7.6 yang menyebutkan bahwa jarak sengkang-sengkang tidak boleh diambil lebih dari $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok.

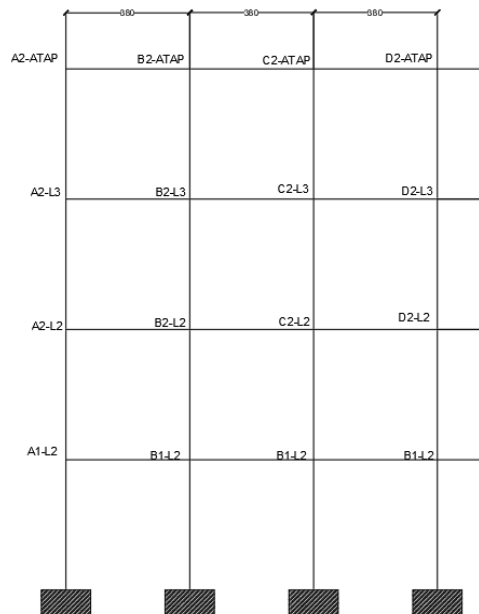
Jadi jika dihitung batas maksimal jarak sengkang didapat :

$$\frac{2}{3} \times 30 = 20 \text{ cm}$$

Maka diambil perhitungan kembali dengan jarak menyesuaikan batas maksimal yaitu **Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$**

Arah Memanjang

Berikut merupakan perhitungan pada balok B2Atap – C2Atap dengan data berikut.



Gambar 4.15 Posisi Balok B2-Atap – C2-Atap

Direncanakan:

Dimensi balok = 20/25 cm Diameter tul. Utama = 19 mm

Beton *decking* = 20 mm Diameter tul. Sengkang = 10 mm

$d_{eff} = h - p - \varnothing \text{ tul. Sengkang} - 0,5 \varnothing \text{ tul. Utama}$

$$= 250 - 20 - 10 - (0,5 \cdot 19)$$

$$= 210,5 \text{ mm}$$

$$= 0,2105 \text{ m}$$

Menghitung Tulangan Lapangan

$$M_u = 54,720 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 54,720 / 0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,2105^2$$

$$= 7718,304 \text{ kN/m}^2 = 7,718 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30$ Mpa dan $f_y = 300$ Mpa, $k = 7,718$ Mpa didapatkan nilai $\rho = 0,03163$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,03163 \times 200 \times 210,5 \\ &= 1331,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 1331,58$ mm² dengan diameter tulangan utama D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **6D19 dengan $A_s = 1700,3$ mm² untuk tulangan lapangan.**

Menghitung Tulangan Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 32,424 \text{ kNm} \\ k &= M_u / \phi b d^2 \\ &= 32,424 / 0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,2105^2 \\ &= 4573,43 \text{ kN/m}^2 = 4,573 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30$ Mpa dan $f_y = 300$ Mpa, $k = 4,573$ Mpa didapatkan nilai $\rho = 0,01694$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,01694 \times 200 \times 210,5 \\ &= 712,986 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 712,986$ mm² dengan diameter tulangan utama

D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **3D19 dengan $A_s = 850,1 \text{ mm}^2$ untuk tulangan tumpuan.**

Menghitung Tulangan Geser (Sengkang)

$$W_u = 57,600 \text{ kN}$$

$$V_n = 109,441 \text{ kN}$$

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$, $\phi = 0,6$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot b \cdot d' = 0,6 \cdot 200 \cdot 0,2105 = 25,260 \text{ kN}$$

$$y = (V_n - \phi \cdot V_c) / W_u = (109,441 - 25,260) / 57,60 = 1,456 \text{ m} \approx 1456,0 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ sengkang} = (b \cdot y) / (3 \cdot f_y) = (200 \cdot 1456) / (3 \cdot 300) = 323,556 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ sengkang} / m = A_s \text{ sengkang} / y = 323,556 / 1,456 = 222,222 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-5 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Pelat berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 222,222 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama $\emptyset 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu **$\emptyset 10$ -250 dengan $A_s = 314,2 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan $\emptyset 10$ -200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$.**

Menurut aturan SNI 2847:2013 Bab 7.6 yang menyebutkan bahwa jarak sengkang-sengkang tidak boleh diambil lebih dari $2/3$ dari tinggi balok.

Jadi jika dihitung batas maksimal jarak sengkang didapat :

$$2/3 \times 25 = 16,667 \text{ cm}$$

Maka diambil perhitungan kembali dengan jarak menyesuaikan batas maksimal yaitu **$\emptyset 10$ -150 dengan $A_s = 523,6 \text{ mm}^2$ untuk tulangan**

senggang tumpuan sedangkan untuk tulangan senggang lapangan digunakan Ø10-150 dengan $A_s = 523,6 \text{ mm}^2$

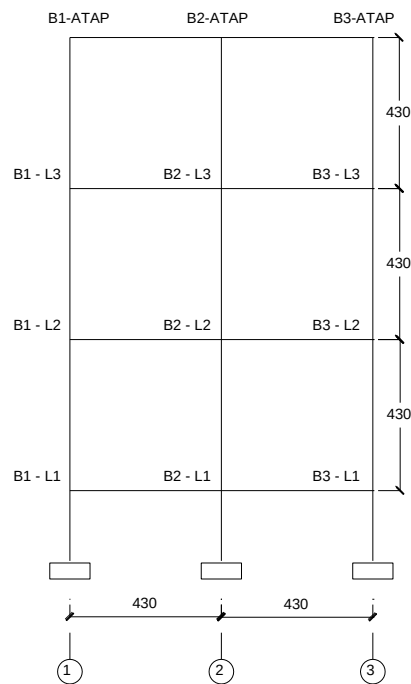
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Penulangan Balok Atap

Balok Atap Melintang	Dimensi			20 x 30
	Tulangan Utama	Tumpuan Kiri	Atas	2D19
			Bawah	2D19
		Lapangan	Atas	2D19
			Bawah	6D19
		Tumpuan Kanan	Atas	2D19
			Bawah	2D19
	Tulangan Sengkang	Tumpuan Kiri		Ø10-200
		Lapangan		Ø10- 200
		Tumpuan Kanan		Ø10- 200
Balok Atap Memanjang	Dimensi			20 x 25
	Tulangan Utama	Tumpuan Kiri	Atas	3D19
			Bawah	3D19
		Lapangan	Atas	3D19
			Bawah	6D19
		Tumpuan Kanan	Atas	3D19
			Bawah	3D19
	Tulangan Sengkang	Tumpuan Kiri		Ø10 - 150
		Lapangan		Ø10 - 150
		Tumpuan Kanan		Ø10 - 150

2. Perhitungan Tulangan pada Balok Lantai 2 dan 3

Arah Melintang

Berikut merupakan perhitungan pada balok B1-L3 – B2-L3 dengan data berikut:



Gambar 4.16 Posisi Balok B1-L3 – B2-L3

Direncanakan:

Dimensi balok = 25/35 cm Diameter tul. utama = 19 mm

Beton *decking* = 20 mm Diameter tul. sengkang = 10 mm

$d_{eff} = h - p - \varnothing \text{ tul. Sengkang} - 0,5 \varnothing \text{ tul. Utama}$

$$= 350 - 20 - 10 - (0,5 \cdot 19)$$

$$= 310,5 \text{ mm} = 0,3105 \text{ m}$$

Menghitung Tulangan Lapangan

$$M_u = 125,426 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 125,426 / 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,3105^2$$

$$= 6504,806 \text{ kN/m}^2 = 6,505 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 300 \text{ Mpa}$, $k = 6,505 \text{ Mpa}$ didapatkan nilai $\rho = 0,0255$

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

$$= 0,0255 \times 250 \times 310,5$$

$$= 1981,637 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 1981,637 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **8D19 dengan $A_s = 2550,4 \text{ mm}^2$ untuk tulangan lapangan.**

Menghitung Tulangan Tumpuan

$$M_u = 48,643 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 48,643 / 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,3105^2$$

$$= 2522,709 \text{ kN/m}^2 = 2,522 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 300 \text{ Mpa}$, $k = 2,522 \text{ Mpa}$ didapatkan nilai $\rho = 0,00887$

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

$$= 0,00887 \times 250 \times 310,5$$

$$= 688,608 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 836,797 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **3D19 dengan $A_s = 850,1 \text{ mm}^2$ untuk tulangan tumpuan.**

Menghitung Tulangan Geser (Sengkang)

$$W_u = 107,268 \text{ kN}$$

$$V_n = 225,263 \text{ kN}$$

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$, $\phi = 0,6$

$$\phi.V_c = \phi \cdot b \cdot d' = 0,6 \cdot 250 \cdot 0,3105 = 46,575 \text{ kN}$$

$$y = (V_n - \phi.V_c) / W_u = (225,263 - 46,575) / 107,268 = 1,6658 \text{ m} \approx 1665,8 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ sengkang} = (b \cdot y) / (3 \cdot f_y) = (250 \cdot 1665,8) / (3 \cdot 300) = 462,72 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ sengkang} / \text{m} = A_s \text{ sengkang} / y = 462,72 / 1,6658 = 277,778 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-5 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Pelat berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk **$A_s = 277,7778 \text{ mm}^2$** dengan diameter tulangan utama $\emptyset 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu **$\emptyset 10$ -200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan $\emptyset 10$ -250 dengan $A_s = 314,2 \text{ mm}^2$.**

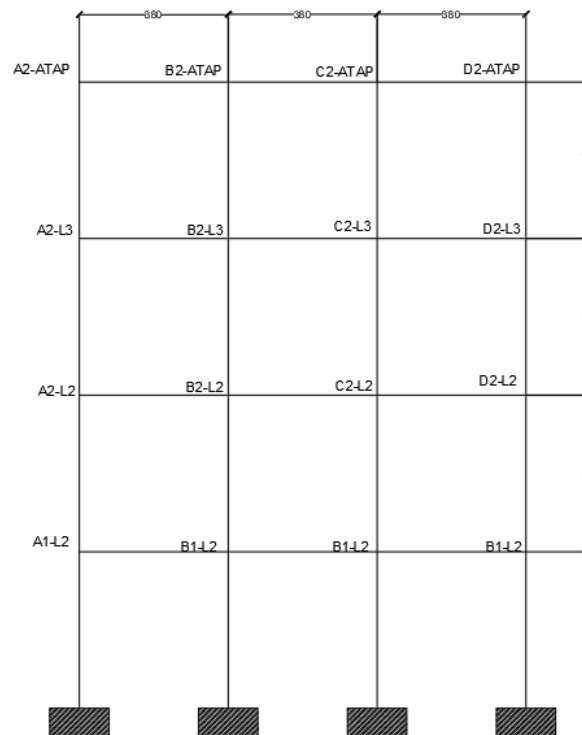
Menurut aturan SNI 2847:2013 Bab 7.6 yang menyebutkan bahwa jarak sengkang-sengkang tidak boleh diambil lebih dari $2/3$ dari tinggi balok. Jadi jika dihitung batas maksimal jarak sengkang didapat :

$$2/3 \times 35 = 23,22 \text{ cm}$$

Maka diambil perhitungan kembali dengan jarak menyesuaikan batas maksimal yaitu **Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$**

Arah Memanjang

Berikut merupakan perhitungan pada balok B2-L3 – C2-L3 dengan data berikut:



Gambar 4.17 Posisi Balok B2-L3 – C2-L3

Direncanakan:

Dimensi balok = 25/35 cm Diameter tul. utama = 19 mm

Beton *decking* = 20 mm Diameter tul. sengkang = 10 mm

$d_{eff} = h - p - \text{Ø tul. Sengkang} - 0,5 \text{ Ø tul. Utama}$

$$= 350 - 20 - 10 - (0,5 \cdot 19)$$

$$= 310,5 \text{ mm} = 0,3105 \text{ m}$$

Menghitung Tulangan Lapangan

$$M_u = 85,384 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 85,384 / 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,3105^2$$

$$= 4428,2 \text{ kN/m}^2 = 4,4282 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 300 \text{ Mpa}$,

$k = 4,4282 \text{ Mpa}$ didapatkan nilai $\rho = 0,0163$

$$\text{Sehingga } A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0163 \times 250 \times 310,5$$

$$= 1268,002 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 1268,002 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **6D19 dengan $A_s = 1700,3 \text{ mm}^2$ untuk tulangan lapangan.**

Menghitung Tulangan Tumpuan

$$M_u = 50,579 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 50,579 / 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,3105^2$$

$$= 2623,11 \text{ kN/m}^2 = 2,623 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 300 \text{ Mpa}$, $k = 2,623 \text{ Mpa}$ didapatkan nilai $\rho = 0,00791$

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

$$= 0,00791 \times 250 \times 310,5$$

$$= 614,227 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 614,227 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **4D19 dengan $A_s = 1134,0 \text{ mm}^2$ untuk tulangan tumpuan.**

Menghitung Tulangan Geser (Sengkang)

$$W_u = 89,878 \text{ kN}$$

$$V_n = 170,767 \text{ kN}$$

Untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$, $\phi = 0,6$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot b \cdot d' = 0,6 \cdot 250 \cdot 0,3105 = 46,575 \text{ kN}$$

$$y = (V_n - \phi \cdot V_c) / W_u = (170,767 - 46,575) / 89,878 = 1,3818 \text{ m} \approx 1381,8$$

mm

$$A_s \text{ sengkang} = (b \cdot y) / (3 \cdot f_y) = (250 \cdot 1381,8) / (3 \cdot 300) = 383,829 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ sengkang} / m = A_s \text{ sengkang} / y = 383,829 / 1,3818 = 277,775 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-5 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Pelat berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 277,775 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama $\emptyset 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu

Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan
sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan Ø10-250
dengan $A_s = 314,2 \text{ mm}^2$.

Menurut aturan SNI 2847:2013 Bab 7.6 yang menyebutkan bahwa jarak sengkang-sengkang tidak boleh diambil lebih dari $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok. Jadi jika dihitung batas maksimal jarak sengkang didapat :

$$\frac{2}{3} \times 35 = 23,333 \text{ cm}$$

Maka diambil perhitungan kembali dengan jarak menyesuaikan batas maksimal yaitu **Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan** sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan **Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$**

Tabel 4. 13 Rekapitulasi Penulangan Balok Lantai 2 dan 3

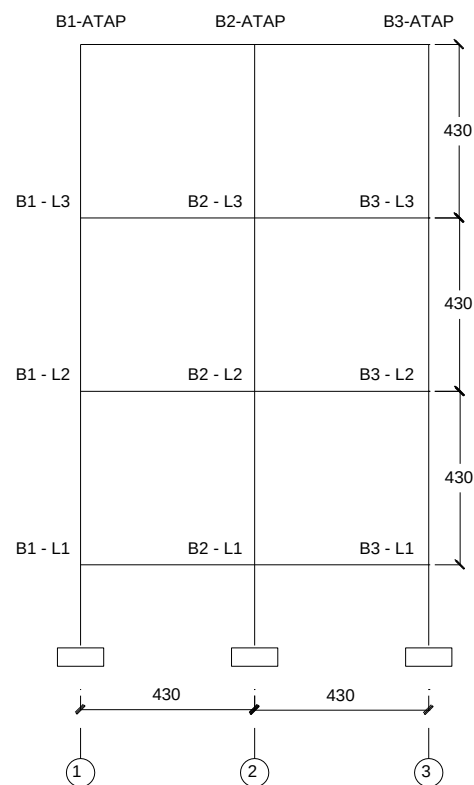
Balok Lantai 2 dan 3 Melintang	Dimensi			25 x 35
	Tulangan Utama	Tumpuan Kiri	Atas	3D19
			Bawah	3D19
		Lapangan	Atas	3D19
			Bawah	9D19
		Tumpuan Kanan	Atas	3D19
			Bawah	3D19
	Tulangan Sengkang	Tumpuan Kiri		Ø10- 200
		Lapangan		Ø10 - 200
Tumpuan Kanan		Ø10 - 200		
Balok Lantai 2 dan 3 Memanjang	Dimensi			25 x 35
	Tulangan Utama	Tumpuan Kiri	Atas	4D19
			Bawah	4D19
		Lapangan	Atas	4D19
			Bawah	6D19
		Tumpuan Kanan	Atas	4D19
			Bawah	4D19
	Tulangan Sengkang	Tumpuan Kiri		Ø10 - 200
		Lapangan		Ø10 - 200
Tumpuan Kanan		Ø10 - 200		



3. Perhitungan Tulangan Sloof

Arah Melintang

Berikut merupakan perhitungan pada sloof B1-L1 – B2-L1 dengan data berikut:



Gambar 4.18 Posisi Balok B1-L1 – B2-L1

Direncanakan:

Dimensi balok = 25/45 cm Diameter tul. Utama = 19 mm

Beton *decking* = 20 mm Diameter tul. sengkang = 10 mm

$d_{eff} = h - p - \varnothing \text{ tul. Sengkang} - 0,5 \varnothing \text{ tul. Utama}$

$$= 450 - 20 - 10 - (0,5 \cdot 19)$$

$$= 410,5 \text{ mm} = 0,4105 \text{ m}$$

Menghitung Tulangan Lapangan

$$M_u = 135,384 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 135,384 / 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,4105^2$$

$$= 3891,603 \text{ kN/m}^2 = 3,891 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 300 \text{ Mpa}$,

$k = 3,891 \text{ Mpa}$ didapatkan nilai $\rho = 0,01415$

$$\text{Sehingga } A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,01415 \times 250 \times 410,5$$

$$= 1452,31 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 1452,31 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **7D19 dengan $A_s = 1983,6 \text{ mm}^2$ untuk tulangan lapangan.**

Menghitung Tulangan Tumpuan

$$M_u = 42,464 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 42,464 / 0,8 \cdot 0,25 \cdot 0,4105^2$$

$$= 1259,98 \text{ kN/m}^2 = 1,259 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30$ Mpa dan $f_y = 300$ Mpa, $k = 1,259$ Mpa didapatkan nilai $\rho = 0,00431$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0043 \times 250 \times 410,5 \\ &= 441,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 dipilih tulangan **3D19** $\rightarrow A_s = 851 \text{ mm}^2$.

Menghitung Tulangan Geser (Sengkang)

$$W_u = 110,796 \text{ kN}$$

$$V_n = 232,672 \text{ kN}$$

Untuk $f_c' = 30$ Mpa, $\phi = 0,6$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot b \cdot d' = 0,6 \cdot 250 \cdot 0,4105 = 61,575 \text{ kN}$$

$$y = (V_n - \phi \cdot V_c) / W_u = (232,672 - 61,575) / 110,796 = 1,544 \text{ m} \approx 1544 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ sengkang} = (b \cdot y) / (3 \cdot f_y) = (250 \cdot 1544) / (3 \cdot 300) = 428,889 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ sengkang} / m = A_s \text{ sengkang} / y = 428,889 / 1,544 = 277,778 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-5 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Pelat berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 277,778 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama $\emptyset 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu **$\emptyset 10$ -200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan $\emptyset 10$ -250 dengan $A_s = 314,2 \text{ mm}^2$.**

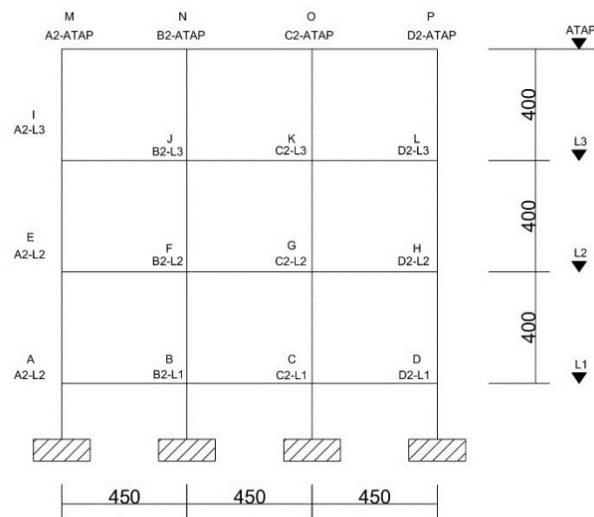
Menurut aturan SNI 2847:2013 Bab 7.6 yang menyebutkan bahwa jarak sengkang-sengkang tidak boleh diambil lebih dari $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok. Jadi jika dihitung batas maksimal jarak sengkang didapat :

$$\frac{2}{3} \times 45 = 30 \text{ cm}$$

Maka diambil perhitungan kembali dengan jarak menyesuaikan batas maksimal yaitu **Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan Ø10-200 dengan $A_s = 392,7 \text{ mm}^2$**

Arah Memanjang

Berikut merupakan perhitungan pada sloof B2-L1 – C2-L1 dengan data berikut:



Gambar 4.19 Posisi Balok B2-L1 – C2-L1

Direncanakan:

Dimensi balok = 20/40cm Diameter tul. Utama = 19 mm

Beton *decking* = 20 mm Diameter tul. sengkang = 10 mm

$$d_{\text{eff}} = h - p - \varnothing \text{ tul. Sengkang} - 0,5 \varnothing \text{ tul. Utama}$$

$$= 400 - 20 - 10 - (0,5 \cdot 19)$$

$$= 410,5 \text{ mm} = 0,4105 \text{ m}$$

Menghitung Tulangan Lapangan

$$M_u = 84,474 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 84,474 / 0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,4105^2$$

$$= 3133,12 \text{ kN/m}^2 = 3,133 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 300 \text{ Mpa}$,

$k = 3,133 \text{ Mpa}$ didapatkan nilai $\rho = 0,01118$

$$\text{Sehingga } A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,01118 \times 200 \times 410,5$$

$$= 917,878 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 917,878 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **4D19 dengan $A_s = 1133,5 \text{ mm}^2$ untuk tulangan lapangan.**

Menghitung Tulangan Tumpuan

$$M_u = 50,165 \text{ kNm}$$

$$k = M_u / \phi b d^2$$

$$= 50,165 / 0,8 \cdot 0,2 \cdot 0,4105^2$$

$$= 1860,61 \text{ kN/m}^2 = 1,8606 \text{ Mpa}$$

Menurut tabel A-17 Rasio Penulangan (ρ) vs Koefisien Tahanan (k) berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $f_c' = 30$ Mpa dan $f_y = 300$ Mpa, $k = 1,8606$ Mpa didapatkan nilai $\rho = 0,00645$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00645 \times 200 \times 410,5 \\ &= 529,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut tabel A-4 Luas Penampang Tulangan Baja berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 529,32 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama D19, maka dicari luas yang mendekati yaitu **3D19 dengan $A_s = 851 \text{ mm}^2$ untuk tulangan tumpuan.**

Menghitung Tulangan Geser (Senggang)

$$W_u = 88,920 \text{ kN}$$

$$V_n = 168,948 \text{ kN}$$

Untuk $f_c' = 30$ Mpa, $\phi = 0,6$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot b \cdot d' = 0,6 \cdot 200 \cdot 0,4105 = 49,26 \text{ kN}$$

$$y = (V_n - \phi \cdot V_c) / W_u = (168,948 - 49,26) / 88,920 = 1,346 \text{ m} \approx 1346 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ sengkang} = (b \cdot y) / (3 \cdot f_y) = (200 \cdot 1346) / (3 \cdot 300) = 299,111 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ sengkang} / m = A_s \text{ sengkang} / y = 299,111 / 1,346 = 222,222 \text{ mm}^2$$

Menurut tabel A-5 Luas Penampang Tulangan Baja Per Meter Panjang Pelat berdasarkan SK-SNI T-15-1991-03 untuk $A_s = 222,222 \text{ mm}^2$ dengan diameter tulangan utama $\emptyset 10$, maka dicari luas yang mendekati yaitu **$\emptyset 10$ -250 dengan $A_s = 314,2 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan**

sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan $\varnothing 10-300$ dengan $A_s = 261,8 \text{ mm}^2$.

Menurut aturan SNI 2847:2013 Bab 7.6 yang menyebutkan bahwa jarak sengkang-sengkang tidak boleh diambil lebih dari $2/3$ dari tinggi balok.

Jadi jika dihitung batas maksimal jarak sengkang didapat :

$$2/3 \times 40 = 26,67 \text{ cm}$$

Maka diambil perhitungan kembali dengan jarak menyesuaikan batas maksimal yaitu $\varnothing 10-200$ dengan $A_s = 314,2 \text{ mm}^2$ untuk tulangan sengkang tumpuan sedangkan untuk tulangan sengkang lapangan digunakan $\varnothing 10-200$ dengan $A_s = 314,2 \text{ mm}^2$

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Penulangan Balok Sloof

Balok Sloof Melintang	Dimensi			25 x 45
	Tulangan Utama	Tumpuan Kiri	Atas	3D19
			Bawah	3D19
		Lapangan	Atas	3D19
			Bawah	7D19
		Tumpuan Kanan	Atas	3D19
			Bawah	3D19
	Tulangan Sengkang	Tumpuan Kiri		Ø10 - 200
		Lapangan		Ø10 - 200
		Tumpuan Kanan		Ø10– 200
Balok Sloof Memanjang	Dimensi			20 x 40
	Tulangan Utama	Tumpuan Kiri	Atas	3D19
			Bawah	3D19
		Lapangan	Atas	3D19
			Bawah	4D19
		Tumpuan Kanan	Atas	3D19
			Bawah	3D19
	Tulangan Sengkang	Tumpuan Kiri		Ø10 - 200
		Lapangan		Ø10 - 200
		Tumpuan Kanan		Ø10 - 200

4.5. Ajnalisa Perhitungan Kolom

4.5.1. Menghitung Pembebanan Kolom

1. Pembebanan Kolom Lantai 3 (K3)

Dimensi rencana kolom 25 x 30 cm

$$W \text{ pelat atap} = 0,11 \times 3,8 \times 4,20 \times 24 = 42,1344 \text{ kN}$$

$$W \text{ balok (20/30)} = 0,20 \times 0,30 \times 4,20 \times 24 = 6,048 \text{ kN}$$

$$W \text{ balok (20/25)} = 0,20 \times 0,25 \times 3,80 \times 24 = 4,56 \text{ kN}$$

$$W \text{ kolom (25/30)} = 0,25 \times 0,30 \times 4 \times 24 = 7,2 \text{ kN}$$

$$W \text{ hidup atap} = 3,80 \times 4,2 \times 1 = 15,96 \text{ kN}$$

$$W \text{ plafond} = 3,80 \times 4,2 \times 0,11 = 1,7556 \text{ kN}$$

$$W \text{ penggantung} = 3,80 \times 4,2 \times 0,07 = 1,1172 \text{ kN}$$

$$W \text{ mortar (2cm)} = 3,80 \times 4,2 \times 0,42 = \underline{6,7032 \text{ kN} +}$$

$$\mathbf{P_{total} (K3) = 85,4784 \text{ kN}}$$

2. Pembebanan Kolom Lantai 2 (K2)

Dimensi rencana kolom 30 x 35 cm

$$W \text{ pelat lantai} = 0,11 \times 3,80 \times 4,20 \times 24 = 42,1344 \text{ kN}$$

$$W \text{ balok (25/35)} = 0,25 \times 0,35 \times 4,20 \times 24 = 8,82 \text{ kN}$$

$$W \text{ balok (25/35)} = 0,25 \times 0,35 \times 3,80 \times 24 = 7,98 \text{ kN}$$

$$W \text{ kolom (30/35)} = 0,30 \times 0,35 \times 4 \times 24 = 10,08 \text{ kN}$$

$$W \text{ dinding I} = 0,15 \times 4,20 \times 4 \times 17 = 42,84 \text{ kN}$$

$$W \text{ dinding II} = 0,15 \times 3,80 \times 4 \times 17 = 38,76 \text{ kN}$$

$$W \text{ plafond} = 3,80 \times 4,2 \times 0,11 = 1,7556 \text{ kN}$$

W penggantung	$= 3,80 \times 4,2 \times 0,07$	$= 1,1172 \text{ kN}$
W hidup lantai	$= 3,80 \times 4,2 \times 2,5$	$= 39,9 \text{ kN}$
W keramik	$= 3,80 \times 4,2 \times 0,24$	$= 3,8304 \text{ kN}$
W mortar (2cm)	$= 3,80 \times 4,2 \times 0,42$	$= 6,7032 \text{ kN}$
Total P3		$= 85,4784 \text{ kN} +$

$$P_{\text{total}} (\text{K2}) = 289,3992 \text{ kN}$$

3. Pembebanan Kolom Lantai 1 (K1)

Dimensi rencana kolom 30 x 45 cm

W pelat lantai	$= 0,11 \times 3,80 \times 4,20 \times 24$	$= 42,1344 \text{ kN}$
W balok (25/45)	$= 0,25 \times 0,45 \times 4,20 \times 24$	$= 11,34 \text{ kN}$
W balok (20/40)	$= 0,20 \times 0,40 \times 3,80 \times 24$	$= 7,296 \text{ kN}$
W kolom (30/45)	$= 0,30 \times 0,45 \times 4 \times 24$	$= 12,96 \text{ kN}$
W dinding I	$= 0,15 \times 4,20 \times 4 \times 17$	$= 42,84 \text{ kN}$
W dinding II	$= 0,15 \times 3,80 \times 4 \times 17$	$= 38,76 \text{ kN}$
W plafond	$= 3,80 \times 4,20 \times 0,11$	$= 1,7556 \text{ kN}$
W penggantung	$= 3,80 \times 4,20 \times 0,07$	$= 1,1172 \text{ kN}$
W hidup lantai	$= 3,80 \times 4,20 \times 2,5$	$= 39,9 \text{ kN}$
W keramik	$= 3,80 \times 4,20 \times 0,24$	$= 3,8304 \text{ kN}$
W mortar (2cm)	$= 3,80 \times 4,20 \times 0,42$	$= 6,7032 \text{ kN}$
Total P2		$= 289,3992 \text{ kN} +$

$$P_{\text{total}} (\text{K1}) = 498,036 \text{ kN}$$

4.5.2. Menghitung Penulangan Kolom

1. Penulangan Kolom Lantai 3 (K3)

Data :

$$P_{\text{total}} (\text{K3}) = 85,478 \text{ kN} \quad M_u = 50,767 \text{ kNm}$$

Dimensi 25 x 30 cm Beton *decking* = 40 mm

$$e = M_u \cdot (10)^3 / P_u = 50,767 \cdot (10)^3 / 85,478 = 593,919 \text{ mm}$$

Direncanakan dengan :

Dia. Tul. Utama = 16 mm

Dia. Tul. Senggang = 10 mm

Berdasarkan SK-SNI-T-15-1991-03, jumlah luas penampang tulangan pokok memanjang kolom dibatasi dengan rasio penulangan (ρ_g) antara 1% s/d 8%. Maka untuk perencanaan kolom K3 digunakan $\rho_g = 1\%$

$$d' = t_{\text{decking}} + \frac{1}{2} D \text{ tul.} + \phi = 40 + (0,5 \cdot 16) + 10 = 58,0 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 300 - 58,0 = 242,0 \text{ mm}$$

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d} = 1\%$$

$$A_s = A_s' = 0,01 b \cdot d = 0,01 \cdot 250 \cdot 242,0 = 605,000 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan 4D16 pada masing-masing sisi kolom ($A_s = 804,2 \text{ mm}^2$)

$$\rho = \frac{804,2}{250 \times 242,0} = 0,0133$$

Pemeriksaan Pu Terhadap Beban Seimbang Pub

$$\begin{aligned} C_b &= (600 \cdot d) / (600 + F_y) \\ &= (600 \cdot 242,0) / (600 + 300) \\ &= 161,333 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan Pasal 3.3.2 ayat 7 SK-SNI-T-15-1991-03, faktor reduksi β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan f_c' hingga atau sama dengan 30 Mpa. Untuk kekuatan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi secara menerus sebesar 0,008 untuk setiap 1 MPa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b = 0,85 \cdot 161,333 = 137,133 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s' &= \frac{(c_b - d')}{c_b} \cdot \epsilon_{cu} < \frac{f_y}{E_s} \\ &= \frac{161,333 - 58,0}{161,333} \cdot 0,003 < \frac{250}{200000} \\ &= 0,001921 < 0,00125 \end{aligned}$$

Karena $0,001921 > 0,00175$, maka tulangan mencapai luluh ketika beton hancur.

$$\begin{aligned} f_s' &= E_s \cdot \epsilon_s' = 200000 \cdot (0,00192) \\ &= 384 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$f_s' > f_y \Leftrightarrow 384 > 300 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} P_{ub} &= 0,65 \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s' \cdot f_y) \\ &= 0,65 \cdot (0,85 \cdot 30 \cdot 137,133 \cdot 250 + 804,2 \cdot 384 - 804,2 \cdot 300) \\ &= 612311,093 / 1000 \\ &= 612,311 > P_U \\ &= 612,311 > 85,478 \dots\dots\dots(\text{AMAN}) \end{aligned}$$

Pemeriksaan Kekuatan Penampang

Digunakan persamaan empiris Whitney untuk penampang kolom persegi dengan hancur tekan menentukan.

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_s \cdot f_y}{\frac{e}{(d - d')} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18} \\
 &= \frac{804,200 \cdot 300}{\frac{593,918}{(242,0 - 58,0)} + 0,5} + \frac{250 \cdot 300 \cdot 30}{\frac{3 \cdot 300 \cdot 593,918}{242,0^2} + 1,18} \\
 &= 64718,8 + 181911,3 \\
 &= 246630,242 \text{ N} \\
 &= 246,630 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi P_{nb} &= 0,65 \cdot (246,630) > P_u \\
 &= 160,31 > 85,478 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisa diatas, tulangan utama kolom K3 digunakan 4D16 pada masing-masing sisi kolom.

- Perhitungan tulangan sengkang kolom

Perhitungan tulangan sengkang kolom didasarkan kepada SK-SNI-T15-1991-03 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 penjelasan tersebut direncanakan :

$$\text{Tulangan sengkang} = 10 \text{ mm}$$

Spasi vertikal atau jarak antar sengkang :

$$16 \times D \text{ utama} = 16 \times 116 \text{ mm} = 256 \text{ mm}$$

$$48 \times D \text{ sengkang} = 48 \times 10 \text{ mm} = 480 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi terkecil kolom} = 250 \text{ mm}$$

Berdasarkan analisa diatas, tulangan sengkang kolom K3 digunakan D10-200 mm.

2. Penulangan Kolom Lantai 2 (K2)

Data :

$$P_{\text{total}} (\text{K2}) = 289,399 \text{ kN} \quad M_u = 69,663 \text{ kNm}$$

$$\text{Dimensi } 30 \times 35 \text{ cm} \quad \text{Beton } \textit{decking} = 40 \text{ mm}$$

$$e = M_u \cdot (10)^3 / P_u = 69,663 \cdot (10)^3 / 289,399 = 240,714 \text{ mm}$$

Direncanakan dengan :

$$\text{Dia. Tul. Utama} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tul. Sengkang} = 10 \text{ mm}$$

Berdasarkan SK-SNI-T-15-1991-03, jumlah luas penampang tulangan pokok memanjang kolom dibatasi dengan rasio penulangan (ρ_g) antara 1% s/d 8%. Maka untuk perencanaan kolom K3 digunakan $\rho_g = 1\%$

$$d' = t_{\text{decking}} + \frac{1}{2} D \text{ tul.} + \emptyset = 40 + (0,5 \cdot 16) + 10 = 58,0 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 350 - 58,0 = 292 \text{ mm}$$

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d} = 1\%$$

$$A_s = A_s' = 0,01 b \cdot d = 0,01 \cdot 250 \cdot 292,0 = 876,0 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan 5D16 pada masing-masing sisi kolom ($A_s = 1005,3 \text{ mm}^2$)

$$\rho = \frac{1005,3}{250 \times 292,0} = 0,0115$$

Pemeriksaan Pu Terhadap Beban Seimbang Pub

$$\begin{aligned} C_b &= (600 \cdot d) / (600 + F_y) \\ &= (600 \cdot 292) / (600 + 300) \\ &= 194,667 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan Pasal 3.3.2 ayat 7 SK-SNI-T-15-1991-03, faktor reduksi β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan f_c' hingga atau sama dengan 30 Mpa. Untuk kekuatan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi secara menerus sebesar 0,008 untuk setiap 1 MPa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b = 0,85 \cdot 194,467 = 165,467 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s' &= \frac{(c_b - d')}{c_b} \cdot \epsilon_{cu} < \frac{f_y}{E_s} \\ &= \frac{194,467 - 58,0}{194,467} \cdot 0,003 < \frac{250}{200000} \\ &= 0,002106 < 0,00125 \end{aligned}$$

Karena $0,002106 > 0,00125$, maka tulangan mencapai luluh ketika beton hancur.

$$\begin{aligned} f_s' &= E_s \cdot \epsilon_s' = 200000 \cdot (0,002057) \\ &= 421,233 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$f_s' > f_y \Leftrightarrow 421,233 > 300 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
P_{ub} &= 0,65.(0,85.fc'.ab.b + As'.fs' - As'.fy) \\
&= 0,65.(0,85 \cdot 30 \cdot 165,467 \cdot 300 + 1005,3 \cdot 421,233 - 1005,3 \cdot 300) \\
&= 725512,6 / 1000 \\
&= 725,5126 > P_U \\
&= 725,513 > 281,738 \dots\dots\dots(\text{AMAN})
\end{aligned}$$

Pemeriksaan Kekuatan Penampang

Digunakan persamaan empiris Whitney untuk penampang kolom persegi dengan hancur tekan menentukan.

$$\begin{aligned}
P_n &= \frac{As'.fy}{\frac{e}{(d-d')} + 0,5} + \frac{b.h.fc'}{\frac{3.h.e}{d^2} + 1,18} \\
&= \frac{1005,3 \cdot 300}{\frac{240,714}{(292,0-58,0)} + 0,5} + \frac{300 \cdot 350 \cdot 30}{\frac{3 \cdot 350 \cdot 240,714}{292^2} + 1,18} \\
&= 197286,00 + 760075,54 \\
&= 957361,5 \text{ N} \\
&= 957,361 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_{nb} &= 0,65.(957,361) > P_u \\
&= 622,285 > 281,738 \text{ kN} \dots\dots\dots(\text{AMAN})
\end{aligned}$$

Berdasarkan analisa diatas, tulangan utama kolom K2 digunakan 5D16 pada masing-masing sisi kolom.

- Perhitungan tulangan sengkang kolom

Perhitungan tulangan sengkang kolom didasarkan kepada SK-SNI-T15-1991-03 Pasal 3.16.10 Ayat 5 dengan penjelasan berikut :

- c. Semua batang tulangan non-pratekan harus dilingkup dengan sengkang dan kait ikat lateral, paling sedikit ukuran D10
- d. 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 penjelasan tersebut direncanakan :

Tulangan sengkang = 10 mm

Spasi vertikal atau jarak antar sengkang :

$$16 \times D \text{ utama} = 16 \times 16 \text{ mm} = 256 \text{ mm}$$

$$48 \times D \text{ sengkang} = 48 \times 10 \text{ mm} = 480 \text{ mm}$$

Dimensi terkecil kolom = 300 mm

Berdasarkan analisa diatas, tulangan sengkang kolom K2 digunakan D10-250 mm.

3. Penulangan Kolom Lantai 1 (K1)

Data :

$$P_{\text{total}} (K1) = 498,036 \text{ kN} \quad M_u = 80,562 \text{ kNm}$$

Dimensi 30 x 45 cm Beton *decking* = 40 mm

$$e = M_u \cdot (10)^3 / P_u = 80,562 \cdot (10)^3 / 498,036 = 161,759 \text{ mm}$$

Direncanakan dengan :

$$\text{Dia. Tul. Utama} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Dia. Tul. Sengkang} = 10 \text{ mm}$$

Berdasarkan SK-SNI-T-15-1991-03, jumlah luas penampang tulangan pokok memanjang kolom dibatasi dengan rasio penulangan (ρ_g) antara 1% s/d 8%. Maka untuk perencanaan kolom K3 digunakan $\rho_g = 1\%$

$$d' = t_{\text{decking}} + \frac{1}{2} D \text{ tul.} + \emptyset = 40 + (0,5 \cdot 16) + 10 = 58,0 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 450 - 58 = 392 \text{ mm}$$

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d} = 1\%$$

$$A_s = A_s' = 0,01 b \cdot d = 0,01 \cdot 300 \cdot 392 = 1176,000 \text{ mm}^2$$

Dicoba dengan tulangan 6D16 pada masing-masing sisi kolom ($A_s = 1206,4 \text{ mm}^2$)

$$\rho = \frac{1206,40}{300 \times 392,0} = 0,0103$$

Pemeriksaan Pu Terhadap Beban Seimbang Pub

$$\begin{aligned} C_b &= (600 \cdot d) / (600 + F_y) \\ &= (600 \cdot 392) / (600 + 300) \\ &= 261,333 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan Pasal 3.3.2 ayat 7 SK-SNI-T-15-1991-03, faktor reduksi β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk kuat tekan f_c' hingga atau sama dengan 30 Mpa. Untuk kekuatan di atas 30 Mpa, β_1 harus direduksi secara menerus sebesar 0,008 untuk setiap 1 MPa diatas 30 Mpa, tetapi β_1 tidak boleh diambil kurang dari 0,65

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b = 0,85 \cdot 261,333 = 222,133 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{(c_b - d')}{c_b} \cdot \epsilon_{cu} < \frac{f_y}{E_s}$$

$$= \frac{261,333 - 58}{261,333} \cdot 0,003 < \frac{300}{200000}$$

$$= 0,002314 < 0,0015$$

Karena $0,002314 > 0,0015$, maka tulangan mencapai luluh ketika beton hancur.

$$f_s' = E_s \cdot \epsilon_s' = 200000 \cdot (0,002314)$$

$$= 462,868 \text{ Mpa}$$

$$f_s' > f_y \Leftrightarrow 462,868 > 300 \text{ Mpa}$$

$$P_{ub} = 0,65 \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s' \cdot f_y)$$

$$= 0,65 \cdot (0,85 \cdot 30 \cdot 222,133 \cdot 300 + 1206,400 \cdot 462,868 - 1206,400 \cdot$$

$$300)$$

$$= 1235957 / 1000$$

$$= 1209,63544 > P_U$$

$$= 1209,63544 > 498,036 \dots\dots\dots (\text{AMAN})$$

Pemeriksaan Kekuatan Penampang

Digunakan persamaan empiris Whitney untuk penampang kolom persegi dengan hancur tekan menentukan.

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d - d')} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1206,400 \cdot 300}{\frac{161,759}{(392-58)} + 0,5} + \frac{300 \cdot 450 \cdot 30}{\frac{3 \cdot 450 \cdot 161,759}{392^2} + 1,18} \\
&= 367690,122 + 1557025,134 \\
&= 1924715,26 \text{ N} \\
&= 1924,72 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot (1924,06) > P_u$$

$$= 1251,06 > 486,545 \text{ kN} \dots \dots \dots (\text{AMAN})$$

Berdasarkan analisa diatas, tulangan utama kolom K1 digunakan 4D19 pada masing-masing sisi kolom.

- Perhitungan tulangan sengkang kolom

Perhitungan tulangan sengkang kolom didasarkan kepada SK-SNI-T15-1991-03 Pasal 3.16.10 Ayat 5 dengan penjelasan berikut :

- e. Semua batang tulangan non-pratekan harus dilingkup dengan sengkang dan kait ikat lateral, paling sedikit ukuran D10
- f. 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 penjelasan tersebut direncanakan :

Tulangan sengkang = 10 mm

Spasi vertikal atau jarak antar sengkang :

$$16 \times D \text{ utama} = 16 \times 19\text{mm} = 304 \text{ mm}$$

$$48 \times D \text{ sengkang} = 48 \times 10 \text{ mm} = 480 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi terkecil kolom} = 300 \text{ mm}$$

Berdasarkan analisa diatas, tulangan sengkang kolom K1 digunakan D10-250 mm.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Penulangan Kolom

Lantai	Tipe Kolom	Dimensi	Tul. Utama	Tul. Sengkang
1.	K1	30 x 45	20D16	D10 – 250
2.	K2	30 x 35	16D16	D10 – 200
3.	K3	25 x 30	12D16	D10– 200

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Perhitungan Struktur Atas Pembangunan Gedung Berlantai 3 didesain dengan menggunakan pedoman-pedoman perhitungan gedung

bertingkat. Secara garis besar, perhitungan struktur atas dari perhitungan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Atap

Jenis struktur untuk atap digunakan beton cor (pelat beton) dengan $f_c' 30$ Mpa dan $f_y 300$ MPa, dengan tebal plat atap 11 cm. Untuk tulangan menggunakan diameter 10 mm pada arah Lx dan penggunaan diameter tulangan 10 mm pada arah Ly.

2. Pelat

Jenis struktur untuk pelat lantai digunakan beton cor dengan $f_c' 30$ Mpa dan $f_y 300$ MPa, dengan tebal 11 cm dengan tulangan Ø10-200 untuk arah x dan Ø10-150 untuk arah y. Sedangkan untuk pelat atap dengan tebal 11 cm digunakan tulangan Ø10-150 untuk arah x dan Ø10-200 untuk arah y.

3. Balok

Semua tipe balok menggunakan $f_c' 30$ Mpa dan $f_y 300$ MPa, dimensi balok yang digunakan adalah 20/25, 20/30, 25/35, 20/40, dan 25/45. Tulangan balok yang digunakan adalah D10-200 untuk tulangan sengkang (begel) , serta D19 untuk tulangan pokok balok arah melintang dan untuk tulangan pokok balok arah memanjang.

4. Kolom

Semua tipe kolom menggunakan $f_c' 30$ Mpa dan $f_y 300$ MPa, dimensi kolom yang digunakan adalah 25/30, 30/35, dan 30/45. Tulangan kolom yang digunakan pada kolom K1 adalah D16 untuk tulangan utama, dan

D10-250 untuk tulangan sengkang. Sedangkan pada kolom K2 dan K3 digunakan D16 untuk tulangan utama dan D10-200 untuk tulangan sengkang.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim (2002). SNI 03-2847-2002. *“Tata cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung”*.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 2847- 2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 02-2052-2002 Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 NI-2*. Bandung: Yayasan Badan Penerbit Departemen PU

Dipohusodo, Istiawan, 1994, *Struktur Beton Berdasarkan SK-SNI T 15-1991-03*, Jakarta; Gramedia Pustaka Utama.

Dipohusodo, Istiawan. 1996. "*Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid II*". Yogyakarta: Kanisius.

Dipohusodo, Istiawan. 2002. "*Struktur Beton Bertulang*". Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Gurki, J. Thambah Sembiring (2007). "*Beton Bertulang*". Bandung. Rekayasa Sains.

Kusuma, Gideon, 1997, "*Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*". Jakarta; Erlangga.

Mulyono, Tri (2005). "*Teknologi Beton*". Yogyakarta. Andi Offset.

Nawi G. Edward. (1998). "*Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*". Bandung; Penerbit PT. Rafika Aditama.

S. Barrie, Boyd C, Paulson, 1995, "*Manajemen Konstruksi*", Jakarta; Erlangga.

Schuler, Wolfgang (1989). "*Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*". Bandung. Eresco.

Soegihardjo & Soedibjo (1977). "*Ilmu Bangunan Gedung*". Depdikbud. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.

Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 1994, "*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*". PT Pradya Paramita, Semarang

LAMPIRAN

HIMPUNAN MAHASISWA DIPLOMA III SIPIL SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

Sekretariat : PSD III Sekolah Vokasi UNDIP
Jln. Prof. Soedarto, S.H Tembalang - Semarang Telp (024) 7471379

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Lisa Cahya P
NIM : 40030118060026
Mata Kuliah : Tugas Akhir
Asistensi : Drs. Riji Wibodo, MT
Dosen :

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	10 - 3 - 2021	- Penulisan Tugas Akhir harus mengikuti buku petunjuk yang berlaku saat ini - Margin penulisan atas, samping kiri, samping kanan dan bawah dengan ukuran 4,4,3,3. - Semua rekabir dengan bahasa inggris harus ditulis miring - Lanjutkan BAB III	fuy
2.	11 - 3 - 2021	- Hitungan tulangan pada plat lantai rumus ρ minimum ditinjau lagi - Lanjutkan gambar penulangan plat atap	fuy
3.	16 - 3 - 2021	- Gambar penulangan plat lantai dan atap dibetulkan - Hitungan luas penulangan dibetulkan - Dimensi sloof arah memanjang dibetulkan sampai hal. 52 BAB IV	fuy
4.	18 - 3 - 2021	- Estimasi pembesian dibetulkan	fuy
5.	23 - 3 - 2021	- Lanjutkan gambar penulangan balok ring, balok lt 2, 3 dan sloof	fuy
6.	25 - 3 - 2021	- Estimasi beban untuk plafond ditinjau lagi - Gambar penulangan kolom dibetulkan	fuy
7.	26 - 3 - 2021	- Estimasi beban dinding dibetulkan - Jarak tidak perlu - Kesimpulan diperluas	fuy
8.	27 - 3 - 2021	- dapat disusun dan dijilid	fuy

MDS 2020

Scanned with CamScanner
"Bersama Raga Kami Mengabdikan, Ciptakan Karya Tanpa Henti"



BIDANG
EKOBIS



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEKOLAH VOKASI

Jalan Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang Semarang 50275
Telepon: (024) 7471379 laman: <http://www.vokasi.undip.ac.id/>

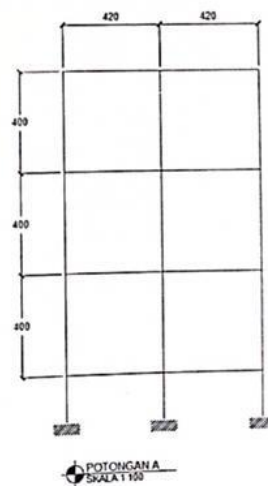
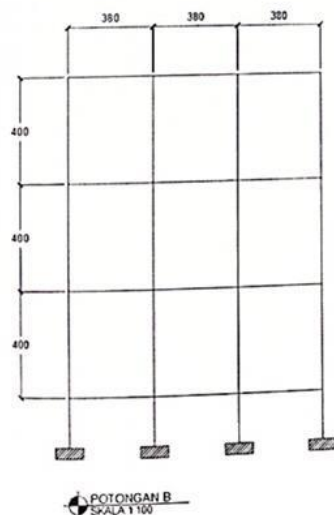
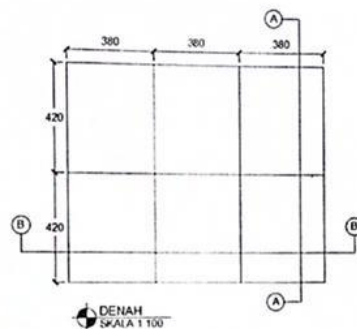
SOAL TUGAS AKHIR

Diberikan kepada :

Lisa Cahya Pratiwi

40030118060026

Soal : Hitunglah struktur atas yang terdiri dari plat lantai, balok dan kolom pada gedung berlantai 3 dengan ukuran denah seperti dibawah ini :



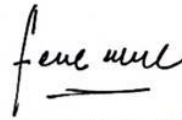


Dengan data-data sebagai berikut :

1. Struktur : Beton Bertulang
2. Atap : Plat Beton
3. Mutu Beton (f_c') : 30 Mpa
4. Mutu Baja (f_y) : 250 Mpa
5. Hal yang tidak ditentukan bisa ditentukan sendiri

Semarang, 8 Maret 2021

Dosen Pembimbing,



Drs. Puji Widodo, MT.
NIP. 195806271985031003

