

TUGAS AKHIR

**PERENCANAAN ULANG LANTAI PROYEK RUMAH
SUSUN PEKERJA KELUARGA TNI-AD SLEMAN
MENGUNAKAN FLAT SLAB
(*FLOOR REDESIGN OF THE APARTMENT PROJECT
FOR ARMY'S WORKER FAMILY AT SLEMAN USING
FLAT SLAB*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



Tifany Eka Siswati

10.511.080

**PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2017

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG LANTAI PROYEK RUMAH SUSUN PEKERJA KELUARGA TNI-AD SLEMAN MENGUNAKAN FLAT SLAB (*FLOOR REDESIGN OF THE APARTMENT PROJECT FOR ARMY'S WORKER FAMILY AT SLEMAN USING FLAT SLAB*)

Disusun oleh



Tifany Eka Siswati
10.511.080

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana
Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 20 September 2017

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I

(Yunalia Muntafi, S.T., M.T)
NIK : 095110101

Tanggal : 04/10/2017

Pembimbing II

(Ir. Dr. Harsovo, M.Sc.)
NIK : 835110202

Tanggal: 3/10/2017.
Mengesahkan,

Penguji

Prof. Ir. Sarwidi, MSCE., Ph.D.,
NIK : 845110101

Tanggal: 03 Okt 2017



Ketua Program Studi Teknik Sipil

Miftahul Fauziah, S.T, M.T, Ph.D
NIK: 955110103

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian – bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 20 September 2017

Yang membuat pernyataan,



Tifany Eka Siswati

(10511080)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Perencanaan Ulang Proyek Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AD Sleman Menggunakan Flat Slab*.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Ibu Yunalia Muntafi, S.T,M.T selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Ir. Dr. H. Harsoyo, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II,
3. Bapak Prof. Ir. H. Sarwidi, MSCE., Ph.D., IP-U. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan motivasi sampai Tugas Akhir ini telah selesai,
4. Orang tua penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual.
5. Aditria Indra Cahya selaku teman dekat yang selalu mengingatkan dan menemani juga memberikan sumbangsih dalam hal materi dan pikiran.
6. Ety Fitriyani, Firdanisa Juniar, Winona Macheli, Arum Putri Kinasih, Yusrina Zunarfika, Dwi Aneka Kartini, Novia Mahlisani, Clara Disti Fanoor, Dhika Rizqi Damayanti, Dewanti Rianita, Marifatul Fajriah, dan Fanny Batubara sebagai sahabat yang selalu memberikan support dan perhatian hingga Tugas Akhir ini selesai.
7. Yusuf Rizki, Erlangga Widyahanto, Anjar Raharjo, May Feriza Rizky dan Angga Prasetyo sebagai teman dekat yang selalu mengingatkan dan membantu hingga Tugas akhir ini selesai dikerjakan.

8. Teman-teman penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah menemani perjalanan Tugas Akhir ini hingga selesai penulis ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 20 September 2017

Penulis

Tifany Eka Siswati

10. 511. 080

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pelat	5

2.1.1. Sistem Pelat Satu Arah (One-Way Slab)	5
2.1.2. Sistem Pelat Dua Arah (Two-Way Slab)	5
2.2. Metode Perencanaan Struktur Pelat	10
2.2.1. Metode Perencanaan Langsung (Direct Design Method)	10
2.2.2. Metode Portal Ekuivalen (Equivalent Portal Method)	12
2.3. Penelitian Terdahulu	13
2.4. Keaslian Penelitian	16
BAB III LANDASAN TEORI	17
3.1. Pelat Lantai	17
3.1.1. Sistem Pelat Lantai	19
3.2. Pelat Cendawan (Flat Slab)	20
3.2.1. Perencanaan Pelat Cendawan (Flat Slab)	21
3.2.2. Pembebanan Bangunan	24
3.2.3. Kuat Perlu	38
3.2.4. Metode Perencanaan Langsung (Direct Design Method)	40
3.2.5. Perencanaan Tulangan Pelat	43
3.2.6. Desain Kuat Geser	46
3.3. Perencanaan Anggaran Biaya Pelat	52
3.3.1. Biaya	52
3.3.2. Rencana Anggaran Biaya	53
3.3.3. Analisa Harga Satuan	54

3.3.4. Volume Pekerjaan	54
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	49
4.1. Umum	49
4.1.1. Jenis Penelitian	49
4.1.2. Penentuan Objek Penelitian	49
4.1.3. Pengumpulan Data	50
4.1.4. Tahap Perencanaan Dan Analisis	50
4.2. Jadwal Penelitian	55
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	57
5.1. Umum	57
5.2. Analisis Perhitungan	57
5.2.1. Preliminari Struktur	58
5.2.2. Permodelan Struktur Menggunakan ETABS	64
5.2.3. Metode Perencanaan Langsung	67
5.2.4. Perhitungan Tulangan Pelat	76
5.2.5. Perhitungan Tulangan Drop Panel	92
5.2.6. Perhitungan Tulangan Geser Balok Tepi	104
5.3. Rencana Anggaran Biaya	112
5.3.1. Daftar Harga Bahan dan Upah.	112
5.3.2. Volume Pekerjaan	113
5.3.3. Analisis Harga Satuan Pekerjaan	115

5.3.4. Rencana Anggaran Biaya Flat Slab	118
5.3.5 Perbandingan Biaya	119
5.4. Pembahasan	120
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	123
6.1. SIMPULAN	123
6.2. SARAN	124
DAFTAR PUSTAKA	125

ABSTRAK

Pelat menjadi bagian struktur atas yang penting karena fungsi pelat adalah mendistribusikan beban-beban yang bekerja di atasnya ke balok lalu disalurkan ke kolom. Jenis-jenis pelat lantai yang dapat digunakan adalah pelat datar, pelat cendawan (*flat slab*), pelat lantai dengan balok, dan pelat lantai dengan *rib* (*waffle slab*). Pada penelitian ini dilakukan perencanaan ulang atau *redesign* pelat lantai pada Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AD di daerah Sleman, Yogyakarta dengan menggunakan *flat slab*. Sistem *flat slab* merupakan sistem pelat lantai dua arah (*two-way system slab*) yang memiliki keistimewaan yaitu tidak menggunakan balok sebagai penahan beban tetapi pelat itu sendiri yang dapat menahan beban di atasnya. Penelitian dilakukan untuk mengetahui tulangan yang digunakan dan perbandingan biaya pada pelat setelah dilakukan *redesign*.

Analisis struktur bangunan dihitung secara *numeric* menggunakan ETABS 9.6.0. Metode perencanaan langsung menggunakan acuan SNI 03 – 2847 – 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung sebagai metode perhitungan manual tulangan pelat. Perencanaan *flat slab* menggunakan *drop panel* pada muka kolom yang berguna sebagai penahan gaya geser.

Drop panel digunakan dengan tebal 75 mm dengan lebar 1,9 m. Pada bangunan *redesign* digunakan dua jenis pelat yaitu 3 m x 4,1 m dan 4,1 m x 4,1 m. Pada jenis pelat dengan dimensi 3 m x 4,1 m dalam arah X digunakan tulangan D13 dengan jarak 100 mm dan 125 pada lajur kolom bentang ujung. Tulangan D16 dengan jarak 100 mm dan 150 mm digunakan pada lajur tengah. Pada arah Y, digunakan tulangan D16 dengan jarak 125 dan 120 pada bentang ujung dan bentang dalam lajur kolom. Tulangan D19 dan D16 dengan jarak 100 mm dan 120 mm digunakan pada bentang dalam dan bentang ujung lajur tengah. Untuk pelat 4,1 m x 4,1 m arah X digunakan tulangan D19 dengan 125 mm dan D16 dengan jarak 150 pada bentang ujung lajur kolom. Pada bentang dalam digunakan tulangan yang sama jarak 125 mm dan 100 mm Tulangan yang sama digunakan dengan jarak 100 mm pada bentang ujung dan bentang dalam lajur tengah. Pada arah Y, digunakan tulangan D16 dengan jarak 100 mm dan 120 mm pada bentang ujung dan bentang dalam lajur kolom, sedangkan pada lajur tengah digunakan tulangan D19 dan D16 dengan jarak 100 mm dan 120 pada bentang dalam maupun bentang ujung. Rencana anggaran biaya *flat slab* yang diperoleh dari hasil perhitungan biaya *flat slab* lebih hemat 43,4 % dari rencana anggaran biaya pelat *precast* pada bangunan *existing*.

Kata kunci : *Redesign, Flat Slab, Metode Perencanaan Langsung, RAB*

ABSTRACT

Slabs be a part on an important of upper structure because their function is to distribute the loads that are work on it to beam and then piped to the column. The kind of floor slab that use are flat plates, flat slabs, slab with two-way beams, and slabs with rib (waffle slab). In this research, will be schedule to redesign the floor slab of apartement project for army's worker family at Sleman using flat slab. Flat slab system is a two-way slab system (two-way system slab) that has the privilege of don't using the beam as the load holder but the slabs can withstand the load on it. This research is conduct to determine the reinforcement used and the comparison of the cost ratio on the slabs after redesigning is done.

Building structure analysis is calculate numerically using ETABS 9.6.0. The direct design method use the reference of SNI 03 - 2847 - 2013 about Structural Concrete Requirements for Buildings as the method of manual calculation of slab reinforcement. Designing a flat slab uses a drop panel on the column surface is useful as a shear force holder.

Drop panel used 75 mm thick with width 1.9 m. Buildings that had been redesigned used two types of slab, there were 3 m x 4.1 m and 4.1 m x 4.1 m. The kind of slab with dimension of 3 m x 4.1 m in the direction of X was used D13 reinforcement with the distance 100 and 125 mm of column strip on exterior panel. Reinforcement D16 with the distance 100 and 150 mm was used in the middle strip. In the Y direction, it was used reinforcement D16 with the distance 125 and 120 mm at column strip of exterior panel. Reinforcements D19 and D16 were used with the distance 100 mm and 120 mm at middle strip of exterior and interior panel. For the kind of slab with dimension 4.1 m x 4.1 m in X direction used D19 reinforcement with the distance 125 mm and D16 with the distance of 150 mm at column strip of exterior panel. In the exterior panel used the same reinforcement with the distance of 125 mm and 100 mm The same reinforcement was used with the distance 100 mm at exterior and interior panel. In the direction Y, it was used reinforcement D16 with distance 100 mm and 120 mm at exterior and interior panel, while on middle strip used reinforcement D19 and D16 with distance 100 mm and 120 in exterior and interior panel. The budget plan of slab cost obtained from calculation of flat slab cost 43,4% more efficient than budget plan of precast slabs cost on existing building.

Keywords: *Redesign, Flat Slab, Direct Design Method, Cost Budget Plan*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang di wilayah Asia Tenggara tumbuh sebagai negara dengan tingkat kemajuan infrastruktur yang begitu cepat dan pesat. Kemajuan dalam bidang tersebut diakibatkan karena adanya kebutuhan akan sarana dan prasana yang memadai dalam upaya mendukung kegiatan masyarakat. Dewasa ini, seperti yang diketahui bahwa pertumbuhan penduduk di Indonesia semakin meningkat, maka kegiatan masyarakat juga meningkat. Sarana dan prasana yang dibutuhkan salah satunya berupa bangunan tempat masyarakat melakukan aktivitasnya.

Bangunan yang ada di Indonesia salah satunya merupakan bangunan sipil yang pertumbuhannya mengalami peningkatan sesuai dengan kebutuhan masyarakat Indonesia. Sementara peningkatan kebutuhan tersebut tidak diimbangi dengan ketersediaan lahan untuk membangun bangunan sipil tersebut. Kehidupan modern memungkinkan bangunan sipil tidak dibangun secara horizontal melainkan harus dibangun secara vertikal atau bertingkat. Untuk bangunan yang dibangun secara vertikal, desain bangunan yang sesuai dengan persyaratan tertentu sehingga mulai dari segi keamanan, kenyamanan, bahkan performa/kinerja kekuatan bangunan itu memadai.

Tingkat keamanan pada bangunan sangat diperlukan terutama di beberapa daerah di Indonesia dikarenakan terdapat beban gempa yang berbeda-beda. Oleh karena itu, beban yang ditanggung oleh bangunan pada wilayah gempa tinggi juga diperhitungkan. Tingkat keamanan yang dimaksud adalah pada bagian struktur bangunan itu, bagian struktur adalah nyawa bangunan itu sendiri sehingga jika terjadi kerusakan pada bagian tersebut maka tingkat keamanan bangunan tersebut dikatakan tidak memadai sehingga bangunan bisa hancur atau runtuh.

Elemen struktur adalah bagian struktur dari bangunan tersebut harus memenuhi syarat-syarat tertentu yang telah ditetapkan pada Standard Nasional

Indonesia (SNI). Bangunan yang memiliki lantai lebih dari 1 lantai harus dibangun dengan analisis perhitungan yang baik. Bangunan bertingkat memiliki bagian-bagian seperti pondasi, *sloof*, kolom, balok, dan pelat serta tangga sebagai akses kegiatan antar lantainya. Bagian-bagian tersebut merupakan bagian struktur bangunan yang sangat krusial.

Struktur adalah sesuatu yang berhubungan erat dengan konstruksi dan sistem pembebanan yang bekerja pada bangunan sehingga suatu bangunan dapat berdiri kokoh tanpa adanya kerusakan yang berarti akibat beban-beban tersebut (Firmansyah, 2011). Sehingga perhitungan struktur harus diperhatikan dengan baik. Salah satu bagian struktur adalah pelat. Pelat menjadi bagian struktur atas yang penting karena fungsi pelat adalah mendistribusikan beban-beban yang bekerja di atasnya ke balok lalu disalurkan ke kolom.

Pada penelitian ini dilakukan perencanaan ulang atau *redesign* pelat lantai pada Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AD di daerah Sleman, Yogyakarta. Pelat lantai pada bangunan ini didesain ulang karena ingin mengurangi biaya konstruksi bangunan dan membandingkannya dengan biaya sebelum dilakukan *re-design*. Perencanaan ulang pelat ini dilakukan dengan perhitungan metode perencanaan langsung (*direct design method*). Metode ini adalah metode yang biasa digunakan dalam perencanaan pelat yang mengacu pada peraturan ACI 318-14 yang memberikan prosedur untuk menentukan koefisien momen.

Sistem *flat slab* merupakan sistem pelat lantai dua arah (*two-way system slab*) yang memiliki keistimewaan yaitu tidak menggunakan balok sebagai penahan beban tetapi pelat itu sendiri yang dapat menahan beban di atasnya. Sehingga biaya bangunan dapat ditekan dan lebih ekonomis. *Flat slab* sangat sesuai untuk beban berat dan bentang panjang.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dihadapi dalam Perencanaan Ulang Proyek Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AU Sleman menggunakan sistem *flat slab* adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil penulangan pelat pada *redesign* rumah susun bangunan pekerja keluarga TNI – AD dengan metode perencanaan langsung (*Direct Design Method*)
2. Bagaimana perbandingan rincian biaya pelat yang dibutuhkan setelah dilakukan *re-design* dengan sistem *flat slab* tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan desain tulangan yang digunakan pada bangunan Rumah Susun Pekerja Keluarga (Rusun) TNI-AU Sleman, D.I Yogyakarta menggunakan Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*) dengan sistem *flat slab*.
2. Mengetahui perbandingan rincian anggaran biaya pelat setelah dilakukan *re-design* dengan sistem *flat slab*.

1.4. Batasan Masalah

Sebagai batasan ruang lingkup dalam perencanaan ulang pada penelitian ini adalah

1. Obyek perencanaan ulang Proyek Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AU Sleman Menggunakan *Flat Slab* dengan data sebagai berikut :
 - a. Nama Gedung : Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI
 - b. Lokasi : TNI-AD Tegal Tirto Kabupaten Sleman
 - c. Luas Tanah : 1.000 m²
 - d. Luas Bangunan : 729,39 m²
 - e. Jumlah Lantai : 3 lantai
 - f. Mutu Beton ($f'c$) : 29,05 MPa
 - g. Mutu Baja Tulangan (f_y) : $f_y = 240$ MPa (BJTP-24) untuk $\varnothing \leq 10$ mm,
 $f_y = 390$ MPa (BJTD-40) untuk $\varnothing > 10$ mm.
 - h. Jenis Pondasi : Tiang Pancang
 - i. Struktur Atas : Atap, Kolom, Balok, Pelat, dan Tangga
 - j. Struktur Atap : Baja Ringan

2. Segi arsitektural dan manajemen konstruksi tidak ditinjau.
3. Pondasi tidak direncanakan.
4. *Shear wall* tidak diperhitungkan .
5. Analisis struktur menggunakan program ETABS *vr.9.6.0*
6. Acuan atau peraturan yang digunakan.
 - a. SNI – 03 – 2847 – 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
 - b. SNI 03 – 1726 – 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung
 - c. SKBI – 1.3.53.1987 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung.
 - d. *Structural Concrete (Theory and Design) 4th edition* tentang Dasar Perencanaan *Flat Slab* karya M. Nadim Hassoun dari *South Dakota State University* dan Akthem Al-Manaseer dari *San Jose State University*.
7. Analisis dan desain pelat dilakukan dengan metode perencanaan langsung (*direct design method*)
8. Detail pelaksanaan tidak diperhitungkan.
9. Analisis RAB tidak memperhitungkan aspek waktu dan jumlah pekerjaan/pelaksanaan

1.5. Manfaat

Manfaat yang didapat dari penyusunan penelitian ini adalah

1. Menambah khasanah pengetahuan dalam pengembangan ilmu ke-teknik sipil-an mengenai perencanaan pelat lantai bangunan.
2. Dapat dijadikan perbandingan penggunaan pelat lantai *precast* dengan tipe *flat slab*.
3. Dapat dijadikan aplikasi alternatif desain pelat pada bangunan-bangunan serupa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pelat

Pelat adalah elemen horisontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkannya kerangka vertikal dari sistem struktur (Sudarmoko, 1996). Pelat merupakan struktur bidang (permukaan) yang tebalnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi lain. Aksi struktural dua dimensi pada pelat menghasilkan struktur yang lebih ringan, dan karenanya memberikan banyak keuntungan (Szilard, 1974). Pelat dibagi menjadi 2 sistem arah, masing-masing arah memiliki tingkat fleksibilitas yang berbeda-beda.

2.1.1. Sistem Pelat Satu Arah (*One-Way Slab*)

Suatu pelat persegi didukung di keempat sisinya, tetapi sisi yang lebih panjang memiliki panjang dua kali lipat atau lebih daripada sisi pelat yang pendek, pelat tersebut akan bekerja sebagai pelat satu arah. Apabila perbandingan sisi panjang dengan sisi pendek lebih besar dari 2 pada pelat yang ditumpu pada empat sisi, maka pelat ini dapat dianggap pelat satu arah.

$$\frac{l_{panjang}}{l_{pendek}} > 2 \quad (2.1)$$

Sistem pelat satu arah bisa terjadi pada pelat tunggal maupun pelat menerus, asalkan persyaratan perbandingan panjang bentang kedua sisi pelat terpenuhi.

2.1.2. Sistem Pelat Dua Arah (*Two-Way Slab*)

Sistem pelat dua arah (*two way slab*) banyak digunakan perencana sebagai pelat pada bangunan beton bertulang. Persyaratan jenis pelat lantai dua arah jika perbandingan dari bentang panjang terhadap bentang pendek kurang daripada 2.

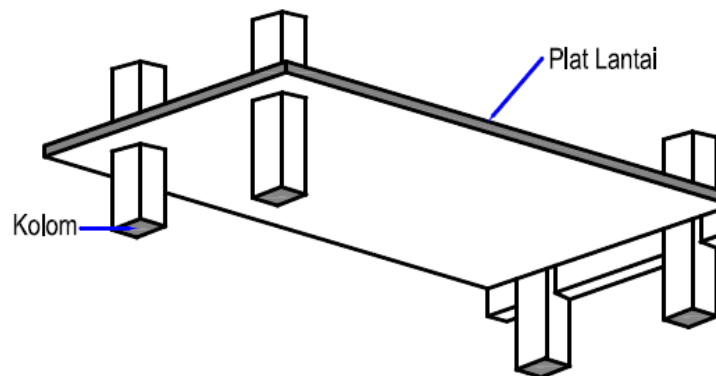
$$\frac{l_{panjang}}{l_{pendek}} \leq 2 \quad (2.2)$$

Beban pelat lantai disalurkan ke empat sisi pelat atau ke empat balok pendukung, akibatnya tulangan utama pelat diperlukan pada kedua sisi pelat

sehingga lendutan yang terjadi pada pelat mempunyai kelengkungan ganda. Pelat dua arah dibagi menjadi beberapa jenis yaitu sebagai berikut ini.

1. Pelat Datar (*Flat Plate System*)

Pelat jenis ini merupakan pelat dengan dukungan balok yang bersifat optional sehingga jika tidak digunakan balok tepi maka dukungan langsung ditumpukan pada kolom (Gambar 2.1). Pelat ini biasanya mempunyai ketahanan menahan beban pada bentang 4,0 – 6,0 meter dengan tebal pelat sekitar 125 – 250 mm. Kapasitas pemikul bebannya dibatasi oleh kuat geser dan kapasitas momen pada kolom pendukung.

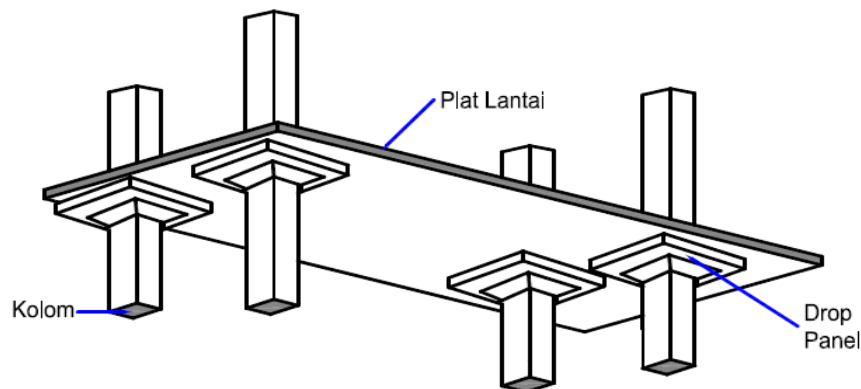


Gambar 2.1 Flat Plate (Pelat Datar)

(Sumber : Jack C. McCormac, 2001)

2. Pelat Cendawan (*Flat Slab System*)

Pelat cendawan ini berbeda dengan pelat datar meskipun jika dilihat persamaan antara kedua jenis pelat ini tidak adanya balok-balok sepanjang garis kolom, tetapi pelat cendawan mempunyai kekuatan geser yang cukup dengan adanya *drop panel* atau penebalan pelat di dalam daerah kolom; atau kepala kolom (*column capital*). *Drop panel* atau kepala kolom (*column capital*) yaitu pelebaran pada ujung kolom atas (Gambar 2.2). Sistem ini dapat digunakan untuk beban yang lebih tinggi dan bentang yang lebih panjang. Ketebalan pelat dapat berkisar 125 – 300 mm dengan bentang 4,0 - 9,0 meter . (McCormac, 2001)



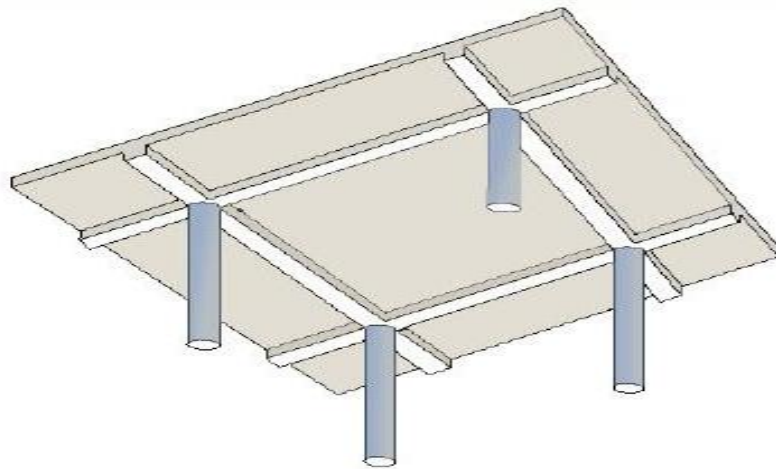
Gambar 2.2 Flat Slab (Pelat Cendawan)

(Sumber : Jack C. McCormac, 2001)

Flat slab biasanya digunakan untuk beban berat dan bentang panjang, meskipun bekisting lebih mahal dibandingkan dengan *flat plate*. *Flat slab* akan memerlukan beton dan tulangan yang lebih sedikit dibandingkan *flat plate* untuk beban dan bentang yang sama. (McCormac, 2001)

3. Pelat Konvensional (Pelat Dua Arah Dengan Balok)

Pelat lantai jenis ini merupakan pelat lantai yang biasa digunakan pada bangunan bertingkat dan juga untuk struktur portal bertingkat rendah maupun tinggi. Beban yang bekerja pada pelat ini disalurkan secara dua arah pada bentangnya (Gambar 2.3). Sistem lantai seperti ini digunakan karena lebih murah dan ekonomis dibandingkan dengan *flat plate* atau *flat slab*.



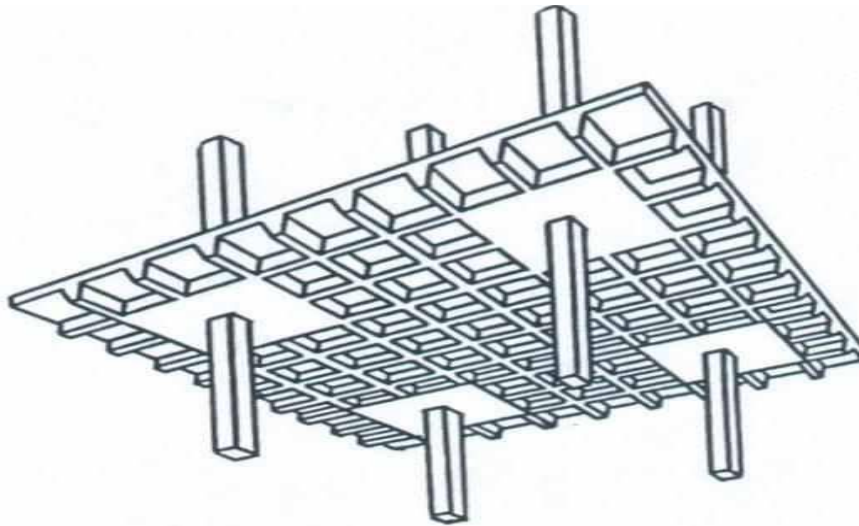
Gambar 2.3 Pelat Konvensional (Pelat Dua Arah Dengan Balok)

(Sumber: Chen & M. Lui, 2005)

4. Pelat Rib (*Ribbed Slab System*)

Sistem ini merupakan salah satu sistem *slab-beam* yang istimewa, karena pelat merupakan pelat yang tipis (50 – 100 mm), dan balok yang disebut *ribs*, sangat langsing dan memiliki jarak yang dekat (kurang dari 1,5 meter). Balok ribs memiliki ketebalan kurang lebih 65 mm, dan tinggi tiga atau empat kali ketebalannya. Sistem ini juga dapat didesain dengan *one-way* atau *two-way pattern*, dan biasanya merupakan proses *cast-in-situ* walaupun masih memungkinkan jika menggunakan *precast*.

Two-way ribbed slab biasanya dikenal dengan *waffle slab*. Sepanjang sisi terluar, sistem ini biasanya didukung dengan balok atau dinding pengaku. *Waffle slabs* menggunakan *solid head* sebagai penahan gaya geser didekat kolom. *Solid head* dibuat menyatu dengan *slab* yang mempunyai *ribs* atau balok rusuk. *Slab* dibuat dengan menyusun *fiberglass* persegi atau cetakan logam dengan diberi jarak di antaranya. Ketika beton dicor di dalam dan diantara cetakan akan terbentuk *waffle* (lih. Gambar 2.4). Jarak antar cetakan akan membentuk web balok. Web ini agak tinggi dan memberikan lengan momen besar untuk tulangan.



Gambar 2.4 Pelat Waffle (Waffle Slab)

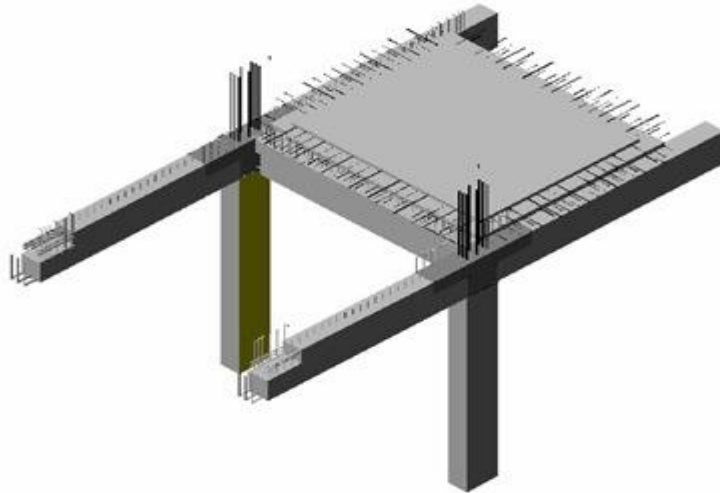
(Sumber : Jack C. McCormac, 2001)

Dengan *waffle slab*, berat beton akan tereduksi tanpa banyak merubah tahanan momen dari sistem pelat lantai. Seperti halnya dalam *flat plate*, geser dapat menjadi masalah dekat kolom. Oleh karena itu lantai *waffle* biasanya dibuat solid di dekat kolom untuk meningkatkan tahanan geser.

5. Pelat *Precast*

Pelat *precast* adalah salah satu jenis pelat yang dewasa ini banyak digunakan karena dapat menghemat waktu pelaksanaan proyek. Pelat *precast* adalah pelat yang dicetak pada satu tempat tertentu baik yang berada di lingkungan proyek maupun jauh dari proyek. Proses pelat *precast* dilakukan di pabrik dengan melalui produksi massal secara berulang dengan bentuk dan ukuran sesuai dengan pemesanan (lih. Gambar 5.2).

Pelat ini termasuk pelat dengan biaya produksi yang cukup mahal karena cetakan yang digunakan untuk mencetak pelat terbuat dari baja. Proses pemasangan pelat *precast* terdiri dari pemasangan pelat lantai *precast*, pemasangan tulangan konektor, dan pengecoran pada celah pelat lantai *precast*. Pemasangan tulangan konektor pada pelat lantai *precast* berfungsi sebagai pengikat antar pelat lantai agar tidak terjadi geser.



Gambar 2.5 Pelat *Precast*

(Sumber : Najoran, Tjakra, & Prataasis, 2016)

2.2. Metode Perencanaan Struktur Pelat

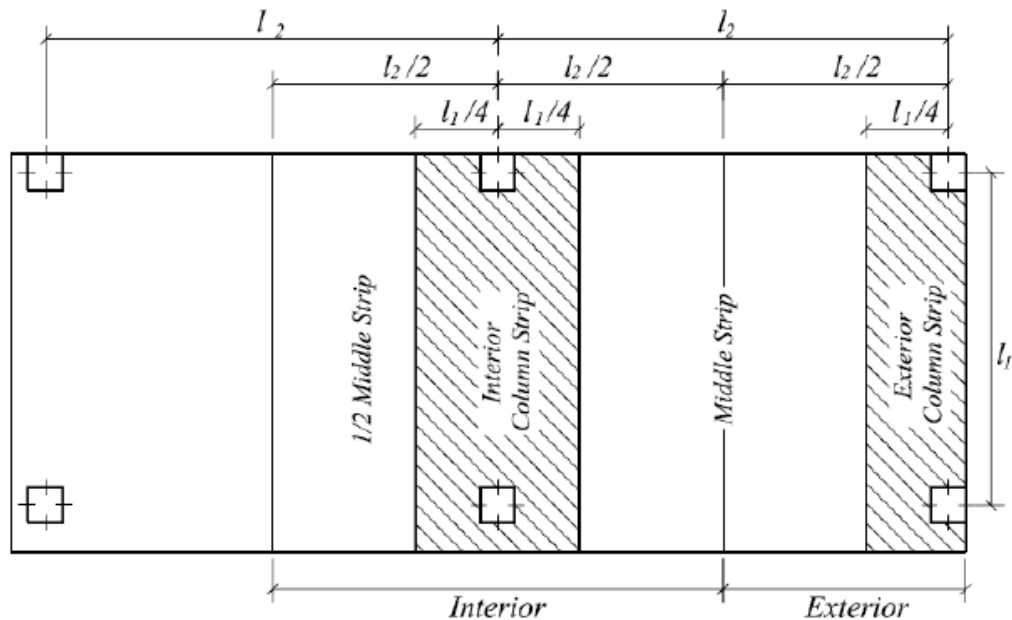
Metode perencanaan yang dimaksudkan adalah untuk perencanaan struktur pelat dua arah. Dalam merencanakan struktur pelat dua arah perlu diperhatikan metode perencanaan yang akan digunakan. Dalam peraturan SNI 03 – 2847 – 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung yang mengacu pada peraturan ACI (318-14). Peraturan tersebut menjelaskan dengan detail dua metode untuk merencanakan pelat dua-arah terhadap beban gravitasi. Metode perencanaan tersebut adalah metode perencanaan langsung (*direct design method*) dan Metode Portal Ekuivalen (*Equivalent Portal Method*)

2.2.1. Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*)

Metode perencanaan langsung terdiri dari sekumpulan aturan untuk mendistribusikan momen ke penampang pelat dan balok untuk memenuhi persyaratan keamanan dan secara bersamaan sebagian besar persyaratan kemampuan layan. Metode ini memberikan prosedur untuk menentukan koefisien momen. Metode ini merupakan rangkuman dari pendekatan ACI (13.6) untuk mengevaluasi dan mendistribusi momen total pada *slab* dua arah. Penentuan momen yang akan didistribusikan adalah hal yang paling utama dalam metode ini. Metode ini melibatkan analisis distribusi momen siklus tunggal dari struktur

berdasarkan pada perkiraan kekakuan lentur pelat, balok (jika ada), dan kolom serta pada kekakuan torsi, pelat, dan balok (jika ada) transversal terhadap arah momen lentur yang akan ditentukan.

Momen distribusi rencana pada setiap panel dibagi dalam lajur kolom dan lajur tengah, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.5. Menurut SNI 03 – 2847 – 2013 (13.2.1) lajur kolom (*column strip*) adalah suatu lajur desain dengan lebar pada masing-masing sisi garis pusat kolom sama dengan $\frac{1}{4}$ dimensi panel terkecil l_1 dan l_2 (lajur kolom termasuk balok jika ada), sedangkan lajur tengah (*middle strip*) adalah bagian pelat di antara dua Lajur kolom.



Gambar 2.6 Lajur Kolom dan Lajur Tengah Bangunan

(Sumber : Jack C. McCormac, 2001)

Metode ini juga memiliki batasan-batasan yang harus dipenuhi sesuai dengan Peraturan SNI 03 – 2847 – 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung yang mengacu pada peraturan ACI (13.6.1), kecuali jika analisis teoritis menunjukkan bahwa kekuatan pelat memadai setelah penerapan faktor yang sesuai reduksi kapasitas ϕ , atau cukup untuk memikul beban pendahuluan dan menjamin bahwa seluruh kondisi pelayanan seperti batas defleksi terpenuhi, adapun batasan-batasan yang dimaksud adalah sebagai berikut.

1. Paling sedikit ada 3 bentang menerus dalam setiap arah
2. Panel harus persegi, dengan rasio antara bentang yang lebih panjang terhadap yang lebih pendek pusat ke pusat tumpuan dalam panel tidak lebih besar dari 2.
3. Panjang bentang yang berturutan pusat ke pusat tumpuan dalam masing-masing arah tidak boleh berbeda dengan lebih dari sepertiga bentang yang lebih panjang.
4. Pergeseran (*offset*) kolom dengan maksimum sebesar 10% dari bentang (dalam arah pergeseran) baik dari sumbu antara garis-garis pusat kolom yang berturutan diizinkan.
5. Semua beban harus akibat gravitasi saja dan didistribusikan merata pada panel keseluruhan. Beban hidup terfaktor tidak boleh melebihi dua kali beban mati tak terfaktor.
6. Untuk panel dengan balok di antara tumpuan pada semua sisinya, Pers 2.3 harus dipenuhi untuk balok dalam dua arah tegak lurus

$$0,2 \leq \frac{\alpha_{f1} \cdot l_2^2}{\alpha_{f2} \cdot l_1^2} \leq 5,0 \quad (2.3)$$

Dimana α_{f1} dan α_{f2} dihitung sesuai dengan Pers 2.4

$$\alpha_{f1} = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} \quad (2.4)$$

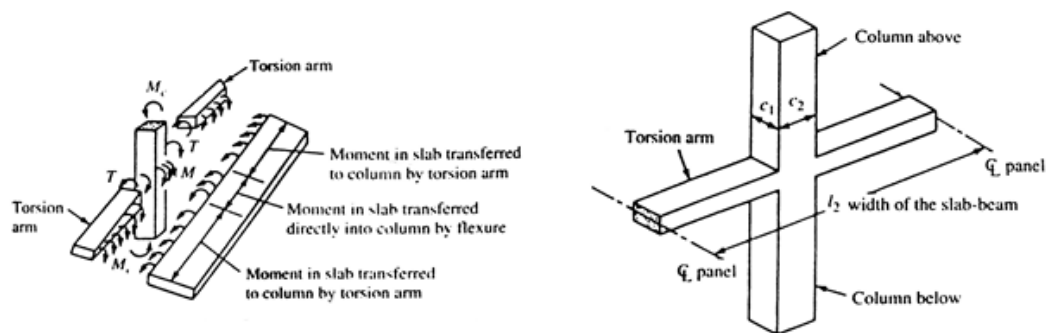
7. Redistribusi momen seperti yang diizinkan oleh aturan redistribusi momen pada komponen struktur lentur menerus tidak berlaku untuk sistem *slab* yang dengan metode desain langsung.
8. Variasi dari batasan pada ketentuan No. 1 diizinkan bila ditunjukkan dengan analisis bahwa persyaratan dari kekuatan desain disetiap penampang paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang ditetapkan.

2.2.2. Metode Portal Ekuivalen (*Equivalent Portal Method*)

Perbedaan besar antara metode perencanaan langsung dengan metode portal ekuivalen terletak pada penentuan momen longitudinal pada bentang portal kaku ekuivalen. Pada metode perencanaan langsung perhitungan melibatkan satu siklus distribusi momen sementara metode portal ekuivalen melibatkan beberapa siklus

distribusi momen normal. Momen desain yang diperoleh dari kedua metode tersebut didistribusikan ke kolom dan tengah dengan cara yang sama.

Metode perencanaan langsung terdapat batasan yaitu kolom tidak boleh diletakkan menyimpang lebih jauh dari 10% panjang bentang terhadap garis pusat jajaran kolom, baik dari arah longitudinal maupun transversal, tetapi pada metode portal ekuivalen batasan seperti ini tidak berlaku. Metode portal ekuivalen hanya melibatkan analisis elastis dari portal struktur yang terdiri dari sebaris kolom ekuivalen dan elemen-elemen pelat horizontal.



Gambar 2.7 Transfer Momen Antara Pelat, Balok, dan Kolom

(Sumber : Jack C. McCormac, 2001)

Portal ekuivalen terdiri dari pelat horizontal, semua balok yang membentang searah dengan portal yang ditinjau, kolom atau batang-batang penopang vertikal lainnya diatas dan dibawah pelat, kemudian bagian-bagian struktur lain yang menyediakan penyaluran momen antara batang horizontal dan vertikal (lih. Gambar 2.6).

2.3. Penelitian Terdahulu

Perencanaan ulang bangunan dengan *flat slab* ini telah cukup banyak dilakukan baik di dalam negeri maupun diluar negeri. *Flat slab* ini merupakan sistem sering digunakan dalam perencanaan di Indonesia. Beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan referensi adalah sebagai berikut.

1. Modifikasi Perencanaan Gedung Perkantoran The Bellezza Office Jakarta Selatan Menggunakan *Flat Slab*

Penelitian yang ditulis oleh Silvanus (2015) menyatakan bahwa dalam suatu perencanaan gedung terdapat kecenderungan untuk melakukan penghematan-penghematan. Salah satu alternatifnya adalah dengan membuat struktur *flat slab*.

Flat Slab dicirikan dengan tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam, namun balok tepi luar boleh jadi ada atau tidak ada, disesuaikan dengan kebutuhan. Di dalam perencanaan gedung dengan menggunakan sistem ganda, rangka kolom dan dinding geser didesain harus mampu menahan gaya geser dasar sesuai dengan proporsi kekakuan diantara keduanya. Pendistribusiannya adalah kolom menahan gaya geser dasar minimal sebesar 25% sedangkan sisanya ditahan oleh dinding geser.

Hasil perhitungan menunjukkan dimensi beberapa bagian struktur seperti tebal lantai, *drop panel*, balok tepi, kolom, dan *shear wall* yang memenuhi syarat sesuai dengan SNI 03 – 1726 – 2002. Presentase *shear wall* dalam menahan beban gempa adalah 61,09% untuk arah X dan 72,83% untuk arah Y dan kedua hasil tersebut memenuhi syarat SNI 03 – 1726 – 2002. Hasil penulangan lentur pada pelat digunakan tulangan D-22, dan untuk balok tepi dan kolom digunakan tulangan D-25 untuk tulangan lentur, dan D-12 untuk tulangan geser. Sementara untuk *shear wall* digunakan D-12.

2. Analisa Struktur Pelat Dua Arah Tanpa Balok (*Flat Slab*)

Penelitian yang dilakukan oleh Jaka Pramana Kaban (2010) adalah perhitungan sederhana mengenai gaya dalam yang terjadi pada *flat slab*. Perhitungan ini ditujukan untuk menemukan besaran gaya dalam yang terjadi pada setiap panel di dalam *flat slab*. Pembahasan dalam tugas akhir ini antara lain perhitungan lendutan dan momen lentur. Penelitian ini menggunakan *software* untuk beberapa perhitungan seperti *Microsoft Excell* dan untuk penggambaran menggunakan program AutoCAD.

Hasil perhitungan menunjukkan beberapa kesimpulan yaitu, lendutan *flat slab* sedikit lebih besar daripada lendutan *flat beam* pada pembebanan yang sama, maka apabila beban dinaikkan maka *flat slab* akan lebih dahulu runtuh daripada *flat beam*. Lendutan yang terjadi pada *flat slab* 1,4 kali lebih besar daripada lendutan *flat beam*. Sedangkan lendutan *flat slab* persegi panjang 8 kali lebih besar daripada lendutan *flat slab* bujur sangkar.

3. Modifikasi Perencanaan Lantai Gedung Pasar Sakti Kota Tebing Tinggi Menggunakan *Flat Slab* dan *Drop Panel*.

Penelitian ini ditulis oleh Pardamean Sitinjak (2015). Penelitian ini menggunakan jenis *flat slab* yang dicirikan tidak adanya balok sepanjang garis kolom dalam, dan bebannya dipindahkan ke kolom oleh ketebalan pelat dekat kolom dan mempunyai kekuatan geser yang cukup atau dengan melakukan pertebalan pelat disekeliling daerah kolom atau *drop panel*. Penelitian ini membahas tentang

- (a) Perhitungan rencana lendutan *flat slab* dan pelat dengan balok persegi panjang, menghitung momen – momen lentur akibat beban gravitasi pada pelat dengan balok dan *flat slab* dengan *drop panel*
- (b) Perhitungan pembagian momen negatif dan momen positif dilakukan pada Lajur kolom dan Lajur tengah, perbandingan momen negatif dan momen positif pada pelat lantai dua arah dengan balok dan *flat slab* dengan *drop panel*
- (c) Merencanakan tulangan pada pelat dengan tulangan balok dan juga merencanakan tulangan pada *flat slab*
- (d) Membahas perencanaan geser dua arah pengaruh keliling geser kritis pelat pada sambungan pelat dan kolom serta sambungan drop panel.

Hasil penelitian ini didapatkan hasil lendutan *flat slab* lebih besar 3 (tiga) kali lebih besar dari lendutan pelat dengan balok pada pelat dua arah, dan momen – momen lentur pada *flat slab* sedikit lebih besar dari pelat dengan balok pada pelat persegi panjang dua arah dengan pembebanan yang sama. Berat tulangan pelat dua arah 7508,8 kg/lantai menggunakan tulangan D13 mm dan 3123,73 kg/lantai tulangan D16 mm sedangkan tulangan sengkang pada balok tepi menggunakan \varnothing 10 mm sebanyak 2685,84 kg/lantai dengan volume total sebanyak 241,68 m³/lantai. Ketebalan *flat slab* 20 cm dan tulangan D16 mm sebanyak 36504,32 kg/lantai. Dimensi pertebalan pelat (*drop panel*) ukuran 3 x 3 m, ketebalan *drop panel* 25 cm, tulangan pada *flat slab* menghasilkan tulangan D16 mm.

2.4. Keaslian Penelitian

Penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, walaupun pembahasan memiliki kesamaan yaitu tentang pelat beton bertulang, namun ada perbedaan pada masing-masing penelitian sebagaimana akan dijelaskan pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Saat Ini Dengan Penelitian Sebelumnya

Peneliti	Silvanus	Jaka Permana Kaban	Pardamean Sitinjak	Tifany Eka Siswati
Tahun	2015	2010	2015	2016
Judul Penelitian	Modifikasi Perencanaan Gedung Perkantoran The Bellezza Office Jakarta Selatan Menggunakan <i>Flat Slab</i>	Analisa Struktur Pelat Dua Arah Tanpa Balok <i>(Flat Slab)</i>	Pasar Sakti Kota Tebing Tinggi Menggunakan <i>Flat Slab</i> dan <i>Drop Panel.</i>	Perencanaan Ulang Proyek Rumah Susun Keluarga Pekerja TNI- AU Sleman Menggunakan <i>Flat Slab</i>
Objek yang Diteliti	Pelat Beton Bertulang	Pelat Beton Bertulang	Pelat Beton Bertulang	Pelat Beton Bertulang
Metode yang Digunakan	<ul style="list-style-type: none"> • Metode Perencanaan Langsung • Sistem Ganda Pada Perhitungan Gempa 	<ul style="list-style-type: none"> • Metode Perencanaan Langsung 	<ul style="list-style-type: none"> • Metode Perencanaan Langsung 	<ul style="list-style-type: none"> • Metode Perencanaan Langsung
Obyek Perencanaan	<ul style="list-style-type: none"> • Perkantoran The Belleza Office Jakarta Selatan 	<ul style="list-style-type: none"> • Design Manual 	<ul style="list-style-type: none"> • Gedung Pasar Sakti Kota Tebing Tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Rumah Susun Keluarga Pekerja

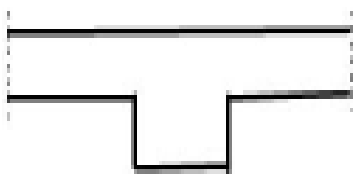
BAB III

LANDASAN TEORI

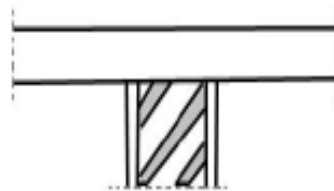
3.1. Pelat Lantai

Pelat adalah elemen struktur yang berperan dalam menyalurkan beban bangunan ke bagian struktur lain yaitu balok yang akan diteruskan ke kolom. Pada penelitian ini, pelat yang digunakan merupakan pelat beton bertulang. Pelat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang tersebut. Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan, maupun lantai pada dermaga. Pelat beton bertulang ini bersifat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma atau unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. (Asroni, 2010).

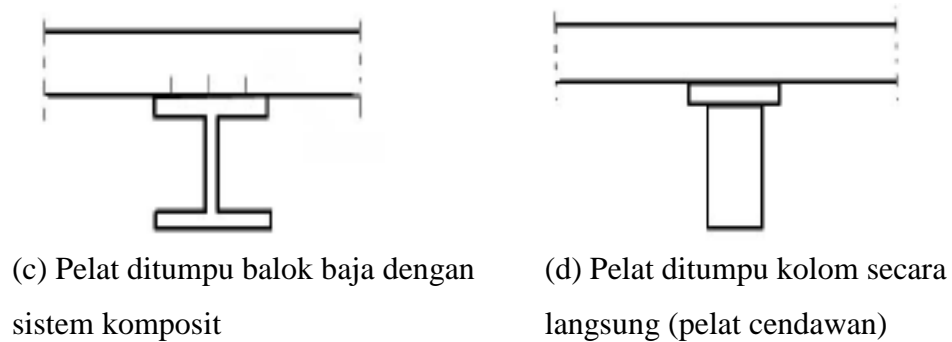
Untuk bangunan gedung, umumnya pelat tersebut ditumpu oleh balok-balok secara monolit, yaitu pelat dan balok dicor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan (Gambar 3.1.a), atau ditumpu oleh dinding-dinding bangunan (Gambar 3.1.b). Kemungkinan lainnya, yaitu pelat didukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit (Gambar 3.1.c), atau didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, yang dikenal dengan pelat cendawan (Gambar 3.1.d).



(a) Pelat ditumpu balok (monolit)



(b) Pelat ditumpu dinding/tembok.



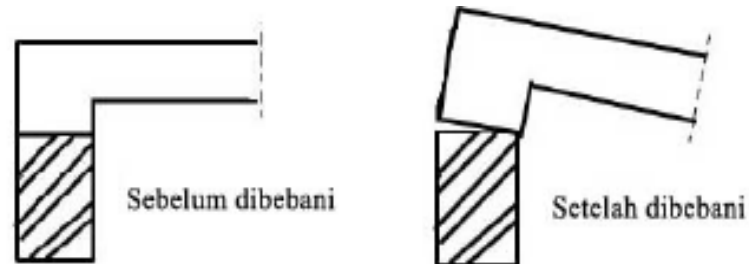
Gambar 3.1 Tumpuan Pada Pelat

(Sumber : Asroni, 2010)

Kekakuan hubungan antara pelat dan konstruksinya (balok) menjadi salah satu bagian dari perencanaan pelat. Ada 3 jenis perletakan pada balok dengan penjelasan berikut ini.

1. Terletak Bebas

Keadaan ini terjadi jika pelat diletakkan begitu saja di atas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama, sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut (Gambar 3.2). Pelat yang ditumpu oleh tembok juga termasuk dalam kategori terletak bebas.

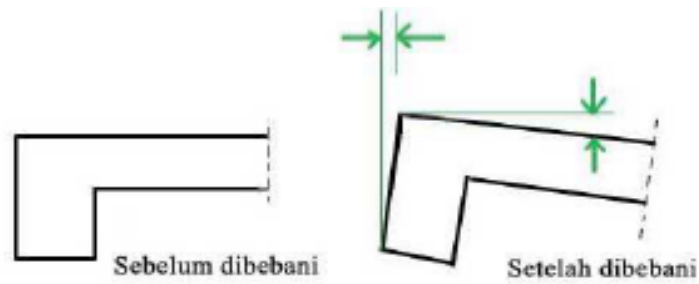


Gambar 3.2 Pelat Terletak Bebas

(Sumber : Asroni, 2010)

2. Terjepit Elastis

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil, sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi pelat (lih. Gambar 3.3).

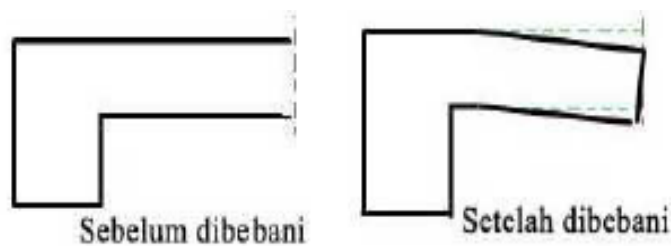


Gambar 3.3 Pelat Terjepit Elastis

(Sumber : Asroni, 2010)

3. Terjepit Penuh

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup besar, sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi pelat (Gambar 3.4)



Gambar 3.4 Pelat Terjepit Penuh

(Sumber : Asroni, 2010)

3.1.1. Sistem Pelat Lantai

Sistem perencanaan pelat lantai pada dasarnya dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Sistem perencanaan pelat dengan tulangan satu arah (*one-way slab*)

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat kantilever (disebut juga pelat luifel). Sistem pelat satu arah dilakukan apabila perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek > 2 . Analisis dan desain dari pelat satu arah, dilakukan dalam satu arah (arah sisi pendek).

2. Sistem perencanaan pelat dengan tulangan dua arah (*two-way slab*)

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Sistem pelat dua arah (*two-way slab*) dilakukan apabila perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek ≤ 2 . Analisis pelat dua arah dilakukan dalam 2 arah (arah x dan arah y). Pelat dua arah akan melentur dengan bentuk permukaan seperti mangkuk jika dibebani dalam dua arah. Oleh karena itu, pelat ini harus ditulangi dalam kedua arah dengan tulangan berlapis tegak lurus satu dengan lainnya.

Pada beberapa jenis pelat dua arah dapat diperkuat dengan menambahkan balok di antara kolom, dengan mempertebal pelat disekitar kolom (*drop panel*), atau dengan penebalan kolom di bawah pelat (*column capital*). Ada beberapa jenis pelat dua arah yang sering digunakan dalam perencanaan bangunan gedung, yaitu:

- a. Pelat datar (*flat plate*)
- b. Pelat cendawan (*flat slab*)
- c. Pelat konvensional (pelat dua arah dengan balok)
- d. Pelat waffle (*waffle slab*)
- e. Pelat *Precast*

Keempat jenis pelat dua arah di atas telah dibahas pada Bab 2. Penelitian ini membahas tentang salah satu jenis pelat dua arah di atas, yaitu pelat cendawan atau *flat slab*. Ada beberapa metode yang digunakan dalam perencanaan pelat dua arah ini seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2.

3.2. Pelat Cendawan (*Flat Slab*)

Flat slab biasa disebut dengan nama lantai cendawan ini dipatenkan oleh O.W. Norcross di Amerika Serikat pada 29 April 1902. Pada tahun 1908 pelat lantai jenis ini diakui oleh sebagai sistem lantai yang dapat digunakan (Chu-Kia Wang, 1987). Pelat jenis ini termasuk pelat beton dua arah dengan kapital, *drop panel*, atau keduanya (McCormac, 2001). Adanya *drop panel* atau kapital kolom pada pelat ini berfungsi sebagai penahan kekuatan geser yang terjadi pada kolom.

Perencanaan menggunakan pelat jenis ini dapat dilakukan dengan metode perencanaan langsung (*direct design method*) atau metode portal ekuivalen. Metode

yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode perencanaan langsung menggunakan acuan SNI 03 – 2847 – 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Batasan-batasan dalam metode perencanaan langsung ini telah dijelaskan pada bab sebelumnya.



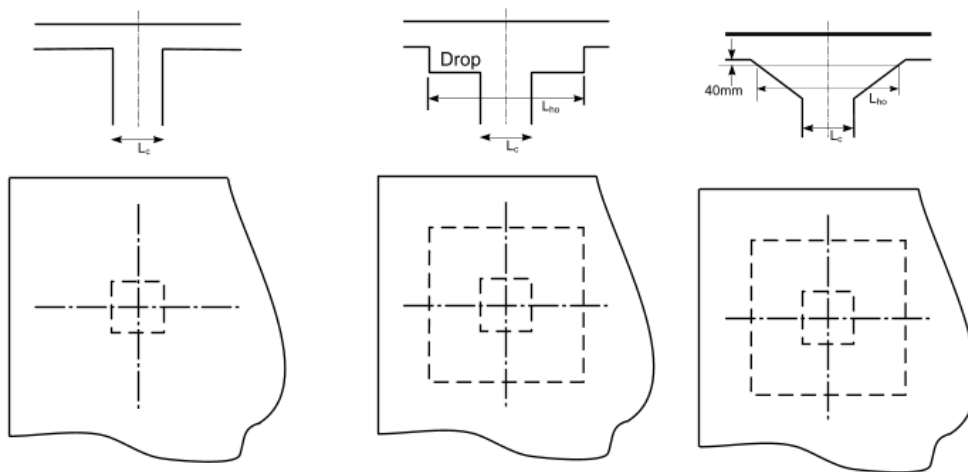
Gambar 3.5 Penerapan Flat Slab (Pelat Cendawan) Pada Bangunan.

(Sumber : <http://www.utraconindia.com>, 2004)

3.2.1. Perencanaan Pelat Cendawan (*Flat Slab*)

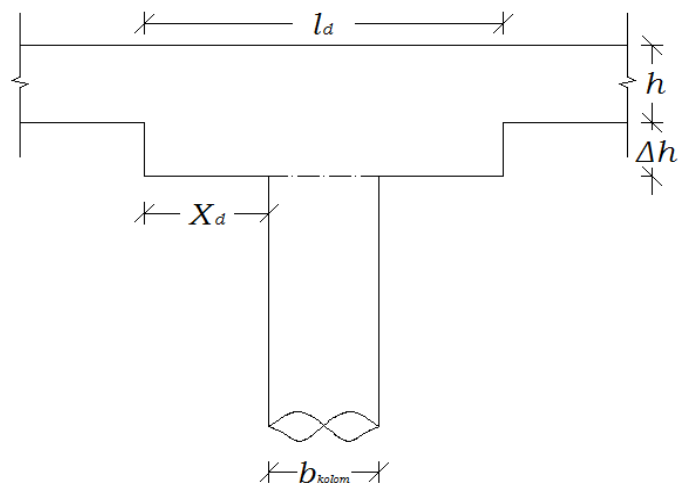
Untuk perencanaan pelat dua arah perlu memperhatikan ketentuan-ketentuan berikut :

1. Desain yang ditulangi untuk lentur dalam lebih dari satu arah dengan atau tanpa balok di antara tumpuannya.
2. Untuk sistem pelat yang ditumpu oleh panel drop (*drop panels*) atau penutup geser (*shear cap*) bila ada, dengan kerucut lingkaran tegak lurus, piramida tegak lurus, atau baji miring (*tapered wedge*) terbesar yang permukaannya berada dalam kolom dan capital (*capital*) atau brakit dan diorientasikan tidak lebih besar dari 45 derajat terhadap sumbu kolom.



Gambar 3.6 Penampang Kolom Menggunakan Panel Drop (*Drop Panel*) dan Kepala Kolom (*Column Capital*)

Perencanaan tebal *drop panel* dapat diperhitungkan berdasarkan pada persamaan dibawah ini.



Gambar 3.7 Flat Slab dengan Drop Panel

$$\frac{1}{6} \leq \frac{X_d}{l_a} \leq \frac{1}{4} \quad (3.1)$$

$$\Delta h \geq \frac{1}{4} h \quad (3.2)$$

Keterangan :

X_d = Lebar *drop panel*

h = Tinggi pelat

Δh = Tinggi *drop panel*

3. Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan Tabel 3.1 di bawah ini dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :
- Tanpa panel drop (*drop panels*).....125 mm
 - Dengan panel drop (*drop panels*).....100 mm

Tabel 3.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior*

Tegangan Leleh, f_y (MPa) ¹	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ²		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ²	
280	$ln/33$	$ln/36$	$ln/36$	$ln/36$	$ln/40$	$ln/40$
420	$ln/30$	$ln/33$	$ln/33$	$ln/33$	$ln/36$	$ln/36$
520	$ln/28$	$ln/31$	$ln/31$	$ln/31$	$ln/34$	$ln/34$

*Untuk konstruksi dua arah, ln adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.

¹Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier

²Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_1 untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

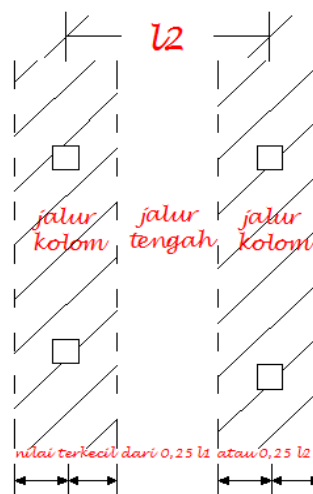
Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2013)

Drop panel digunakan dalam rangka mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada kolom atau tebal slab perlu minimum, menurut SNI 03 – 2847 - 2013 maka *drop panel* harus :

- Menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab di sebelahnya.

- b. Menerus dalam setiap arah dari garis pusat minimum dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

Setelah ditentukan momen rencana maka momen ini akan didistribusikan ke setiap panel. Panel dibagi dalam Lajur kolom dan Lajur tengah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8, dan momen positif juga negatif pada setiap Lajur dihitung. Lajur kolom adalah suatu lajur desain dengan lebar pada masing-masing sisi garis pusat kolom sama dengan $\frac{1}{4}$ dimensi panel terkecil l_1 atau l_2 . Ini sudah termasuk balok jika ada.



Gambar 3.8 Detail Lajur Kolom dan Lajur Tengah

(Sumber : McCormac, 2001)

3.2.2. Pembebanan Bangunan

Bangunan dengan struktur yang baik perlu memperhatikan beban yang akan dipikul oleh bangunan tersebut yang nantinya akan mempengaruhi beban layan struktur bangunan tersebut terutama bagian pelat. Beban terbagi atas beberapa macam sehingga beban yang digunakan pada bangunan disesuaikan dengan keadaan bangunan tersebut dibangun, seperti angin, es atau salju, dan gempa serta fungsi bangunan itu sendiri.

Termasuk juga reduksi beban hidup untuk perencanaan balok induk dan portal serta peninjauan gempa, terlebih bila reduksi tersebut membahayakan konstruksi atau unsur konstruksi yang ditinjau. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban-beban tersebut akhirnya mengakibatkan terjadinya momen lentur

pada pelat. Oleh karena itu, pelat juga direncanakan terhadap beban lentur. Untuk merencanakan pelat beton bertulang perlu dipertimbangkan jenis perletakan dan jenis penghubung di tempat tumpuan. Kekakuan hubungan antara pelat dan tumpuan akan menentukan besar momen lentur yang terjadi pada pelat.

1. Beban Mati

Menurut SKBI 1.3.53.1987 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Beban mati terdiri dari beban sendiri yaitu beban dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau, dalam menentukan beban mati suatu gedung maka harus diambil sesuai dengan Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat Jenis Bahan Bangunan
Baja	7850 kg/m ³
Batu Alam	2600 kg/m ³
Batu Belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1450 kg/m ³
Besi Tuang	7250 kg/m ³
Beton ¹	2200 kg/m ³
Beton bertulang ²	2400 kg/m ³
Kayu (Kelas I) ³	1000 kg/m ³
Kerikil, koral (Kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³

Bahan Bangunan	Berat Jenis Bahan Bangunan
Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1450 kg/m ³
Pasir (Kering udara sampai lembab)	1600 kg/m ³
Pasir (Jenuh Air)	1800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (Kering udara sampai lembab)	1850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m ³
Timah hitam (Timbal)	11400 kg/m ³
Komponen Gedung	Berat Komponen Gedung
Adukan, per cm tebal	
1. dari semen	21 kg/m ²
2. dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah	
1. satu batu	450 kg/m ²
2. setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako:	
1. Berlubang :	
a. Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
b. Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
2. Tanpa Lubang	
a. Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
b. Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit – langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	

Bahan Bangunan	Berat Jenis Bahan Bangunan
1. Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenisnya), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
2. Kaca, dengan tebal 3 – 5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit - langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit – langit (dari kayu), dengan maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS – 25) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso, dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Sumber : SKBI 1.3.53.1987 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (1987)

Keterangan:

1. Nilai ini tidak berlaku untuk pengisi
2. Untuk beton getar, beton kejut, beton mampat dan beton padat lain sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri
3. Nilai ini adalah nilai rata-rata, untuk jenis kayu tertentu lihat Pedoman Perencanaan Konstruksi Kayu.

2. Beban Hidup

Menurut SKBI 1.3.53.1987 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, definisi beban hidup semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan dapat berpindah, mesin – mesin

serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air. Beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa dan beban khusus.

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang telah ditetapkan pada Tabel 3.3.

Lantai, atap, dan permukaan sejenisnya harus dirancang untuk mendukung dengan aman beban hidup yang terdistribusi merata yang ditentukan sebelumnya atau beban terpusat. Beban hidup yang digunakan adalah $2,453 \text{ KN/m}^2$ untuk bangunan gedung yang berfungsi sebagai gedung perkuliahan.

Tabel 3.3 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

Beban Hidup	Berat	
	a. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m ²
b. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m ²	1,226 KN/m ²
c. Lantai sekolah ruang, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m²	2,453 KN/m²
d. Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²	3,924 KN/m ²
e. Lantai ruang dansa	500 kg/m ²	4,905 KN/m ²
f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain daripada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m ²	3,924 KN/m ²

Beban Hidup	Berat	
g. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m ²	4,905 KN/m ²
h. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300 kg/m ²	2,943 KN/m ²
i. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500 kg/m ²	4,905 KN/m ²
j. Lantai ruang pelengkap ari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250 kg/m ²	2,453 KN/m ²
k. Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 kg/m ²	3,924 KN/m ²
l. Lantai gedung parkir bertingkat <ul style="list-style-type: none"> • Untuk lantai bawah • Untuk lantai tingkat lainnya 	800 kg/m ²	7,848 KN/m ²
	400 kg/m ²	3,924 KN/m ²
m. Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 kg/m ²	2,943 KN/m ²

Sumber : SKBI 1.3.53.1987 tentang Pedoman Perencanaan dan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, (1987)

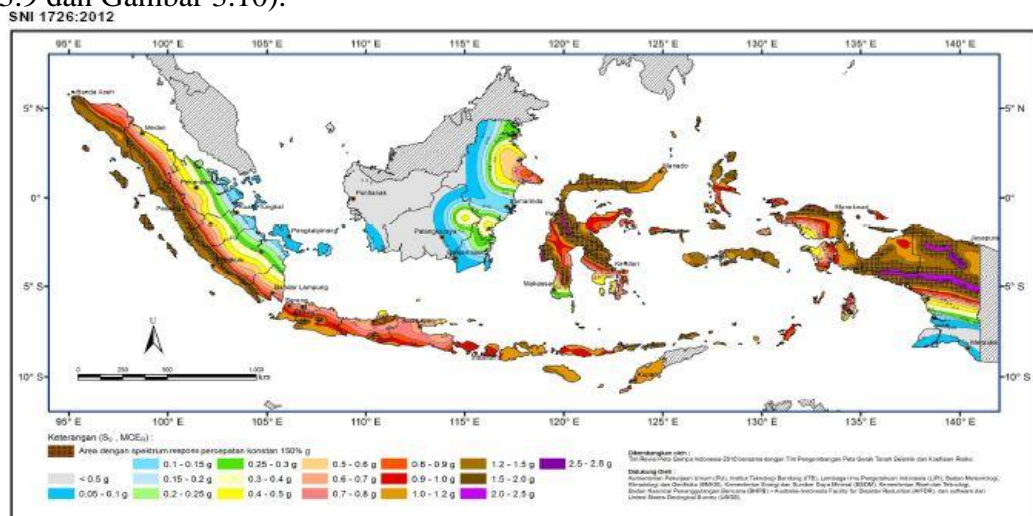
3. Beban Gempa

Menurut SKBI 1.3.53.1987 tentang Pedoman Perencanaan dan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Beban ini diakibatkan adanya gempa tektonik (lempeng bumi) maupun gempa vulkanik (pergerakan lava bumi yang dari kubah lava) atau ledakan (*blasting*) yang terjadi di wilayah daerah bangunan struktural dibangun. Setiap daerah di Indonesia telah dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan spektrum gempa daerah masing-masing. Selain itu jenis tanah juga

mempengaruhi jenis daktilitas tanah. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan pembebanan gempa adalah sebagai berikut.

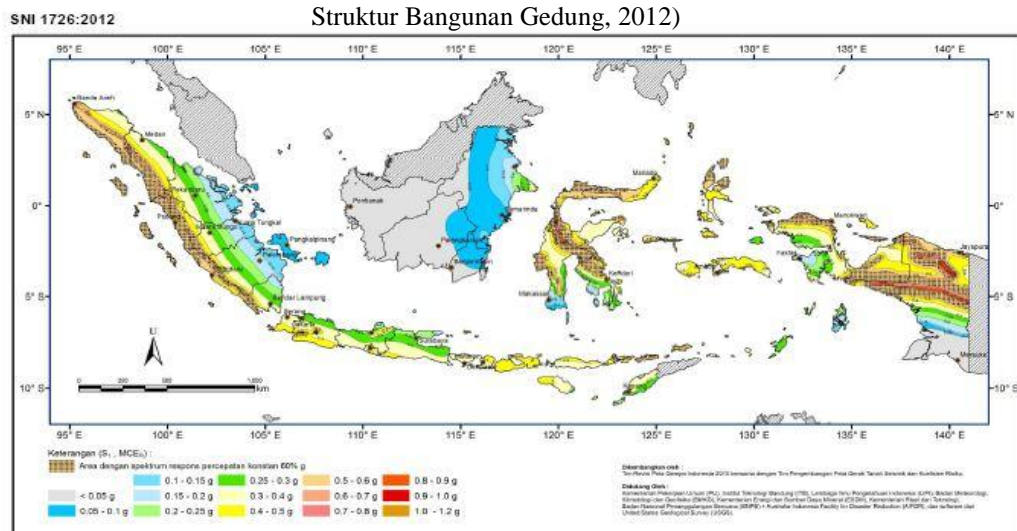
a. Menentukan Parameter Percepatan Batuan Dasar

Untuk menentukan parameter percepatan batuan dasar yaitu S_s (pada periode pendek) dan S_1 (pada periode 1 detik). Nilai S_s jika didesain dengan menggunakan peta beban gempa Indonesia yang diambil dari SNI 03 – 1726 – 2012 (lih. Gambar 3.9 dan Gambar 3.10).



Gambar 3.9 Peta spektrum respons percepatan periode 0.2 detik (S_s)

(Sumber : SNI 03 – 1726 – 2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, 2012)



Gambar 3.10 Peta spektrum respons percepatan periode 1.0 detik (S_1)

(Sumber : SNI 03 – 1726 – 2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, 2012)

b. Menentukan Koefisien Situs (*Site Coefficient*)

Untuk menentukan koefisien situs (*site coefficient*), Fadan Fv untuk wilayah yang ditinjau. Untuk penentuan respon spektra percepatan gempa di permukaan tanah diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik (Fa dan Fv) pada periode 0,2 detik dan 1 detik. Fa adalah faktor amplifikasi periode pendek 0,2 detik, dan Fv adalah faktor amplifikasi periode 1 detik. Faktor amplifikasi Fa dan Fv ditampilkan dalam Tabel 3.4 dan Tabel 3.5. berikut.

Tabel 3.4 Faktor Amplifikasi Untuk Periode Pendek (Fa).

Klasifikasi Site	S _s				
	S _s ≤ 0.25	S _s = 0.5	S _s = 0.75	S _s = 0.75	S _s ≥ 1.25
Batuan Keras (S _A)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (S _B)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak (S _C)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (S _D)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (S _E)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (S _F)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber : SNI 03-1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, (2012)

Keterangan :

Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

S_s = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik (lihat Pasal 6.9.1 pada SNI 03-1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung)

Tabel 3.5 Faktor Amplifikasi Untuk Periode 1 detik (Fv).

Klasifikasi Site	S ₁				
	S ₁ ≤ 0.25	S ₁ = 0.5	S ₁ = 0.75	S ₁ = 0.75	S ₁ ≥ 1.25
Batuan Keras (S _A)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (S _B)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Klasifikasi Site	S ₁				
	S ₁ ≤ 0.25	S ₁ = 0.5	S ₁ = 0.75	S ₁ = 0.75	S ₁ ≥ 1.25
Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak (S _C)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (S _D)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (S _E)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (S _F)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber : SNI 03-1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, (2012)

Keterangan :

Untuk nilai-nilai antara S₁ dapat dilakukan interpolasi linier

S₁ = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik (lihat Pasal 6.9.1 pada SNI 03-1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung)

c. Menentukan Parameter Respon Spectrum

Parameter spektrum respon percepatan pada perioda pendek (SM_s) dan perioda 1 detik (SM_1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs. Hubungan koefisien-koefisien situs dan parameter respon spectra tersebut adalah :

$$SM_s = F_a \times S_s \quad (3.3)$$

$$SM_1 = F_v \times S_1 \quad (3.4)$$

Dan koefisien situs F_a dan F_v mengikuti Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

d. Menentukan Respon Desain

Parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek Sd_s dan perioda 1 detik Sd_1 , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$Sd_s = \frac{2}{3} SM_s \quad (3.5)$$

$$Sd_1 = \frac{2}{3} S_1 \quad (3.6)$$

Menurut SNI 03 – 1726 – 2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, bila spektrum respons

desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada Gambar 3.11 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

- a. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_o , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{D1} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_o} \right) \quad (3.7)$$

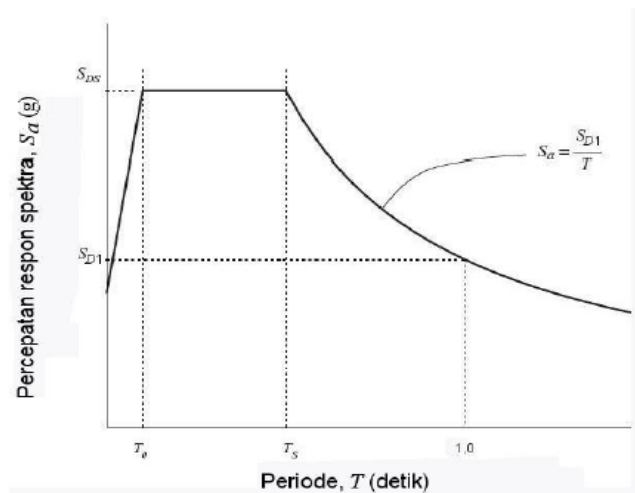
Dengan :

$$T = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{D5}} \quad (3.8)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{D5}} \quad (3.9)$$

- b. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_o dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{D5}
- c. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.10)$$



Gambar 3.11 Grafik Spektrum Respon Desain

(Sumber : SNI 03-1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, 2012)

e. Menentukan Waktu Getar Alami Struktur (T)

Waktu getar alami struktur (T) dihitung untuk digunakan pada perhitungan S_a . Waktu getar alami menggunakan pendekatan dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut.

$$T = C_t \times h_n^x \quad (3.11)$$

Untuk menentukan koefisien C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dengan rangka memikul 100 gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegahrangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0480 ^a	0,75

Sumber : SNI 03-1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, (2012)

f. Gaya Geser Seismik (V)

Gaya geser seismik ini dipengaruhi oleh berat bangunan dan koefisien respon dinamik bangunan tersebut. Gaya dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus sesuai dengan persamaan dibawah ini.

$$V = C_s \times W \quad (3.12)$$

Dengan koefisien respons seismic (C_s) dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$C_s = \frac{Sd_s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.13)$$

Nilai C_s yang dihitung dalam persamaan 3.13 tidak boleh melebihi persamaan 3.14 dibawah ini.

$$C_s = \frac{Sd_1}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

Nilai C_s yang dihitung pada persamaan 3.14 harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044Sd_s I_e \geq 0,01 \quad (3.15)$$

Sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari $0,6g$, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.16)$$

Untuk menentukan resiko gempa yang terjadi kita harus menyesuaikan dengan fungsi dari bangunan tersebut. Berikut merupakan kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.

Tabel 3.7 Kategori Resiko Bangunan Gedung Dan Non Gedung Untuk Beban Gempa.

Jenis Pemanfaatan	Kategori
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan • Fasilitas sementara • Gudang penyimpanan • Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori I,III,IV termasuk, tetapi dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perumahan • Rumah toko dan rumah kantor • Gedung Apartemen/Rumah Susun • Pasar Gedung Perkantoran • Pusat Perbelanjaan/Mall • Bangunan Industri • Fasilitas Manufaktur • Pabrik <p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p>	II

Jenis Pemanfaatan	Kategori
<ul style="list-style-type: none"> • Bioskop • Gedung Pertemuan • Stadion Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat • Fasilitas penitipan anak • Penjara • Bangunan untuk orang jompo 	
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pusat pembangkit listrik biasa • Fasilitas Penanganan Air • Fasilitas Penanganan Limbah • Pusat Telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan, atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau bahan peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bangunan-bangunan monumental • Gedung sekolah atau fasilitas pendidikan 	

Jenis Pemanfaatan	Kategori
<ul style="list-style-type: none"> • Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat <p>Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat • Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI 03-1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, (2012)

Setelah mengetahui kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa maka faktor keutamaan gempa (I_e) dapat disesuaikan dengan melihat Tabel 3.8 dibawah ini.

Tabel 3.8 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 03 – 1726 – 2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, (2012)

g. Nilai Batas Atas Perioda yang Dihitung

$$T < C_u \cdot T_a$$

Keterangan :

T = perioda getar alami

C_u = koefisien batas atas perioda

T_a = perioda fundamental pendekatan

Tabel 3.9 Koefisien Untuk Batas Atas Perioda

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain Pada 1 Detik, S_{DI}	Koefisien, C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 03 – 1726 – 2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, (2012)

3.2.3. Kuat Perlu

Kuat perlu dalam penggunaan beton bertulang memerlukan pertimbangan dan perhitungan yang spesifik sehingga hal ini juga telah diatur dalam SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Struktur dan komponen struktur harus didesain agar mempunyai kekuatan desain di semua penampang paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang dihitung untuk beban dan gaya terfaktor dalam kombinasi beban yang ada.

Kuat perlu U harus paling tidak sama dengan beban terfaktor dalam persamaan 3.17 sampai persamaan 3.23. Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa (beban S (salju) dalam persamaan-persamaan di bawah dihapus karena dianggap tidak relevan)

$$U = 1,4D \tag{3.17}$$

$$U = 1,2D + 1,6L \tag{3.18}$$

$$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \quad (3.19)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \quad (3.20)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L \quad (3.21)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \quad (3.22)$$

$$U = 0,9D + 1,0E \quad (3.23)$$

Kecuali sebagai berikut :

- (a) Faktor beban pada beban hidup L dalam persamaan 3.19 sampai 3.21 diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan publik, dan semua luasan dimana L lebih besar dari 4,8 kN/m².
- (b) Bila W didasarkan pada beban angin tingkat layan, $1,6W$ harus digunakan sebagai pengganti dari $1,0W$ dalam persamaan 3.20 dan 3.22, dan $0,8W$ harus digunakan sebagai pengganti dari $0,5W$ dalam persamaan 3.19
- (c) Dihilangkan karena tidak relevan.

Maka untuk analisis kombinasi beban pada penelitian ini digunakan kombinasi beban pada persamaan (3.17) dan (3.18) yang akan ditambahkan pada kombinasi pembebanan bangunan yang juga dipengaruhi oleh beban gempa.

Dalam analisis struktur bangunan dibutuhkan pengaruh beban gempa yang telah ditentukan dalam SNI 03 – 1726 – 2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Pengaruh beban gempa terjadi dalam dua arah berbeda yaitu horizontal dan vertikal dengan persamaan seperti di bawah ini.

$$E = E_h \pm E_v \quad (3.24)$$

Dengan persamaan :

$$E_h = (\rho \cdot Q_E) \quad (3.25)$$

$$E_v = (0,2 S_{Ds}) \cdot D \quad (3.26)$$

Nilai ρ merupakan faktor redundansi yang harus dikenakan pada sistem penahan gempa dalam masing-masing kedua arah orthogonal untuk semua struktur sesuai dengan SNI 03 – 1726 – 2012 pasal 7.3.4. Faktor redundansi ditentukan berdasarkan kategori desain seismik dan S_{Ds} . Setelah dilakukan substitusi kombinasi

pembebanan gempa ditambah pembebanan pada kondisi ultimit, maka kombinasi tersebut dapat dilihat pada persamaan – persamaan di bawah ini.

$$1,4 D \quad (3.27)$$

$$1,2 D + 1,6 L \quad (3.28)$$

$$1,2 D + 1,0 L + 1,0 EQ_X + 0,3 EQ_Y \quad (3.29)$$

$$1,2 D + 1,0 L + 1,0 EQ_X - 0,3 EQ_Y \quad (3.30)$$

$$1,2 D + 1,0 L - 1,0 EQ_X + 0,3 EQ_Y \quad (3.31)$$

$$1,2 D + 1,0 L - 1,0 EQ_X - 0,3 EQ_Y \quad (3.32)$$

$$1,2 D + 1,0 L + 0,3 EQ_X + 1,0 EQ_Y \quad (3.33)$$

$$1,2 D + 1,0 L + 0,3 EQ_X - 1,0 EQ_Y \quad (3.34)$$

$$1,2 D + 1,0 L - 0,3 EQ_X + 1,0 EQ_Y \quad (3.35)$$

$$1,2 D + 1,0 L - 0,3 EQ_X - 1,0 EQ_Y \quad (3.36)$$

$$0,9 D + 1,0 EQ_X + 0,3 EQ_Y \quad (3.37)$$

$$0,9 D + 1,0 EQ_X - 0,3 EQ_Y \quad (3.38)$$

$$0,9 D - 1,0 EQ_X + 0,3 EQ_Y \quad (3.39)$$

$$0,9 D - 1,0 EQ_X - 0,3 EQ_Y \quad (3.40)$$

$$0,9 D + 0,3 EQ_X + 1,0 EQ_Y \quad (3.41)$$

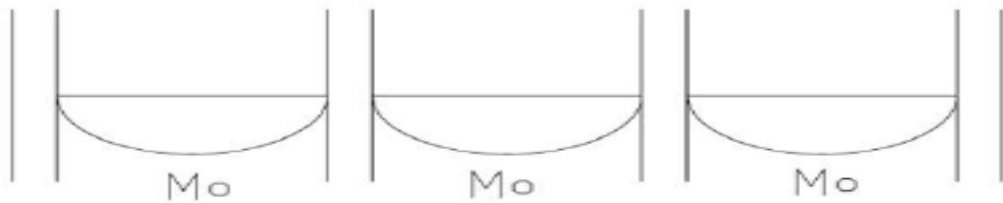
$$0,9 D + 0,3 EQ_X - 1,0 EQ_Y \quad (3.42)$$

$$0,9 D - 0,3 EQ_X + 1,0 EQ_Y \quad (3.43)$$

$$0,9 D - 0,3 EQ_X - 1,0 EQ_Y \quad (3.44)$$

3.2.4. Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*)

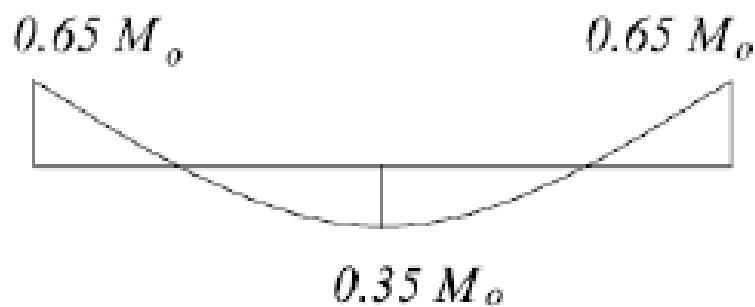
Metode ini melibatkan analisis distribusi momen dan struktur. Momen statis terfaktor total (M_o) untuk suatu bentang harus ditentukan pada suatu lajur yang dibatasi oleh garis pusat panel pada setiap sisi garis pusat tumpuan. Momen total (M_o) yang ditahan oleh pelat sama dengan jumlah momen negatif dan positif maksimum dalam bentang. Momen ini sama dengan total yang terjadi dalam balok tumpuan sederhana.



Gambar 3.12 Penampang Momen Total Pada Pelat

Momen terfaktor negatif harus terletak pada muka tumpuan persegi. Pada bentang interior, momen statis total, (M_o) harus didistribusikan :

Momen terfaktor negatif	0,65
Momen terfaktor positif	0,35



Gambar 3.13 Faktor Distribusi Pada Bentang Interior

Pada bentang ujung, momen statis terfaktor total (M_o) harus didistribusikan sesuai dengan Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Distribusi Momen Bentang Total Pada Ujung Bentang

	Tepi eksterior tak terkekang	Slab dengan balok di antara semua tumpuan	Slab tanpa balok di antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Momen terfaktor negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Momen terfaktor positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35

	Tepi eksterior tak terkekang	Slab dengan balok di antara semua tumpuan	Slab tanpa balok di antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Momen terfaktor negatif eksterior	0	0,16	0,28	0,30	0,65

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2013)

Momen terfaktor pada lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif interior:

Tabel 3.11 Persentase Momen Rencana Negatif Interior yang Ditahan Oleh Lajur Kolom.

l_2/l_1	0,5	1,0	2,0
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} = 0$	75	75	75
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} \geq 1,0$	90	75	45

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2013)

Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan. Lajur kolom juga diproporsikan untuk menahan momen terfaktor negatif eksterior dalam persen sebagai berikut.

Tabel 3.12 Persentase Momen Rencana Negatif Eksterior yang Ditahan Oleh Lajur Kolom

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} \geq 1,0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2016)

Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan. Nilai β_t dihitung dengan persamaan berikut.

$$\beta_t = \frac{E_{cb} \cdot C}{2 E_{cs} \cdot I_s} \quad (3.45)$$

$$C = \sum \left(1 - 0,63 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 y}{3} \quad (3.46)$$

Lajur kolom juga harus diproporsikan untuk menahan momen terfaktor positif sesuai dengan tabel dibawah ini.

Tabel 3.13 Persentase Momen Rencana Positif yang Ditahan Oleh Lajur Kolom

l_2/l_1	0,5	1,0	2,0
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} = 0$	60	60	60
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} \geq 1,0$	90	75	45

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2013)

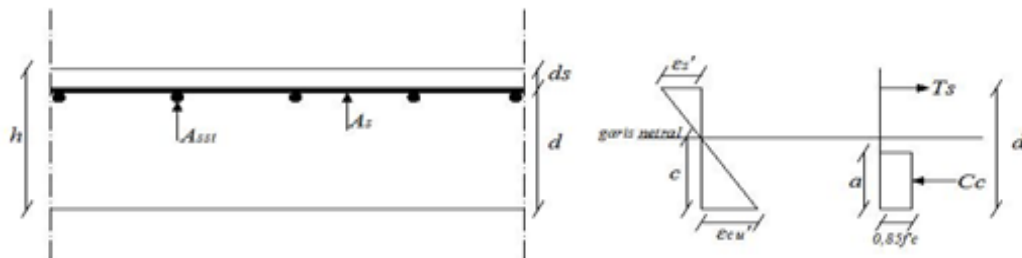
3.2.5. Perencanaan Tulangan Pelat

Kuat desain suatu komponen struktur beton bertulang ditentukan dari sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi harus diambil kuat nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ . Faktor reduksi kekuatan ϕ dalam SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung ditentukan sebagai berikut:

Penampang Tekendali Tarik	0,90
Penampang Terkendali Tekan	
1. Komponen struktur dengan tulangan spiral	0,75
2. Komponen struktur bertulang lainnya	0,65
Geser dan Torsi	0,75

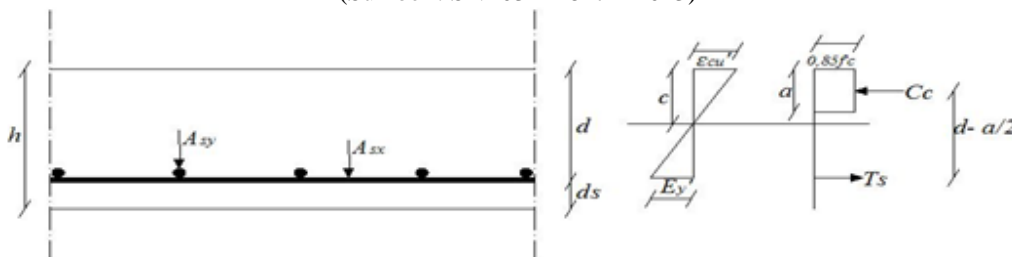
Pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan ulang pelat lantai selain kuat desain dan beban desain yang terdapat pada pelat, yaitu gaya-gaya dalam yang

terjadi pada pelat. Gaya-gaya dalam yang dimaksud adalah terjadinya tegangan dan regangan pada pelat yang terdapat pada gambar 3.14 dan gambar 3.15.



Gambar 3.14 Gaya-Gaya Dalam Pada Tulangan Pelat Di Daerah Tumpuan

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013)



Gambar 3.15 Gaya- Gaya Dalam Pada Tulangan Pelat Di Daerah Lapangan

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013)

Dari gambar di atas, persamaan tegangan dan regangan dalam pelat adalah:

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y \quad (3.47)$$

Keterangan :

C_c = Gaya desak beton

b = Lebar pelat yang ditinjau

f'_c = Kuat desak beton

a = Tinggi desak beton yang sama dengan $\beta_1 \cdot c$

$\beta_1 = 0,85$ untuk $f'_c \leq 28$ MPa dan untuk $f'_c > 28$ MPa digunakan persamaan

berikut.

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'_c - 28)}{7}, \quad \beta_1 \geq 0,65 \quad (3.48)$$

T_s = Gaya tarik baja tulangan

A_s = Luas tulangan

f_y = Tegangan leleh baja tarik

Sesuai diagram gaya dalam pelat pada gambar 3.14 dan 3.15.

$$\begin{aligned}\frac{c}{\varepsilon_{cu}} &= \frac{d - c}{\varepsilon_y} \\ \frac{c}{\varepsilon_{cu}} &= \frac{d - c}{f_y / E_s} \\ \frac{c}{0,003} &= \frac{d - c}{f_y / 200.000 \text{ MPa}} \\ \frac{c}{0,003} &= \frac{(d - c) \cdot 200.000 \text{ MPa}}{f_y} \\ c &= \frac{600 d}{(f_y + 600)} \\ \frac{\alpha}{\beta_1} &= \frac{600 d}{(f_y + 600)} \\ \alpha &= \frac{\beta_1 \cdot 600 d}{(f_y + 600)}\end{aligned}\quad (3.49)$$

Persamaan 3.49 diperoleh dalam keadaan *balanced* yaitu keadaan saat runtuhnya beton sama dengan atau hampir bersamaan dengan lelehnya tulangan baja yang digunakan. Dari persamaan 3.49, tegangan pelat beton berasal dari luas tulangan *balanced* dan nilai kuat leleh tulangan baja yang digunakan.

$$\begin{aligned}T_s &= A_s \times f_y \\ 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b &= \rho_b \cdot b \cdot d \cdot f_y\end{aligned}\quad (3.50)$$

Sehingga,

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \alpha}{f_y \cdot d}\quad (3.51)$$

Persamaan 3.49 disubsitisi ke persamaan 3.51

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \times \beta_1 \times \frac{600}{(f_y + 600)}\quad (3.52)$$

Persamaan 3.52 ini yang akhirnya menjadi rasio tulangan pada keadaan *balanced*. Rasio tulangan harus berada diantara rasio tulangan minimum (ρ_{\min}) dan rasio tulangan maksimum (ρ_{\max}) dan rasio tulangan tersebut didapat dari persamaan berikut :

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \times \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot f'c}} \right) \right) \quad (3.53)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.54)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b \quad (3.55)$$

Syarat penggunaan rasio tulangan harus memenuhi $\rho_{min} < \rho \leq \rho_{maks}$

Momen nominal yang diperhitungkan, didapat dari momen ultimit yang terjadi dibagi faktor reduksi (ϕ) yang digunakan sesuai kebutuhan kapasitas kekuatan beton, tarik, tekan, ataupun geser.

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (3.56)$$

Setelah momen ultimit yang telah dihitung selanjutnya faktor momen pikul yang terjadi dapat diperhitungkan. Faktor momen pikul (R_n) dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (3.57)$$

Luas tulangan yang telah dihitung kemudian jarak antar tulangan pada pelat dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$s \leq \frac{A_{s1} \text{ tulangan} \cdot 1000}{A_s} \quad (3.58)$$

dengan $s \leq 25$ mm sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2013 pasal 7.6.

3.2.6. Desain Kuat Geser

Kuat geser yang diperhitungkan adalah *drop panel*, muka kolom, balok tepi dan kolom. Sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2013 kuat geser dihitung dengan ketentuan sebagai berikut.

1. Muka Kolom dan Drop Panel.

Pelat termasuk komponen struktur yang memiliki lentur tinggi, untuk itu kuat geser pelat harus dihitung secara spesifik menurut ketentuan yang telah diatur dalam SNI 03 – 2847 – 2013 pasal 11.11.2.1. Ketentuan untuk geser dan torsi komponen struktur beton bertulang adalah sebagai berikut :

- a. Perencanaan penampang pelat akibat geser harus didasarkan pada persamaan berikut.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.59)$$

V_n adalah kuat geser nominal yang dihitung dengan persamaan berikut.

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.60)$$

$$\text{Dengan } V_n \leq 0,5 \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.61)$$

V_c adalah kuat geser nominal yang disediakan oleh beton yang harus dihitung dengan persamaan 3.62 , 3.63 , dan 3.64 dengan hasil terkecil di bawah ini.

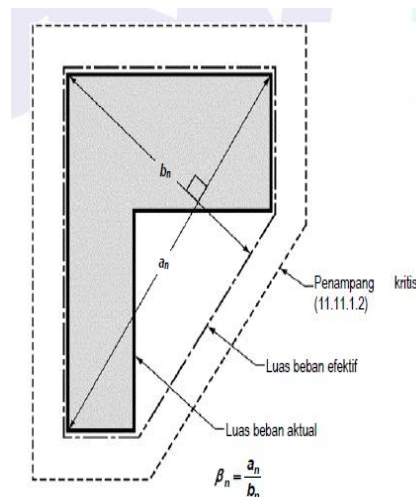
$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.62)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.63)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.64)$$

Keterangan :

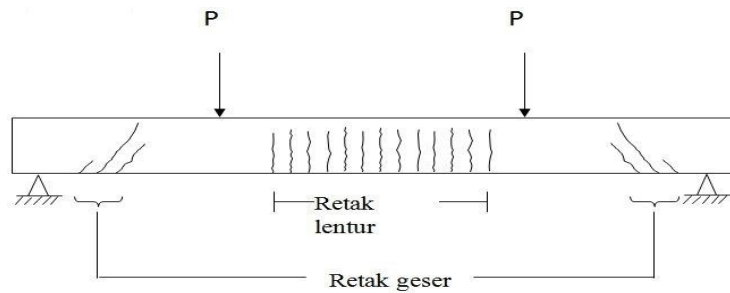
1) β adalah rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi dan untuk nilai $\lambda = 1,0$ untuk beton normal. Untuk penampang yang tidak berbentuk persegi nilai β dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.16 Nilai β Untuk Luas Yang Dibebeani Non – Persegi

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013)

2) Dimana α_s adalah 40 untuk kolom interior, 30 untuk kolom tepi, dan 20 kolom sudut.

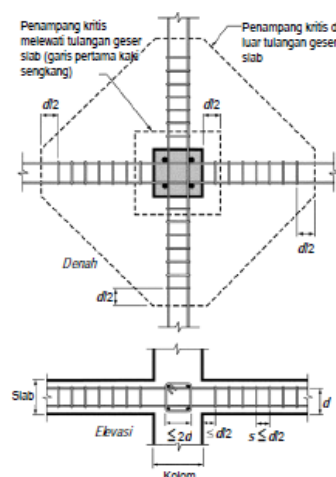


Gambar 3.17 Penampang Kritis Untuk Geser

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013)

Kekuatan geser pelat dua arah disekitar kolom, beban terpusat, atau reaksi dikendalikan oleh yang lebih berat dari dua kondisi berikut :

- 1) Aksi balok pada masing-masing penampang kritis yang diperiksa menjangkau sepanjang bidang yang memotong seluruh lebar, seperti terdapat pada gambar 3.17.
- 2) Untuk aksi dua arah, masing-masing penampang kritis yang diperiksa harus ditempatkan sedemikian sehingga parameternya adalah b_o yang nilainya minimum tetapi tidak perlu lebih dekat dari $d/2$ ke :
 - a) Tepi atau sudut kolom, beban terpusat, atau daerah reaksi; dan
 - b) Perubahan pada tebal seperti perbesaran kolom (*capitals*), penebalan panel (*drop panels*), atau penutup geser (*shear caps*).

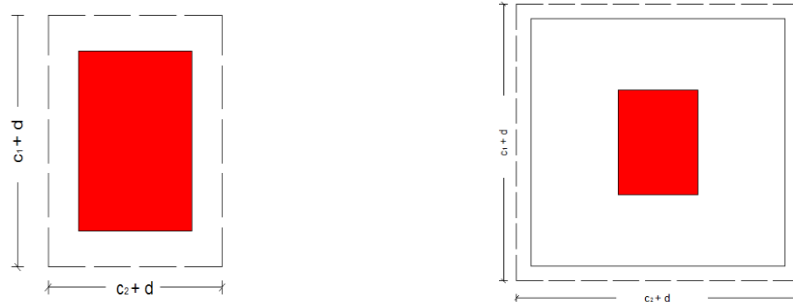


Gambar 3.18 Penampang Kritis Dengan Pelebaran Muka Kolom

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013)

V_u adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau. V_u pada *flat slab* dibagi menjadi dua bagian yaitu pada muka kolom dan sepanjang pelat hingga tengah bentang penampang kritis pelat. V_u di muka kolom dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti berikut.

(1) **Daerah Interior**

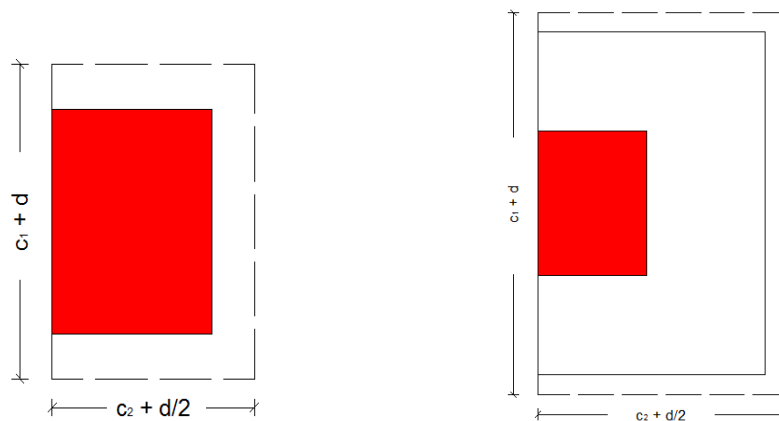


a. Kolom Interior

b. *Drop Panel Interior*

Gambar 3.19 Letak Bidang Kritis Interior

(2) **Daerah Eksterior**

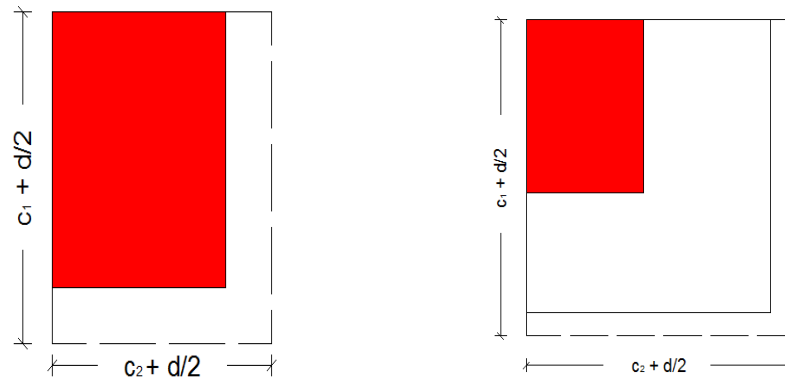


a. Kolom Eksterior

b. *Drop Panel Eksterior*

Gambar 3.20 Letak Bidang Kritis Eksterior

(3) Daerah Sudut Bangunan



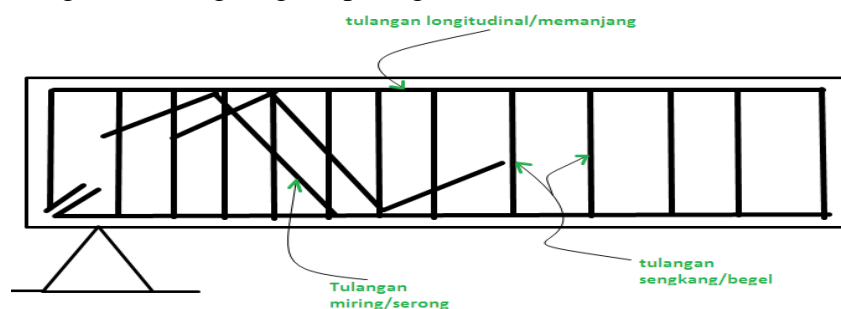
a. Kolom Sudut

b. Drop Panel Sudut

Gambar 3.21 Letak Bidang Kritis Sudut

2. Balok Tepi

Balok adalah bagian struktur yang dapat menahan beban lentur dan geser. Perencanaan penampang yang menahan gaya geser harus didasarkan pada kuat geser nominal (V_n), yang ditahan oleh dua macam kekuatan, yaitu kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (V_c) dan kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (V_s). Tulangan geser pada balok dapat dipasang dengan arah miring (disebut tulangan miring atau serong) dan dengan arah tegak (disebut : begel atau sengkang), seperti gambar di bawah ini.



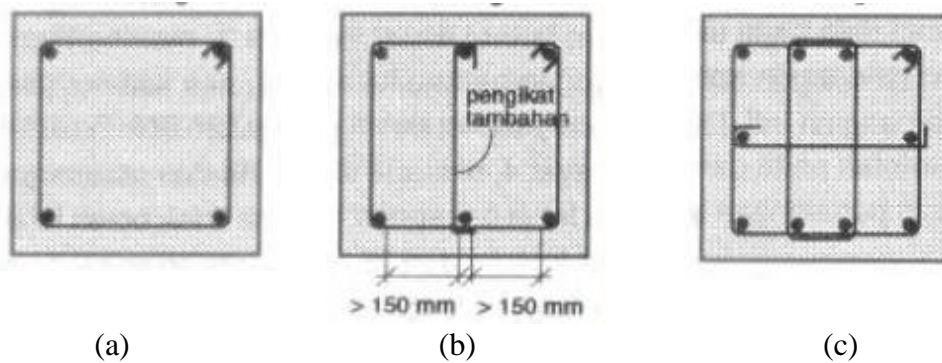
Gambar 3.22 Tulangan Geser dan Tulangan Longitudinal Balok

(Sumber : Ali Asroni, 2010)

Tulangan sengkang/begel dibagi berdasarkan jumlah kakinya, yaitu:

- a. Sengkang 2 kaki
- b. Sengkang 3 kaki

c. Sengkang 4 kaki



Gambar 3.23 Berbagai Jenis Sengkang Pada Balok

(Sumber : Ali Asroni, 2010)

Persamaan yang digunakan sebagai dasar untuk perhitungan tulangan geser/sengkang balok sesuai dengan persamaan 3.65 dengan nilai (V_c) sesuai dengan persamaan berikut.

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_w d \quad (3.65)$$

Sedangkan, nilai V_s adalah kuat geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser yang dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (3.66)$$

A_v adalah luas tulangan geser dalam jarak s . A_v harus diambil sebagai luas penampang semua kaki tulangan pada sebuah garis keliling yang secara geometri serupa dengan keliling penampang kolom. Luas tulangan geser (A_v) dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$A_v = 0,0062\sqrt{f'_c} \frac{b \cdot s}{f_y} \quad (3.67)$$

$$\text{Dengan syarat } A_v > \frac{0,35 b \cdot s}{f_y} \quad (3.68)$$

Jarak tulangan geser sebagaimana diatur dalam SNI 03 – 2847 -2013 pasal 11.4.5 adalah sebagai berikut.

- a. Spasi tulangan geser yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur adalah sebagai berikut.

- 1) Komponen Struktur Non-Prategang

$$s < \frac{d}{2} \quad (3.69)$$

- 2) Komponen Struktur Prategang

$$s < 0,75 h < 600 \text{ mm} \quad (3.70)$$

- b. Senggang miring dan tulangan longitudinal yang dibengkokkan harus dipasang dengan spasi sedemikian hingga setiap 45 derajat, menerus ke arah reaksi dari tengah tinggi komponen struktur $\frac{d}{2}$ ke tulangan tarik longitudinal, harus disilang oleh paling sedikit satu garis tulangan geser.
- c. Bila $V_s > 0,33\sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$, maka spasi maksimum yang diberikan dalam poin a dan b harus dikurangi setengahnya.

3.3. Perencanaan Anggaran Biaya Pelat

3.3.1. Biaya

Biaya merupakan pengeluaran yang diperlukan untuk proses suatu pekerjaan dalam bentuk satuan uang, yang belum dilaksanakan, yang sedang dilaksanakan maupun yang telah dilaksanakan. komponen yang paling penting didalam suatu proyek konstruksi adalah biaya. Biaya proyek adalah sejumlah biaya atau modal yang diperlukan untuk melakukan seluruh kegiatan dari awal pembangunan proyek sampai selesai, dan siap untuk dioperasikan (Soeharto,1997). Untuk mengetahui jumlah biaya proyek maka diperlukan suatu rencana anggaran biaya proyek. Rencana anggaran biaya proyek harus diperhitungkan untuk mengetahui berapa pembiayaan yang harus dikeluarkan untuk menjalankan proyek.

Biaya proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung, antara lain:

1. Biaya langsung

Ialah biaya yang langsung berpengaruh terhadap pelaksanaan fisik proyek, yang merupakan biaya langsung antara lain:

- a. Biaya bahan, yaitu spesifikasi, kualitas dan kuantitas
- b. Biaya tenaga kerja, yaitu jumlah dan keahlian tenaga kerja
- c. Biaya sub-kontraktor, dilaksanakan oleh pihak lain
- d. Biaya peralatan, yaitu biaya sewa dan biaya penyusutan

2. Biaya tidak langsung

Ialah pengeluaran biaya untuk manajemen yang diperlukan dalam proyek, yang merupakan biaya langsung antara lain:

- a. Biaya overhead, yaitu biaya operasional pelaksana yang mendukung pelaksanaan proyek
- b. Biaya resiko, yaitu biaya yang tidak pasti, seperti biaya tak terduga dan keuntungan
- c. Pajak, pada proyek pemerintah biasanya pelaksana dikenakan pajak

3.3.2. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya (RAB) ialah perencanaan perhitungan besarnya pengeluaran biaya pekerjaan yang diperlukan dalam suatu proyek konstruksi. tujuan pembuatan (RAB) untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk atau konstruksi proyek, mengetahui besar biaya suatu proyek konstruksi, dan pekerjaan pelaksanaan proyek dari awal sampai penyelesaiannya.

Terdapat beberapa unsur yang berperan dalam penyusunan RAB dan pelaksanaannya, antara lain:

1. Pemilik proyek

Ialah pihak yang mempunyai gagasan untuk mendirikan suatu proyek konstruksi dan pemberi dana. bisa dari perorangan / individu, perusahaan / organisasi swasta, maupun suatu instansi pemerintah

2. Perencana

Ialah pihak yang ditugaskan oleh pemilik proyek untuk menyusun rencana anggaran biaya dengan dasar-dasar pertimbangan penghematan , konstruksi dan arsitektur, dan kemanfaatannya

3. Kontraktor

Ialah perusahaan yang bersifat perorangan yang berbadan hukum, atau tidak badan hukum yang bergerak dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

RAB merupakan anggaran perkiraan, yang dibuat sebelum proyek dilaksanakan. Perhitungan RAB didapat berdasarkan gambar rencana struktur

bangunan dan spesifikasi yang sudah ditentukan, upah tenaga kerja, harga material dan alat.

3.3.3. Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan adalah suatu perumusan yang berguna untuk menetapkan harga dan upah masing-masing dalam bentuk satuan. Berikut ini adalah macam-macam daftar analisa harga yang sering digunakan dalam perhitungan anggaran biaya oleh Estimator, antara lain : (Sunaryo, 2014)

1. Daftar Analisa BOW (*Burgelijke Openbare Welken*)

Daftar Analisa BOW adalah daftar analisa pertama yang di dalamnya terdapat perhitungan harga dan upah untuk mendapatkan harga suatu pekerjaan. Koefisien analisa harga satuan BOW ini berasal dari penelitian zaman belanda dahulu, untuk ini sudah jarang digunakan karena adanya pembengkakan biaya pada koefisien tenaga.

2. Daftar Analisa SNI

Daftar analisa SNI adalah daftar analisa perhitungan biaya yang telah dibakukan dan ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia.

3. Analisa Modifikasi (EI)

Daftar analisa EI adalah daftar analisa perhitungan biaya yang dibuat oleh pihak Dinas Pekerjaan Umum (DPU) yang telah dibakukan sebagai daftar analisa perhitungan biaya beserta pekerjaan.

3.3.4. Volume Pekerjaan

Ilmu dasar perhitungan kebutuhan bahan bangunan atau material merupakan ilmu matematika dengan menggunakan rumus dasar luas, keliling, atau volume. Jumlah satuan pekerjaan dihitung dengan buah atau unit yang terdiri dari rangkaian material yang sudah menjadi satu kesatuan. Penentuan satuan satuan pekerjaan berdasarkan jenis pekerjaan adalah sebagai berikut. (Sunaryo, 2014)

1. Volume pekerjaan yang mempunyai luas dan ketebalan atau mempunyai penampang dan panjang dihitung dengan menggunakan satuan m^3 .
2. Volume pekerjaan yang hanya memiliki luas dan ketebalan relatif tipis dihitung dengan menggunakan satuan m^2 .

3. Pekerjaan yang cenderung memanjang (besaran panjang lebih dominan dibanding lebar) dihitung dengan menggunakan satuan m^1 atau disebut dengan meter lari.
4. Volume bahan bangunan satuan dihitung dengan menggunakan satuan ukuran buah (bh).
5. Volume bahan-bahan satuan yang terdiri dari beberapa komponen bahan yang terkait menjadi satu dihitung dengan menggunakan satuan unit.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Umum

Perencanaan ulang bangunan merupakan merencanakan ulang dengan menggunakan metoda atau bahan yang berbeda dengan perencanaan sebelumnya. Langkah-langkah perencanaan ulang bangunan dimulai dengan mengetahui latar belakang bangunan tersebut mulai dari fungsi bangunan, data detail bangunan, pengamatan, menemukan masalah yang akan dijadikan topik bahasan, kemudian melakukan pengumpulan data melalui observasi lapangan maupun mencari referensi tertulis lalu melakukan perencanaan ulang sesuai dengan topik bahasan yang akan diteliti. Setelah melakukan analisis dalam perencanaan ulang tersebut kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil perencanaan sebelumnya.

4.1.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian adalah berupa analisis dengan metodologi analisis yang digunakan adalah metode yang terdapat dalam peraturan SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung yaitu metode perencanaan langsung (*direct design method*) dengan memakai jenis pelat cendawan atau *flat slab* dalam perencanaannya. Perencanaan ulang yang dilakukan menggunakan bantuan *software* ETABS *vr.* 9.6.0 untuk perencanaan struktur bangunannya.

4.1.2. Penentuan Objek Penelitian

Objek yang ditinjau dalam peneltian yang akan dilakukan adalah pelat beton bertulang pada Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AD Sleman dimana bangunan ini merupakan bangunan dengan pelat dua – arah menggunakan balok *precast* dengan perkuatan beton bertulang. Bangunan ini akan direncanakan ulang dengan menggunakan tipe pelat cendawan atau *flat slab*.

4.1.3. Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini didapat langsung dari hasil observasi di lapangan. Data yang dibutuhkan untuk perencanaan ulang untuk bangunan ini adalah sebagai berikut ini.

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapat langsung dari sumber (lokasi penelitian) dengan cara observasi dan wawancara. Data primer yang diperlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Data struktur objek penelitian

Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AD adalah objek perencanaan ulang. Rumah susun ini terdapat di beberapa daerah di DI. Yogyakarta, pada penelitian ini penulis mengambil salah satu dari rumah susun yaitu di Kabupaten Sleman. Data yang didapat adalah berupa denah bangunan, jenis material, biaya material, dan harga upah tukang.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti dari berbagai sumber yang telah ada (diperoleh dari pihak lain). Data sekunder umumnya dapat diperoleh dari berbagai sumber, diantaranya buku, laporan, dan jurnal. Data sekunder pada penelitian ini, yaitu:

- 1) Satuan harga barang dan jasa wilayah yogyakarta
- 2) Contoh – contoh penelitian yang berkaitan dengan *flat slab*
- 3) Buku-buku literatur yang umumnya berupa teori, informasi, konsep dasar atau metode-metode yang dapat menunjang ataupun mendukung penulisan penelitian ini.

4.1.4. Tahap Perencanaan Dan Analisis

Tahap perencanaan yang dibutuhkan pada analisis dimensi *flat slab* adalah dengan mencari pelebaran disekitar kolom atau *drop panel*. Alur perencanaan (*flowchart*) pada penelitian ini akan dijelaskan pada gambar 4.1. Penelitian ini dilakukan untuk perencanaan ulang Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AD Sleman ini yang akan direncanakan ulang menjadi tipe *flat slab*, maka dengan

tujuan tersebut langkah-langkah yang dibutuhkan untuk perencanaan ulang adalah sebagai berikut ini.

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah tentang perbandingan struktur dan biaya beton antara pelat *precast* dengan pelat cendawan (*flat slab*)

2. Studi Pustaka

Data dan informasi tentang penelitian diperlukan dari penelitian sebelumnya. Data didapat dari literatur-literatur, tugas akhir, dan situs internet.

3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yaitu Rumah Susun Keluarga TNI – AD yang terdapat di daerah Tegal Tirto Kabupaten Sleman.

4. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan cara observasi. Data yang diambil berupa denah proyek, rencana denah pelat lantai, harga material, dan upah pekerja proyek.

5. Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan diolah agar dapat dicari perbandingan antara pelat *precast* dan pelat cendawan (*flat slab*)

6. Analisis Data

Analisis data dimulai dengan menganalisis bagian pelat lantai yang akan direncanakan ulang lalu menentukan dimensi bagian-bagian *flat slab* dan *drop panel*. Selanjutnya, menentukan beban yang akan diterima oleh bangunan lalu analisis struktur dilakukan secara numerik menggunakan *software* ETABS untuk mendapatkan momen bangunan. Penelitian ini menggunakan metode perencanaan langsung (*direct design method*) sebagai metode perhitungan tulangan pelat. Setelah menganalisis tulangan pelat kemudian perhitungan geser balok tepi dan muka kolom juga diperlukan.

7. Pembahasan

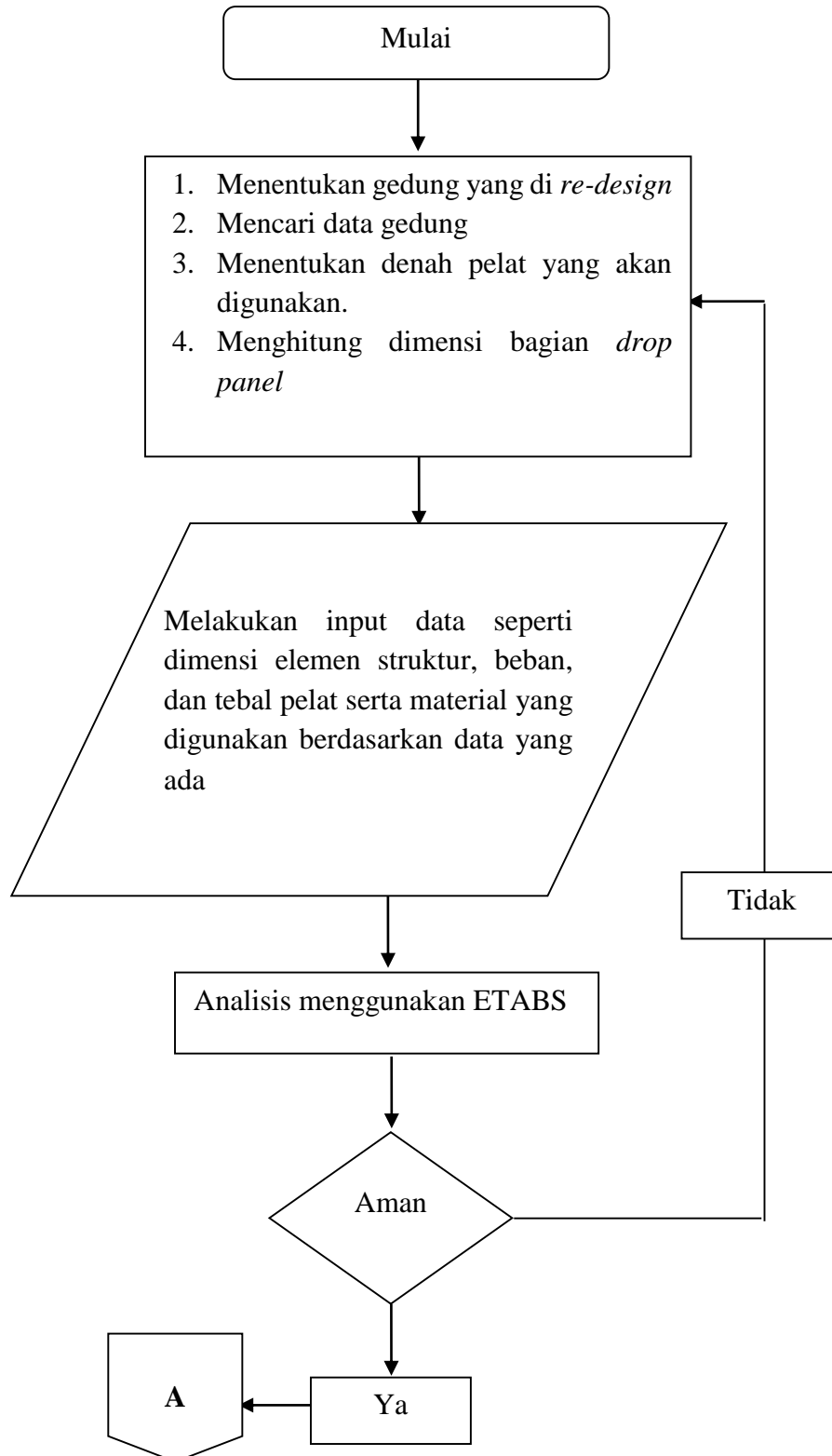
Hasil analisis yang diperoleh kemudian dibahas untuk mengetahui apakah sesuai dengan tujuan penelitian yang direncanakan.

8. Kesimpulan dan Saran

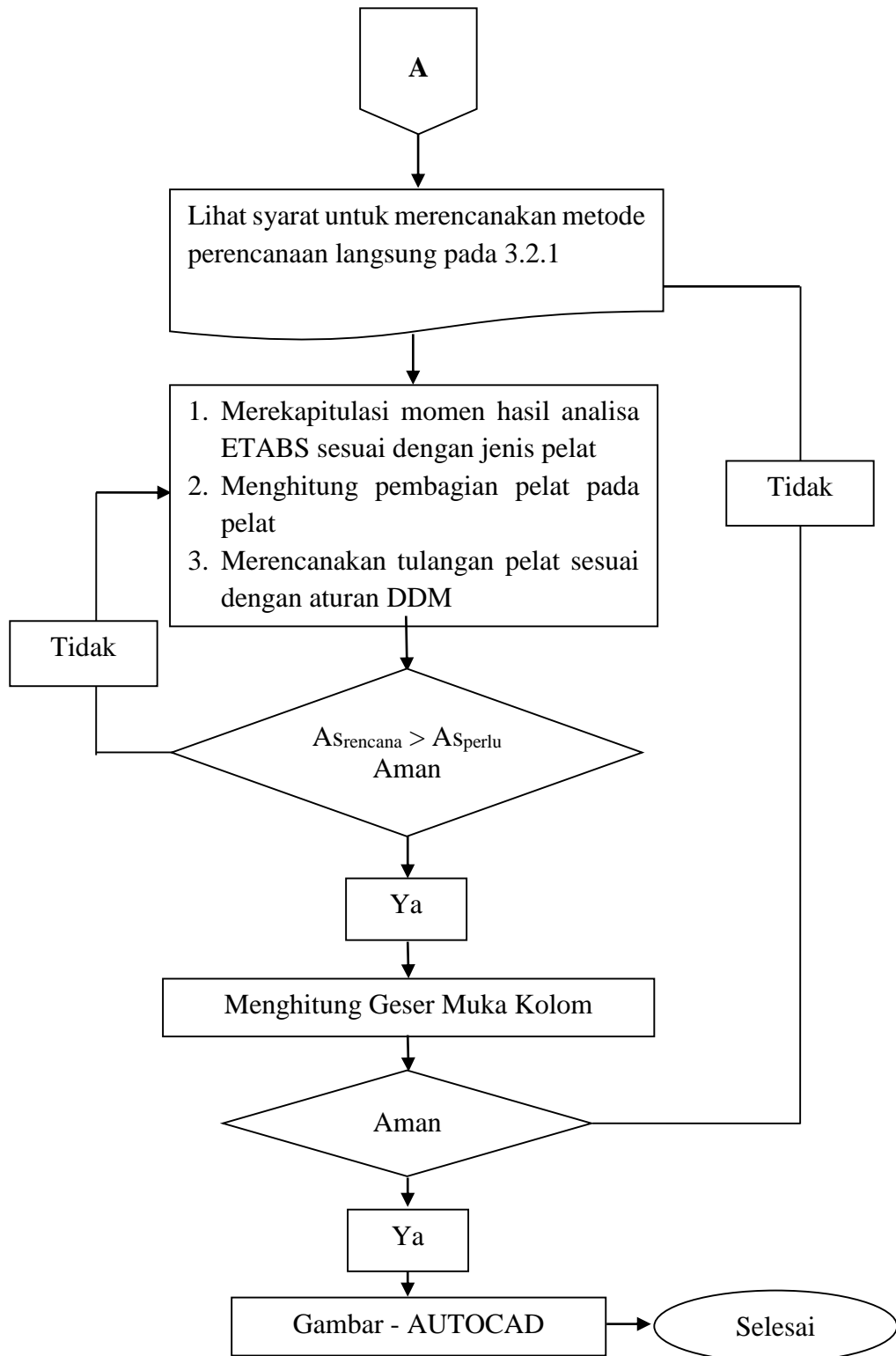
Kesimpulan dimuat dari hasil pembahasan yang didapatkan sebelumnya. Sebuah penelitian tentunya tidak luput dari kekurangan yang dapat ditulis sebagai saran.

Tahapan perencanaan dapat dilihat pada Tabel 4.1 untuk jalannya perencanaan keseluruhan, sedangkan untuk tahapan perhitungan menggunakan metode perencanaan langsung (*direct design method*) dapat dilihat pada gambar 4.1. Tahapan perencanaan sengaja dibagi agar memudahkan pembaca dalam memahami metode yang digunakan dalam penelitian dan memfokuskan tahapan metode yang digunakan.

**FLOW CHART PERENCANAAN ULANG PELAT LANTAI RUMAH
SUSUN PEKERJA KELUARGA TNI-AU**



**FLOW CHART METODE PERENCANAAN LANGSUNG
(DIRECT DESIGN METHOD)**



Gambar 4.1 Alur Perencanaan Penelitian

4.2. Jadwal Penelitian

Kegiatan penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap pengerjaan yaitu :

1. Tahap Persiapan

Dalam tahapan ini, penelitian masih berupa judul pemikiran dan pengerjaan awal laporan seperti pemilihan judul yang tepat, tujuan, dan manfaat penelitian, pengumpulan data analisis dengan melakukan observasi di lapangan. Penelitian ini dimulai sejak pertengahan tahun 2016 sampai dengan Desember 2016.

2. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap ini data yang telah terkumpul lalu dilakukan analisis sesuai dengan metode yang digunakan. Tahap ini telah dimulai sejak Januari 2017 dan direncanakan akan selesai pada bulan Juni 2017.

3. Tahap Penyusunan Laporan

Pada tahap ini, analisis telah dilakukan dan hasil telah diperoleh. Laporan disusun dengan pertimbangan hasil yang telah diperoleh tidak berubah lagi dan dapat dijadikan referensi untuk pembaca. Laporan penelitian akan dikerjakan Januari 2017. Untuk lebih jelas melihat jadwal pengerjaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Jadwal Kegiatan Peneliti

Bulan ke		1				2				3				4				5				6				
Minggu ke		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Kegiatan	Bobot																									
1	Persiapan																									100
	Pencarian Data Bangunan	3	1,5	1,5																						
	Pengumpulan Referensi Sesuai Topik Penelitian	3		1	1	1																				
	Pembuatan Proposal Penelitian	10			2	2	2	2	2																	
2	Pelaksanaan																									75
	Menentukan Dimensi <i>Drop Panel</i>	7			1	1,5	1,5	1,5	1,5																	
	Analisis Struktur Menggunakan ETABS	7					1	1,5	1,5	1,5	1,5															
	Perhitungan Metode <i>Direct Design Method</i>	20									2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2	2	2						
	Rekapitulasi Hasil Perhitungan	20										2,5	2,5	2,5	2,5	2	2	2	2	2	2					
	Pembuatan Detail Gambar Hasil	10													2	1	1,5	1,5	1,5	1,5						
	Pembuatan Rencana Anggaran Biaya	10																			2	2	2	2	2	
	Penyusunan Laporan																									25
3	Laporan Sementara	20													2	2	2	2	2	2	2	2	4			
	Laporan Akhir	20																		2	3	2	2	4	4	4
Total Waktu		130	1,5	4	8	13	17	22	27	29	30	33	35	40	47	54	62	69	77	86	97	106	114	120	126	130

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Umum

Analisis penelitian dilakukan secara manual dan numerik. Metode yang digunakan adalah metode perencanaan langsung (*direct design method*). Metode ini terdapat pada SNI 03 – 2847 – 2013 sebagai salah satu metode perhitungan *slab* dua arah. Penelitian ini menggunakan sistem pelat cendawan atau *flat slab* untuk keseluruhan pelat lantainya. Pelat cendawan atau *flat slab* dapat menahan momen pelat dalam bentang yang cukup panjang dengan bantuan *drop panel* atau pelebaran pada muka kolom sebagai penahan gaya geser pelat.

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI – AD yang terdapat di daerah Tegak Tirto, Kab. Sleman, D.I Yogyakarta. Analisis dilakukan secara numerik dengan menggunakan program ETABS *vr.9.6.0*. Perbandingan dilakukan antara kedua jenis pelat yang digunakan yaitu pelat *precast* dan pelat cendawan (*flat slab*) serta menghitung volume beton yang digunakan sebelum dan sesudah dire-desain.

5.2. Analisis Perhitungan

Analisis dimulai dengan mengetahui data objek yang akan diteliti. Data tersebut adalah sebagai berikut.

1. Nama Gedung : Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI
2. Lokasi : TNI-AD Tegal Tirto Kabupaten Sleman
3. Luas Tanah : 1.000 m²
4. Luas Bangunan : 729,39 m²
5. Jumlah Lantai : 3 lantai
6. Mutu Beton ($f'c$) : 29,05 MPa
7. Mutu Baja Tulangan (f_y) : $f_y = 240$ MPa (BJTP-24) untuk $\emptyset \leq 10$ mm,
 $f_y = 390$ MPa (BJTD-40) untuk $\emptyset > 10$ mm.
8. Jenis Pondasi : Tiang Pancan

9. Struktur Atas : Atap, Kolom, Balok, Pelat, dan Tangga
 10. Struktur Atap : Baja Ringan

5.2.1. Preliminari Struktur

Tahap ini adalah tahap perencanaan pada komponen struktur untuk menentukan dimensi sebelum dilakukan analisis secara numerik menggunakan ETABS. Komponen struktur yang akan direncanakan adalah *drop panel*. Komponen struktur lain seperti balok tepi, kolom, dan pondasi tetap menggunakan dimensi yang telah ada.

1. Penentuan Tebal *Flat Slab*

Diketahui $f_y = 240$ MPa maka sesuai dengan mengenai tebal minimum pelat tanpa balok.

Tabel 5.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh, f_y (MPa) ¹	Tanpa Penebalan		Dengan Penebalan			
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ²		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ²	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

*Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.

¹Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier

²Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2013)

Maka diambil extrapolasi pada nilai antara $f_y = 240$ MPa dan $f_y = 280$ MPa.

$$\frac{240}{280} = \frac{ln/x}{ln/40}$$

$$\frac{280 \ln}{x} = \frac{240 \ln}{40}$$

$$240 x = 280 \cdot 40$$

$$x = \frac{280 \cdot 40}{240} \rightarrow \frac{Ln}{x} = \frac{Ln}{46,67}$$

$$L_{x1} = 3000 \text{ mm} \rightarrow Ln_{x1} = 3000 \text{ mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 400 \text{ mm} \right) = 2600 \text{ mm}$$

$$L_{x2} = 4100 \text{ mm} \rightarrow Ln_{x2} = 4100 \text{ mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 400 \text{ mm} \right) = 3700 \text{ mm}$$

$$L_y = 4100 \text{ mm} \rightarrow Ln_{y1} = 4100 \text{ mm} - 2 \left(\frac{1}{2} \times 600 \text{ mm} \right) = 3500 \text{ mm}$$

a. Panel Luar Dengan Balok Tepi

$$h = \frac{Ln \text{ max}}{46,67} = \frac{3700 \text{ mm}}{46,67} = 94,702 \text{ mm}$$

Tinggi pelat adalah 94,702 mm tidak memenuhi syarat tebal pelat dengan *droppanel* maka diambil tebal pelat sesuai dengan data bangunan yaitu 250 mm.

$$\therefore h = 250 \text{ mm}$$

b. Panel Dalam

$$h = \frac{Ln \text{ max}}{46,67} = \frac{3700 \text{ mm}}{46,67} = 94,702 \text{ mm}$$

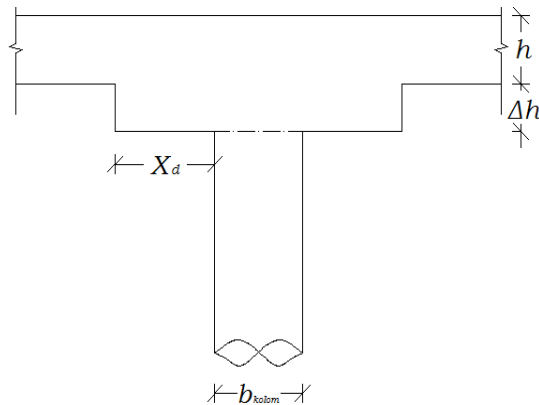
Tinggi pelat adalah 94,702 mm tidak memenuhi syarat tebal pelat dengan *droppanel* maka diambil tebal pelat sesuai dengan data bangunan yaitu 250 mm.

$$\therefore h = 250 \text{ mm}$$

Tebal *drop panel* sebagaimana diatur dalam SNI 03 – 2847 – 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung memiliki persyaratan seperti berikut.

1. Menjorok di bawah *slab* paling sedikit seperempat tebal *slab* di sebelahnya
2. Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan

dalam arah tersebut. Tebal *drop panel* diperhitungkan berdasarkan pada persamaan di bawah ini.



Gambar 5. 1 Flat Slab Dengan Drop Panel

Bagian-bagian perhitungan *drop panel* dapat dilihat pada Gambar 5.1. Lebar *drop panel* diasumsikan sebesar $X_d = 750$ mm dengan syarat tebal *drop panel* sebagai berikut.

$$\text{Syarat} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{6} \leq \frac{X_d}{l_d} \leq \frac{1}{4}$$

$$X_d = 750 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{6} \leq \frac{750 \text{ mm}}{4100 \text{ mm}} \leq \frac{1}{4} = \frac{1}{6} \leq \frac{1}{4} \leq \frac{1}{4} \rightarrow \text{OK!!}$$

$$\Delta h \geq \frac{1}{4} h_{\text{pelat}} = \frac{1}{4} \times 250 \text{ mm} = 62,5 \text{ mm} \cong 75 \text{ mm}$$

$$h_{\text{pelat}} + \Delta h = 250 \text{ mm} + 75 \text{ mm} = 325 \text{ mm}$$

2. Pembebanan

Beban-belan yang bekerja pada pelat adalah sebagai berikut:

a. Beban Pelat

1) Beban Mati (Qd)

$$\begin{aligned} \text{Pelat Sendiri} &= h \times \text{BJ. Volume Beton} \\ &= 0,25 \text{ m} \times 23,54 \text{ KN/m}^3 = 5,886 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Drop Panel} &= h \times \text{BJ. Volume Beton} \\ &= 0,075 \text{ m} \times 23,544 \text{ KN/m}^3 = 1,766 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spesi} &= h \times \text{BJ. Spesi} \\ &= 0,05 \text{ m} \times 30,411 \text{ KN/m}^3 = 1,521 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Pasir} = h \times \text{BJ. Pasir}$$

	$= 0,1 \text{ m} \times 17,658 \text{ KN/m}^3$	$= 1,766 \text{ KN/m}^2$
Keramik	$= \text{Berat Keramik}$	$= 0,235 \text{ KN/m}^2$
<u>Eternit</u>	$= \text{Berat Eternit}$	$= 0,108 \text{ KN/m}^2+$
Total Beban Mati (Qd)		$= 11,282 \text{ KN/m}^2$

2) Beban Hidup (Ql)

$$\text{Beban Hidup Rumah Susun} = 2,453 \text{ KN/m}^2$$

b. Beban Atap

1) Beban Mati (Qd)

Pelat Sendiri	$= h \times \text{BJ. Volume Beton}$	
	$= 0,1 \text{ m} \times 23,54 \text{ KN/m}^3$	$= 2,354 \text{ KN/m}^2$
Spesi	$= h \times \text{BJ. Spesi}$	
	$= 0,05 \text{ m} \times 30,411 \text{ KN/m}^3$	$= 1,521 \text{ KN/m}^2$
Lap. Kedap Air	$= h \times \text{BJ. Lapisan Kedap Air}$	
	$= 0,03 \text{ m} \times 18,639 \text{ KN/m}^3$	$= 0,559 \text{ KN/m}^2$
Berat Pasir	$= h \times \text{BJ. Pasir}$	
	$= 0,01 \text{ m} \times 17,658 \text{ KN/m}^3$	$= 1,766 \text{ KN/m}^2$
<u>Eternit</u>	$= \text{Berat Eternit}$	$= 0,108 \text{ KN/m}^2+$
Total Beban Mati (Qd)		$= 6,308 \text{ KN/m}^2$

2) Beban Hidup (Ql)

$$\text{Beban Hidup Rumah Susun} = 0,981 \text{ KN/m}^2$$

c. Beban Gempa

Fungsi bangunan adalah sebagai rumah susun yang termasuk kategori resiko gempa II dengan faktor keutamaan gempa (I_e) sama dengan 1,0 (lih. Tabel 3.8). Konstruksi bangunan gedung menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

(1) Menentukan Parameter Percepatan Batuan Dasar



(a)

(b)

Gambar 5.2 Peta Wilayah Gempa Kab. Sleman, DI. Yogyakarta

(a). S_s (1,2 – 1,5 g)

(b). S_1 (0,5 – 0,6 g)

Hasil untuk nilai S_s dan S_1 diambil langsung dengan menggunakan peta data dari Puskim PU sebagai berikut.

Jenis Batuan Tanah Lunak (E)	
Variabel	Nilai
PGA (g)	0.601
S_s (g)	1.435
S_1 (g)	0.517
C_{RS}	0.901
C_{R1}	0.000
F_{PGA}	0.900

Gambar 5.3 Hasil Data Gempa Puskim PU Untuk Wilayah Tegaltirto, Sleman, D.I. Yogyakarta

Dari gambar 5.3 nilai dari S_s adalah 1,435 dan S_1 adalah 0,517.

(2) Menentukan Koefisien Situs (*Site Coefficient*)

Lokasi bangunan terdapat pada wilayah DI. Yogyakarta dengan kelas situs D yaitu kondisi tanah sedang (lihat Tabel 3.4 dan Tabel 3.5).

(a). $S_s = 1,435$; $F_a = 1,0$ (Tabel 3.4)

(b). $S_1 = 0,517$; $F_v = 2,8272$ (Tabel 3.5 dihitung secara interpolasi)

(3) Menentukan Parameter Respon Spektrum

$$\begin{aligned} SM_s &= F_a \times S_s \\ &= 1,435 \times 1,0 = 1,435 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SM_1 &= F_v \times S_1 \\ &= 0,3 \times 2,8272 = 1,4617 \text{ g} \end{aligned}$$

(4) Menentukan Respon Desain

$$\begin{aligned}
 S_{Ds} &= \frac{2}{3} SM_s \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,435 \text{ g} = 0,9567 \text{ g} \\
 S_{D1} &= \frac{2}{3} SM_1 \\
 &= \frac{2}{3} \times 1,4617 \text{ g} = 0,9744 \text{ g}
 \end{aligned}$$

(5) Menentukan Waktu Getar Alami

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \frac{SD_1}{SD_s} \\
 &= 0,2 \times \frac{0,9744}{0,9567} = 0,2037 \\
 T_s &= \frac{SD_1}{SD_s} \\
 &= \frac{0,9744}{0,9567} = 1,01858 \\
 T &= C_t \times h_n^x \\
 &= 0,0466 \times 16,01^{0,9} \\
 &= 0,565
 \end{aligned}$$

(6) Spektrum Respons Percepatan Desain

$$\begin{aligned}
 \text{Periode } (T) \geq T_0, \text{ maka } S_a &= \frac{S_{D1}}{T} \\
 S_a &= \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,9744}{0,565} = 1,724
 \end{aligned}$$

(7) Menentukan Nilai Batas Atas Periode yang Dihitung

Nilai Periode Maksimum

$$\begin{aligned}
 T_{max} &= C_u \times T \\
 &= 1,4 \times 0,565 \\
 &= 0,791
 \end{aligned}$$

(8) Perhitungan Koefisien Respons Seismik

R adalah tingkat daktilitas struktur, $R = 8$

I_e adalah faktor keutamaan struktur, $I_e = 1,0$

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{(R/I_e)} = \frac{0,9567}{8/1,0} = 0,1196$$

Nilai C_s yang dihitung menurut persamaan diatas tidak perlu melebihi persamaan berikut.

$$C_{s\text{upperbound}} = \frac{S_{D_s}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

$$= \frac{0,9567}{0,565 \times \left(\frac{8}{1,0} \right)} = 0,2117$$

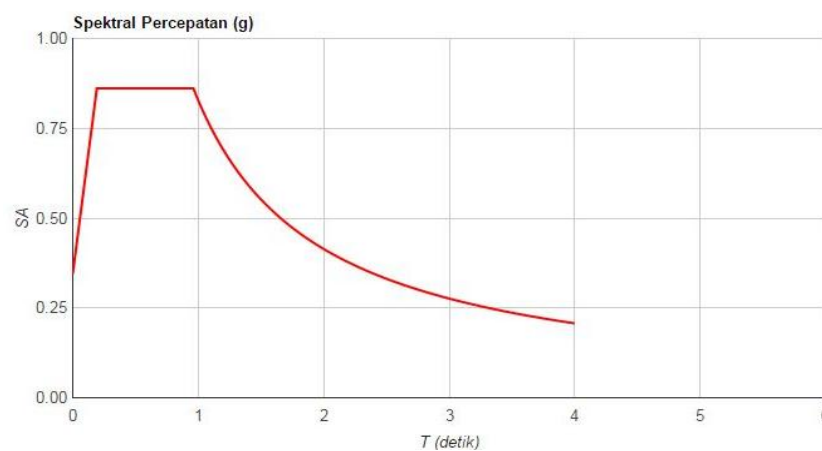
Nilai C_s harus tidak kurang dari :

$$C_{s\text{lowerbound}} = 0,044 \cdot S_{D_s} \cdot I_e \geq 0,01$$

$$= 0,044 \times 0,9567 \times 1,0 \geq 0,01$$

$$= 0,042 \geq 0,01 \rightarrow \mathbf{OK!}$$

Jadi, nilai C_s yang digunakan adalah 0,1196 karena terletak di interval antara $C_s\text{upperbound}$ dan $C_s\text{lowerbound}$. Sehingga respon spektrum yang dihasilkan terlihat pada gambar 5.4

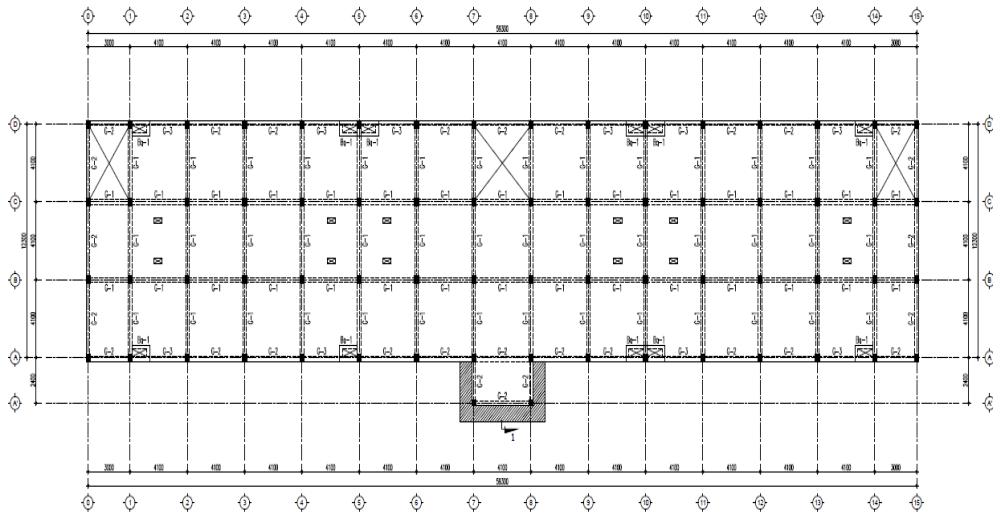


Gambar 5.4 Respon Spektrum Gempa Lokasi Rumah Susun

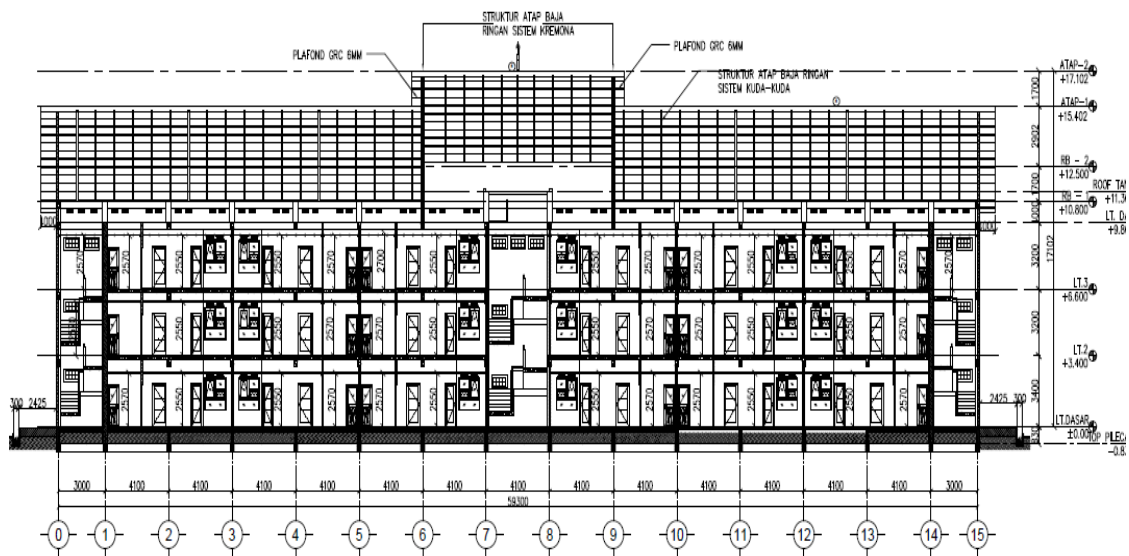
5.2.2. Permodelan Struktur Menggunakan ETABS

Permodelan objek bangunan penelitian dilakukan dengan aplikasi bantuan yaitu ETABS_{vr. 15.2.2} (lih Gambar 5.7 dan 5.8). Beban - beban yang telah dihitung kemudian dimasukkan pada permodelan untuk selanjutnya dihitung secara numerik oleh ETABS. Permodelan struktur bangunan gedung dilakukan secara 3D dengan menggambar seluruh elemen struktur seperti balok, kolom, pelat, dan *shear wall*.

Acuan permodelan dilakukan sesuai dengan denah asli objek bangunan (lih. Gambar 5.5 dan 5.6).



Gambar 5.5 Denah Struktur Bangunan Lantai 1



Gambar 5.6 Potongan Bangunan Tampak Depan

Beban yang dimasukkan pada permodelan berupa beban kombinasi. Ketentuan kombinasi telah dijelaskan pada Bab 3 sesuai dengan SNI 03 – 1726 – 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Beban tersebut adalah sebagai berikut.

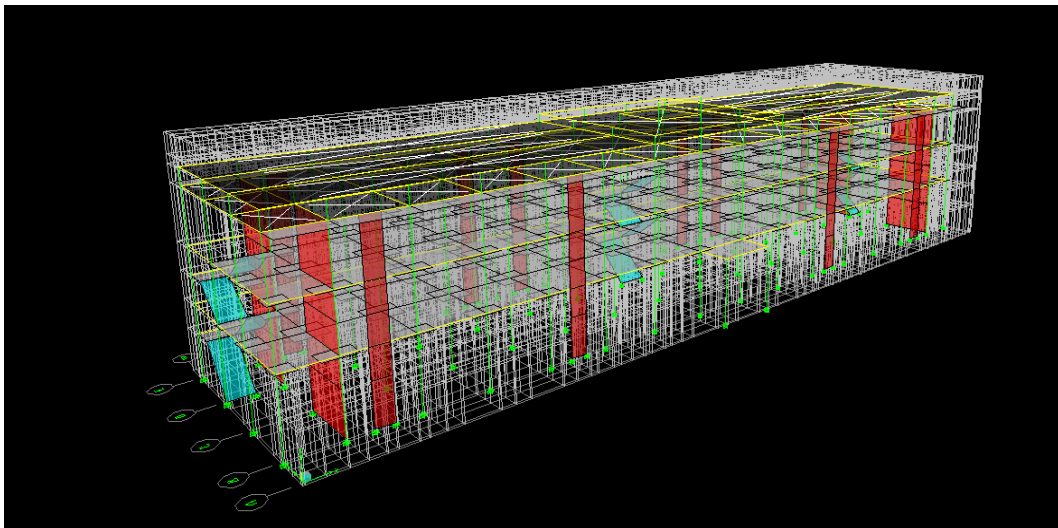
$$1,4 D$$

$$1,2 D + 1,6 L$$

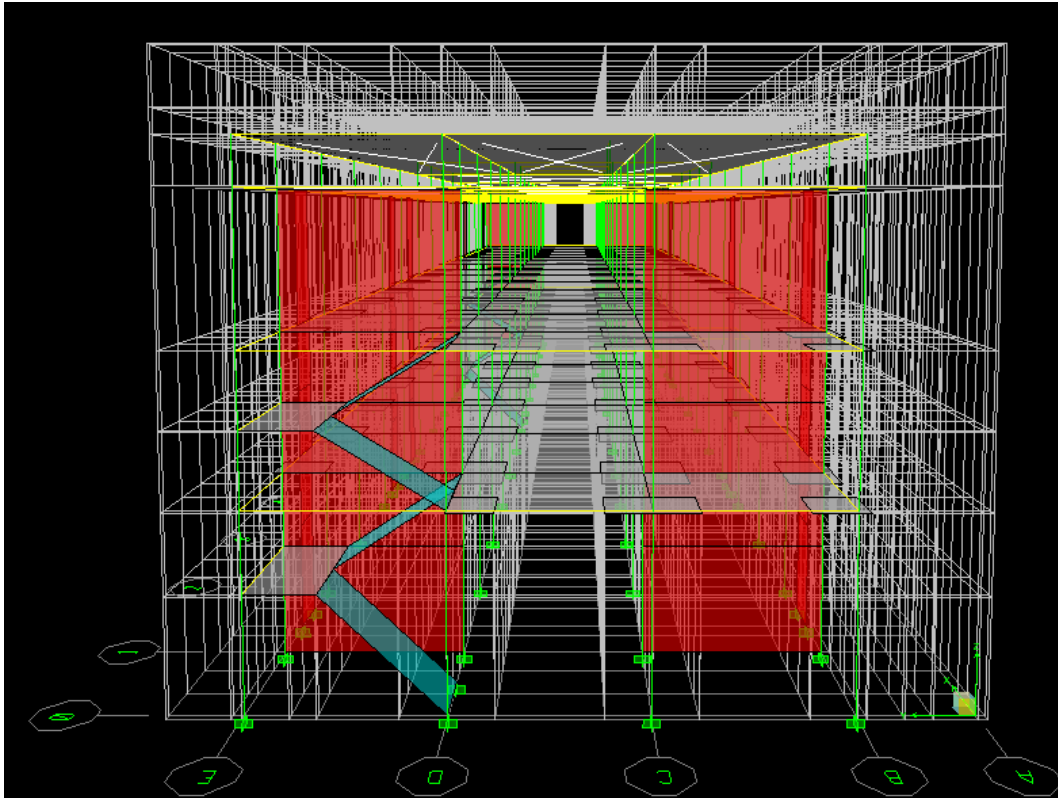
$$1,2 D + 1,0 L + 1,0 EQ_X + 0,3 EQ_Y$$

$1,2 D + 1,0 L + 1,0 EQ_X - 0,3 EQ_Y$
 $1,2 D + 1,0 L - 1,0 EQ_X + 0,3 EQ_Y$
 $1,2 D + 1,0 L - 1,0 EQ_X - 0,3 EQ_Y$
 $1,2 D + 1,0 L + 0,3 EQ_X + 1,0 EQ_Y$
 $1,2 D + 1,0 L + 0,3 EQ_X - 1,0 EQ_Y$
 $1,2 D + 1,0 L - 0,3 EQ_X + 1,0 EQ_Y$
 $1,2 D + 1,0 L - 0,3 EQ_X - 1,0 EQ_Y$
 $0,9 D + 1,0 EQ_X + 0,3 EQ_Y$
 $0,9 D + 1,0 EQ_X - 0,3 EQ_Y$
 $0,9 D - 1,0 EQ_X + 0,3 EQ_Y$
 $0,9 D - 1,0 EQ_X - 0,3 EQ_Y$
 $0,9 D + 0,3 EQ_X + 1,0 EQ_Y$
 $0,9 D + 0,3 EQ_X - 1,0 EQ_Y$
 $0,9 D - 0,3 EQ_X + 1,0 EQ_Y$
 $0,9 D - 0,3 EQ_X - 1,0 EQ_Y$

Permodelan objek bangunan Rumah Susun Pekerja Keluarga TNI-AD adalah seperti ditunjukkan pada gambar 5.7 dan gambar 5.8



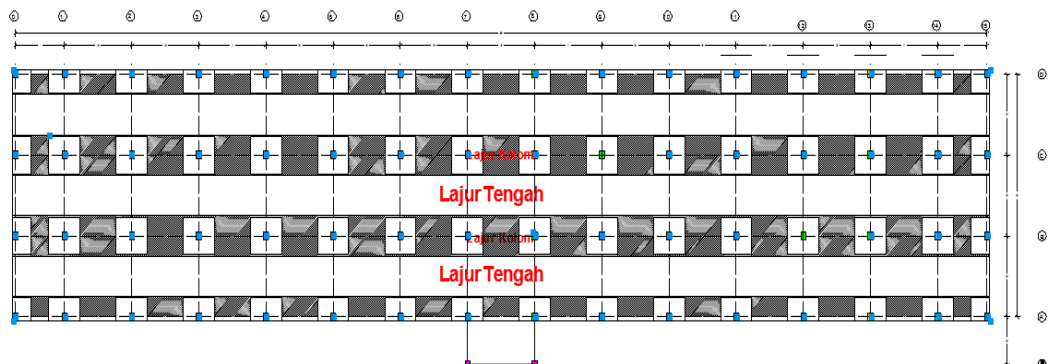
Gambar 5.7 Permodelan Struktur pada ETABS *vr. 9.6.0* Arah X



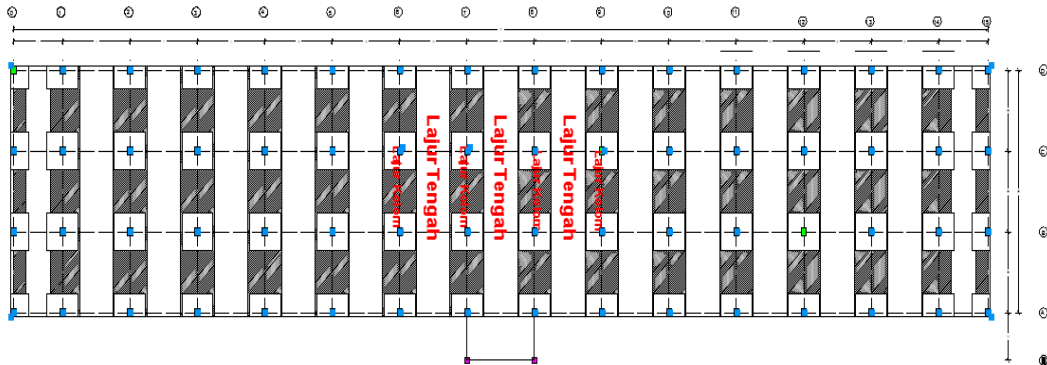
Gambar 5.8 Permodelan Struktur pada ETABS *vr. 9.6.0* Arah Y

5.2.3. Metode Perencanaan Langsung

Pada metode ini, momen total (M_o) yang terjadi pada *slab* didistribusikan menggunakan koefisien momen ke penampang pelat sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2013 pasal 13.6.3. Momen total (M_o) dibagi sesuai dengan lajur pada pelat, yaitu lajur kolom dan lajur tengah.



Gambar 5.9 Pembagian Lajur Arah X



Gambar 5.10 Pembagian Lajur Arah Y

Momen total pada pelat diketahui secara numerik melalui program struktur ETABS, momen sesuai dengan ukuran pelat ditampilkan dalam Tabel 5.2 sampai dengan Tabel 5.4 berikut ini

Tabel 5.2 Hasil Momen Slab Ukuran 3 m x 4,1 m

Hasil Momen Pada Slab Ukuran 3m x 4,1 m							
No.	Kode Slab	Momen Total (KNm)		Kombinasi Terbesar		Yang Digunakan	
		Mo				M ₁₁	M ₂₂
		M ₁₁	M ₂₂	M ₁₁	M ₂₂		
1	83	35,359	36,850	COMB-3	COMB-2	2	
2	85	54,749	107,940	COMB-3	COMB-2		
3	127	46,442	46,618	COMB-3	COMB-2		
4	128	58,532	129,326	COMB-2	COMB-2		
1	83	39,291	39,510	COMB-3	COMB-2	3	
2	85	72,114	139,061	COMB-2	COMB-2		
3	127	54,328	52,765	COMB-2	COMB-2		
4	128	135,461	210,928	COMB-2	COMB-2		
Momen yang Digunakan		135,4612	210,9278	COMB-2	COMB-2		

Tabel 5.3 Hasil Momen Slab Ukuran 4,1 m x 4,1 m

Hasil Momen Pada Slab Ukuran 4,1 m x 4,1 m							
No.	Kode Slab	Momen Total (KNm)		Kombinasi Terbesar		Yang Digunakan	
		M ₀				M ₁₁	M ₂₂
		M ₁₁	M ₂₂	M ₁₁	M ₂₂		
1	88	111,9551	119,7039	COMB-3	COMB-3	2	
2	89	93,78711	118,7144	COMB-2	COMB-2		
3	90	162,3111	128,633	COMB-2	COMB-2		
4	91	85,09502	93,73241	COMB-3	COMB-3		
5	92	83,3752	91,61514	COMB-3	COMB-3		
6	93	75,74774	82,27727	COMB-4	COMB-3		
7	94	81,82674	92,25254	COMB-3	COMB-3		
8	95	80,16154	89,69565	COMB-3	COMB-3		
9	96	71,69957	80,70109	COMB-4	COMB-3		
10	97	76,40991	84,62966	COMB-3	COMB-3		
11	98	71,92996	84,37614	COMB-3	COMB-3		
12	99	59,43574	85,33387	COMB-4	COMB-3		
13	100	82,00569	91,90634	COMB-3	COMB-3		
14	101	75,37029	88,07852	COMB-3	COMB-3		
15	102	61,99289	82,7047	COMB-4	COMB-3		
16	103	83,27735	93,08655	COMB-3	COMB-3		
17	104	81,72563	92,81367	COMB-3	COMB-3		
18	105	73,41913	89,93839	COMB-4	COMB-3		
19	106	81,54701	92,681	COMB-3	COMB-3		
20	107	69,4194	74,06662	COMB-4	COMB-3		
21	109	84,27408	95,40091	COMB-3	COMB-3		
22	110	82,8867	93,97688	COMB-3	COMB-3		
23	111	77,09887	87,87827	COMB-4	COMB-3		
24	112	81,10405	92,52651	COMB-3	COMB-3		
25	113	74,02123	88,4204	COMB-3	COMB-3		
26	114	63,03475	90,74116	COMB-3	COMB-3		
27	115	77,57313	88,23321	COMB-3	COMB-3		
28	116	74,11424	88,66951	COMB-3	COMB-3		
29	117	60,29377	84,1676	COMB-4	COMB-3		
30	118	86,06961	98,45466	COMB-3	COMB-3		
31	119	83,36741	95,41642	COMB-3	COMB-3		
32	120	72,47209	86,6407	COMB-4	COMB-3		

Hasil Momen Pada Slab Ukuran 4,1 m x 4,1 m							
No.	Kode Slab	Momen Total (KNm)		Kombinasi Terbesar		Yang Digunakan	
		Mo		M ₁₁	M ₂₂	M ₁₁	M ₂₂
		M ₁₁	M ₂₂				
33	121	84,96896	98,01706	COMB-3	COMB-3	2	
34	122	85,74403	96,12773	COMB-3	COMB-3		
35	123	72,2055	88,01334	COMB-4	COMB-3		
36	124	194,029	201,9894	COMB-2	COMB-2		
37	125	112,3366	145,0025	COMB-2	COMB-2		
38	126	214,5543	165,791	COMB-2	COMB-2		
1	88	141,5256	150,1665	COMB-2	COMB-3	3	
2	89	112,7344	148,2237	COMB-2	COMB-2		
3	90	221,9364	170,9588	COMB-2	COMB-2		
4	91	86,51117	95,94941	COMB-3	COMB-3		
5	92	84,71429	95,01933	COMB-3	COMB-3		
6	93	75,18492	87,74294	COMB-3	COMB-3		
7	94	82,54632	94,15551	COMB-3	COMB-3		
8	95	80,36784	92,6423	COMB-3	COMB-3		
9	96	70,56663	85,65592	COMB-3	COMB-3		
10	97	76,9434	85,84567	COMB-3	COMB-3		
11	98	70,95905	85,76138	COMB-3	COMB-3		
12	99	71,00974	98,03274	COMB-3	COMB-3		
13	100	82,62913	93,15758	COMB-3	COMB-3		
14	101	74,81657	88,98798	COMB-3	COMB-3		
15	102	71,65919	98,49419	COMB-3	COMB-3		
16	103	87,03367	99,76367	COMB-3	COMB-3		
17	104	81,1519	95,99908	COMB-3	COMB-3		
18	105	69,60335	96,26475	COMB-4	COMB-2		
19	106	85,22797	99,32429	COMB-3	COMB-3		
20	107	70,07431	89,267	COMB-4	COMB-3		
21	109	85,35369	98,87048	COMB-3	COMB-3		
22	110	82,2938	94,48665	COMB-3	COMB-3		
23	111	73,46953	93,97074	COMB-4	COMB-2		
24	112	81,87589	93,63848	COMB-3	COMB-3		
25	113	73,27545	89,19774	COMB-3	COMB-3		
26	114	81,15483	105,8797	COMB-3	COMB-3		
27	115	78,21214	89,58733	COMB-3	COMB-3		
28	116	73,56847	90,10146	COMB-3	COMB-3		
29	117	65,28276	98,93514	COMB-3	COMB-3		
30	118	87,33431	100,5446	COMB-3	COMB-3		

Hasil Momen Pada Slab Ukuran 4,1 m x 4,1 m							
No.	Kode Slab	Momen Total (KNm)		Kombinasi Terbesar		Yang Digunakan	
		M _o				M ₁₁	M ₂₂
		M ₁₁	M ₂₂				
31	119	84,12536	98,34743	COMB-3	COMB-3	3	
32	120	71,29373	92,36959	COMB-4	COMB-3		
33	121	85,69703	100,1796	COMB-3	COMB-3		
34	122	84,08999	99,59634	COMB-3	COMB-3		
35	123	71,60833	94,26265	COMB-4	COMB-3		
36	124	272,6277	255,393	COMB-2	COMB-2		
37	125	145,0705	197,7339	COMB-2	COMB-2		
38	126	305,4211	229,4968	COMB-2	COMB-2		
Momen yang Digunakan		305,4211	255,393	COMB-2	COMB-2		

Momen yang digunakan dalam desain adalah total momen terbesar dalam arah X dan arah Y. Momen terbesar didistribusikan sesuai dengan lajur terbagi pada pelat yaitu lajur kolom dan lajur tengah. Bangunan gedung didesain ulang dengan balok tepi pada panel eksterior, oleh karena itu perhitungan balok tepi diperlukan untuk pengecekan dimensi kolom, balok, tebal pelat dan *drop panel* telah memenuhi persyaratan yang telah di tentukan.

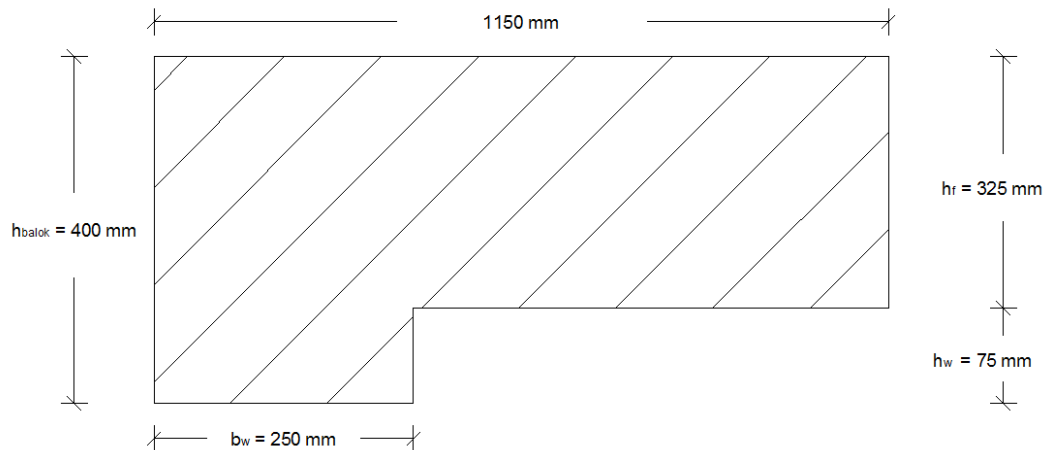
Momen terfaktor pada lajur kolom harus diproporsikan untuk menahan bagian berikut dalam persen momen terfaktor negatif interior. Proporsi untuk setiap lajur telah ditentukan pada SNI 03 – 2847 – 2013.

Tabel 5.4 Persentase Momen Rencana Negatif Interior yang Ditahan Oleh Lajur Kolom.

l_2/l_1	0,5	1,0	2,0
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} = 0$	75	75	75
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} \geq 1,0$	90	75	45

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2013)

Dengan *slab* dengan balok tepi, perbandingan bentang panjang dan pendek (l_2/l_1) = 1,367 dengan nilai $\alpha = 0$ maka interpolasi dilakukan sehingga didapat persentase momen rencana negatif interior yang lajur kolom adalah 75 %.



Gambar 5.11 Balok-Pelat Bagian Tepi

Diketahui :

$$\begin{aligned} h_{\text{balok}} &= 400 \text{ mm} \\ h_f &= 325 \text{ mm} \text{ (} h_{\text{droppanel}} + h_{\text{pelat}} \text{)} \\ h_w &= 75 \text{ mm} \\ b_w &= 250 \text{ mm} \\ l_{\text{droppanel}} &= 1150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sesuai dengan gambar 5.11 diambil titik berat pada bagian balok-pelat sebagai berikut.

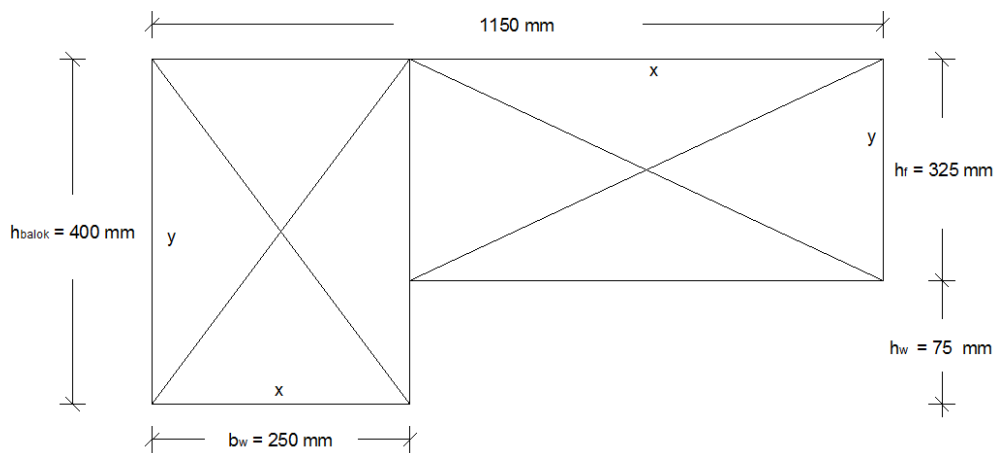
$$\text{Syarat} \rightarrow h_w \leq 4 h_f$$

$$75 \text{ mm} \leq 4 (325 \text{ mm})$$

$$75 \text{ mm} \leq 1300 \text{ mm} \text{ (OK!)}$$

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{\left(250 \times 400 \left(\frac{1}{2} \times 400\right)\right) + \left((1150 - 250) \times 325 \times \left(\left(\frac{1}{2} \times 325\right) + 75\right)\right)}{(250 \times 400) + ((1150 - 250) \times 325)} \\ &= \frac{(250 \times 400 \times 200) + (900 \times 325 \times 75)}{(250 \times 400) + (900 \times 325)} = 325,602 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_b &= \left(\frac{250 \times 400^3}{12} \right) + (250 \times 400) \times \left(277,946 - \frac{400}{2} \right)^2 + \left(\frac{900 \times 325^3}{12} \right) + \\
 &\quad (900 \times 325) \times (1062,5 - 227,946)^2 \\
 &= 9.628.206.212 \text{ mm}^4 \\
 I_s &= \frac{1}{12} \times \left(\frac{4100}{2} + \frac{250}{2} \right) \times 325^3 \\
 &= 6.150.455.729 \text{ mm}^4 \\
 \alpha_f &= \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cs} \times I_s} \\
 &= \frac{9.628.206.212 \text{ mm}^4}{6.150.455.729 \text{ mm}^4} \\
 &= 1,5654 > 0,8 \text{ (OK!)}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.12 Balok Tepi yang Mengalami Puntir

$$\begin{aligned}
 I_s &= 6.150.455.729 \text{ mm}^4 \\
 C &= \sum \left[1 - 0,63 \left(\frac{x}{y} \right) \right] \times \frac{x^3 y}{3} \\
 &= \left[1 - 0,63 \left(\frac{250}{400} \right) \right] \times \frac{250^3 \times 400}{3} + \left[1 - 0,63 \left(\frac{900}{325} \right) \right] \times \frac{900^3 \times 325}{3} \\
 &= 17.218.563.802 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Nilai $E_{cb} = E_{cs}$, maka nilai β_t adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \beta_t &= \frac{E_{cb} \cdot C}{2 E_{cs} \cdot I_s} \\
 &= \frac{17.218.563.802 \text{ mm}^4}{6.150.455.729 \text{ mm}^4} = 2,800 \geq 2,5 \text{ (OK!)}
 \end{aligned}$$

Momen rencana negatif eksterior yang ditahan lajur kolom diproporsikan sesuai dengan tabel dibawah ini.

Tabel 5.5 Persentase Momen Rencana Negatif Eksterior yang Ditahan Oleh Lajur Kolom

l_2/l_1		0,5	1,0	2,0
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} = 0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	75	75	75
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} \geq 1,0$	$\beta_t = 0$	100	100	100
	$\beta_t \geq 2,5$	90	75	45

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2015)

Dengan *slab* dengan balok tepi, perbandingan bentang panjang dan pendek (l_2/l_1) = 1,367 dengan $\alpha = 1,5654$ dan $\beta_t = 2,8$ sehingga persentasi momen rencana negatif pada lajur kolom adalah sebesar 64% .

Momen positif yang terjadi pada lajur kolom diproporsikan sesuai dengan tabel di bawah ini.

Tabel 5.6 Persentase Momen Rencana Positif yang Ditahan Oleh Lajur Kolom

l_2/l_1	0,5	1,0	2,0
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} = 0$	60	60	60
$\frac{\alpha_1 \cdot l_2}{l_1} \geq 1,0$	90	75	45

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (2015)

Dengan *slab* tanpa balok, perbandingan bentang panjang dan pendek (l_2/l_1) = 1,367 dengan $\alpha = 0$ sehingga persentasi momen rencana negatif pada lajur kolom adalah sebesar 60% .

Analisis yang dilakukan selanjutnya adalah mendistribusikan momen total (M_o) dari ujung bentang sesuai dengan Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.7 Distribusi Momen Bentang Total Pada Ujung Bentang

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Tepi eksterior tak terkekang	Slab dengan balok di antara semua tumpuan	Slab tanpa balok di antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Momen terfaktor negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Momen terfaktor positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Momen terfaktor negatif eksterior	0	0,16	0,28	0,30	0,65

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, 2015

Perhitungan distribusi momen dilakukan pada setiap *slab* dengan ukuran masing-masing, maka perhitungan dibawah ini mengambil contoh perhitungan pada *slab* dengan ukuran 3 m x 4,1 m dan untuk *slab* dengan ukuran lain akan direkap pada lampiran (2). Momen terbesar yang dihasilkan pada *slab* 3 m x 4,1 m sesuai dengan hasil analisis numerik menggunakan ETABS adalah sebagai berikut.

$$M_{11} = 135,461 \text{ KNm} \rightarrow \text{Arah X}$$

$$M_{22} = 210,928 \text{ KNm} \rightarrow \text{Arah Y}$$

1. Distribusi momen dilakukan dengan koefisien momen pada bentang yang diambil pada Tabel 5.8 , sehingga momen yang terjadi adalah sebagai berikut.

a. Nilai Distribusi Momen Pada Arah X

1) Panel Bentang Ujung

$$\begin{aligned} \text{(a) Momen Negatif Interior } (M_i) &= 0,7 M_o &= 0,7 \cdot 135,461 \text{ kNm} \\ & &= 94,823 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(b) Momen Positif } (M_m^+) &= 0,5 M_o = 0,5 \cdot 135,461 \text{ kNm} \\
 &= 67,731 \text{ kNm} \\
 \text{(c) Momen Negatif Eksterior } (M_e^-) &= 0,3 M_o = 0,3 \cdot 135,461 \text{ kNm} \\
 &= 40,638 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

2) Panel Bentang Dalam

Momen statis total, (M_o) bentang interior harus didistribusikan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{(a) Momen Negatif } (M^-) &= 0,65 M_o = 0,65 \cdot 135,461 \text{ kNm} \\
 &= 88,050 \text{ kNm} \\
 \text{(d) Momen Positif } (M^+) &= 0,35 M_o = 0,35 \cdot 135,461 \text{ kNm} \\
 &= 47,411 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

b. Nilai Distribusi Momen Pada Arah Y

1) Panel Bentang Ujung

$$\begin{aligned}
 \text{(a) Momen Negatif Interior } (M_i^-) &= 0,7 M_o = 0,7 \cdot 210,928 \text{ kNm} \\
 &= 147,649 \text{ kNm} \\
 \text{(b) Momen Positif } (M_m^+) &= 0,5 M_o = 0,5 \cdot 210,928 \text{ kNm} \\
 &= 73,825 \text{ kNm} \\
 \text{(c) Momen Negatif Eksterior } (M_e^-) &= 0,3 M_o = 0,3 \cdot 210,928 \text{ kNm} \\
 &= 22,147 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

2) Panel Dalam

$$\begin{aligned}
 \text{(e) Momen Negatif } (M^-) &= 0,65 M_o = 0,65 \cdot 210,928 \text{ kNm} \\
 &= 137,103 \text{ kNm} \\
 \text{(f) Momen Positif } (M^+) &= 0,35 M_o = 0,35 \cdot 210,928 \text{ kNm} \\
 &= 89,117 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

5.2.4. Perhitungan Tulangan Pelat

Momen yang telah didistribusikan sesuai dengan koefisien masing-masing bagian *slab* dapat dicari kebutuhan tulangan yang dibutuhkan. Langkah perhitungan kebutuhan pelat dapat dilihat seperti di bawah ini :

1. Kebutuhan Tulangan Pada Bentang 3 m x 4,1 m Bentang Ujung (*Eksterior Panel*)

Diketahui :

a. Kuat tekan beton ($f'c$) = 29,05 MPa

b. Kuat baja tulangan (f_y) = 390 MPa

c. ϵ_{cu} = 0,003

d. E_s = 200.000 MPa

e. ϵ_y = $\frac{f_y}{E_s}$
 $= \frac{390 \text{ MPa}}{200.000 \text{ MPa}} = 0,00195$

f. β_1 = $0,85 - \frac{0,05 \cdot (f'c - 28)}{7}$
 $= 0,85 - \frac{0,05 \cdot (29,05 - 28)}{7} = 0,8425$

g. ρ_b = $\frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \times \beta_1 \times \frac{600}{600 + f_y}$
 $= \frac{0,85 \cdot 29,05}{390} \times 0,8425 \times \frac{600}{600 + 390} = 0,0323$

h. ρ_{maks} = $0,75 \rho_b$
 $= 0,75 \cdot 0,0323 = 0,0242$

i. ρ_{min} = $\frac{1,4}{f_y}$
 $= \frac{1,4}{390} = 0,0036$

1) Momen Eksterior Negatif (M_e^-) Lajur Kolom

\emptyset Tulangan Susut = 10 mm

$$A_{S1 \text{ tulangan bagi}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,540 \text{ mm}^2$$

\emptyset Tulangan Pokok = 13 mm

$$A_{S1 \text{ tulangan pokok}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$$

\emptyset Tulangan Pokok = 16 mm

$$\begin{aligned}
 AS_{\text{tulangan pokok}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2 \\
 \ln (\text{panjang slab}) &= \frac{1}{4} \cdot \ln \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3000 \text{ mm} = 750 \text{ mm} \approx 750 \text{ m} \\
 H_{\text{slab}} &= 250 \text{ mm} \\
 \text{Selimut Beton (P}_b) &= 20 \text{ mm} \\
 d_{\text{slab1}} &= P_b + \frac{1}{2} \phi \text{ pokok} \\
 &= 20 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 13 \text{ mm} \right) \\
 &= 26,5 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm} \\
 d_{\text{slab2}} &= P_b + \frac{1}{2} \phi \text{ pokok} \\
 &= 20 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm} \right) \\
 &= 28 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm} \\
 d_{\text{slab}} &= h_{\text{total}} - d_{\text{slab}} \\
 &= 250 \text{ mm} - 30 \text{ mm} \\
 &= 220 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

• **Persen Distribusi Momen Rencana Negatif Eksterior Lajur Kolom**

M_e^- = 40,638 kNm didistribusikan sebesar 64% pada daerah eksterior *slab* sehingga diperoleh momen terfaktor sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 M_e^- &= 64\% \cdot 40,638 \text{ kNm} \\
 &= 26,0085 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn_e^- &= \frac{M_e^-}{\phi} \\
 &= \frac{26,0085 \text{ kNm}}{0,9} \\
 &= 28,8984 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{28,8984 \times 10^6}{750 \cdot 220^2} = 0,7961 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan tulangan lentur negatif adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \times \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 \cdot f'c}} \right) \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,7961}{0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa}}} \right) \right) \\ &= 0,002075 < \rho_{min}\end{aligned}$$

Luas tulangan menggunakan ρ_{min} sebagai rasio tulangan, maka luas tulangan perlu pelat adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}A_{Srencana} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0036 \cdot 750 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm} \\ &= 592,31 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{A_s 1 \emptyset \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{132,732 \text{ mm}^2 \cdot 750 \text{ mm}}{592,310 \text{ mm}^2} \\ &= 168,070 \text{ mm}^2 \approx \mathbf{125 \text{ mm}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s' &= \frac{A_s \times b}{s} \\ &= \frac{592,310 \text{ mm}^2 \times 750 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \\ &= 603,1858 \text{ mm}^2 > 592,310 (A_{Srencana}) \text{ OK!}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{sst} &= 0,002 \times b \times h \\ &= 0,002 \times 750 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \\ &= 500 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Stulangan susut} &= \frac{A_s 1 \emptyset \cdot b}{A_{sst}} \\ &= \frac{78,540 \text{ mm}^2 \cdot 750 \text{ mm}}{500 \text{ mm}^2} \\ &= 157,080 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tulangan Susut yang digunakan adalah P10 – 150

- **Cek Kapasitas Tulangan**

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f'_c \times b \times a = A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'_c \times b \times a \\ &= 0,85 \times 29,05 \text{ MPa} \times 750 \times a \\ &= 18519,375 a \end{aligned}$$

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$28,8984 \times 10^6 = 18519,375 a \left(220 - \frac{a}{2} \right)$$

$$28,8984 \times 10^6 = 3981665,625 a - \left(\frac{18519,375 a^2}{2} \right)$$

$$28,8984 \times 10^6 = 3981665,625 a - 9279,6875 a^2$$

$$9279,6875 a^2 - 3981665,625 a + 28,8984 \times 10^6 = 0$$

Nilai a diambil = 7,211 mm

$$\begin{aligned} C_c &= 18519,375 a \\ &= 18519,375 \times 7,211 \\ &= 133544,934 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{C_c}{f_y} \\ &= \frac{133544,934 \text{ N}}{390 \text{ MPa}} = 342,423 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s}{b \cdot d} \\ &= \frac{342,423 \text{ mm}^2}{750 \text{ mm} \times 220 \text{ mm}} = 0,00208 < \rho_{min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{Sperlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0036 \cdot 750 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm} \\ &= 592,310 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{A_s \cdot 1 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{132,732 \text{ mm}^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{592,310 \text{ mm}^2} \\ &= 224,09335 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

2) Momen Positif (M^+) Lajur Kolom

$$\emptyset \text{ Tulangan Susut} = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{S1} \text{ tulangan bagi} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset \text{ Tulangan Pokok} = 13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{S1} \text{ tulangan pokok} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset \text{ Tulangan Pokok} = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{S1} \text{ tulangan pokok} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$l_n \text{ (panjang slab)} = 2 \left(\frac{1}{4} \cdot l_n \right)$$

$$= 2 \left(\frac{1}{4} \cdot 3000 \right) \text{ mm} = 1500 \text{ mm} \approx 1,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{slab}} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton } (P_b) = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_{S_{\text{slab1}}} &= P_b + \frac{1}{2} \emptyset \text{ pokok} \\ &= 20 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 13 \text{ mm} \right) \\ &= 26,5 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{S_{\text{slab2}}} &= P_b + \frac{1}{2} \emptyset \text{ pokok} \\ &= 20 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm} \right) \\ &= 28 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{slab}} &= h_{\text{total}} - d_{S_{\text{slab}}} \\ &= 250 \text{ mm} - 30 \text{ mm} \\ &= 215 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Persen Distribusi Momen Rencana Positif Lajur Kolom**

M^+ = 67,731 kNm didistribusikan sebesar 60% pada daerah eksterior *slab* sehingga diperoleh momen terfaktor sebagai berikut.

$$M^+ = 60\% \cdot 67,731 \text{ kNm} = 40,6384 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn^+ &= \frac{M^+}{\phi} \\
 &= \frac{40,6384 \text{ kNm}}{0,9} \\
 &= 45,1537 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{45,1537 \times 10^6}{1500 \cdot 220^2} \\
 &= 0,6220 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan tulangan lentur positif adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{0,85 \cdot f'c}{fy} \times \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 Rn}{0,85 \cdot f'c}} \right) \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,6220}{0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa}}} \right) \right) \\
 &= 0,001615 < \rho_{\min}
 \end{aligned}$$

Luas tulangan menggunakan ρ_{\min} sebagai rasio tulangan, maka luas tulangan perlu pelat adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{rencana}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0036 \cdot 1500 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm} \\
 &= 1184,62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{As \cdot 1 \cdot b}{As} \\
 &= \frac{132,732 \text{ mm}^2 \cdot 1500 \text{ mm}}{1184,62 \text{ mm}^2} \\
 &= 168,070 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As' &= \frac{As \cdot b}{s} \\
 &= \frac{1184,62 \text{ mm}^2 \times 1500 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \\
 &= 1206,3716 \text{ mm}^2 > 1184,62 \text{ (} A_{S_{\text{rencana}}}) \text{ OK!}
 \end{aligned}$$

- **Cek Kapasitas Tulangan**

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f'_c \times b \times a = A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'_c \times b \times a \\ &= 0,85 \times 29,05 \text{ MPa} \times 1500 \times a \\ &= 37038,75 a \end{aligned}$$

$$M_n = C_c \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$45,1537 \times 10^6 = 37038,75 a \left(220 - \frac{a}{2} \right)$$

$$45,1537 \times 10^6 = 7963331,25 a - \left(\frac{37038,75 a^2}{2} \right)$$

$$45,1537 \times 10^6 = 7963331,25 a - 18519,37 a^2$$

$$18519,37 a^2 - 7963331,25 a + 45,1537 \times 10^6 = 0$$

Nilai a diambil = 5,613 mm

$$\begin{aligned} C_c &= 24692,5 a \\ &= 24692,5 \times 5,613 \\ &= 207896,263 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{C_c}{f_y} \\ &= \frac{207896,263 \text{ N}}{390 \text{ MPa}} = 533,067 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s}{b \cdot d} \\ &= \frac{533,067 \text{ mm}^2}{1500 \text{ mm} \times 220 \text{ mm}} = 0,00162 < \rho_{\min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{rencana}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0036 \cdot 1500 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm} = 1184,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{A_s \cdot 1 \cdot b}{A_s} \\ &= \frac{132,732 \text{ mm}^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{1184,62 \text{ mm}^2} \\ &= 112,0467 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

3) Momen Interior Negatif (M_i^-) Lajur Kolom

$$\emptyset \text{ Tulangan Susut} = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{S1} \text{ tulangan bagi} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset \text{ Tulangan Pokok} = 13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{S1} \text{ tulangan pokok} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset \text{ Tulangan Pokok} = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{S1} \text{ tulangan pokok} &= \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 201,062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_n \text{ (panjang slab)} &= \left(\frac{1}{4} \cdot l_n\right) \\ &= \left(\frac{1}{4} \cdot 3000\right) \text{ mm} = 750 \text{ mm} \approx 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{\text{slab}} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (P}_b) = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{slab1}} &= P_b + \frac{1}{2} \emptyset \text{ pokok} \\ &= 20 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 13 \text{ mm}\right) \\ &= 26,5 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{slab2}} &= P_b + \frac{1}{2} \emptyset \text{ pokok} \\ &= 20 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \times 16 \text{ mm}\right) \\ &= 28 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{\text{slab}} &= h_{\text{total}} - d_{\text{slab}} \\ &= 250 \text{ mm} - 30 \text{ mm} \\ &= 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

- **Persen Distribusi Momen Rencana Interior Negatif (M_i^-) Lajur Kolom**

$M_i^- = 94,823 \text{ kNm}$ didistribusikan sebesar 75% pada daerah interior *slab* sehingga diperoleh momen terfaktor sebagai berikut.

$$M_i^- = 75\% \cdot 94,823 \text{ kNm}$$

$$= 71,1171 \text{ kNm}$$

$$M_n^- = \frac{M_i^-}{\phi}$$

$$= \frac{71,1171 \text{ kNm}}{0,9}$$

$$= 79,0190 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$= \frac{79,0190 \times 10^6}{750 \cdot 220^2}$$

$$= 0,005852 \text{ MPa}$$

Rasio tulangan yang dibutuhkan tulangan lentur negatif adalah sebagai berikut.

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \times \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa}}{390 \text{ MPa}} \times \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2 \times 0,005852}{0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa}}} \right) \right)$$

$$= 0,005852 > \rho_{\min}$$

Luas tulangan menggunakan ρ_{\min} sebagai rasio tulangan, maka luas tulangan perlu pelat adalah sebagai berikut.

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,005852 \cdot 750 \text{ mm} \cdot 220 \text{ mm}$$

$$= 965,59 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak antar tulangan (s)} = \frac{A_s 1 \phi \cdot b}{A_s}$$

$$= \frac{132,732 \text{ mm}^2 \cdot 750 \text{ mm}}{965,59 \text{ mm}^2}$$

$$= 103,097 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

$$A_s' = \frac{A_s \times b}{s}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{965,59 \text{ mm}^2 \times 750 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \\
 &= 1140,3981 \text{ mm}^2 > 965,59 \text{ (A}_{S\text{rencana}}) \text{ OK!} \\
 A_{sst} &= 0,002 \times b \times h \\
 &= 0,002 \times 750 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \\
 &= 375 \text{ mm}^2 \\
 \text{Stulangan susut} &= \frac{A_s 1 \varnothing \cdot b}{A_{sst}} \\
 &= \frac{78,540 \text{ mm}^2 \cdot 750 \text{ mm}}{375 \text{ mm}^2} \\
 &= 157,080 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan Susut yang digunakan adalah P10 - 150

- **Cek Kapasitas Tulangan**

$$\begin{aligned}
 C_c &= T_s \\
 0,85 \times f'_c \times b \times a &= A_s \times f_y \\
 C_c &= 0,85 \times f'_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 29,05 \text{ MPa} \times 750 \times a \\
 &= 18519,375 a \\
 M_n &= C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 79,0190 \times 10^6 &= 18519,375 a \left(220 - \frac{a}{2} \right) \\
 79,0190 \times 10^6 &= 4074262,5 a - \left(\frac{18519,375 a^2}{2} \right) \\
 79,0190 \times 10^6 &= 4074262,5 a - 9259,6875 a^2 \\
 9259,6875 a^2 - 4074262,5 a + 79,0190 \times 10^6 &= 0 \\
 \text{Nilai } a \text{ diambil} &= 20,334 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 18519,375 a \\
 &= 18519,375 \times 20,334 \\
 &= 376580,882 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$A_s = \frac{C_c}{f_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{376580,882 \text{ N}}{390 \text{ MPa}} = 965,592 \text{ mm}^2 \\
 \rho &= \frac{A_s}{b \cdot d} \\
 &= \frac{965,592 \text{ mm}^2}{750 \text{ mm} \times 220 \text{ mm}} = 0,00585 > \rho_{\min} \\
 \text{Jarak antar tulangan (s)} &= \frac{A_s 1 \emptyset \cdot b}{A_s} \\
 &= \frac{132,732 \text{ mm}^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{965,592 \text{ mm}^2} \\
 &= 137,462 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan yang sama dilakukan pada lajur tengah bentang dan pada daerah bentang dalam. Rekapitulasi hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat 3 m x 4,1 m Arah X

Arah Penulangan X		Momen (kNm)	Faktor Distribusi	Mu pakai (kNm)	As pakai (mm ²)	s	Tulangan Terpasang	Tulangan Susut	
Lajur	Jenis Momen								
Bentang Ujung	Kolom	M _i ⁻	94,823	75%	71,1171	965,592	D13	D13 - 125	P10 - 150
		M ⁺	67,731	60%	40,6384	1184,62	D13	D13 - 100	
		M _e ⁻	40,638	64%	26,0085	592,31	D13	D13 - 200	P10 - 150
	Tengah	M _i ⁻	94,823	25%	23,706	965,592	D16	D16 - 100	
		M ⁺	67,731	40%	27,092	1184,62	D16	D16 - 150	
		M _e ⁻	40,638	36%	14,630	592,31	D16	D16 - 100	
Bentang Dalam	Kolom	M ⁻	88,050	75%	66,0373	893,384	D13	D13 - 125	P10 - 150
		M ⁺	47,411	75%	35,5586	1184,62	D13	D13 - 100	
	Tengah	M ⁻	88,050	25%	22,012	1776,923	D16	D16 - 100	
		M ⁺	47,411	25%	11,853	1184,62	D16	D16 - 150	

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat 3 m x 4,1 m Arah Y

Arah Penulangan Y		Momen (kNm)	Faktor Distribusi	Mu pakai (kNm)	As pakai (mm ²)	s	Tulangan Terpasang	Tulangan Susut	
Lajur	Jenis Momen								
Bentang Ujung	Kolom	M _i ⁻	147,649	75%	110,737	1514,358	D16	D16 - 125	P10 - 150
		M ⁺	73,825	60%	44,295	1618,974	D16	D16 - 120	
		M _e ⁻	22,147	64%	14,174	809,487	D16	D16 - 125	P10 - 150
	Tengah	M _i ⁻	147,649	25%	36,912	2428,462	D19	D19 - 100	
		M ⁺	73,825	40%	29,530	1618,974	D16	D16 - 120	
		M _e ⁻	22,147	36%	7,973	2428,462	D19	D19 - 100	
Bentang Dalam	Kolom	M ⁻	137,103	75%	102,827	1400,283	D16	D16 - 125	P10 - 150
		M ⁺	89,117	75%	66,838	1618,97	D16	D16 - 120	
	Tengah	M ⁻	137,103	25%	34,276	2428,462	D19	D19 - 100	
		M ⁺	89,117	25%	22,279	1618,974	D16	D16 - 120	

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat 4,1 m x 4,1 m Arah X

Arah Penulangan X		Momen (kNm)	Faktor Distribusi	M _{pakai} (kNm)	A _{Spakai} (mm ²)	s	Tulangan Terpasang	Tulangan Susut	
Lajur	Jenis Momen								
Bentang Ujung	Kolom	M _i ⁻	213,795	75%	160,3461	2195,377	D19	D19 - 125	P10 - 150
		M ⁺	152,711	60%	91,6263	1184,20	D16	D16 - 150	
		M _e ⁻	91,626	64%	58,6409	762,43	D19	D19 - 125	P10 - 150
	Tengah	M _i ⁻	213,795	25%	53,449	2483,654	D19	D19 - 100	
		M ⁺	152,711	40%	61,084	783,99	D16	D16 - 100	
		M _e ⁻	91,626	36%	32,985	2483,654	D19	D19 - 100	
Bentang Dalam	Kolom	M ⁻	198,524	75%	148,8928	2025,848	D19	D19 - 125	P10 - 150
		M ⁺	0,350	75%	0,2625	1655,77	D16	D16 - 100	
	Tengah	M ⁻	198,524	25%	49,631	2483,654	D19	D19 - 100	
		M ⁺	0,350	25%	0,088	1655,77	D16	D16 - 100	

Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat 4,1 m x 4,1 m Arah Y

Arah Penulangan Y		Momen (kNm)	Faktor Distribusi	M _{upakai} (kNm)	A _{Spakai} (mm ²)	s	Tulangan Terpasang	Tulangan Susut	
Lajur	Jenis Momen								
Bentang Ujung	Kolom	M _i ⁻	178,775	75%	134,081	1809,944	D16	D16 - 100	P10 - 150
		M ⁺	89,388	60%	53,633	1655,769	D16	D16 - 120	
		M _e ⁻	26,816	64%	17,162	827,885	D16	D16 - 100	P10 - 150
	Tengah	M _i ⁻	178,775	25%	44,694	2483,654	D19	D19 - 100	
		M ⁺	89,388	40%	35,755	1655,77	D16	D16 - 120	
		M _e ⁻	26,816	36%	39,728	2483,65	D19	D19 - 100	
Bentang Dalam	Kolom	M ⁻	166,005	75%	124,504	1672,257	D16	D16 - 120	P10 - 150
		M ⁺	107,904	75%	80,928	1655,77	D16	D16 - 120	
	Tengah	M ⁻	166,005	25%	41,501	2483,654	D19	D19 - 100	
		M ⁺	107,904	25%	26,976	1655,769	D16	D16 - 120	

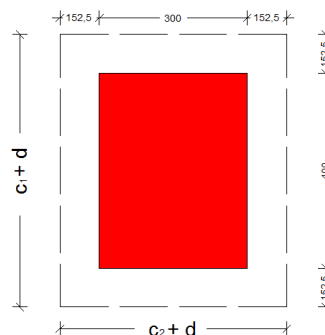
5.2.5. Perhitungan Tulangan *Drop Panel*

Beban – beban yang berada pada pelat disalurkan langsung ke kolom dikarenakan tidak ada balok sepanjang bentang interior. Oleh karena itu untuk menahan geser yang terjadi akibat beban yang disalurkan langsung ke kolom, kolom diberi pelebaran di bagian muka atau disebut dengan *drop panel*. *Drop panel* didesain sedemikian rupa sehingga mempekecil gaya geser yang terjadi antara pelat dan kolom. Perhitungan gaya geser pada muka kolom dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut.

Diketahui:

- Beban mati (Q_d) = 11,282 kN/m²
- Beban hidup (Q_l) = 2,453 kN/m²
- Q_u = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l
 = (1,2 x 11,282 kN/m²) + (1,6 x 2,453 kN/m²)
 = 17,462 KN/m²
- Tebal selimut (P_b) = 20 mm
- d_{slab} = $h_{slab} - P_b$
 = 250 mm – 20 mm
 = 230 mm
- $d_{droppanel}$ = $h_{droppanel} - P_b$
 = 325 mm – 20 mm
 = 305 mm

1. Kolom Interior



Gambar 5.13 Letak Bidang Kritis Kolom Interior

$$C_1 = 400 \text{ mm}$$

$$C_2 = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_1 + d &= 400 \text{ mm} + 305 \text{ mm} \\ &= 705 \text{ mm} \approx 0,705 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2 + d &= 300 \text{ mm} + 305 \text{ mm} \\ &= 605 \text{ mm} \approx 0,605 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_c &= \frac{c_1}{c_2} \\ &= \frac{400 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = 1,333 \end{aligned}$$

a. Gaya Geser Netto Terfaktor.

$$V_u = 12,166 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{12,166 \text{ kN}}{0,75} \\ &= 16,222 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Luas Permukaan Bidang Geser.

$$\begin{aligned} b_o &= 2(c_1 + d + c_2 + d) \\ &= 2(400 + 305 + 300 + 305) \\ &= 2620 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= b_o \times d \\ &= 2620 \text{ mm} \times 305 \text{ mm} \\ &= 799100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. Mencari V_c Terkecil

$$\begin{aligned} 1) V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6} \\ &= \left(1 + \frac{2}{1,33}\right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 799100 \times 10^{-3}}{6} \\ &= 1830,472 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) V_c &= \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \\ &= \left(\frac{40 \cdot 305 \text{ mm}}{2620 \text{ mm}} + 2\right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 799100 \times 10^{-3}}{12} = 2379,564 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 799100 \times 10^{-3} \\
 &= 1421,308 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai terkecil V_c adalah $1421,308 \text{ kN} > (V_u) \rightarrow \text{OK!!}$

d. Perhitungan Tulangan Geser

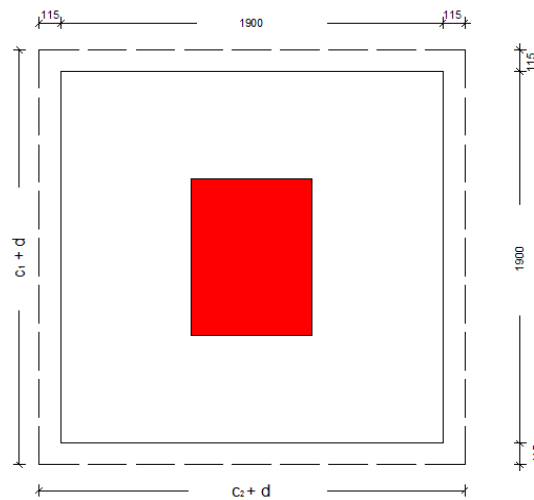
$$\frac{\phi \cdot V_c}{2} = \frac{0,75 \cdot 1421,308 \text{ kN}}{2} = 532,9904 \text{ kN} > V_u$$

$$s \leq d/2 \rightarrow 305 \text{ mm}/2 = 152,5 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Coba digunakan 2 kaki

\therefore Tulangan Geser yang Digunakan P8 – 150

2. Drop Panel Interior



Gambar 5.14 Letak Bidang Kritis Drop Panel Interior

$$C_1 = 1900 \text{ mm}$$

$$C_2 = 1900 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_1 + d &= 1900 \text{ mm} + 230 \text{ mm} \\
 &= 2130 \text{ mm} \approx 2,130 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_2 + d &= 1900 \text{ mm} + 230 \text{ mm} \\
 &= 2130 \text{ mm} \approx 2,130 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\beta_c = \frac{c_1}{c_2} = \frac{1900 \text{ mm}}{1900 \text{ mm}} = 1$$

a. Gaya Geser Netto Terfaktor.

$$V_u = 78,148 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{78,148 \text{ kN}}{0,75} \\ &= 104,197 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Luas Permukaan Bidang Geser.

$$\begin{aligned} b_o &= 2(c_1 + d + c_2 + d) \\ &= 2(1900 + 230 + 1900 + 230) \\ &= 8520 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= b_o \cdot d \\ &= 8520 \text{ mm} \cdot 230 \text{ mm} \\ &= 1959600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. Mencari V_c Terkecil

$$\begin{aligned} 1) V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6} \\ &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1959600 \times 10^{-3}}{6} \\ &= 5386,5497 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) V_c &= \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \\ &= \left(\frac{40 \cdot 230 \text{ mm}}{8520 \text{ mm}} + 2\right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1959600 \times 10^{-3}}{12} \\ &= 2699,8698 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1959600 \times 10^{-3} \\ &= 3485,4145 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai terkecil V_c adalah $2699,8698 \text{ kN} > (V_u) \rightarrow \text{OK!!}$

d. Perhitungan Tulangan Geser

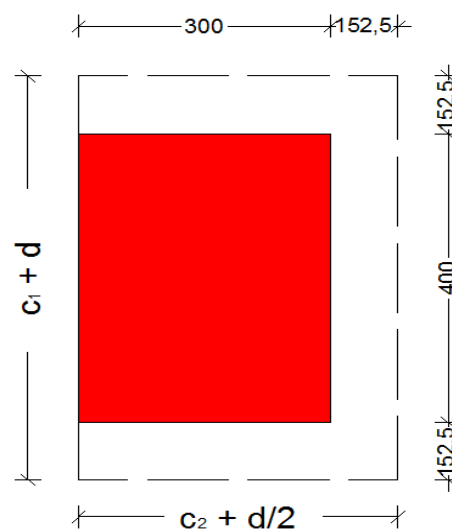
$$\frac{\varphi \cdot V_c}{2} = \frac{0,75 \cdot 2699,8698 \text{ kN}}{2} = 1012,4512 \text{ kN} > V_u$$

$$s \leq d/2 \rightarrow 230 \text{ mm}/2 = 115 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Sengkang digunakan 2 kaki

∴ Tulangan Geser yang Digunakan P8 – 100

3. Kolom Eksterior



Gambar 5.15 Letak Bidang Kritis Kolom Eksterior

$$C_1 = 400 \text{ mm}$$

$$C_2 = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_1 + d &= 400 \text{ mm} + 305 \text{ mm} \\ &= 705 \text{ mm} \approx 0,705 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2 + \frac{d}{2} &= 300 \text{ mm} + \frac{305}{2} \text{ mm} \\ &= 452,5 \text{ mm} \approx 0,4525 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_c &= \frac{c_1}{c_2} \\ &= \frac{400 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = 1,333 \end{aligned}$$

a. Gaya Geser Netto Terfaktor Keliling Kolom.

$$V_u = 25,771 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{25,771 \text{ kN}}{0,75} = 34,361 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Luas Permukaan Bidang Geser.

$$\begin{aligned}
 b_o &= 2 \left(c_1 + d + c_2 + \frac{d}{2} \right) \\
 &= 2(400 + 305 + 300 + 152,5) \\
 &= 2315 \text{ mm} \\
 A_c &= b_o \cdot d \\
 &= 2315 \text{ mm} \cdot 305 \text{ mm} \\
 &= 706075 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c. Mencari V_c Terkecil

$$\begin{aligned}
 4) V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6} \\
 &= \left(1 + \frac{2}{1,33} \right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 706075 \times 10^{-3}}{6} \\
 &= 1617,3828 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5) V_c &= \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \\
 &= \left(\frac{30 \cdot 305 \text{ mm}}{2315 \text{ mm}} + 2 \right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 706075 \times 10^{-3}}{12} \\
 &= 1880,1834 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6) V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 706075 \times 10^{-3} \\
 &= 1255,8502 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Nilai terkecil V_c adalah $1255,8502 > V_u \rightarrow \text{OK!!}$

d. Perhitungan Tulangan Geser

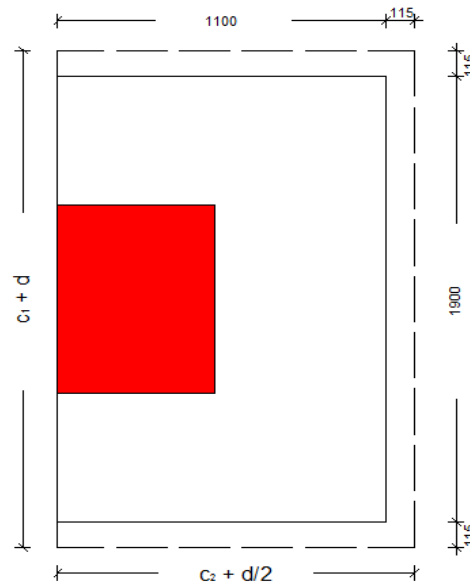
$$\frac{\phi \cdot V_c}{2} = \frac{0,75 \cdot 1255,8502 \text{ kN}}{2} = 470,9438 \text{ kN} > V_u$$

$$s \leq d/2 \rightarrow 305 \text{ mm}/2 = 152,5 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Coba digunakan 2 kaki

\therefore Tulangan Geser yang Digunakan P8 – 50

4. Drop Panel Eksterior



Gambar 5.16 Letak Bidang Kritis Drop Panel Eksterior

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 1900 \text{ mm} \\
 C_2 &= 1100 \text{ mm} \\
 C_1 + d &= 1900 \text{ mm} + 230 \text{ mm} \\
 &= 2130 \text{ mm} \approx 2,130 \text{ m} \\
 C_2 + \frac{d}{2} &= 1100 \text{ mm} + \frac{230}{2} \text{ mm} \\
 &= 1215 \text{ mm} \approx 1,215 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta_c &= \frac{c_1}{c_2} \\
 &= \frac{1900 \text{ mm}}{1100 \text{ mm}} = 1,727
 \end{aligned}$$

a. Gaya Geser Netto Terfaktor

$$V_u = 38,520 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\
 &= \frac{38,520 \text{ kN}}{0,75} \\
 &= 51,360 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Luas Permukaan Bidang Geser.

$$\begin{aligned} b_o &= 2 \left(c_1 + d + c_2 + \frac{d}{2} \right) \\ &= 2 \left(1900 + 230 + 1100 + \frac{230}{2} \right) \\ &= 6690 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_c &= b_o \times d \\ &= 6690 \text{ mm} \times 230 \text{ mm} \\ &= 1538700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

c. Mencari V_c Terkecil

$$\begin{aligned} 1) V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6} \\ &= \left(1 + \frac{2}{1,727} \right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1538700 \times 10^{-3}}{6} \\ &= 3042,3292 \text{ kN} \\ 2) V_c &= \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \\ &= \left(\frac{30 \cdot 230 \text{ mm}}{6690 \text{ mm}} + 2 \right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1538700 \times 10^{-3}}{12} \\ &= 2086,6372 \text{ kN} \\ 3) V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1538700 \times 10^{-3} = 2736,7868 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai terkecil V_c adalah $2086,6372 \text{ kN} > (V_u) \rightarrow \text{OK!!}$

d. Perhitungan Tulangan Geser

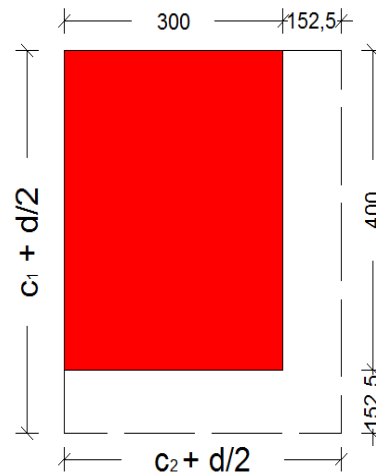
$$\frac{\varphi \cdot V_c}{2} = \frac{0,75 \cdot 2086,6372 \text{ kN}}{2} = 782,4890 \text{ kN} > V_u$$

$$s \leq d/2 \rightarrow 230 \text{ mm}/2 = 115 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Sengkang digunakan 2 kaki

\therefore Tulangan Geser yang Digunakan P8 – 100

5. Kolom Sudut



Gambar 5.17 Letak Bidang Kritis Kolom Sudut

$$C_1 = 400 \text{ mm}$$

$$C_2 = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_1 + \frac{d}{2} &= 400 \text{ mm} + \frac{230}{2} \text{ mm} \\ &= 552,5 \text{ mm} \approx 0,5525 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2 + \frac{d}{2} &= 300 \text{ mm} + \frac{230}{2} \text{ mm} \\ &= 425,5 \text{ mm} \approx 0,4255 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_c &= \frac{c_1}{c_2} \\ &= \frac{400 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = 1,3 \end{aligned}$$

a. Gaya Geser Netto Terfaktor

$$V_u = 21,632 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{21,632 \text{ kN}}{0,75} \\ &= 28,843 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Luas Permukaan Bidang Geser.

$$b_o = 2 \left(c_1 + \frac{d}{2} + c_2 + \frac{d}{2} \right)$$

$$= 2(400 + 152,5 + 300 + 152,5)$$

$$= 2010 \text{ mm}$$

$$A_c = b_o \times d$$

$$= 2010 \text{ mm} \times 305 \text{ mm}$$

$$= 613050 \text{ mm}^2$$

c. Mencari V_c Terkecil

$$\begin{aligned} 1) V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6} \\ &= \left(1 + \frac{2}{1,33}\right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 613050 \times 10^{-3}}{6} \\ &= 1404,2935 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) V_c &= \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \\ &= \left(\frac{20 \cdot 305 \text{ mm}}{2010 \text{ mm}} + 2\right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 613050 \times 10^{-3}}{12} = 1380,8023 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 613050 \times 10^{-3} \\ &= 1090,3926 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai terkecil V_c adalah $1090,3926 > (V_u) \rightarrow \text{OK!!}$

d. Perhitungan Tulangan Geser

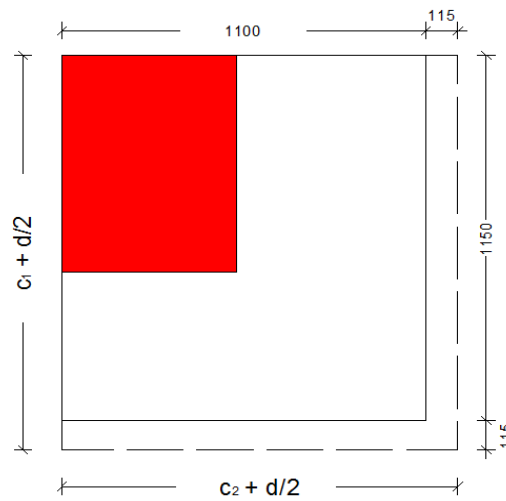
$$\frac{\phi \cdot V_c}{2} = \frac{0,75 \cdot 1090,3926 \text{ kN}}{2} = 408,8972 \text{ kN} > V_u$$

$$s \leq d/2 \rightarrow 305 \text{ mm}/2 = 152,50 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 2 kaki

\therefore Tulangan Geser yang Digunakan P8 – 150

6. Drop Panel Sudut



Gambar 5.18 Letak Bidang kritis Drop Panel Sudut

$$C_1 = 1150 \text{ mm}$$

$$C_2 = 1100 \text{ mm}$$

$$C_1 + \frac{d}{2} = 1150 \text{ mm} + \frac{230}{2} \text{ mm}$$

$$= 1265 \text{ mm} \approx 1,265 \text{ m}$$

$$C_2 + \frac{d}{2} = 1100 \text{ mm} + \frac{230}{2} \text{ mm}$$

$$= 1215 \text{ mm} \approx 1,215 \text{ m}$$

$$\beta_c = \frac{c_1}{c_2}$$

$$= \frac{1150 \text{ mm}}{1100 \text{ mm}} = 1,045$$

- a. Gaya Geser Netto Terfaktor Keliling Kolom.

$$V_u = 52,475 \text{ kN}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$= \frac{52,475 \text{ kN}}{0,75}$$

$$= 69,967 \text{ kN}$$

- b. Luas Permukaan Bidang Geser.

$$b_o = 2 \left(c_1 + \frac{d}{2} + c_2 + \frac{d}{2} \right)$$

$$= 2 \left(1150 + \frac{230}{2} + 1100 + \frac{230}{2} \right)$$

$$= 4960 \text{ mm}$$

$$A_c = b_o \cdot d$$

$$= 4960 \text{ mm} \cdot 230 \text{ mm}$$

$$= 1140800 \text{ mm}^2$$

c. Mencari V_c Terkecil

$$1) V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6}$$

$$= \left(1 + \frac{2}{1,045} \right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1140800 \times 10^{-3}}{6}$$

$$= 3044,9381 \text{ kN}$$

$$2) V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12}$$

$$= \left(\frac{20 \cdot 230 \text{ mm}}{4960 \text{ mm}} + 2 \right) \frac{\sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1140800 \times 10^{-3}}{12}$$

$$= 1493,9829 \text{ kN}$$

$$3) V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$$

$$= \frac{1}{3} \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \cdot 1140800 \times 10^{-3}$$

$$= 2029,0676 \text{ kN}$$

Nilai terkecil V_c adalah $1493,9829 \text{ kN} > (V_u) \rightarrow \text{OK!!}$

d. Perhitungan Tulangan Geser

$$\frac{\phi \cdot V_c}{2} = \frac{0,75 \cdot 1493,9829 \text{ kN}}{2} = 560,2436 \text{ kN} > V_u$$

$$s \leq d/2 \rightarrow 230 \text{ mm}/2 = 115 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Sengkang digunakan 2 kaki

\therefore Tulangan Geser yang Digunakan P8 – 100

5.2.6. Perhitungan Tulangan Geser Balok Tepi.

Objek bangunan yang didesain ulang tetap menggunakan balok tetapi hanya pada tepi bangunan saja. Balok tepi yang digunakan sesuai dengan desain lama bangunan, tetapi hasil ETABS yang ditunjukkan balok mengalami *over stress*. Maka harus dilakukan perhitungan tulangan geser ulang pada balok yang mengalami *over stress*. Berikut perhitungan ulang yang dilakukan berdasarkan momen yang terjadi pada balok tersebut.

Gagal lentur yang dialami oleh balok adalah bagian balok jenis G – 3 pada seluruh lantai sehingga dilakukan pengecekan momen kapasitas pada balok sebagai berikut.

Tabel 5.12 Rekap Momen Terbesar Balok G – 3

No.	Label	Momen (kNm)	Lantai
1.	B-75	-34,8865	2
2.	B-76		
3.	B-77		
4.	B-78		
1.	B-75	-108,6827	3
2.	B-76		
3.	B-77		
4.	B-78		
5.	B-83		
Momen yang Digunakan (kNm)			-108,6827

Diketahui :

Dimensi Balok → b = 250 mm

h = 400 mm

Mu = -108,6827 kNm (terbesar pada tumpuan)

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{108,6827 \text{ kNm}}{0,9} = 120,7586 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan tulangan} \rightarrow A_s \text{ (desak)} &= 6 \text{ D16} \\
 &= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 1206,372 \text{ mm}^2 \\
 A_s' \text{ (tarik)} &= 6 \text{ D16} \\
 &= 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 1206,372 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_s &= P_b + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{\emptyset_{\text{tulangan}}}{2} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{16 \text{ mm}}{2} \\
 &= 58 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_s' &= P_b + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{\emptyset_{\text{tulangan}}}{2} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{16 \text{ mm}}{2} \\
 &= 58 \text{ mm} \approx 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

1. Cek Kapasitas Balok

a. Momen Kapasitas Negatif (M_{kap^-})

$$C_c + C_s = T_s$$

$$(0,85 \times f'_c \times b \times a) + (A_s' \times f_y) = \phi_0 \times A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f'_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 29,05 \text{ MPa} \times 250 \text{ mm} \times a \\
 &= 6173,125 a
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \times f_y \\
 &= 1206,372 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa} \\
 &= 470484,916 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= \phi_0 \times A_s \times f_y \\
 &= 1,25 \times 1206,372 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa} \\
 &= 588106,145 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{T_s - C_s}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{588106,145 \text{ N} - 470484,916 \text{ N}}{0,85 \times 29,05 \text{ MPa} \times 250 \text{ mm}} \\
 &= 19,054 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{19,054 \text{ mm}}{0,8425} \\
 &= 22,616 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \epsilon'_s &= \frac{ds-c}{c} \times \epsilon_{cu} \\
 &= \frac{60 \text{ mm} - 22,616 \text{ mm}}{22,616 \text{ mm}} \times 0,003 \\
 &= 0,00496 < \epsilon_y \text{ (Baja Desak Telah Leleh} \rightarrow f'_s = f_y)
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 f'_s &= \epsilon'_s \times E_s \\
 &= 0,00496 \times 200000 \text{ MPa} \\
 &= 991,812 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f'_c \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 29,05 \text{ MPa} \times 250 \text{ mm} \times 22,616 \text{ mm} \\
 &= 117621,229 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \times f_s \\
 &= 1206,372 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa} \\
 &= 1196493,783 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_1 &= C_c \times \left(h - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 117621,229 \text{ N} \times \left(400 \text{ mm} - \frac{22,616 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 5936710,53 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= C_s \times (h - ds) \\
 &= 1196493,783 \text{ N} \times (400 \text{ mm} - 60 \text{ mm}) \\
 &= 406807886,30 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{kap} &= M_1 + M_2 \\
 &= 5936710,53 \text{ Nmm} + 406807886,30 \text{ Nmm} \\
 &= 412744596,9 \text{ Nmm} \approx 412,7445969 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Rasio $\rightarrow M_{kap} > M_n$ (OK!)

b. Momen Kapasitas Positif (M_{kap}^+)

Dengan syarat $50\% \times M_{kap}^-$ maka perhitungan dilakukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Syarat } M_{kap}^+ &= 50\% \times M_{kap}^- \\ &= 50\% \times 412,745 \text{ kNm} \\ &= 206,372 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'c \times b \times a \\ &= 0,85 \times 29,05 \text{ MPa} \times 250 \text{ mm} \times a \\ &= 6137,125 \text{ a N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \times \epsilon_{cu} \times E_s \times \frac{a - (\beta_1 \times d')}{a} \\ &= \frac{723822,9474 \text{ a} - 36589249,99}{a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \phi_0 \times A_s \times f_y \\ &= 1,25 \times 1206,372 \text{ mm}^2 \times 390 \text{ MPa} \\ &= 1495617,229 \text{ N} \end{aligned}$$

$$C_c + C_s = T_s$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$6137,125 \text{ a} + \frac{723822,9474 \text{ a} - 36589249,99}{a} - 1495617,229 = 0$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{b^2 \pm \sqrt{4 \times a \times c}}{2 \times a} \\ &= \frac{(-771794,2818)^2 \pm \sqrt{4 \times 6173,125 \times 36589249,99}}{2 \times 6173,125} \\ &= -36,6591 \text{ mm atau } 161,684 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a_{pakai} = 161,684 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{161684 \text{ mm}}{0,8425} \\ &= 191,910 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'c \times b \times a \\ &= 0,85 \times 29,05 \text{ MPa} \times 250 \text{ mm} \times 161,684 \text{ mm} \\ &= 998095,326 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \times \varepsilon_{cu} \times E_s \times \frac{a - (\beta_1 \times d')}{a} \\
 &= 1206,372 \text{ mm}^2 \times 0,003 \times 200000 \text{ MPa} \times \frac{161,684 - (0,8425 \times 60)}{161,684} \\
 &= 497521,904 \text{ N} \\
 M_1 &= C_c \times \left(h - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 998095,326 \text{ N} \times \left(400 \text{ mm} - \frac{161,684 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 318550125,442 \text{ Nmm} \\
 M_2 &= C_s \times (h - d_s) \\
 &= 497521,904 \text{ N} \times (400 \text{ mm} - 60 \text{ mm}) \\
 &= 169157447,263 \text{ Nmm} \\
 M_{kap^+} &= M_1 + M_2 \\
 &= 318550125,442 \text{ Nmm} + 169157447,263 \text{ Nmm} \\
 &= 487707572,7 \text{ Nmm} \approx 487,708 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

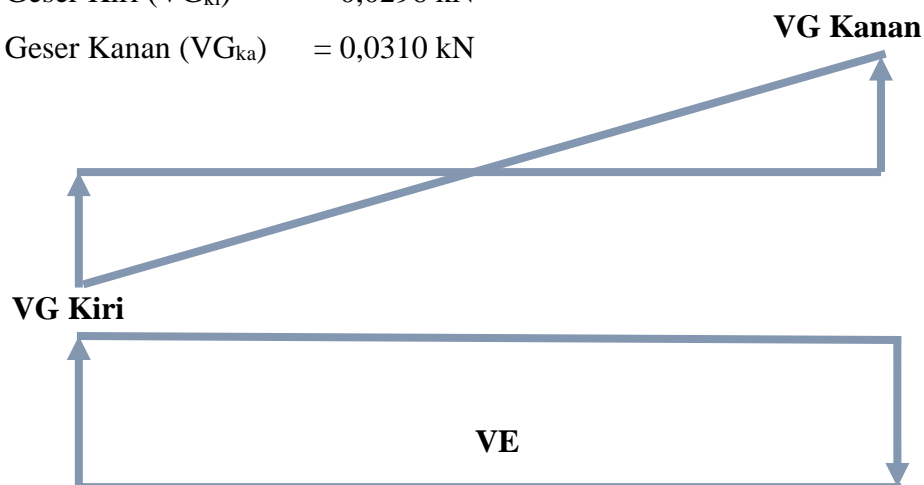
Rasio $\rightarrow M_{kap^+} > 50\% M_{kap^-}$ (OK!)

2. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Diagram gaya geser hasil dari analisa struktur di superposisikan dengan gaya geser hasil momen kapasitas dibagi dengan bentang balok. Dari hasil analisis struktur didapat sebagai berikut.

$$\text{Gaya Geser Kiri (VG}_{ki}) = 0,0296 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya Geser Kanan (VG}_{ka}) = 0,0310 \text{ kN}$$



Gambar 5.19 Diagram Gaya Geser (SFD)

Diketahui :

$$L_{\text{balok}} = 4100 \text{ mm}$$

$$b_{\text{kolom}} = 400 \text{ mm}$$

$$b_{\text{balok}} = 250 \text{ mm}$$

$$h_{\text{balok}} = 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_n \text{ balok} &= L_{\text{balok}} - \left(2 \times \frac{b_{\text{kolom}}}{2}\right) \\ &= 4100 \text{ mm} - \left(2 \times \frac{400 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 3800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$f'_c = 29,05 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$d = 340 \text{ mm}$$

$$M_{\text{Kap}}^- = 412,745 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Kap}}^+ = 487,708 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{MKap(+) + MKap(-)}{L_n/1000} \\ &= \frac{487,708 \text{ KNm} + 412,745 \text{ KNm}}{3800/1000} \\ &= 236,9611 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u,ki} &= V_e - VG_{ki} \\ &= 236,9611 \text{ kN} - 0,0296 \text{ kN} \\ &= 236,9315 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u,ka} &= V_e + VG_{ka} \\ &= 236,9611 \text{ kN} + 0,0310 \text{ kN} \\ &= 236,9921 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u \text{ pakai} \rightarrow 236,9921 \text{ kN}$$

a. Desain Daerah Sendi Plastis

Tulangan yang digunakan adalah P10, maka :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78,5398 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s, \text{ maks} &= \left(\frac{2}{3} \times \sqrt{f'c} \times b \text{ balok} \times d \text{ balok} \right) \times 10^{-3} \\
 &= \left(\frac{2}{3} \times \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \times 250 \text{ mm} \times 340 \text{ mm} \right) \times 10^{-3} \\
 &= 474,303 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u \text{ pakai}}{\phi} \\
 &= \frac{474,303 \text{ kN}}{0,75} \\
 &= 315,989 \text{ kN} < V_s, \text{ maks (OKE)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Pakai sengkang 2 kaki} \rightarrow A_v &= 2 \times A_d \\
 &= 2 \times 78,5398 \text{ mm}^2 \\
 &= 157,0796 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak sengkang} \rightarrow s &= \frac{A_v \times f_y \times d \text{ balok}}{V_s \times 1000} \\
 &= \frac{157,096 \times 240 \times 340}{474,303 \text{ kN} \times 1000} \\
 &= 52,494 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Sendi Plastis} &= 2 \times d_{\text{balok}} \\
 &= 2 \times 340 \text{ mm} \\
 &= 680 \text{ mm} \approx 1000 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2) Kontrol jarak antar sengkang

$$s > 25 \text{ mm} \blacktriangleright \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 s &< \frac{h_{\text{balok}}}{4} \\
 &= \frac{400 \text{ mm}}{4} = 100 \text{ mm} > 50 \text{ mm} \blacktriangleright \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &< 8 \times \phi_{\text{pokok}} \\
 &= 8 \times 16 \text{ mm} = 128 \text{ mm} > 50 \text{ mm} \blacktriangleright \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &< 24 \times \phi_{\text{sengkang}} \\
 &= 24 \times 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm} > 50 \text{ cm} \blacktriangleright \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$s < 300 \text{ mm} \blacktriangleright \text{OK}$$

∴ Tulangan sengkang yang digunakan adalah P10 – 50

b. Desain Daerah Luar Plastis

Perhitungan yang dilakukan sama dengan daerah plastis, tetapi pada daerah non-plastis beton dianggap tidak hancur sehingga beton masih mampu menahan gaya geser sebesar V_c .

$$\begin{aligned} \text{Dipakai tulangan sengkang P10} \rightarrow A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 78,5398 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pakai sengkang 2 kaki} \rightarrow A_v &= 2 \times A_d \\ &= 2 \times 78,5398 \text{ mm}^2 \\ &= 157,0796 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \left(\frac{Ln - \text{Panjang Sendi Plastis}}{Ln} \times (Vu \text{ kanan} + Vu \text{ kiri}) \right) + Vu \text{ kiri} \\ &= \left(\frac{3800 \text{ mm} - 1000 \text{ mm}}{3800 \text{ mm}} \times (236,9921 \text{ kN} + 236,9315 \text{ kN}) \right) + 236,9315 \text{ kN} \\ &= 236,976 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b \text{ balok} \times d \text{ balok} \right) 10^{-3} \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{29,05 \text{ MPa}} \times 250 \times 340 10^{-3} \\ &= 118,576 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{236,976 \text{ kN}}{0,75} - 118,576 \text{ kN} \\ &= 197,392 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak sengkang} \rightarrow s &= \frac{A_v \times f_y \times d \text{ balok}}{V_s \times 1000} \\ &= \frac{157,096 \times 240 \times 340}{197,392 \text{ kN} \times 1000} = 84,0336 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol jarak antar sengkang

$$s > 25 \text{ mm} \quad \blacktriangleright \text{OK}$$

$$s < h / 2 = 400 / 2 = 200 \text{ mm} > 50 \text{ mm} \quad \blacktriangleright \text{OK}$$

∴ Tulangan yang digunakan adalah P10 – 50

5.3. Rencana Anggaran Biaya

Perencanaan anggaran biaya pada objek bangunan yang diteliti tidak mencakup keseluruhan biaya yang dilaksanakan. Biaya yang akan direncanakan adalah biaya tulangan dan volume beton yang digunakan saja. Pada perencanaan anggaran biaya terdapat biaya pelaksanaan yang merupakan total dari biaya pekerjaan – pekerjaan dalam pelaksanaan pengerjaan suatu bangunan. Pekerjaan – pekerjaan yang dilakukan pada pengerjaan *flat slab* adalah pekerjaan bekisting, pekerjaan pembesian, dan pekerjaan cor beton. Berikut ini adalah unsur-unsur atau komponen biaya pelaksanaan *flat slab*.

5.3.1. Daftar Harga Bahan dan Upah.

Daftar harga bahan dan upah yang digunakan mengacu pada peraturan daerah setempat. Objek bangunan terdapat pada daerah Sleman, D.I Yogyakarta, maka acuan perhitungan anggaran biaya daftar harga bahan dan upah pada pekerjaan *flat slab* berdasarkan Satuan Harga Barang dan Jasa D.I. Yogyakarta Tahun 2015. Pada Tabel 5.13 terdapat daftar harga barang dan jasa pada pekerjaan *flat slab*.

Tabel 5.13 Tabel Daftar Satuan Harga Barang dan Jasa

Bahan	Satuan	Harga
Besi beton (polos/ulir)	kg	Rp 9.500,00
Kawat Beton (bendrat)	kg	Rp 20.000,00
Kayu kelas III	m ³	Rp 2.228.820,00
Paku 5cm-12cm	kg	Rp 13.000,00
minyak bekisting	liter	Rp 5.500,00
Balok Kayu kelas III	m ³	Rp 2.228.820,00
Plywood tebal 9mm	lembar	Rp 110.000,00
Dolken Kayu galam, ø(8-10) cm, panjang 4m	batang	Rp 18.000,00
Agregat halus/pasir klas A (Uk. Butir 5 mm)	m ³	Rp 102.000,00
Agregat Kasar/krikil/pasir klas B (Uk. 20-40)	m ³	Rp 210.000,00
Agregat Kasar/krikil/pasir klas B (Uk. 4,5-19)	m ³	Rp 210.000,00
Portland Cement (PC)	50 kg	Rp 60.000,00

Bahan	Satuan	Harga
Portland Cement (PC)	kg	Rp 1.200,00
Steel deck	m2	Rp 140.000,00
wiremesh m8	m2	Rp 48.000,00
Bambu, panjang 4m	batang	Rp 15.000,00
multiplex 18mm	lembar	Rp 210.000,00
multiplex 12mm	lembar	Rp 144.000,00
Kaso borneo 5/7 cm	m3	Rp 1.600.000,00
Cor Beton Karya Beton K-300	m3	Rp 830.000,00
Vibrator	perhari	Rp 250.000,00
Concrete Pump	perhari	Rp 3.500.000,00
Upah		
Pekerja	OH	Rp 52.000,00
Mandor	OH	Rp 65.000,00
Tukang Batu	OH	Rp 58.000,00
Kepala Tukang Batu	OH	Rp 63.000,00
Tukang Kayu	OH	Rp 63.000,00
Kepala Tukang Kayu	OH	Rp 65.000,00
Tukang Besi	OH	Rp 61.000,00
Kepala Tukang Besi	OH	Rp 63.000,00

(Sumber : Satuan Harga Barang dan Jasa D.I. Yogyakarta, 2015)

5.3.2. Volume Pekerjaan

Volume per bagian pekerjaan dapat dihitung dari rencana gambar rencana *flat slab* yang telah dibuat. Hasil perhitungan volume dari setiap pekerjaan *flat slab* per tipe pelat, volume pekerjaan per lantai, dan volume pekerjaan total *flat slab* telah dirangkum pada Tabel 5.14, Tabel 5.15, dan Tabel 5.16 sebagai berikut.

Tabel 5.14 Volume Pekerjaan per Tipe Flat Slab

Tipe Pelat	Ukuran Pelat (m)		Volume Bekisting (m ²)	Volume Pembesian (kg)	Volume Cor Beton (m ³)	Volume Perancah (m ²)
	Ly	Lx				
A	4,1	3	90,210	434,743	12,300	49,200
B	4,1	4,1	890,930	668,940	159,695	638,780

Tabel 5.15 Volume Pekerjaan per Lantai Flat Slab

Uraian Pekerjaan	Jumlah Pelat	Volume Pekerjaan			
		Volume Bekisting (m ²)	Volume Pembesian (kg)	Volume Cor Beton (m ³)	Volume Perancah (m ²)
Pelat Lantai 2					
Pelat Tipe A	4	90,210	434,743	17,057	49,200
Pelat Tipe B	38	890,930	668,940	890,930	638,780
Jumlah Volume Pekerjaan per Lantai		981,140	1103,683	907,987	687,980
Pelat Lantai 3					
Pelat Tipe A	4	90,210	434,743	17,057	49,200
Pelat Tipe B	38	890,930	668,940	890,930	638,780
Jumlah Volume Pekerjaan per Lantai		981,140	1103,683	907,987	687,980

Tabel 5.16 Volume Pekerjaan Total Flat Slab

No.	Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Satuan
1.	Pekerjaan Bekisting	1962,280	m ²
2.	Pekerjaan Pembesian	2207,366	kg

No.	Pekerjaan	Volume Pekerjaan	Satuan
3.	Pekerjaan Cor Beton	1815,974	m ³
4.	Pekerjaan Perancah	1375,960	m ²

5.3.3. Analisis Harga Satuan Pekerjaan

AHSP atau Analisis Harga Satuan Pekerjaan adalah perhitungan kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan dan peralatan untuk mendapatkan harga satuan atau satu jenis pekerjaan tertentu. Perhitungan yang dilakukan didasarkan pada koefisien yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2016. Analisis Harga Satuan Pekerjaan atau AHSP *Flat Slab* adalah sebagai berikut.

1. 1 m³ Cor Beton

Perhitungan harga satuan pekerjaan cor beton per m³ dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut.

Tabel 5.17 Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Cor Beton 1 m³

1 m ³ Cor Beton Ready Mix K-300					
No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	1,000	Rp52.000,00	Rp 52.000,00
	Tukang batu	OH	0,250	Rp58.000,00	Rp 14.500,00
	Kepala Tukang	OH	0,025	Rp63.000,00	Rp 1.575,00
	Mandor	OH	0,100	Rp65.000,00	Rp 6.500,00
Jumlah Harga Tenaga kerja					Rp 74.575,00
B.	Bahan				
	Beton Ready Mix	m ³	1,02	Rp830.000,00	Rp 846.600,00
Jumlah Harga Bahan					Rp 846.600,00
C.	Alat				
	Concrete Pump	hari	0,12	Rp3.500.000,00	Rp 420.000,00

1 m ³ Cor Beton Ready Mix K-300					
No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Vibrator	hari	0,10	Rp250.000,00	Rp 25.000,00
Jumlah Harga Alat					Rp 445.000,00
Jumlah Harga Pekerjaan					Rp 1.366.175,00

2. 1 m² Bekisting Pelat

Perhitungan harga satuan pekerjaan bekisting pelat per m² dapat dilihat pada Tabel 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5.18 Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan 1 m² Bekisting Pelat

1 m ² Bekisting Pelat					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0,20	Rp52.000,00	Rp 10.400,00
	Tukang Kayu	OH	0,1	Rp63.000,00	Rp 6.300,00
	Kepala Tukang	OH	0,01	Rp65.000,00	Rp 650,00
	Mandor	OH	0,02	Rp65.000,00	Rp 1.300,00
Jumlah Harga Tenaga kerja					Rp 18.650,00
B.	Bahan				
	Multiflex 12 mm	lmbr	0,353	Rp144.000,00	Rp 50.832,00
	Paku 5 dan7cm	kg	0,220	Rp13.000,00	Rp 2.860,00
	Minyak bekisting	Liter	0,200	Rp5.500,00	Rp 1.100,00
	Kaso 5/7 cm	m ³	0,014	Rp1.600.000,00	Rp 22.400,00
Jumlah Harga Bahan					Rp 77.192,00
Jumlah Harga Pekerjaan					Rp 95.842,00

3. 1 kg Pembesian Pelat

Perhitungan harga satuan pekerjaan 1 kg pembesian pelat dapat dilihat pada Tabel 5.19 sebagai berikut.

Tabel 5.19 Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan 1 kg Pembesian Pelat

1 kg Pembesian Pelat					
No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0,007	Rp52.000,00	Rp 364,00
	Tukang besi	OH	0,007	Rp61.000,00	Rp 427,00
	Kepala Tukang	OH	0,0007	Rp63.000,00	Rp 44,10
	Mandor	OH	0,0004	Rp65.000,00	Rp 26,00
Jumlah Harga Tenaga kerja					Rp 861,10
B.	Bahan				
	Besi beton	kg	1,05	Rp9.500,00	Rp 9.975,00
	Kawat Beton (bendrat)	kg	0,015	Rp20.000,00	Rp 300,00
Jumlah Harga Bahan					Rp 10.275,00
Jumlah Harga Pekerjaan					Rp 11.136,10

4. 1 m² Perancah Pelat

Perhitungan harga satuan pekerjaan 1 kg pembesian pelat dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.20 Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan 1 m² Perancah Pelat

1 m ² Pasang Perancah Balok					
No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
	Pekerja	OH	0,40	Rp52.000,00	Rp 20.800,00
	Tukang Kayu	OH	0,20	Rp63.000,00	Rp 12.600,00
1 m ² Pasang Perancah Balok					
No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Kepala Tukang	OH	0,020	Rp65.000,00	Rp 1.300,00
	Mandor	OH	0,040	Rp65.000,00	Rp 2.600,00
Jumlah Harga Tenaga kerja					Rp 37.300,00
B.	Bahan				
	Paku 5cm-12cm	kg	0,28	Rp13.000,00	Rp 3.640,00
	Dolken Kayu galam, ø(8-10) cm, panjang 4m	batang	2,70	Rp18.000,00	Rp 48.600,00
Jumlah Harga Bahan					Rp 52.240,00
Jumlah Harga Pekerjaan					Rp 89.540,00

5.3.4. Rencana Anggaran Biaya *Flat Slab*

Rencana anggaran biaya *flat slab* ditentukan oleh harga satuan setiap item pekerjaan yang telah dihitung berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tahun 2016. Rencana anggaran biaya *flat slab* dapat dilihat pada Tabel 5.21 sebagai berikut.

Tabel 5.21 Rencana Anggaran Biaya Flat Slab

Tipe	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Lantai 2					
A	Pelat Lantai				
	Pekerjaan Bekisting	90,210	m ²	Rp 95.842,00	Rp 8.645.906,820
	Pekerjaan Pembesian	375,660	kg	Rp 11.136,10	Rp 4.183.386,212
	Pekerjaan Perancah	49,2	m ²	Rp 89.540,00	Rp 4.405.368,000
	Pekerjaan Cor Beton	17,057	m ³	Rp 1.366.175,00	Rp 23.303.444,677
	Jumlah				Rp 40.538.105,709

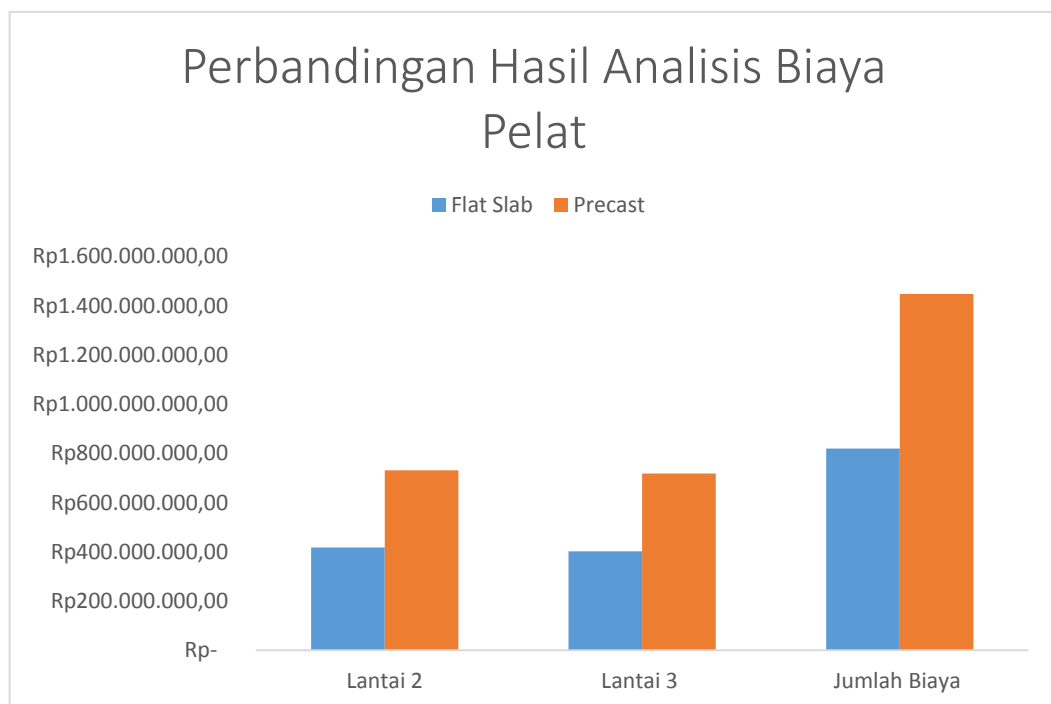
Tipe	Item Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Lantai 2					
B	Pelat Lantai				
	Pekerjaan Bekisting	890,93	m ²	Rp 95.842,00	Rp 85.388.513,06
	Pekerjaan Pembesian	522,209	kg	Rp 11.136,10	Rp 5.815.369,42
	Pekerjaan Perancah	638,78	m ²	Rp 89.540,00	Rp 57.196.361,20
	Pekerjaan Cor Beton	167,399	m ³	Rp 1.366.175,00	Rp 228.696.328,83
	Jumlah				Rp 377.096.572,50
Lantai 3					
A	Pelat Lantai				
	Pekerjaan Bekisting	90,210	m ²	Rp 95.842,00	Rp 8.645.906,820
	Pekerjaan Pembesian	375,660	kg	Rp 11.136,10	Rp 4.183.386,212
	Pekerjaan Perancah	49,2	m ²	Rp 89.540,00	Rp 4.405.368,000
	Pekerjaan Cor Beton	17,057	m ³	Rp 1.366.175,00	Rp 23.303.444,677
	Jumlah				Rp 40.538.105,709
B	Pelat Lantai				
	Pekerjaan Bekisting	890,93	m ²	Rp 95.842,00	Rp 85.388.513,06
	Pekerjaan Pembesian	48,524	kg	Rp 11.136,10	Rp 540.362,55
	Pekerjaan Perancah	638,78	m ²	Rp 89.540,00	Rp 57.196.361,20
	Pekerjaan Cor Beton	159,695	m ³	Rp 1.366.175,00	Rp 218.171.316,63
	Jumlah				Rp 361.296.553,43
Total Biaya					Rp 819.469.337,354

5.3.5 Perbandingan Biaya

Hasil analisis data yang diperlukan dalam menghitung *flat slab* telah diperoleh, maka selanjutnya untuk mempermudah melihat perbandingan hasil analisis biaya *flat slab* dengan biaya pelat *pre-cast* pada bangunan *existing* berikut ditunjukkan pada Tabel 5.22 sebagai berikut.

Tabel 5.22 Perbandingan Hasil Analisis Biaya Flat Slab dan Pelat Pre-Cast

Biaya Struktur Pelat Lantai	Model Pelat	
	<i>Flat Slab</i>	<i>Pre Cast</i>
Lantai 2	Rp 417.634.678,21	Rp 730.531.698,48
Lantai 3	Rp 401.834.659,14	Rp 717.463.648,38
Jumlah Biaya	Rp 819.469.337,35	Rp 1.447.995.346,86
Selisih Biaya	Rp 628.526.009,50	



Gambar 5.20 Diagram Hasil Perbandingan Analisis Biaya Pelat

5.4. Pembahasan

Hasil analisis akan dibahas dengan melihat hasil penelitian terhadap tujuan penelitian. Berdasarkan perencanaan bangunan menggunakan *flat slab* pembahasan disajikan sebagai berikut.

1. Perencanaan *Flat Slab*

Perencanaan *flat slab* dimulai dengan tahap preliminari struktur pelat yaitu tahap penentuan tebal *flat slab*. Penentuan tebal *flat slab* dihitung berdasarkan Tabel 5.1 yang menyesuaikan dengan SNI 03 – 2847 – 2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural Untuk bangunan Gedung. Tahap preliminari struktur dilanjutkan dengan tahap penentuan tebal *drop panel*. *Drop panel* adalah pelebaran muka kolom untuk menahan gaya geser kolom. *Drop panel* memiliki syarat tebal yang diatur dalam SNI 03 – 2847 – 2013. Dimensi yang telah dihitung tersebut dirangkum sebagai berikut.

- a. Tebal Pelat Lantai = 250 mm
- b. Tebal *Drop Panel* = 75 mm
- c. Lebar *Drop Panel* = 1.900 mm \approx 1,9 m

Komponen struktur lain seperti balok tepi, kolom, dan pondasi tetap menggunakan data bangunan *existing*.

2. Penulangan *Flat Slab*

Perhitungan tulangan pada *flat slab* menggunakan Metode Perencanaan Langsung (*Direct Design Method*) yaitu pembagian lajur pada pelat dan pembagian momen dengan koefisien sesuai dengan SNI 03 – 2847 – 2013. Jenis pelat terbagi dalam 3 jenis sesuai dengan dimensi masing – masing sebagai berikut.

- a. Tipe Pelat A = 3 m x 4,1 m
- b. Tipe Pelat B = 4,1 m x 4,1 m
- c. Tipe Pelat C = 2,4 m x 4,1 m

Jenis pelat yang digunakan untuk *re-design* adalah Tipe Pelat A dan B saja. Penentuan momen pelat dilakukan secara *numeric* yaitu menggunakan aplikasi struktur ETABS *vr* 9.0.6. Hasil momen yang didapat kemudian dibagi sesuai lajur dan koefisien yang terdapat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, Tabel 5.6, dan Tabel 5.7. Momen per lajur yang telah didapat kemudian digunakan untuk menghitung tulangan pelat yang digunakan. Hasil tulangan yang digunakan pada *flat slab* dapat dilihat pada Tabel 5.23 dan Tabel 5.24 sebagai berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Tulangan *Flat Slab* Arah X Lantai 2 dan 3

Tipe Pelat	Lajur	Bentang Ujung			Bentang Dalam		Drop Panel
		M_e^-	M^+	M_i^-	M^-	M^+	
A	Kolom	D13 - 200	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 125	D13 - 125	P10 - 150
	Tengah	D16 - 100	D16 - 150	D16 - 100	D16 - 100	D16 - 150	P10 - 150
B	Kolom	D19 - 125	D16 - 150	D19 - 125	D19 - 125	D16 - 100	P10 - 150
	Tengah	D19 - 100	D16 - 100	D19 - 100	D19 - 100	D16 - 100	P10 - 150

Tabel 5.24 Rekapitulasi Tulangan *Flat Slab* Arah Y Lantai 2 dan 3

Tipe Pelat	Lajur	Bentang Ujung			Bentang Dalam		Drop Panel
		M_e^-	M^+	M_i^-	M^-	M^+	
A	Kolom	D16 - 125	D16 - 120	D16 - 125	D16 - 125	D16 - 120	P10 - 150
	Tengah	D19 - 100	D16 - 120	D19 - 100	D19 - 100	D16 - 120	P10 - 150
B	Kolom	D16 - 100	D16 - 120	D16 - 100	D16 - 120	D16 - 120	P10 - 150
	Tengah	D19 - 100	D16 - 120	D19 - 100	D19 - 100	D16 - 120	P10 - 150

3. Rencana Anggaran Biaya Pelat

Hasil perhitungan rencana anggaran biaya *flat slab* adalah sebesar Rp 819.469.337,35 sedangkan rencana anggaran biaya pelat pada bangunan *existing* adalah sebesar Rp 1.447.995.346,86. Rencana anggaran biaya *flat slab* yang diperoleh dari hasil perhitungan lebih hemat 43,4% dari rencana anggaran biaya pelat *precast* pada bangunan *existing*.

Hasil perencanaan dengan menggunakan jenis pelat *flat slab* adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan pada bangunan selain jenis *precast* pada bangunan *existing* karena dapat menghemat biaya rencana bagian pelat. Metode perencanaan langsung adalah salah satu metode yang digunakan dalam merencanakan pelat jenis ini. Penggunaan pelat jenis *precast* harus memperhatikan faktor pelaksanaan karena hasil pekerjaan cor beton basah pada pekerjaan *flat slab* dengan pemasangan pelat *precast* yang sudah jadi akan berpengaruh pada faktor keamanan bangunan.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian dan pembahasan tentang tujuan penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Pada bangunan *redesign* digunakan dua jenis pelat yaitu 3 m x 4,1 m dan 4,1 m x 4,1 m. Pada jenis pelat 3 m x 4,1 m arah X digunakan tulangan D13 dengan jarak 100 mm pada lajur kolom bentang ujung. Tulangan D16 dengan jarak 100 mm dan 150 mm digunakan pada lajur tengah. Sedangkan pada lajur kolom bentang dalam digunakan tulangan D13 dengan jarak 125 mm dan 100 mm . Tulangan D16 dengan jarak 100 dan 150 mm digunakan pada lajur tengah. Pada arah Y, digunakan tulangan D16 dengan jarak 125 dan 120 pada bentang ujung dan bentang dalam lajur kolom. Tulangan D19 dan D16 dengan jarak 100 mm dan 120 mm digunakan pada bentang dalam dan bentang ujung lajur tengah. Untuk pelat 4,1 m x 4,1 m arah X digunakan tulangan D19 dengan 125 mm dan D16 dengan jarak 150 pada bentang ujung lajur kolom. Pada bentang dalam digunakan tulangan D19 dengan jarak 125 mm dan D16 dengan jarak 100 mm Sedangkan tulangan D19 dan D16 dengan jarak 100 mm pada bentang ujung dan bentang dalam lajur tengah. Pada arah Y, digunakan tulangan D16 dengan jarak 100 mm dan 120 mm pada bentang ujung dan bentang dalam lajur kolom, sedangkan pada lajur tengah digunakan tulangan D19 dan D16 dengan jarak 100 mm dan 120 pada bentang dalam maupun bentang ujung.
2. Dengan menggunakan diameter tulangan yang lebih besar, jenis *flat slab* dapat menghemat rencana biaya pelat hingga 43,4 % dari rencana biaya pelat pada bangunan *existing* sehingga dapat menghemat biaya pekerjaan di luar pertimbangan jumlah pekerjaan dan waktu pelaksanaan pekerjaan

6.2. SARAN

Adapun beberapa saran yang perlu disampaikan peneliti adalah sebagai berikut ini.

1. Pada penelitian selanjutnya perlu diperhitungkan elemen struktur lain seperti kolom dan fondasi pada bangunan.
2. Perlu dicoba menganalisis gaya dalam dengan variasi model baik tipe, ketebalan, dan bangunan tidak beraturan pada pelat dua arah lainnya pada penelitian selanjutnya.
3. Perlu lebih diteliti pada RAB dengan mempertimbangkan efisiensi waktu dan jumlah pekerja/pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- 318, A. C. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Asroni, A. (2010). *Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- BSN. (2013). *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Chu-Kia Wang, C. G. (1987). Desain Beton Bertulang. In B. Hariandja, *Perencanaan Sistem Pelat Lantai Dua Arah* (4th ed., pp. 117-119). Erlangga.
- Departemen, P. U. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung SKBI - 1.3.53.1987*. DKI Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Firmansyah. (2011). Definisi Struktur. <http://winnerfirmansyah.wordpress.com/>.
- Hassoun, M. N., & Al-Manaseer, A. (2008). *Structural Concrete Theory and Design* (4th ed.). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Hurst, M. (1988). *Prestressed Concrete Design*. New York: Chapman and Hall, Ltd.
- Kaban, J. P. (2010). Analisa Struktur Pelat Dua Arah Tanpa Balok (Flat Slab).
- Kadir, A. (n.d.). *Struktur Beton I*. Yogyakarta: FTSP UII.
- McCormac, J. C. (2001). *Design of Reinforced Concrete* (5th Edition ed.). Erlangga.
- Najoan, C. H., Tjakra, J., & Pratasis, P. A. (2016, Mei 5). Analisis Metode Pelaksanaan Pelat Precast Dengan Pelat Konvensional Ditinjau dari Waktu

dan Biaya. *Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.5 Mei 2016 (319-327) ISSN: 2337-6732*, 319-327.

Paulete F. Schwetz, F. P. (2014). Numerical and Experimental Analysis of a Waffle Slab Perking Floor. *American Society of Civil Engineering (ASCE)*, 1 - 11.

Silvanus. (2015). Modifikasi Perencanaan Gedung Perkantoran The Bellezza Office Jakarta Selatan Menggunakan Flat Slab. *ITS Journal*.

Sitinjak, P. (2015). Pasar Sakti Kota Tebing Tinggi Menggunakan Flat Slab dan Drop Panel. *USU Repository'Journal*.

Sudarmoko. (1996). In *Perencanaan Struktur Pelat Beton* (pp. 2-4). Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.

System, U. S. (2004, January 1). <http://www.utraconindia.com>. (Ultracon Structural) Retrieved February 16, 2017, from <http://www.utraconindia.com/post-tensioning-slabs.html>: <http://www.utraconindia.com/post-tensioning-slabs.html>

Szilard, R. (1974). *Teori dan Analisis Pelat*. Jakarta: Erlangga.

Umum, P. L.-K. (2011). *Desain Spektra Indonesia*. Retrieved from Aplikasi Puskim: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

Lampiran 1. Perhitungan Tulangan Pelat Ukuran 3 m x 4,1 m Arah X

Tulangan Momen Arah X					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Mu (kNm)	47,411	88,050	40,638	67,731	94,823
Faktor Distribusi	75%	75%	64%	60%	75%
Lajur Kolom					
Mu (kNm)	35,5586	66,0373	26,0085	40,6384	71,1171
Mn (kNm)	39,5095	73,3748	28,8984	45,1537	79,0190
Lebar Lajur (m)	1,5	0,75	0,75	1,5	0,75
d (mm)	220	220	220	220	220
Rn (MPa)	0,5442	2,0213	0,7961	0,6220	2,1768
ρ	0,001411	0,005414	0,002075	0,001615	0,005852
	MIN/MAX	Gunakan	MIN/MAX	MIN/MAX	Gunakan
ρ_{pakai}	0,0036	0,0054	0,0036	0,0036	0,0059
A_s	1184,62	893,38	592,31	1184,62	965,59
ϕ_{tulangan} (mm)	13	13	13	13	13
Luas 1ϕ_{tulangan}	132,732	132,732	132,732	132,732	132,732
s	112,047	111,429	168,070	168,070	103,097
	100	100	125	125	100
A_s'	1327,3229	995,4922	796,3937	1592,7875	995,4922
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Kapasitas Tulangan					
Cc = (0,85 * f'c * b) a	37038,75	18519,375	18519,375	37038,75	18519,375
	→ 37028,75 a	→ 18519,375 a	→ 18519,375 a	→ 37028,75 a	→ 18519,375 a
Mn = Cc (d - a/2)					
Mn	39509507,92	73374800,42	28898382,93	45153723,33	79019015,83
Cc	37038,75	18519,375	18519,375	37038,75	18519,375
d	220	220	220	220	220
Gunakan Rumus abc					
a	18519,375	9259,6875	9259,6875	18519,375	9259,6875

b	-8148525	-4074262,5	-4074262,5	-8148525	-4074262,5
c	39509507,92	73374800,42	28898382,93	45153723,33	79019015,83
Determinan	6,34717E+13	1,38819E+13	1,55293E+13	6,30536E+13	1,36728E+13
a	4,903	18,814	7,211	5,613	20,334
	435,097	421,186	432,789	434,387	419,666
Cc (N)	181612,543	348419,773	133544,934	207896,263	376580,882
As (mm²)	465,673	893,384	342,423	533,067	965,592
ρ	0,00141	0,00541	0,00208	0,00162	0,00585
	MIN	OK	MIN	MIN	OK
ASperlu	1184,62	893,384	592,31	1184,62	965,592
s	112,0467	148,5725	224,0935	112,0467	137,4621
	100	125	200	100	125
Asst	0,00	375,00	375,00	0,00	375,00
stulangan (mm)	0,00	10	10	0,00	10
Luas 1stulangan	0,00	78,540	78,540	0,00	78,540
s	0,00	157,080	157,080	0,000	157,080
	0,00	150	150	0,00	150
As'	0,00	392,6991	392,6991	0,00	392,6991
Kontrol		OK	OK		OK
Tulangan Yang Digunakan					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Tul. Pokok	D13 - 100	D13 - 125	D13 - 200	D13 - 100	D13 - 125
Tul. Susut		P10 - 150	P10 - 150		P10 - 150
Lajur Tengah					
Mu (kNm)	11,853	22,012	14,63	27,092	23,706
Mn (kNm)	13,1698	24,4583	16,26	30,1025	26,3397
Lebar Lajur (m)	1,5	2,25	2,25	1,5	2,25
d (mm)	220	220	220	220	220
Rn (MPa)	0,1814	0,2246	0,1493	0,4146	0,2419
ρ	4,669E-04	5,785E-04	3,84E-04	1,072E-03	6,232E-04
	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX
ρpakai	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
As	1184,62	1776,92	1776,92	1184,62	1776,92
stulangan (mm)	16	16	16	16	16
Luas 1stulangan	201,062	201,062	201,062	201,062	201,062

s	169,728	113,152	113,152	169,728	113,152
	150	100	100	150	100
As'	1340,4129	2010,6193	2010,6193	1340,4129	2010,6193
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Kapasitas Tulangan					
Cc = (0,85 * f'c * b) a	37038,75	55558,125	55558,125	37038,75	55558,125
	→ 37038,75 a	→ 55558,125 a	→ 55558,125 a	→ 37038,75 a	→ 55558,125 a
Mn = Cc (d - a/2)					
Mn	13169835,97	24458266,81	16255340,40	30102482,22	26339671,94
Cc	37038,75	55558,125	55558,125	37038,75	55558,125
d	220	220	220	220	220
Gunakan Rumus abc					
a	18519,375	27779,0625	27779,0625	18519,375	27779,0625
b	-8148525	-12222787,5	-12222787,5	-8148525	-12222787,5
c	13169835,97	24458266,81	16255340,40	30102482,22	26339671,94
Determinan	6,54229E+13	1,46679E+14	1,4759E+14	6,41685E+13	1,4647E+14
a	1,622	2,010	1,334	3,726	2,166
	438,378	437,990	438,666	436,274	437,834
Cc (N)	60084,412	111684,190	74112,601	137997,986	120317,971
As (mm²)	154,063	286,370	190,032	353,841	308,508
ρ	0,00047	0,00058	0,00038	0,00107	0,00062
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
ASperlu	1184,62	1776,923	1776,923	1184,62	1776,923
s	169,7276	113,1517	113,1517	169,7276	113,1517
	150	100	100	150	100
Tulangan Yang Digunakan					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Tul. Pokok	D16 - 150	D16 - 100	D16 - 100	D16 - 150	D16 - 100

Lampiran 1. Perhitungan Tulangan Pelat Ukuran 3 m x 4,1 m Arah Y

Tulangan Momen Arah Y					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Mu (kNm)	89,117	137,103	22,147	73,825	147,649
Faktor Distribusi	75%	75%	64%	60%	75%
Lajur Kolom					
Mu (kNm)	66,838	102,827	14,174	44,295	110,737
Mn (kNm)	74,2641	114,2525	15,7493	49,2165	123,0412
Lebar Lajur (m)	2,05	1,025	1,025	2,05	1,025
d (mm)	220	220	220	220	220
Rn (MPa)	0,7485	2,3030	0,3175	0,4960	2,4802
ρ	1,949E-03	6,210E-03	8,193E-04	1,285E-03	6,716E-03
	MIN/MAX	Gunakan	MIN/MAX	MIN/MAX	Gunakan
ρ_{pakai}	0,0036	0,0062	0,0036	0,0036	0,0067
A_s	1618,97	1400,28	809,49	1618,97	1514,36
σ_{tulangan} (mm)	16	16	16	16	16
Luas I_s tulangan	201,062	201,062	201,062	201,062	201,062
s	124,191	143,587	248,382	124,191	132,770
	120	125	125	120	125
A_s'	1675,5161	1608,4954	1608,4954	1675,5161	1608,4954
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Kapasitas Tulangan					
Cc = (0,85 * f'c * b) a	50619,625	25309,8125	25309,8125	50619,625	25309,8125
	→ 50619,625 a	→ 25209,81 a	→ 25209,81 a	→ 50619,625 a	→ 25209,81 a
Mn = Cc (d - a/2)					
Mn	74264145,31	114252531,25	15749272,00	49216475,00	123041187,50
Cc	50619,625	25309,8125	25309,8125	50619,625	25309,8125
d	220	220	220	220	220
Gunakan Rumus abc					
a	25309,8125	12654,90625	12654,90625	25309,8125	12654,90625

b	-11136317,5	-5568158,75	-5568158,75	-11136317,5	-5568158,75
c	74264145,31	114252531,25	15749272,00	49216475,00	123041187,50
Determinan	1,16499E+14	2,5221E+13	3,02072E+13	1,19035E+14	2,47761E+13
a	6,773	21,577	2,847	4,465	23,335
	433,227	418,423	437,153	435,535	416,665
Cc (N)	342841,642	546110,206	72053,800	226004,560	590599,801
As (mm²)	879,081	1400,283	184,753	579,499	1514,358
ρ	0,00195	0,00621	0,00082	0,00128	0,00672
	MIN	OK	MIN	MIN	OK
ASperlu	1618,97	1400,283	809,49	1618,97	1514,358
s	124,1909	143,5867	248,3819	124,1909	132,7704
	120	125	125	120	125
Asst	0,00	512,50	512,50	0,00	512,50
ε_{tulangan} (mm)	0,00	10	10	0,00	10
Luas 1ε_{tulangan}	0,00	78,540	78,540	0,00	78,540
s	0,00	153,248	153,248	0,00	153,248
	0,00	150	150	0,00	150
As'	0,00	536,6887	536,6887	0,0000	536,6887
Kontrol		OK	OK		OK
Tulangan Yang Digunakan					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Tul. Pokok	D16 - 120	D16 - 125	D16 - 125	D16 - 120	D16 - 125
Tul. Susut		P10 - 150	P10 - 150		P10 - 150
Lajur Tengah					
Mu (kNm)	22,279	34,276	7,97	29,530	36,912
Mn (kNm)	24,7547	38,0842	8,86	32,8110	41,0137
Lebar Lajur (m)	2,05	3,075	3,075	2,05	3,075
d (mm)	220	220	220	220	220
Rn (MPa)	0,2495	0,2559	0,06	0,3307	0,2756
ρ	6,430E-04	6,596E-04	1,528E-04	8,537E-04	7,106E-04
	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX
ρ_{pakai}	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
As	1618,97	2428,46	2428,46	1618,97	2428,46
ε_{tulangan} (mm)	16	19	19	16	19
Luas 1ε_{tulangan}	201,062	283,529	283,529	201,062	283,529

s	124,191	116,752	116,752	124,191	116,752
	120	100	100,00	120	100
As'	1675,5161	2835,2874	2835,2874	1675,5161	2835,2874
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Kapasitas Tulangan					
Cc = (0,85 * f'c * b) a	50619,625	75929,4375	75929,4375	50619,625	75929,4375
	→ 50619,625 a	→ 75929,4375 a	→ 75929,4375 a	→ 50619,625 a	→ 75929,4375 a
Mn = Cc (d - a/2)					
Mn	24754715,10	38084177,08	8858965,50	32810983,33	41013729,17
Cc	50619,625	75929,4375	75929,4375	50619,625	75929,4375
d	220	220	220	220	220
Gunakan Rumus abc					
a	25309,8125	37964,71875	37964,71875	25309,8125	37964,71875
b	-11136317,5	-16704476,25	-16704476,25	-11136317,5	-16704476,25
c	24754715,10	38084177,08	8858965,50	32810983,33	41013729,17
Determinan	1,21511E+14	2,73256E+14	2,77694E+14	1,20696E+14	2,72811E+14
a	2,234	2,292	0,531	2,966	2,469
	437,766	437,708	439,469	437,034	437,531
Cc (N)	113095,708	174016,290	40316,678	150153,105	187478,096
As (mm²)	289,989	446,196	103,376	385,008	480,713
ρ	0,00064	0,00066	0,00015	0,00085	0,00071
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
ASperlu	1618,97	2428,462	2428,462	1618,97	2428,462
s	124,1909	116,7524	116,7524	124,1909	116,7524
	120	100	100	120	100
Tulangan Yang Digunakan					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Tul. Pokok	D16 - 120	D19 - 100	D19 - 100	D16 - 120	D19 - 100

Lampiran 1. Perhitungan Tulangan Pelat Ukuran 4,1 m x 4,1 m Arah X

Tulangan Momen Arah X					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Mu (kNm)	0,350	198,524	91,626	152,711	213,795
Faktor Distribusi	75%	75%	64%	60%	75%
Lajur Kolom					
Mu (kNm)	0,2625	148,8928	58,6409	91,6263	160,3461
Mn (kNm)	0,2917	165,4364	65,1565	101,8070	178,1623
Lebar Lajur (m)	2,05	1,025	1,025	2,05	1,025
d (mm)	225	225	225	225	225
Rn (MPa)	0,0028	3,1882	1,2557	0,9810	3,4334
ρ	7,2066E-06	8,7842E-03	3,3059E-03	2,5674E-03	9,5192E-03
	MIN/MAX	Gunakan	MIN/MAX	MIN/MAX	Gunakan
ρ_{pakai}	0,0036	0,0088	0,0033	0,0026	0,0095
A_s	1655,77	2025,85	762,43	1184,20	2195,38
s_{tulangan} (mm)	16	19	19	16	19
Luas s_{tulangan}	201,062	283,529	283,529	201,062	283,529
s	121,431	139,956	371,875	169,787	129,148
	100	125	125	100	125
A_s'	2010,6193	2268,2299	2268,2299	2010,6193	2268,2299
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Kapasitas Tulangan					
Cc = (0,85 * f'c * b)	50619,625	25309,8125	25309,8125	50619,625	25309,8125
	→ 50619,625 a	→ 25309,812 a	→ 25309,812 a	→ 50619,625 a	→ 25309,812 a
Mn = Cc (d - a/2)					
Mn	291666,67	165436429,17	65156501,33	101807033,33	178162308,33
Cc	50619,625	25309,8125	25309,8125	50619,625	25309,8125
d	225	225	225	225	225
Gunakan Rumus abc					
a	25309,8125	12654,90625	12654,90625	25309,8125	12654,90625

b	-11389415,63	-5694707,813	-5694707,813	-11389415,63	-5694707,813
c	291666,67	165436429,17	65156501,33	101807033,33	178162308,33
Determinan	1,29689E+14	2,40554E+13	2,91315E+13	1,19412E+14	2,34112E+13
a	0,026	31,216	11,748	9,124	33,829
	449,974	418,784	438,252	440,876	416,171
Cc (N)	1296,370	790080,705	297347,402	461839,472	856196,902
As (mm²)	3,324	2025,848	762,429	1184,204	2195,377
ρ	0,00001	0,00878	0,00331	0,00257	0,00952
	MIN	OK	MIN	MIN	OK
Asperlu	1655,77	2025,848	762,43	1184,20	2195,377
s	121,4311	139,9556	371,8755	169,7866	129,1481
	100	125	125	150	125
Asst	0,00	512,50	512,50	0,00	512,50
stulangan (mm)	0,00	10	20	0,00	10
Luas 1stulangan	0,00	78,540	314,159	0,00	78,540
s	0,00	153,248	612,994	0,00	153,248
	0,00	150	250	0,00	150
As'	0,00	536,6887	1288,0530	0,0000	536,6887
Kontrol		OK	OK		OK
Tulangan Yang Digunakan					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Tul. Pokok	D16 - 100	D19 - 125	D19 - 125	D16 - 150	D19 - 125
Tul. Susut		P10 - 150	P10 - 150		P10 - 150
Lajur Tengah					
Mu (kNm)	0,088	49,631	32,99	61,084	53,449
Mn (kNm)	0,0972	55,1455	36,65	67,8714	59,3874
Lebar Lajur (m)	2,05	3,075	3,075	2,05	3,075
d (mm)	225	225	225	225	225
Rn (MPa)	0,0009	0,3542	0,24	0,6540	0,3815
ρ	2,402E-06	9,149E-04	6,07E-04	1,700E-03	9,859E-04
	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX	MIN/MAX
ρpakai	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
As	1655,77	2483,65	2483,65	1655,77	2483,65
stulangan (mm)	16	19	19	16	19
Luas 1stulangan	201,062	283,529	283,529	201,062	283,529

s	121,431	114,158	114,158	121,431	114,158
	100	100	100	100	100
As'	4121,7696	8718,5087	8718,5087	4121,7696	8718,5087
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Kapasitas Tulangan					
Cc = (0,85 * f'c * b)	50619,625	75929,4375	75929,4375	50619,625	75929,4375
	→ 23457,875 a	→ 48767,6875 a	→ 48767,6875 a	→ 23457,875 a	→ 48767,6875 a
Mn = Cc (d - a/2)					
Mn	97222,22	55145476,39	36650532,00	67871355,56	59387436,11
Cc	50619,625	75929,4375	75929,4375	50619,625	75929,4375
d	225	225	225	225	225
Gunakan Rumus abc					
a	25309,8125	37964,71875	37964,71875	25309,8125	37964,71875
b	-11389415,63	-17084123,44	-17084123,44	-11389415,63	-17084123,44
c	97222,22	55145476,39	36650532,00	67871355,56	59387436,11
Determinan	1,29709E+14	2,83493E+14	2,86302E+14	1,22848E+14	2,82849E+14
a	0,009	3,251	2,156	6,040	3,503
	449,991	446,749	447,844	443,960	446,497
Cc (N)	432,107	246874,742	163675,303	305754,536	266015,209
As (mm ²)	1,108	633,012	419,680	783,986	682,090
ρ	0,00000	0,00091	0,00061	0,00170	0,00099
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
ASperlu	1655,77	2483,65	2483,65	783,99	2483,654
s	121,4311	114,1579	114,1579	256,4611	114,1579
	100	100	100	100	100
Tulangan Yang Digunakan					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M ⁺	M ⁻	Me ⁻	M ⁺	Mi ⁻
Tul. Pokok	D16 - 100	D19 - 100	D19 - 100	D16 - 100	D19 - 100

Lampiran 1. Perhitungan Tulangan Pelat Ukuran 4,1 m x 4,1 m Arah Y

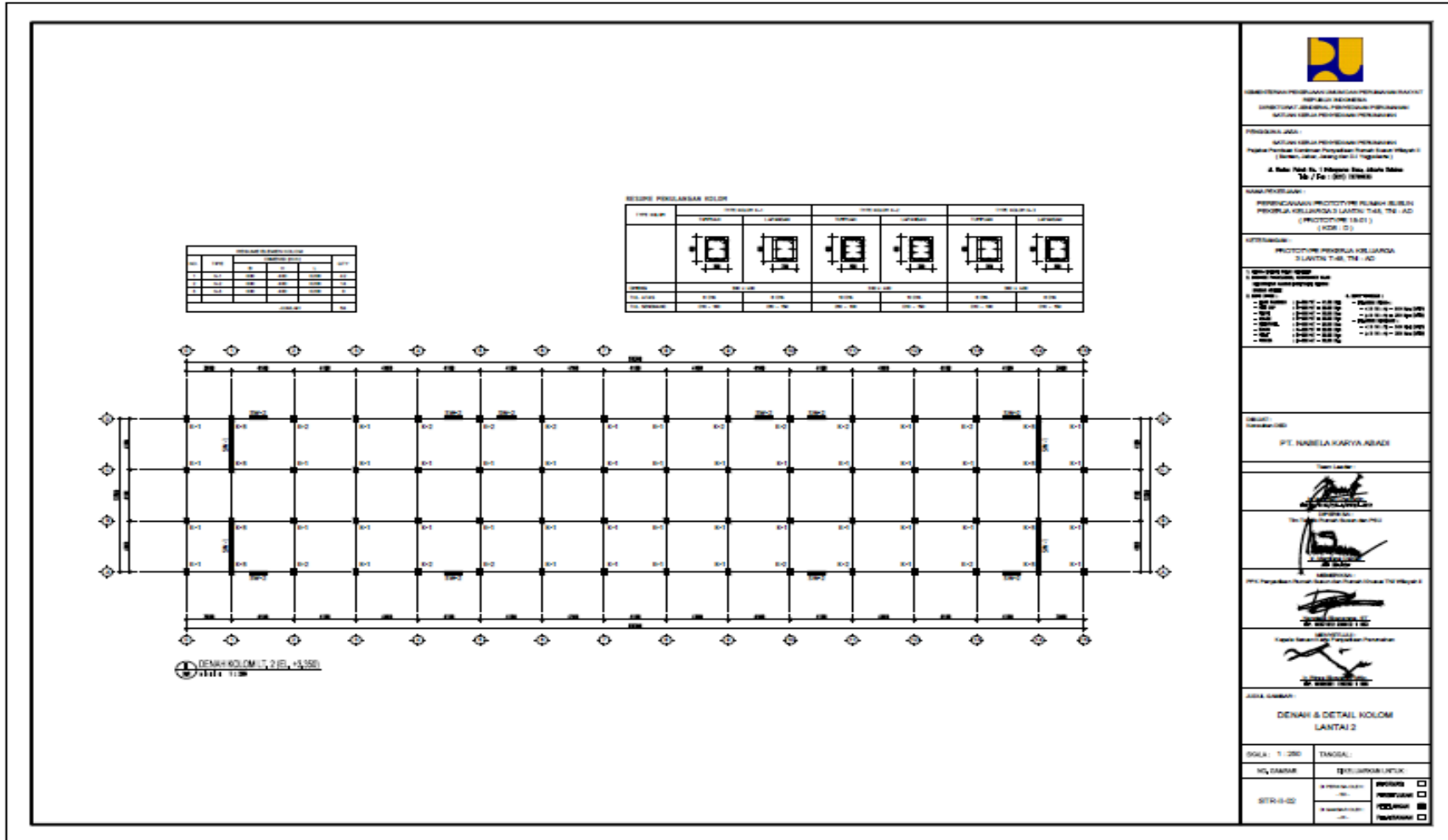
Tulangan Momen Arah Y					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Mu (kNm)	79,250	121,923	19,695	65,651	131,301
Faktor Distribusi	75%	75%	64%	60%	75%
Lajur Kolom					
Mu (kNm)	59,437	91,442	12,605	39,390	98,476
Mn (kNm)	66,0415	101,6023	14,0055	43,7672	109,4179
Lebar Lajur (m)	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
d (mm)	225	225	225	225	225
Rn (MPa)	0,6364	0,9790	0,1350	0,4217	1,0543
ρ	1,653E-03	2,562E-03	3,470E-04	1,091E-03	2,764E-03
	OK	OK	MIN	OK	OK
ρ_{pakai}	0,0017	0,0026	0,0036	0,0011	0,0028
A_s	762,57	1181,77	1655,77	503,10	1274,75
ϕ_{tulangan} (mm)	16	16	16	16	16
Luas 1ϕ tulangan	201,062	201,062	201,062	201,062	201,062
s	263,665	170,136	121,431	399,642	157,727
	200	150	120	200	150
A_s'	1005,3096	1340,4129	1675,5161	1005,3096	1340,4129
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Kapasitas Tulangan					
Cc = (0,85 * f'c * b) a	24692,5	24692,5	24692,5	24692,5	24692,5
	→ 24692,5 a	→ 24692,5 a	→ 24692,5 a	→ 24692,5 a	→ 24692,5 a
Mn = Cc (d - a/2)					
Mn	66041503,13	101602312,50	14005488,00	43767150,00	109417875,00

Cc	24692,5	24692,5	24692,5	24692,5	24692,5
d	225	225	225	225	225
Gunakan Rumus abc					
a	12346,25	12346,25	12346,25	12346,25	12346,25
b	-5555812,5	-5555812,5	-5555812,5	-5555812,5	-5555812,5
c	66041503,13	101602312,50	14005488,00	43767150,00	109417875,00
Determinan	2,76056E+13	2,58494E+13	3,01754E+13	2,87056E+13	2,54635E+13
a	12,219	19,098	2,535	8,021	20,641
	437,781	430,902	447,465	441,979	429,359
Cc (N)	301710,017	471579,782	62599,277	198050,669	509680,241
As (mm²)	773,615	1209,179	160,511	507,822	1306,872
ρ	0,00344	0,00537	0,00071	0,00226	0,00581
	MIN	OK	MIN	MIN	OK
Asperlu	762,57	1209,179	1655,77	503,10	1306,872
s	263,6650	166,2797	121,4311	399,6424	153,8497
	200	150	120	200	150
Asst	0,00	500,00	500,00	0,00	500,00
stulangan (mm)	0,00	8	8	0,00	8
Luas 1stulangan	0,00	50,265	50,265	0,00	50,265
s	0,00	100,531	100,531	0,00	100,531
	0,00	100	100	0,00	100
As'	0,00	502,6548	502,6548	0,00	502,6548
Kontrol		OK	OK		OK
Tulangan Yang Digunakan					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Tul. Pokok	D16 - 200	D16 - 150	D16 - 120	D16 - 200	D16 - 150
Tul. Susut		P8 - 100	P8 - 100		P8 - 100

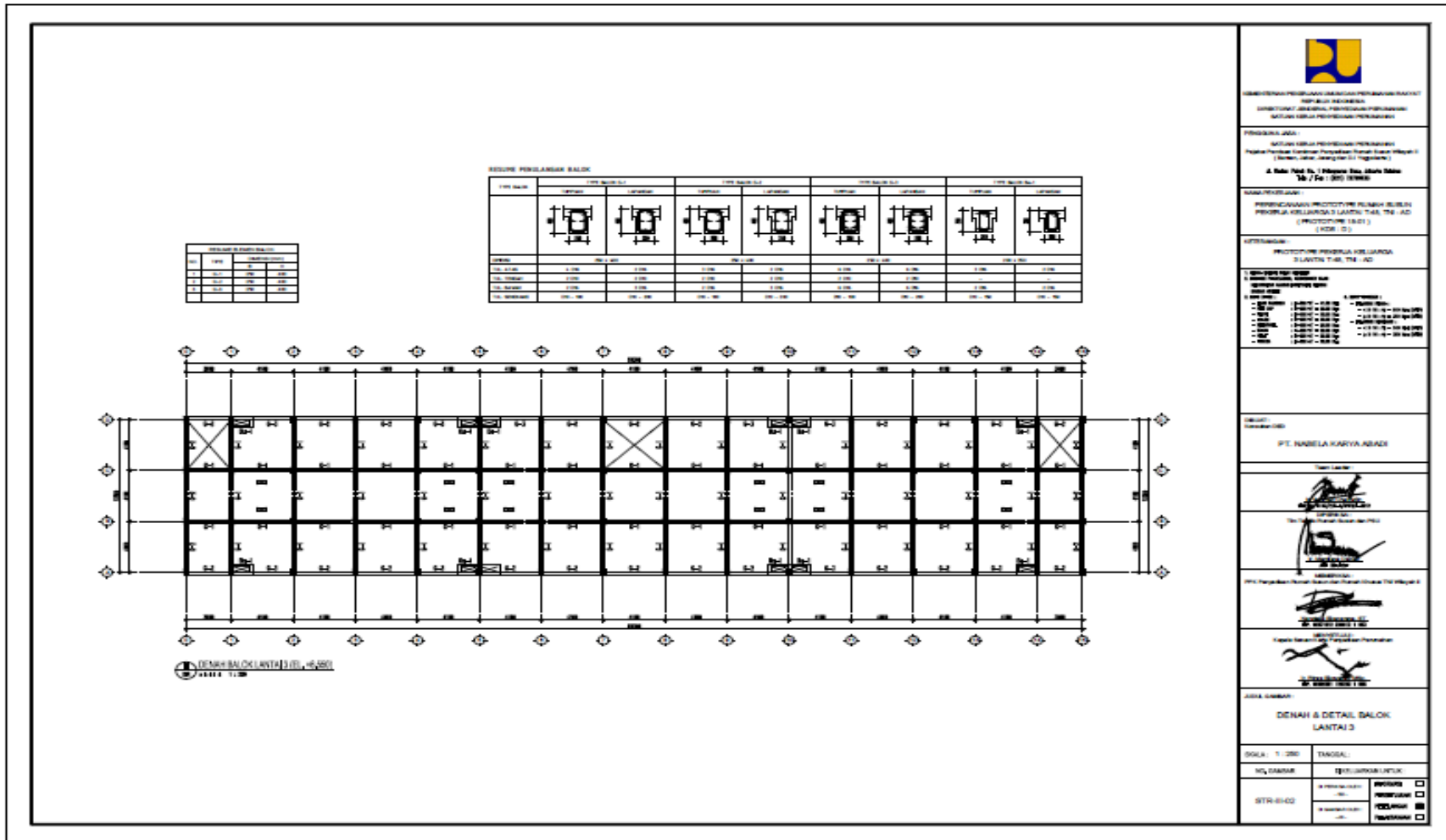
Lajur Tengah					
Mu (kNm)	19,812	30,481	7,09	26,260	32,825
Mn (kNm)	22,0138	33,8674	7,88	29,1781	36,4726
Lebar Lajur (m)	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
d (mm)	225	225	225	225	225
Rn (MPa)	0,2121	0,3263	0,08	0,2812	0,3514
ρ	5,462E-04	8,424E-04	1,949E-04	7,250E-04	9,076E-04
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
ρpakai	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
As	1655,77	1655,77	1655,77	1655,77	1655,77
stulangan (mm)	16	16	16	16	16
Luas stulangan	201,062	201,062	201,062	201,062	201,062
s	121,431	121,431	121,431	121,431	121,431
	120	120	120,00	120	120
As'	1675,5161	1675,5161	1675,5161	1675,5161	1675,5161
Kontrol	OK	OK	OK	OK	OK
Cek Kapasitas Tulangan					
Cc = (0,85 * f'c * b) a	24692,5	24692,5	24692,5	24692,5	24692,5
	→ 24692,5 a	→ 24692,5 a	→ 24692,5 a	→ 24692,5 a	→ 24692,5 a
Mn = Cc (d - a/2)					
Mn	22013834,38	33867437,50	7878087,00	29178100,00	36472625,00
Cc	24692,5	24692,5	24692,5	24692,5	24692,5
d	225	225	225	225	225
Gunakan Rumus abc					
a	12346,25	12346,25	12346,25	12346,25	12346,25
b	-5555812,5	-5555812,5	-5555812,5	-5555812,5	-5555812,5
c	22013834,38	33867437,50	7878087,00	29178100,00	36472625,00
Determinan	2,97799E+13	2,91945E+13	3,0478E+13	2,94261E+13	2,90659E+13
a	3,998	6,181	1,422	5,315	6,663

	446,002	443,819	448,578	444,685	443,337
Cc (N)	98716,264	152618,155	35124,752	131230,298	164536,960
As (mm²)	253,119	391,329	90,063	336,488	421,890
ρ	0,00112	0,00174	0,00040	0,00150	0,00188
	MIN	MIN	MIN	MIN	MIN
ASperlu	1655,77	1655,769	1655,77	1655,77	1655,769
s	121,4311	121,4311	121,4311	121,4311	121,4311
	120	120	120	120	120
Tulangan Yang Digunakan					
	Bentang Dalam		Bentang Ujung		
	M⁺	M⁻	M_e⁻	M⁺	M_i⁻
Tul. Pokok	D16 - 120	D16 - 120	D16 - 120	D16 - 120	D16 - 120

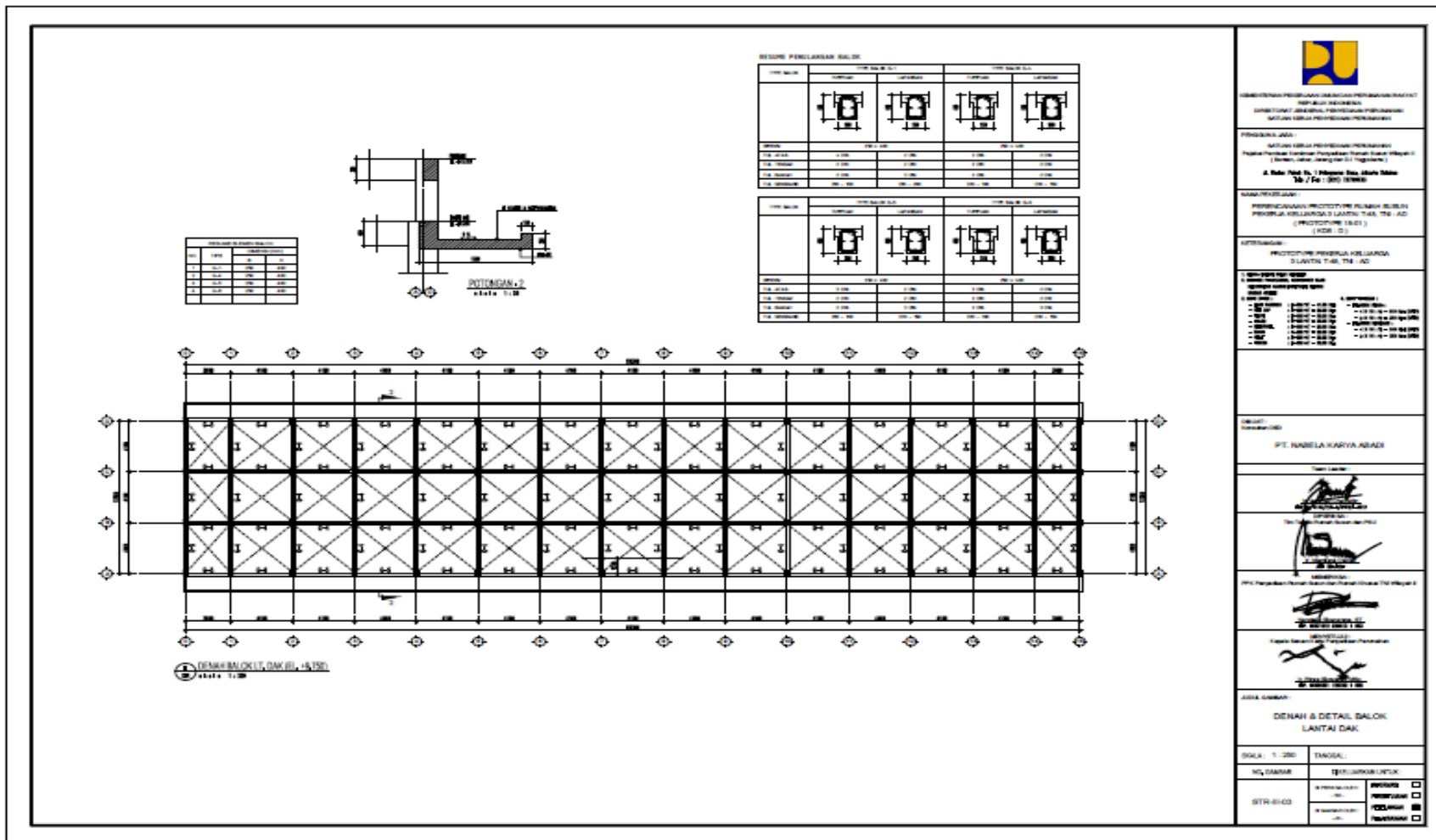
Lampiran 1. Denah dan Detail Kolom Lantai 2 Bangunan Existing



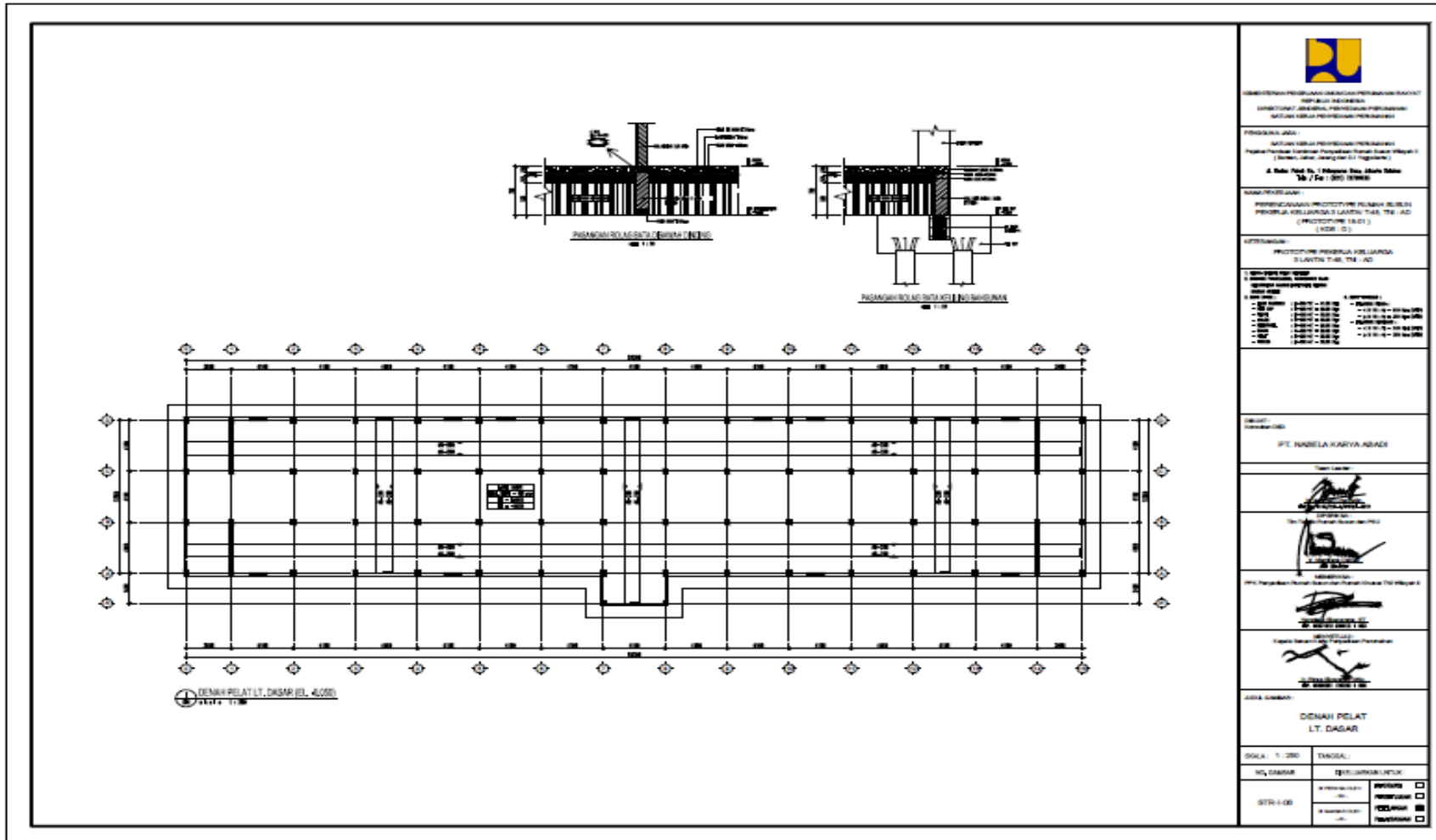
Lampiran 1. Denah dan Detail Balok Lantai 2 Bangunan *Existing*



Lampiran 1. Denah dan Detail Balok Lantai Dak Bangunan Existing



Lampiran 1. Denah Pelat Lantai Dasar Bangunan *Existing*



PERUSAHAAN PERENCANAAN DAN KONSULTANSI PERTANJANG BARU
 PT. NABELA KARYA ABADI
 DIREKTORAT JABANG, PERENCANAAN DAN KONSULTANSI
 SATELIT KARYA PERTANJANG BARU

PROJEK JABAT :
 SATELIT KARYA PERTANJANG BARU
 Jalan Pantura Selatan Perumahan Pantura Selatan Blok 11
 (Kecamatan, Kabupaten, Provinsi) (Kecamatan, Kabupaten, Provinsi)
A. NAMA PELAT L.T. DASAR (E.L. 4.050) 1:100

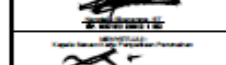
NAMA PERENCANAAN :
 PERENCANAAN PROTOTYPING RUMAH SUCI
 PERUMBAHAN KELUARCA 2 LANTAI T.L. 4.050 T.M. 1.00
 (PROTOTYPING 1.001)
 (KOR. 0.0)

LOKASI :
 PROTOTYPING PERUMBAHAN KELUARCA
 2 LANTAI T.L. 4.050 T.M. 1.00

1. DAFTAR RUMAH SUCI
 2. DAFTAR PERUMBAHAN RUMAH SUCI
 3. DAFTAR PERUMBAHAN RUMAH SUCI

NO	NAMA RUMAH SUCI	NO	NAMA RUMAH SUCI
1	RUMAH SUCI 1	11	RUMAH SUCI 11
2	RUMAH SUCI 2	12	RUMAH SUCI 12
3	RUMAH SUCI 3	13	RUMAH SUCI 13
4	RUMAH SUCI 4	14	RUMAH SUCI 14
5	RUMAH SUCI 5	15	RUMAH SUCI 15
6	RUMAH SUCI 6	16	RUMAH SUCI 16
7	RUMAH SUCI 7	17	RUMAH SUCI 17
8	RUMAH SUCI 8	18	RUMAH SUCI 18
9	RUMAH SUCI 9	19	RUMAH SUCI 19
10	RUMAH SUCI 10	20	RUMAH SUCI 20

REVISI :
 1. P.T. NABELA KARYA ABADI



JABAT :
**DENAH PELAT
 L.T. DASAR**

SKALA : 1:100 TANGGAL :
 NO. GAMBAR :
 STR-1-00

NO. GAMBAR	REVISI	REVISI
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10



Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

TIFANY EKA SISWATI

10.511.080

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG
PROYEK RUMAH SUSUN
PEKERJA KELUARGA TNI-AD
SLEMAN MENGGUNAKAN
FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING 1
Yumalia Muntafi, M.T

DOSEN PEMBIMBING 2
Dr. Ir. Hartsoyo, MSc

Nama Gambar

DENAH LANTAI 1

Elv. - 0,083 m

SKALA 1 : 200

1. Mutu Beton

a. $f_c = 29,05 \text{ MPa}$

2. Mutu Baja Tulangan

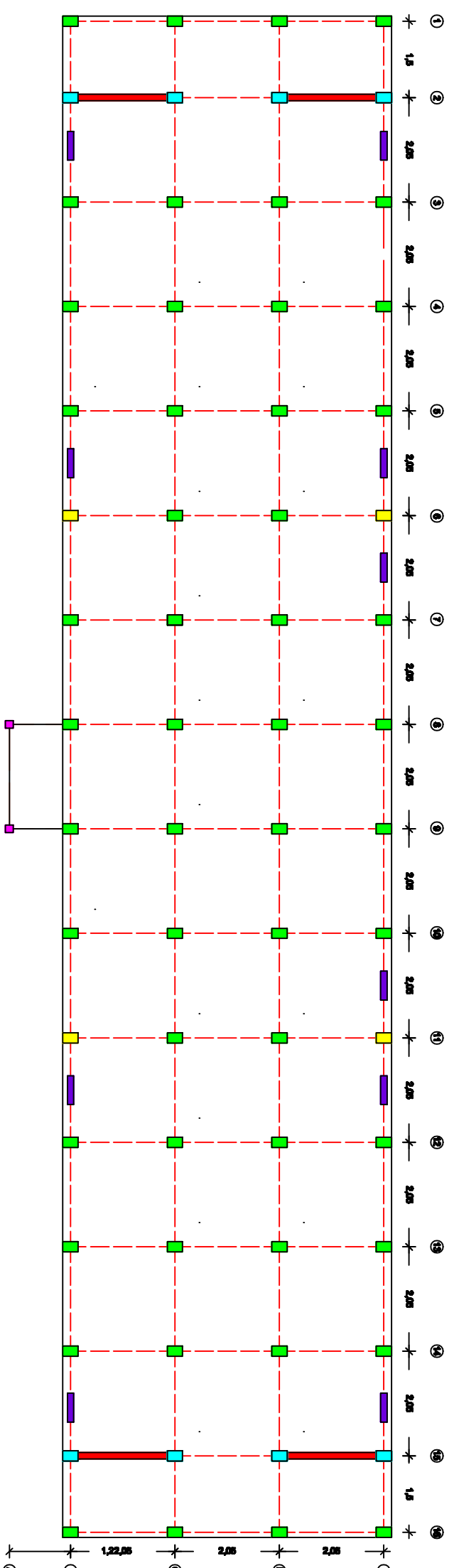
a. $< 12 \text{ mm} = \text{U24}$

b. $\geq 12 \text{ mm} = \text{U39}$

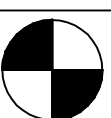
3. Semua Dimensi Dalam
Meter

No. Gambar

01



Denah LT. 1 (El. -0,0830)





Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

TIFANY EKA SISWATI

10.511.080

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG
PROYEK RUMAH SUSUN
PEKERJA KELUARGA TNI-AD
SLEMAN MENGGUNAKAN
FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING 1
Yumalia Muntafi, M.T

DOSEN PEMBIMBING 2
Dr. Ir. Harsoyo, MSc

Nama Gambar

DENAH DROP PANEL LANTAI 2

Elv. +3,350 m

SKALA

1 : 200

1. Mutu Beton

a. $f_c = 29,05 \text{ MPa}$

2. Mutu Baja Tulangan

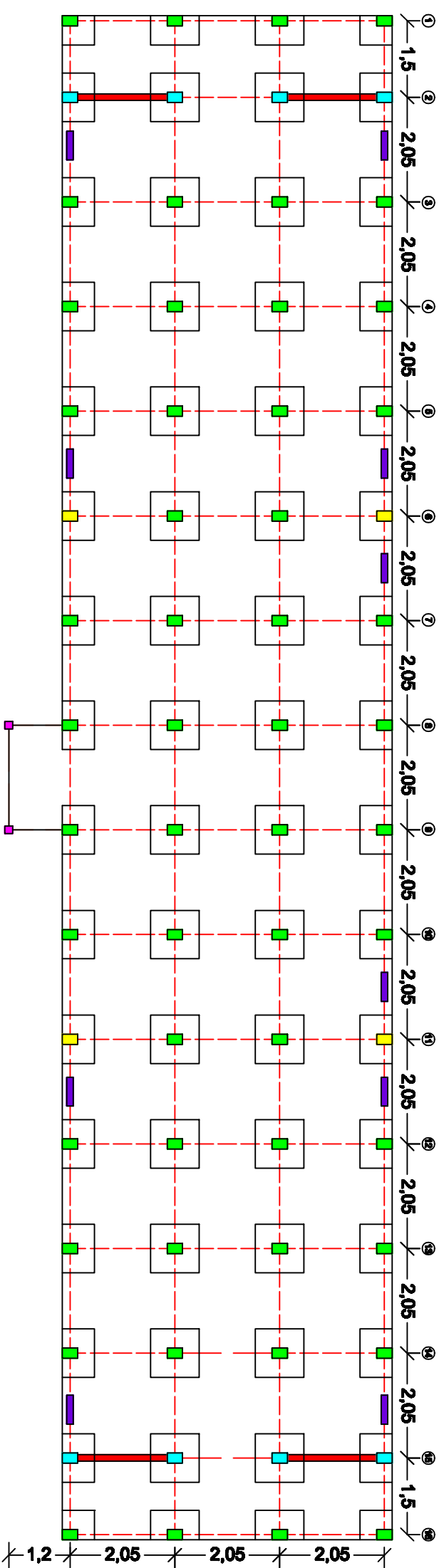
a. $< 12 \text{ mm} = \text{U24}$

b. $\geq 12 \text{ mm} = \text{U39}$

3. Semua Dimensi Dalam
Meter

No. Gambar

02



Denah Drop Panel LT. 2 (El. +3,350)



Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

TIFANY EKA SISWATI

10.511.080

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG
PROYEK RUMAH SUSUN
PEKERJA KELUARGA TNI-AD
SLEMAN MENGGUNAKAN
FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING 1
Yumalia Muntafi, M.T

DOSEN PEMBIMBING 2
Dr. Ir. Harsoyo, MSc

Nama Gambar

DENAH DROP PANEL LANTAI 3

Elv. +6,550 m

SKALA 1 : 200

Kode Gambar
STR

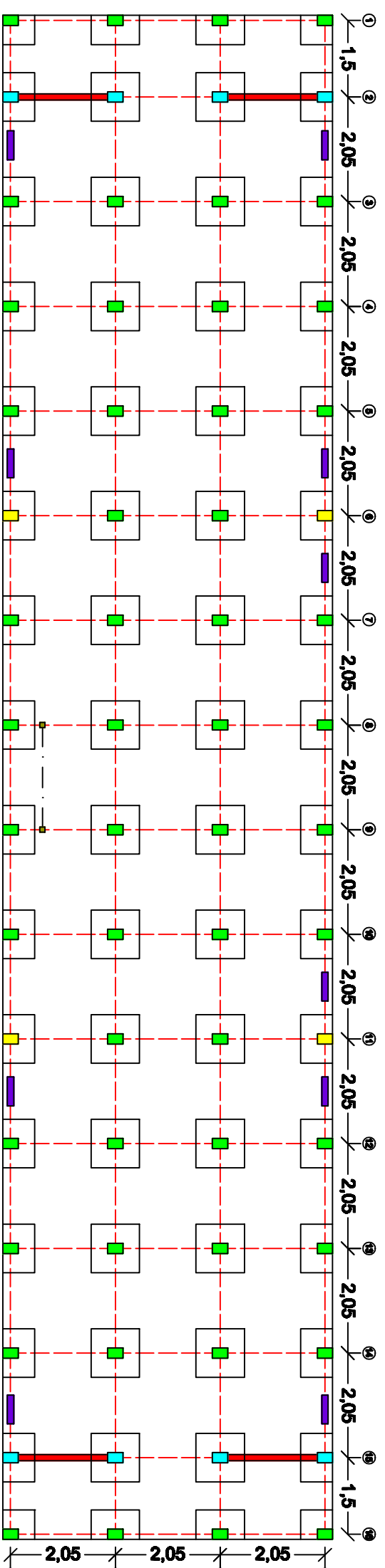
1. Mutu Beton
a. $f_c = 29,05 \text{ MPa}$

2. Mutu Baja Tulangan
a. $< 12 \text{ mm} = \text{U24}$
b. $\geq 12 \text{ mm} = \text{U39}$

3. Semua Dimensi Dalam
Meter

No. Gambar

03



Denah Drop Panel LT. 3 (Elev. +6,550)



Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

TIFANY EKA SISWATI

10.511.080

TUGAS AKHIR

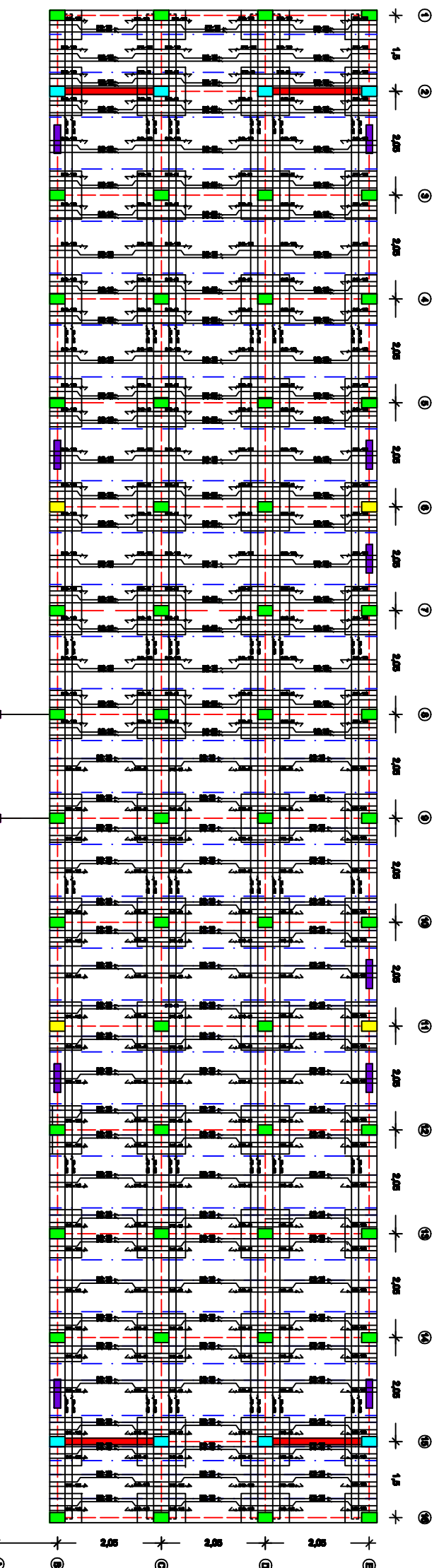
**PERENCANAAN ULANG
PROYEK RUMAH SUSUN
PEKERJA KELUARGA TNI-AD
SLEMAN MENGGUNAKAN
FLAT SLAB**

DOSEN PEMBIMBING 1
Yumalia Muntagi, M.T

DOSEN PEMBIMBING 2
Dr. Ir. Harsoyo, MSc

Nama Gambar

**DETAIL PENULANGAN PELAT
TAMPAK ATAS ARAH Y**



SKALA

1 : 200

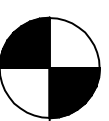
Kode Gambar

STR

1. Mutu Beton
a. $f_c = 29,05 \text{ MPa}$
2. Mutu Baja Tulangan
a. $< 12 \text{ mm} = \text{U24}$
b. $\geq 12 \text{ mm} = \text{U39}$
3. Semua Dimensi Dalam Meter

No. Gambar

07



Detail Penulangan Pelat Tampak Atas
Arah Y



Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

TIFANY EKA SISWATI

10.511.080

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG
PROYEK RUMAH SUSUN
PEKERJA KELUARGA TNI-AD
SLEMAN MENGGUNAKAN
FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING 1
Yunalia Muntafi, M.T

DOSEN PEMBIMBING 2
Dr. Ir. Harsoyo, MSc

Nama Gambar

DETAIL PENULANGAN PELAT
TAMPAK ATAS ARAH X

SKALA

1 : 200

1. Mutu Beton

a. $f_c = 29,05 \text{ MPa}$

2. Mutu Baja Tulangan

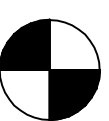
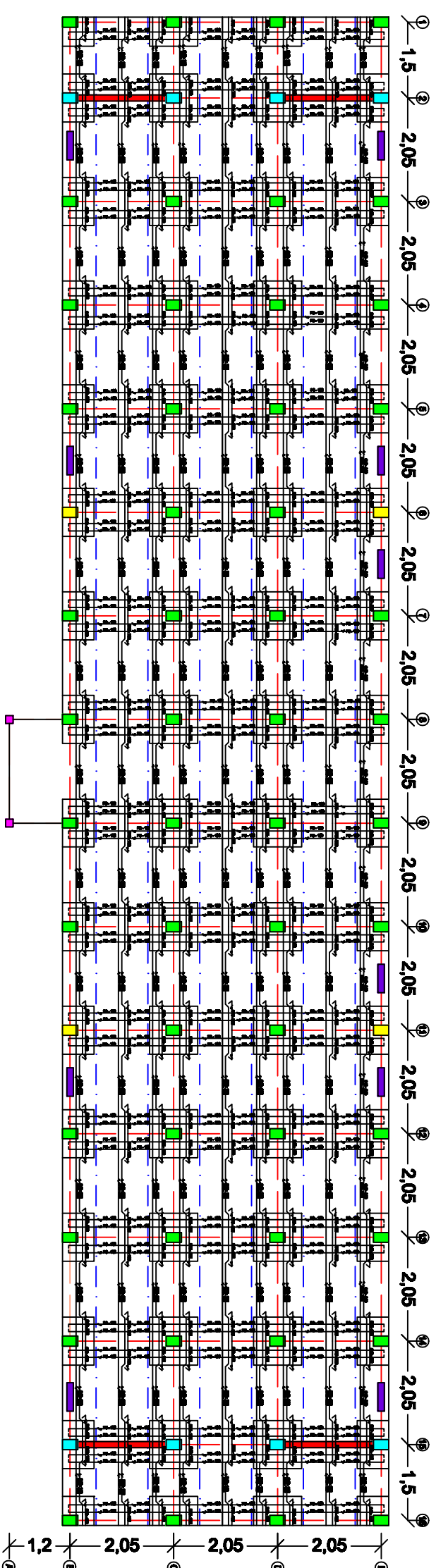
a. $< 12 \text{ mm} = \text{U24}$

b. $\geq 12 \text{ mm} = \text{U39}$

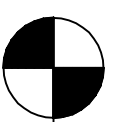
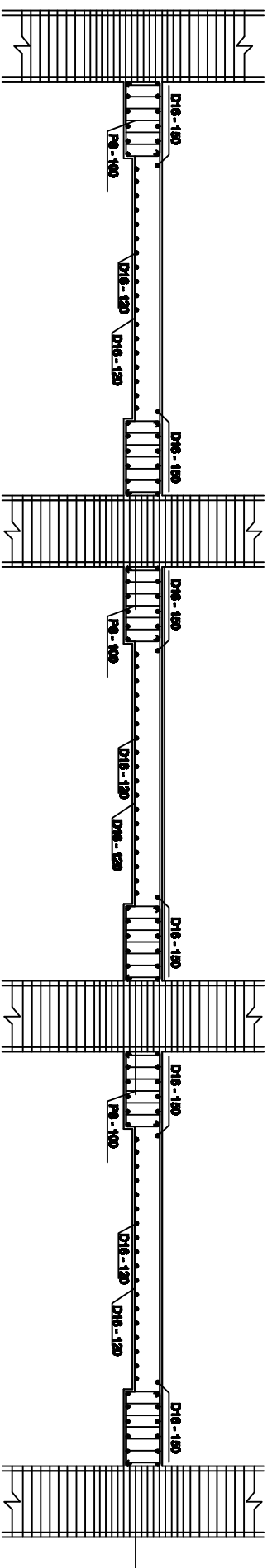
3. Semua Dimensi Dalam
Meter

No. Gambar

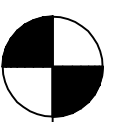
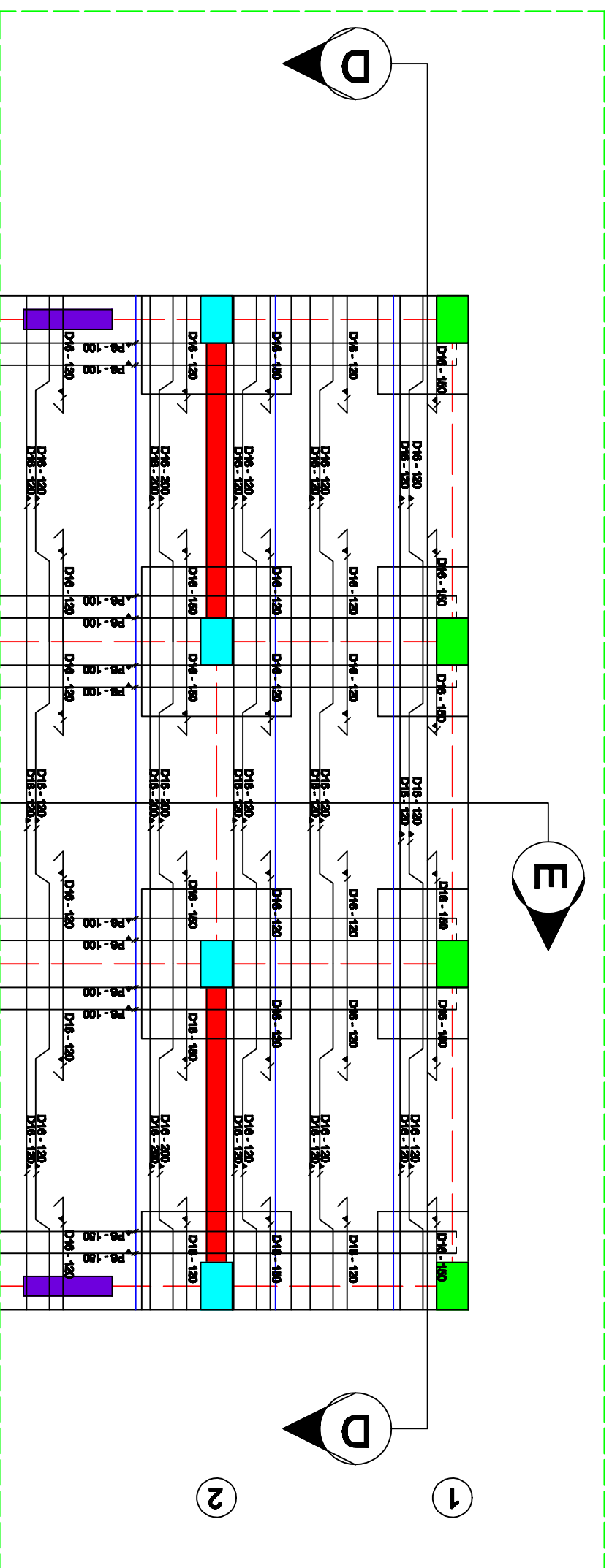
08



Detail Penulangan Pelat Tampak Atas
Arah X



Potongan D - D
Skala 1 : 50



Tampak Atas Potongan D - D
Skala 1 : 150



Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

TIFANY EKA SISWATI

10.511.080

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG
PROYEK RUMAH SUSUN
PEKERJA KELUARGA TNI-AD
SLEMAN MENGGUNAKAN
FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING 1

Yumalia Muntafi, M.T

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Ir. Harsoyo, MSc

Nama Gambar

DETAIL POTONGAN PELAT

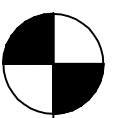
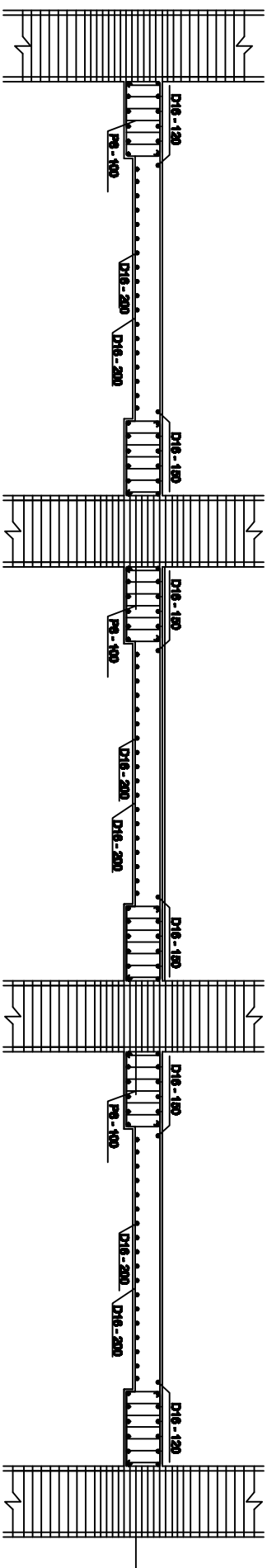
D - D

Kode Gambar
STR

No. Gambar

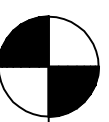
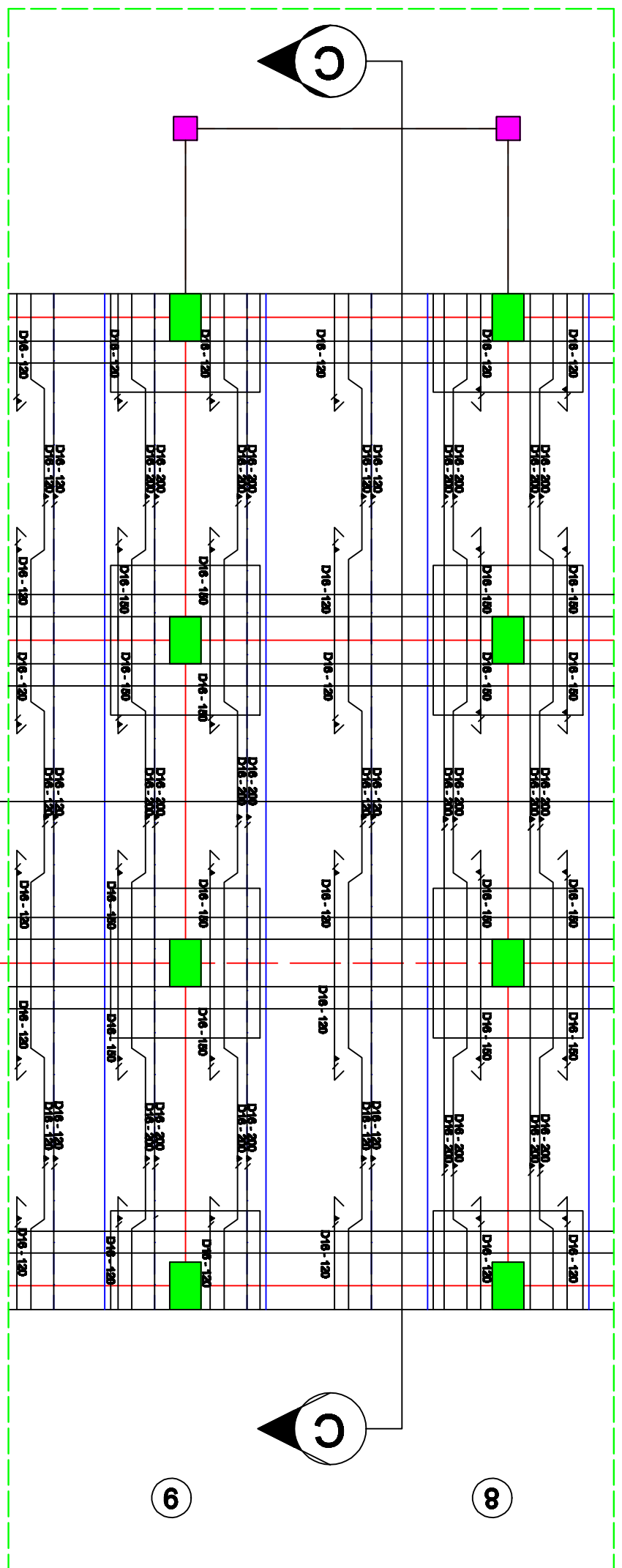
08

1. Mutu Beton
a. $f_c = 29,05 \text{ MPa}$
2. Mutu Baja Tulangan
a. $< 12 \text{ mm} = \text{U24}$
b. $\geq 12 \text{ mm} = \text{U39}$
3. Semua Dimensi Dalam Meter



Potongan C - C

Skala 1 : 50



Tampak Atas Potongan C - C

Skala 1 : 150



Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

TIFANY EKA SISWATI

10.511.080

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG
PROYEK RUMAH SUSUN
PEKERJA KELUARGA TNI-AD
SLEMAN MENGGUNAKAN
FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING 1

Yumalia Muntafi, M.T

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Ir. Harsoyo, MSc

Nama Gambar

DETAIL POTONGAN PELAT

C - C

Kode Gambar

STR

1. Mutu Beton

a. $f_c = 29,05 \text{ MPa}$

2. Mutu Baja Tulangan

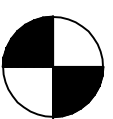
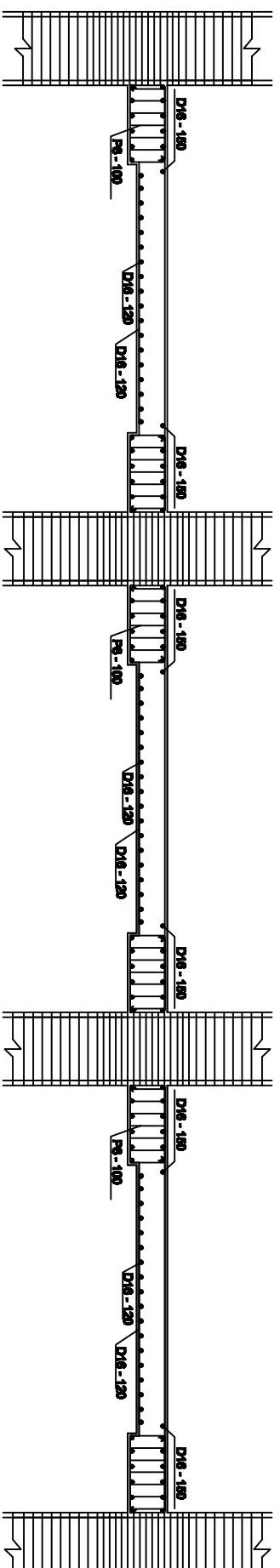
a. $< 12 \text{ mm} = \text{U24}$

b. $\geq 12 \text{ mm} = \text{U39}$

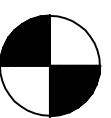
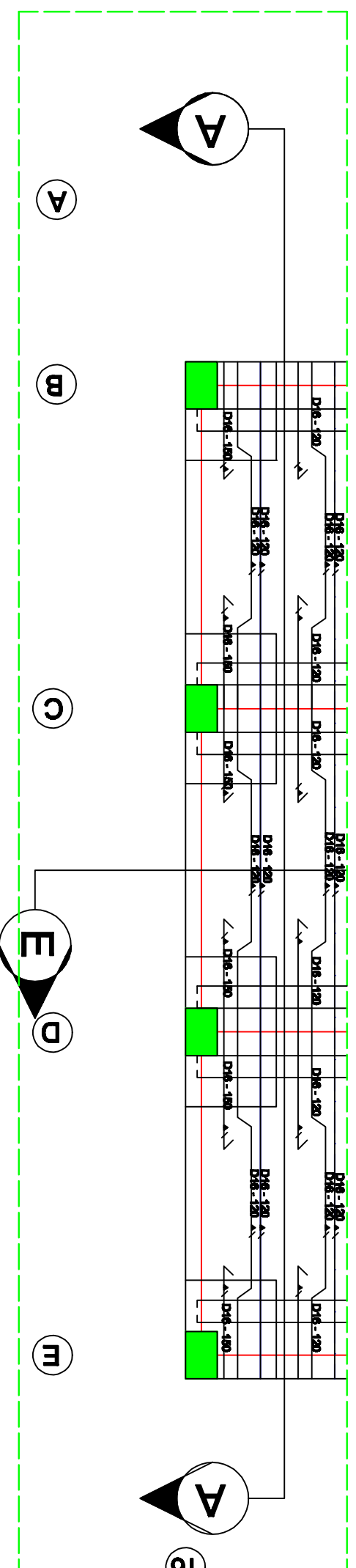
3. Sesuai Dimensi Dalam Meter

No. Gambar

09



Potongan A - A
Skala 1 : 50



Tampak Atas Potongan A - A
Skala 1 : 150



Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

TIFANY EKA SISWATI

10.511.080

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG
PROYEK RUMAH SUSUN
PEKERJA KELUARGA TNI-AD
SLEMAN MENGGUNAKAN
FLAT SLAB

DOSEN PEMBIMBING 1
Yumalia Muntafi, M.T

DOSEN PEMBIMBING 2
Dr. Ir. Harsoyo, MSc

Nama Gambar

DETAIL POTONGAN PELAT
A - A

1. Mutu Beton
a. $f_c = 29,05 \text{ MPa}$

2. Mutu Baja Tulangan
a. $< 12 \text{ mm} = \text{U24}$
b. $\geq 12 \text{ mm} = \text{U39}$

3. Semua Dimensi Dalam
Meter

Kode Gambar
STR

No. Gambar
11