

PERBANDINGAN MOMEN PELAT LANTAI BERDASARKAN METODE PBI 1971 DAN METODE PORTAL EKUIVALEN

(Studi Kasus ; Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis Dan
Tsunami Arsip Republik Indonesia)

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh

M. IKRAM
NIM 1403120114



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATOH-BANDA ACEH
2021

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Perbandingan Momen Pelat Lantai Berdasarkan Metode PBI 1971 dan Metode Portal Ekuivalen (Studi Kasus : Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Republik Indonesia)

Disusun oleh

Nama Mahasiswa : M. Ikram
NIM : 1403120114
Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

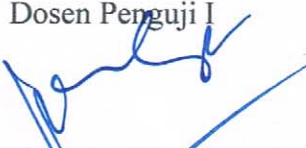
Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 20 Agustus 2021

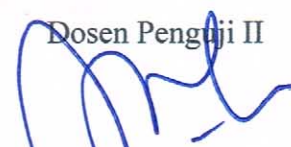
Dosen Pembimbing


Agustiar, ST, MT, IPM.
NIDN. 0018087003

Dosen Penguji I


Ir. Wahyuni, ST, MT, IPM
NIDN. 1106116802

Dosen Penguji II


Rifki Hidayat, ST, MT, IPM
NIDN. 130111864

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Tanakhsani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Perbandingan Momen Pelat Lantai Berdasarkan Metode PBI 1971 dan Metode Portal Ekuivalen (Studi Kasus : Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Republik Indonesia)

Disusun oleh

Nama Mahasiswa : M. Ikram
NIM : 1403120114
Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

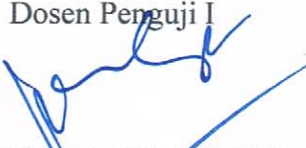
Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 20 Agustus 2021

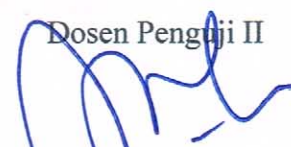
Dosen Pembimbing


Agustiar, ST, MT, IPM.
NIDN. 0018087003

Dosen Penguji I


Ir. Wahyuni, ST, MT, IPM
NIDN. 1106116802

Dosen Penguji II


Rifki Hidayat, ST, MT, IPM
NIDN. 130111864

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Tanakhsani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. ikram

NIM : 1403120114

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Didalam tugas akhir saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir/skripsi, tesis, disertasi, buku, atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat dalam tugas akhir saya bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebagian atau seluruhnya.

Dengan Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Banda Aceh, 20 Agustus 2021

Saya yang Membuat Pernyataan,

M. ikram
NIM :1403120114

KATA PENGANTAR

“Bismillahirrahmanirrahim”

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga dengan seizin-Nya penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabat beliau yang telah seiring langkah membimbing umat manusia dari alam jahiliyah kealam islamiah, dan dari alam kebodohan kealam yang berilmu pengetahuan.

Tugas akhir yang berjudul **“Perbandingan Momen Pelat Lantai Berdasarkan Metode Pbi 1971 Dan Metode Portal Ekuivalen (Studi Kasus : Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Republik Indonesia)”** ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama Pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada Bapak Agustiar, ST, MT, IPM selaku pembimbing tugas akhir ini.

Selanjutnya pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, Ibu Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng.
2. Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh, Bapak Ir. Tamalkhani, ST, M. Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng.
3. Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh, Ibu Cut Nawalul Azka, S.ST, MT, IPP.

4. Ibu Ir, Wahyuni, MT, IPM selaku Penguji I dan Bapak Rifki Hidayat, ST, MT, IPM selaku Penguji II yang telah memberikan banyak masukan untuk perbaikan buku ini.
5. Tenaga Pengajar Pada Prodi Teknik Sipil/Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.
6. Ayahanda dan Ibunda tercinta, beserta kakak, abang dan adik sekaligus penyemangat terbesar, serta seluruh anggota keluarga yang telah memberi do'a restu serta dorongan untuk keberhasilan penulis.
7. Rekan-rekan yang telah banyak membantu, memberikan dukungan serta doa dalam proses penelitian dan penulisan tugas akhir ini, Mindo Kurnianto, Najib Achyar, T.Mahathir, Akmal Maulana dan teman seperjuangan leting 2014 serta semua pihak yang tidak disebutkan namanya yang telah membantu penulis sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari kesempurnaan penulisan kedepannya. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas jasa dan baik budi dari semua pihak.

Akhirnya kepada Allah SWT jugalah penulis berserah diri dan berharap semoga tulisan ini dapat berguna bagi pembaca, Amin.

Banda Aceh, 20 Agustus 2021
Penulis

M. Ikram
NIM : 1403120114

**PERBANDINGAN MOMEN PELAT LANTAI BERDASARKAN
METODE PBI 1917 DAN METODE PORTAL EKUIVALEN**

(Studi Kasus : Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis
dan Tsunami Arsip Republik Indonesia)

Oleh

M. Ikram
NIM : 1403120114

Pembimbing

Agustiar, ST, MT, IPM
NIDN : 0018087003

ABSTRAK

Pada hakekatnya dalam suatu rekayasa pada perancangan dan analisis suatu konstruksi menitik beratkan pada aspek keamanan, kenyamanan, keindahan dan efisiensi. Pada suatu perancangan dan analisis pelat dua arah yang berlaku di Indonesia terdapat dua metode perhitungan yakni dengan metode desain langsung (*Direct Design Method*) dan metode PBI 1971 (*Metode Koofisien Momen*). Selain itu ada dua metode lain yang dapat digunakan dalam perhitungan desain pelat yakni metode garis leleh (*Yield Line Method*) dan metode portal ekuivalen (*Equivalent Frame Method*). Pada Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Nasional Republik Indonesia, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar diketahui bahwa pelat memiliki bentangan yaitu berdimensi 3,5 m x 6 m. Perencana akan melakukan analisis menggunakan metode PBI 1971 dan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) untuk melihat perbandingan momen pelat pada masing-masing metode. Penulisan tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727:2013 untuk pembebanannya, SNI 2847:2013 untuk perencanaan dimensi, kebutuhan dan jarak tulangan, serta metode PBI 1971 dan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) untuk analisis momen. Balok anak pada tengah bentang ditiadakan sehingga pelat memiliki bentangan yaitu berdimensi 6 m x 7m. Dari hasil perhitungan tebal pelat diperoleh tebal masing-masing pelat pada pola 1 didapatkan ketebalan pelat sebesar 200 mm, untuk pola 2 200 mm, untuk pola 3 200 mm dan untuk pola 4 200 mm. Momen yang timbul untuk metode PBI 1971 contohnya pada pola 1 lantai 1 pada arah x -4679,56 kgm dan 2065,07 kgm, momen y 2116,11 kgm dan -5673,15 kgm, (SNI 2847:2013) didapatkan momen pada Pola 1 lantai 1 x -6216,73 kgm, dan 3216,80 kgm, momen y 3002,51 kgm dan -5841,82 kgm. Sedangkan dari total luas tulangan pakai masing-masing metode 29616,48 mm² dan 32216,40 mm².

Kata kunci : Pelat, Momen, PBI 1971, Portal Ekuivalen, Penulangan.

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN.....	4
2.1 Pengertian Pelat.....	4
2.2 Tumpuan dan Jenis Perletakan.....	4
2.3 Jenis-Jenis Pelat	5
2.3.1 Pelat Satu Arah	5
2.3.2 Sistem Pelat Rusuk (<i>Joist Construction</i>)	6
2.3.3 Pelat Dua Arah.....	6
2.4 Perencanaan Pelat Satu Arah	7
2.5 Perencanaan Pelat Dua Arah.....	12
2.6 Metode PBI 1971	13
2.6.1 Syarat - Syarat Metode PBI 1971.....	13
2.7 Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-1013)	14
2.7.1 Konsep Umum Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013).....	14
2.7.2 Momen Inesia Balok-Pelat.....	15
2.7.3 Momen Inesia Kolom Ekuivalen	16
2.8 Pembebanan.....	17

2.8.1 Beban Mati (D)	18
2.8.2 Beban Hidup (L)	18
2.9 Kuat Perlu.....	19
2.10 Hasil Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Lokasi Penelitian.....	15
3.2 Data Material.....	15
3.3 Pemodelan/Pendimensian Struktur Pelat	16
3.4 Standar Perencanaan	17
3.4.1 Menentukan Tipe dan Tebal Pelat	4
3.4.2 Analisis Beban dan Momen Lentur	4
3.4.3 Menentukan Kebutuhan dan Jarak Tulangan.....	4
3.4.4 Periksa Kuat Momen dan Geser.....	4
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Tipe dan Tebal Pelat.....	19
4.2 Beban dan Momen Lentur.....	21
4.2.1 Beban dan Momen Lentur Metode PBI 1971.....	22
4.2.2 Beban dan Momen Lentur Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013)	22
4.2.3 Perbandingan Momen Lentur Metode PBI 1971 dan Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013).....	23
4.3 Perbandingan Luas Tulangan Metode PBI 1971 dan Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013).....	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	29
5.1 Kesimpulan	29

5.2	Saran	29
DAFTAR KEPUSTAKAAN		31
LAMPIRAN		32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis Peletakan Pelat Pada Balok	5
Gambar 2.2	Detail Penulangan Pelat Satu Arah.....	11
Gambar 2.3	Definisi Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013).....	15
Gambar 2.4	Penampang Balok Penahan Puntir.....	17
Gambar 3.1	Gambar Denah Lantai 1 dan 4.....	22
Gambar 4.1	Gambar Denah Lantai 1 dan 4.....	26
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Momen Negatif Pelat (POT A-A).....	32
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Momen Positif Pelat (POT A-A)	33
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Momen Negatif Pelat (POT B-B)	34
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Momen Positif Pelat (POT B-B).....	35
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Luas Tulangan Pakai (POT A-A).....	37
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Luas Tulangan Pakai (POT B-B).....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian Pelat Yang Sudah Dilakukan.....	19
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Tebal Pelat Lantai 1 dan 4	27
Tabel 4.2	Hasil Momen Lentur Metode PBI 1971 Lantai 1.....	28
Tabel 4.3	Hasil Momen Lentur Metode PBI 1971 Lantai 4.....	29
Tabel 4.4	Hasil Momen Lentur Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) Lantai 1.....	30
Tabel 4.5	Hasil Momen Lentur Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013)Lantai 4.....	30

DAFTAR LAMPIRAN A

Gambar A.1	Diagram Alir Penelitian.....	43
Gambar A.2	Peta Provinsi Aceh	44
Gambar A.3	Peta Kabupaten Aceh Besar	45
Gambar A.4	Peta Lokasi Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Nasional Republik Indonesia.....	46
Gambar A.5	Penumpu Pelat.....	47
Gambar A.6	Koefisien Momen untuk Balok dan Pelat Menerus.....	47
Gambar A.7	Denah Pelat Lantai 1	48
Gambar A.8	Denah Balok Lantai 1	49
Gambar A.9	Denah Kolom Lantai 1	50
Gambar A.10	Denah Pelat Lantai 2	51
Gambar A.11	Denah Balok Lantai 2.....	52
Gambar A.12	Denah Kolom Lantai 2	53
Gambar A.13	Denah Pelat Lantai 3	54
Gambar A.14	Denah Balok Lantai 3.....	55
Gambar A.15	Denah Kolom Lantai 3	56
Gambar A.16	Denah Pelat Lantai 4	57
Gambar A.17	Denah Balok Lantai 4.....	58
Gambar A.18	Denah Kolom Lantai 4	59
Gambar A.19	Tampak Belakang.....	60
Gambar A.20	Tampak Depan.....	60
Gambar A.21	Tampak Samping Kiri	61
Gambar A.22	Tampak Samping Kanan	62
Gambar A.23	Denah Kebutuhan Tebal Pelat Lantai 1 dan 4.....	63

DAFTAR LAMPIRAN B

Tabel B.1	Tebal Minimum Pelat	64
Tabel B.2	Batasan Lendutan Pelat	64
Tabel B.3	Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu Untuk Pelat	64
Tabel B.4	Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam.....	65
Tabel B.5	Momen Pelat Persegi Akibat Beban Merata Kondisi Tumpuan Bebas dan Menerus atau Terjepit Elastis	66
Tabel B.6	Momen Pelat Persegi Akibat Beban Merata Kondisi Tumpuan Bebas dan Terjepit Penuh.....	67
Tabel B.7	Faktor Reduksi Kekuatan	68
Tabel B.8	Persentase Momen Pada Lajur Kolom Untuk Pelat Luar.....	68
Tabel B.9	Persentase Momen Pada Lajur Kolom Untuk Pelat Dalam.....	68
Tabel B.10	Perhitungan Tebal Pelat Lantai 1 dan 4.....	69
Tabel B.11	Nilai Rasio, Tulangan dan Jarak Tulangan Metode PBI 1971 Lantai 1	70
Tabel B.12	Nilai Rasio, Tulangan dan Jarak Tulangan Metode PBI 1971 Lantai 4.....	71
Tabel B.13	Nilai Rasio, Tulangan dan Jarak Tulangan Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) Lantai 1	72
Tabel B.14	Nilai Rasio, Tulangan dan Jarak Tulangan Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) Lantai 4	73

DAFTAR LAMPIRAN C

Lampiran.C.1 Menentukan Tebal Pelat	74
Lampiran.C.2 Analisis Beban dan Momen PBI 1971	79
Lampiran.C.3 Analisis Beban dan Momen Portal Ekuivalen Bentang Memanjang (Arah Y) atau Potongan B-B	83
Lampiran.C.4 Menentukan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Tulangan.....	98

BAB I

PENDAHULUAN

Pada hakekatnya dalam suatu rekayasa pada perancangan dan analisis suatu konstruksi menitik beratkan pada aspek keamanan, kenyamanan, keindahan dan efisiensi. Dari segi keamanan ditinjau bahwa suatu konstruksi dapat menahan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi tersebut, dari segi kenyamanan dan keindahan ditinjau bahwa suatu konstruksi diperuntukan untuk umat manusia, sedangkan ditinjau dari segi efisiensi mengarah kepada pemilihan metode pendekatan yang efisien dalam perancangan atau analisis.

Pada suatu perancangan dan analisis pelat dua arah yang berlaku di Indonesia terdapat dua metode perhitungan yakni dengan metode desain langsung (*Direct Design Method*) dan metode PBI 1971 (*Metode Koefisien Momen*). Selain itu ada dua metode lain yang dapat digunakan dalam perhitungan desain pelat yakni metode garis leleh (*Yield Line Method*) dan metode portal ekuivalen (*Equivalent Frame Method*).

Pada Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Nasional Republik Indonesia, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar diketahui bahwa pelat memiliki bentangan yaitu berdimensi 3,5 m x 6 m, dengan bentang melintang 30 m dan bentang memanjang 49 m.

Pada pembangunan Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Nasional Republik Indonesia. Perencana mendesain gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Nasional Republik Indonesia, dan akan dilakukan analisis menggunakan metode PBI 1971 dan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) untuk melihat perbandingan momen pelat pada masing-masing metode. Pada metode PBI 1971 dan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) yang mana terdapat perbedaan dalam cara menganalisis momen pelat lantai.

Manfaat dari penelitian ini ditujukan agar menjadi bahan pertimbangan di keilmuan keteknikan khususnya dalam perencanaan pelat beton, dan memberikan informasi referensi mengenai analisis pelat lantai dengan menggunakan metode PBI

1971 dengan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013), sehingga dapat menjadi acuan dalam hal perencanaan pelat beton.

Konstruksi digunakan adalah beton bertulang dengan mutu baja tulangan sebesar 280 MPa, sedangkan mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa. Balok anak pada tengah bentang ditiadakan sehingga pelat yang direncanakan memiliki dimensi 6 m x 7 m untuk pola 1, pola 2, pola 3 dan pola 4.

Selanjutnya setelah ditentukan panjang pelat rencana dan syarat-syarat batas maka dapat ditentukan tipe pelat dengan pembagian bentang terpanjang dengan bentang terpendek, jika hasil yang didapatkan sebesar 2 atau lebih maka digolongkan menjadi pelat satu arah, sebaliknya apabila yang didapatkan hasilnya sebesar 1 hingga 2 maka digolongkan menjadi pelat dua arah, setelah ditentukan tipe pelat maka dapat dihitung ketebalan pelat berdasarkan SNI 2847:2013 sesuai dengan tipe pelatnya, yang seterusnya dapat dihitung beban pelat baik karena beban sendiri, beban mati tambahan maupun beban hidup, setelah diketahui beban yang terjadi pada pelat maka dapat dihitung momennya dengan menggunakan ketentuan PBI 1971 dan Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) agar dapat dihitung kebutuhan tulangan dan jaraknya .

Hasil perhitungan tebal pelat diperoleh tebal masing-masing pelat dimana pada pola 1 didapatkan ketebalan pelat sebesar 200 mm, untuk pola 2 200 mm, untuk pola 3 200 mm dan untuk pola 4 200 mm. Ketebalan pelat didapatkan hasil yang sama karena bentang pendek dan panjang pada pelat juga sama.

Sumbu yang ditinjau yaitu sumbu AS-5 (arah x) dan sumbu AS- D (arah y), berdasarkan hasil analisis menggunakan metode PBI 1971 dan Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013), didapatkan momen untuk metode PBI 1971 contohnya pada pola 1 lantai 1 momen tumpuan x sebesar -4679,56 kgm, momen lapangan x sebesar 2065,07 kgm, momen lapangan y sebesar 2116,11 kgm dan momen tumpuan y sebesar -5673,15 kgm, untuk pola 1 lantai 4 momen lapangan x sebesar 941,24 kgm, momen lapangan y sebesar 987,29 kgm dan momen tumpuan y sebesar -2585,76 kgm. Sedangkan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) didapatkan momen pada Pola 1 lantai 1 momen tumpuan x sebesar -6216,73 kgm, momen lapangan x sebesar 3216,80 kgm, momen lapangan y sebesar 3002,51 kgm dan

momen tumpuan y sebesar -5841,82 kgm, untuk Pola 1 lantai 4 momen tumpuan x sebesar 2830,94 kgm, momen lapangan x sebesar 2527,21 kgm, momen lapangan y sebesar 1427,78 kgm dan momen tumpuan y sebesar -2659,48 kgm.

Akibat dari momen yang timbul tersebut, maka keperluan tulangan masing-masing metode juga berbeda-beda dimana metode PBI 1971 tulangan pakai total digunakan sebanyak 15147,36 mm² pada lantai 1, 14469,12 mm² pada lantai 4. Sedangkan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) tulangan pakai total digunakan sebanyak 17747,28 mm² pada lantai 1, 14469,12 mm² pada lantai 4

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Pengertian Pelat

Menurut Asroni (2010), yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang arah horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya.

Pelat beton dapat ditumpu oleh dinding, balok, kolom, atau dapat juga terletak langsung pada tanah (slab on ground), umumnya balok dan pelat dicor secara bersamaan sehingga menghasilkan struktur yang satu kesatuan (monolit), karena beban yang bekerja di atasnya mengakibatkan momen lentur, maka perencanaan pelat direncanakan juga terhadap beban lentur.

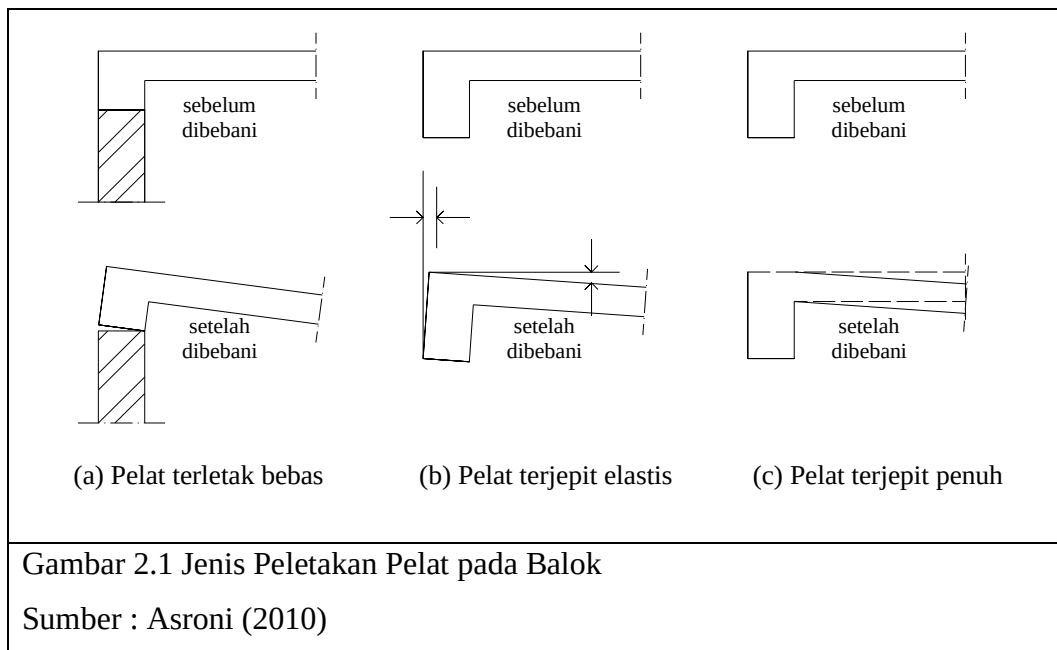
2.2 Tumpuan dan Jenis Peletakan Pelat

Dalam perencanaan pelat beton perlu diperhatikan pembebanan, namun terlepas dari hal itu jenis penghubung di tempat tumpuan dan jenis peletakan yang akan digunakan juga sangat mempengaruhi karena kekakuan hubungan antara pelat dan tumpuan akan menentukan besar momen lentur yang terjadi pada pelat. Jenis penghubung penumpu dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.5. hal.47.

Asroni (2010) berpendapat, kekakuan hubungan antara pelat dan konstruksi pendukungnya (balok) menjadi salah satu bagian dari perencanaan pelat. Ada 3 jenis peletakan balok, yaitu sebagai berikut:

- a. Terletak bebas, keadaan ini terjadi jika pelat tidak dicor secara monolit, diletakan begitu saja diatas tumpuan maupun ditumpu oleh tembok sehingga pelat berotasi bebas seperti pada Gambar 2.1 (a). hal.4.

- b. 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 seperti pada Gambar 2.2 (b).
- c. 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 seperti pada Gambar 2.1 (c).



2.3 Jenis-Jenis Pelat

Menurut Setiawan (2016), Pada umumnya jenis pelat beton pada suatu bangunan gedung dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu pelat satu arah, sistem pelat rusuk (*Joist Construction*), dan pelat dua arah.

2.3.1 Pelat Satu Arah

Setiawan (2016) berpendapat, Jika sistem pelat hanya ditumpu oleh kedua sisinya, maka pelat tersebut akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan, pada pelat ini beban akan didistribusikan dalam satu arah yaitu arah tumpuan, sistem ini disebut dengan pelat satu arah. Jika pelat tertumpu pada keempat sisinya namun rasio bentang panjang terhadap bentang

lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah pendek saja, sehingga pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah ini cocok digunakan pada bentangan 3-6 meter, dengan beban hidup 2,5-5 kN/m².

2.3.2 Sistem Pelat Rusuk (*Joist Construction*)

Setiawan (2016) berpendapat, sistem pelat rusuk terdiri dari pelat beton dengan ketebalan 50-100 mm, yang ditopang oleh rusuk dengan jarak yang beraturan, rusuk mempunyai lebar minimum 100 mm dengan tinggi tidak lebih dari 3,5 kali lebar minimumnya. Rusuk biasanya bersisi miring dan disusun dalam jarak tertentu yang tidak melebihi 750 mm, rusuk ini akan ditopang oleh balok induk utama yang langsung menumpu pada kolom, untuk jarak antar rusuk dapat dibentuk dengan bekisting kayu atau baja yang dapat dilepas, atau dapat juga digunakan pengisi permanen berupa lempung bakar atau ubin beton yang memiliki kuat tekan minimal sama dengan kuat tekan beton yang digunakan pada pelat rusuk. Sistem pelat rusuk ini cocok digunakan pada bentangan 6-9 m serta memikul beban hidup sebesar 3,5-5,5 kN/m².

2.3.3 Pelat Dua Arah

Setiawan (2016) berpendapat, apabila pelat beton ditopang di keempat sisinya, dan rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari 2, maka pelat tersebut dikategorikan sebagai sistem pelat dua arah. Pelat dua arah sendiri dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

- a. Sistem balok-pelat dua arah, sistem ini pelat beton ditumpu oleh balok keempat sisinya yang menerima beban dari pelat dan diteruskan ke kolom, sistem ini dapat digunakan pada bentangan 6-9 meter dengan beban hidup sebesar 2,5-5,5 kN/m².
- b. Sistem slab datar (*flat slab*), sistem ini pelat beton ditumpu dan bebannya diterima langsung oleh kolom dengan penebalan pelat berupa *drop panel* serta dengan/tanpa kepala kolom, sistem ini dapat digunakan untuk bentang 6-9 meter dengan beban hidup sebesar 4-7 kN/m².

- c. Sistem pelat datar (*flat panel*), sistem ini pelat beton ditumpu dan bebannya langsung diterima oleh kolom tanpa adanya penebalan pelat dan kepala kolom, sistem ini dapat digunakan untuk bentang 6-7,5 meter dengan beban hidup sebesar 2,5-4,5 kN/m².
- d. Pelat dua arah berusuk (*waffle*), sistem ini ditumpu oleh rusuk-rusuk dalam dua arah, jarak antar rusuk berkisar antara 500-750 mm dan cocok digunakan pada bentang 7,5-12,5 m.

2.4 Perencanaan Pelat Satu Arah

Setiawan (2016) berpendapat, pelat beton yang memiliki perbandingan panjang antara bentang panjang terhadap bentang pendek lebih atau sama dengan 2 dikategorikan sebagai pelat satu arah. Pada sistem ini hampir seluruh beban dilimpahkan dalam arah pendek. Desain pelat satu arah pada umumnya dapat dilakukan seperti halnya struktur balok yang dianggap memiliki bentang 1 m.

Pada pelat yang terdiri dari 1 bentangan saja, dengan anggapan tertumpu sederhana di kedua sisinya, maka momen lentur q yang terdistribusi merata ialah $M=qL^2/8$ dengan L adalah panjang bentang antara kedua tumpuan. Namun bila pelat terdiri dari lebih 1 bentangan, maka akan timbul momen negatif dan momen positif yang dapat dihitung dengan prosedur analisis struktur, atau dapat menggunakan koefisien momen yang dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.6. hal.47. SNI 2847 (2013) menyatakan, perhitungan momen karena beban gravitasi diizinkan apabila:

- Komponen struktur adalah prismatis
- Beban terdistribusi merata
- Beban hidup tak terfaktor (L) tidak melebihi tiga kali beban mati tak terfaktor (D)
- Terdapat dua bentang atau lebih
- Bentang-bentangnya mendekati sama, dengan bentang yang lebih besar dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih besar dari yang bentang lebih pendek dengan lebih dari 20%

Namun apabila komponen diatas tidak terpenuhi, maka perlu dilakukan analisis struktur untuk menentukan momen yang timbul pada struktur pelat tersebut, sehingga nilai koefisien momen pada Lampiran A Gambar A.6. hal.47 tidak dapat digunakan.

SNI 2847 (2013) menyatakan, beberapa batasan dalam perencanaan pelat satu arah, yaitu:

1. Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter.
2. Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 400$ Mpa harus ditentukan seperti pada Lampiran B Tabel B.1. hal.64, untuk f_y selain dari 400 MPa maka nilai hasil harus dikalikan dengan $0,4 + f_y/700$).
3. Lendutan harus diperiksa apabila pelat memikul konstruksi yang akan mengalami kerusakan akibat lendutan yang besar. Batasan lendutan dapat dilihat sesuai pada Lampiran B Tabel B.2. hal.64.
4. Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah.
5. Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti pada Lampiran B Tabel B.3. hal.64. namun tidak kurang dari 0,0014.
6. Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak boleh lebih dari 3 kali dari ketebalan pelat atau tidak lebih dari 450 mm.

Setelah diketahui ketebalan dari pelat tersebut, maka dapat dilanjutkan dengan menentukan tinggi manfaat pelat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$d_x = h - \text{selimut} - \frac{1}{2} d_{tulx} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$d_y = h - \text{selimut} - d_{tulx} - \frac{1}{2} d_{tuly} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

d_x = tinggi manfaat pelat arah x (mm).

d_y = tinggi manfaat pelat arah y (mm).

h = tinggi pelat (mm).

SNI 2847 (2013) menyatakan, tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti pada Lampiran B Tabel B.3. hal.64 namun tidak kurang dari 0,0014. tulangan susut dan suhu ini berfungsi sebagai tulangan sekunder yang dipasang tegak lurus terhadap tulangan utama yang dihitung berdasarkan analisis lentur. Sedangkan untuk menghitung tulangan utama dapat dihitung dengan syarat rasio (ρ) sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{f_y}} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$A_s = \rho b d \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

ρ_b = rasio *balance*.

f_c = kuat mutu beton (MPa).

f_y = kuat mutu baja tulangan (MPa).

β_1 = faktor pendukung tegangan beton tekan persegi ekuivalen.

ρ_{max} = rasio maksimum.

ρ_{min} = rasio minimum.

R_n = R nominal (kN/m²).

b = panjang bentang arah x atau terpendek (mm).

d = tinggi manfaat pelat (mm).

ρ_{ada} = rasio ada atau perlu.

A_s = Luas Tulangan Perlu (mm²)

ρ = rasio yang digunakan

ketentuan besaran faktor pendukung tegangan beton tekan persegi ekuivalen (β_1) bergantung pada mutu beton (f_c') sebagai berikut:

- Untuk $f_c' \leq 30$ MPa, maka $\beta_1 = 0,85$ (2.10)

- Untuk $f_c' > 30$ MPa, maka $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$ (2.11)

- Tetapi $\beta_1 \geq 0,65$

As tulangan pokok perlu harus lebih besar atau sama dengan tulangan susut dan suhu, dari As perlu maka dapat ditentukan diameter besi yang akan digunakan dan jarak antar tulangan (s) yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$s = \frac{1000 \times A_b}{A_s} \text{(2.12)}$$

Dimana:

s = jarak antar tulangan (mm).

A_b = luas penampang tulangan yang digunakan (mm^2).

A_s = luas tulangan perlu (mm^2).

Ketentuan jarak tulangan pokok ialah sebagai berikut:

- Pelat 1 arah : $s \leq 3h$ dan $s \leq 450$ mm.....(2.13)

- Pelat 2 arah : $s \leq 2h$ dan $s \leq 450$ mm.....(2.14)

- Tulangan Bagi : $s \leq 5h$ dan $s \leq 450$ mm(2.15)

Tahap akhir sebelum menggambarkan ialah kontrol atau periksa kuat momen rencana ($\phi M_n > M_u$) dan periksa persyaratan geser ($\phi V_c/2 > V_u$) dengan menggunakan rumus berikut:

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c \times b} \text{(2.16)}$$

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \text{(2.17)}$$

$$V_u = qu \left(\frac{L}{2} - \frac{dx}{b} \right) \text{(2.18)}$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d) \text{(2.19)}$$

Dimana:

a = rasio tulangan terhadap beton.

A_s = luas tulangan perlu (mm^2).

f'_c = kuat mutu beton (MPa).

f_y = kuat mutu baja (MPa).

b = lebar pelat (mm).

d = tinggi manfaat pelat (mm).

ϕ = faktor reduksi.

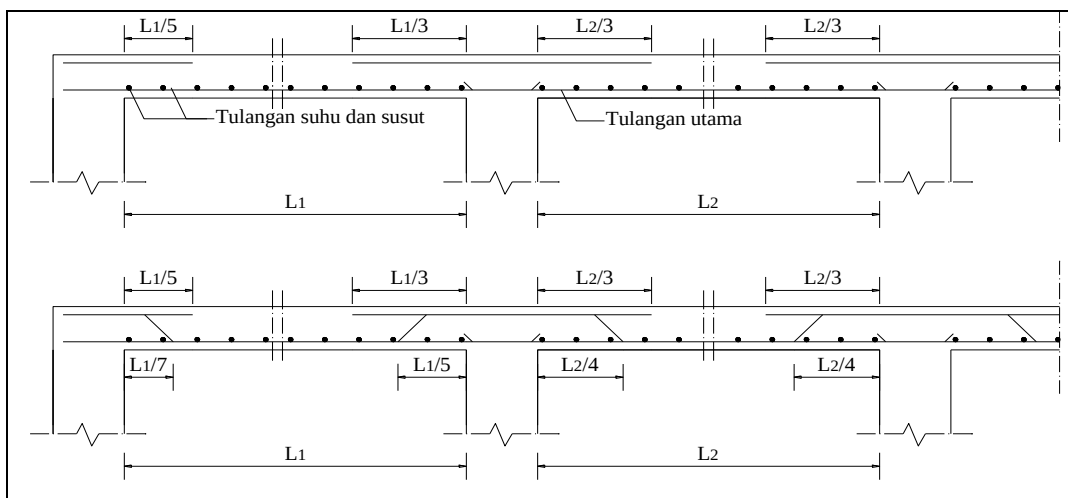
M_n = momen nominal rencana (kNm).

V_u = gaya geser *ultimate* (kN).

V_c = gaya geser (kN).

λ = panjang bentang (mm).

Pada sistem pelat satu arah menerus untuk luas tulangan lentur dihitung pada setiap lokasi penampang kritis, pada tengah bentang serta sekitar lokasi tumpuan. sedangkan untuk pemilihan diameter tulangan serta detail tulangan ditentukan oleh luas tulangan perlu, persyaratan jarak, serta persyaratan panjang penyaluran. Pendetailan tulangan pelat dapat dilakukan secara tulangan lurus menerus atau dapat dengan cara pembengkokan beberapa tulangan bawah untuk disediakan sebagai tulangan tarik pada bagian tumpuan, karena pertimbangan waktu dan biaya untuk pembengkokan lebih tinggi maka detail penulangan banyak digunakan tulangan lurus menerus. Detail penulangan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Detail Penulangan pelat satu arah

Sumber: Setiawan (2016)

2.5 Perencanaan Pelat Dua Arah

SNI 2847 (2013) menyatakan, untuk menentukan tebal minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih, karena perhitungan dari pelat dua arah cukup rumit dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut:

$$\alpha_f = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cs}I_s} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$h = \frac{l_n \left\{ 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right\}}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}, \text{ untuk } 0,2 < \alpha_{fm} < 2,0 \dots\dots\dots(2.21)$$

$$h = \frac{l_n \left\{ 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right\}}{36 + 9\beta}, \text{ untuk } \alpha_{fm} > 2,0 \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana:

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu pelat.

α_f = rasio kekuatan lentur penampang balok.

I_b = momen inersia bruto dari penampang balok terhadap sumbu berat, (mm⁴).

I_s = momen inersia bruto dari penampang pelat (mm⁴).

h = ketebalan minimum pelat tanpa balok, untuk persamaan 2.21 tidak boleh kurang dari 125 mm, persamaan 2.22 tidak boleh kurang dari 90 mm, dan untuk $\alpha_{fm} < 2,0$ dapat menggunakan perhitungan pada Lampiran B Tabel B.4. hal.65(mm).

l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka ke muka tumpuan pelat tanpa balok, dan dari muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm).

β = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap terhadap arah pendek dari pelat dua arah.

Tebal minimum pelat tanpa balok dalam yang dilampirkan pada Lampiran B Tabel B.4. hal.65 memiliki ketentuan tebal tidak boleh kurang dari 120 mm (pelat tanpa panel) dan tidak boleh kurang 100 mm (pelat dengan panel). Sesuai yang telah diisyaratkan, untuk panel dengan tepi yang tidak menerus, maka balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α yang tidak kurang dari 0,8 atau sebagai

alternatif ketebalan maksimum dihitung dari persamaan 2.21 dan 2.22 harus dinaikkan 10%.

2.6 Metode PBI 1971

Metode perencanaan tulangan pelat berdasarkan PBI (Peraturan Beton Indonesia) 1971 menggunakan koefisien momen. Koefisien momen ini merupakan suatu metode pendekatan untuk menentukan momen lentur dalam perencanaan pelat.

2.6.1 Syarat Syarat Metode PBI 1971

Metode PBI 1971 hanya boleh dipakai apabila dipenuhi syarat-syarat berikut :

1. Terdapat minimal 3 bentang menerus dalam masing-masing arah.
2. Pelat-pelat harus berbentuk persegi panjang dengan perbandingan antara bentangnya yang panjang dan yang pendek tidak lebih dari 2.
3. Panjang bentang-bentang yang berbatasan dalam masing-masing arah tidak boleh berselisih lebih dari $\frac{1}{3}$ dari bentang yang panjang bentangnya yang panjang dan yang pendek tidak lebih dari 2.
4. Beban hidup tidak boleh lebih berat dari pada 3 kali beban mati.
5. Apabila pelat ditumpu oleh balok-balok pada keempat tepinya kekakuan relatif dari balok-balok dari kedua arah yang tegak lurus tidak boleh kurang 0,2 dan tidak boleh lebih dari 5,0.
6. Penyimpangan dari syarat-syarat yang ditentukan dalam ayat ini dapat diziinkan, asal dapat dibuktikan dengan perhitungan bahwa penyimpangan tersebut dapat dipertanggung jawabkan.

Dalam metode koefisien momen ini, setiap panel pelat dianalisis tersendiri, berdasarkan kondisi tumpuan bagian tepinya. Tepi-tepi ini dapat dianggap terletak bebas, terjepit penuh, atau terjepit elastis. Dapat dilihat pada Gambar 2.1. hal.4. Dan Lampiran A Gambar A.5. hal.47.

Dengan mengacu pada perbandingan I_y/I_x , maka dapat ditentukan momen lentur yang bekerja baik dengan tumpuan terletak bebas, menerus atau terjepit elastis, maupun terjepit penuh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M_u = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot x \dots\dots\dots(2.23)$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana:

M_u = momen pada tumpuan atau lapangan (kNm).

q_u = beban terbagi rata yang bekerja pada pelat (kN/m²).

l_x = panjang bentang arah x atau terpendek (m).

x = koefisien momen PBI-1971 dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.5. hal.66 dan Tabel B.6. hal.67.

M_n = momen nominal rencana (kNm).

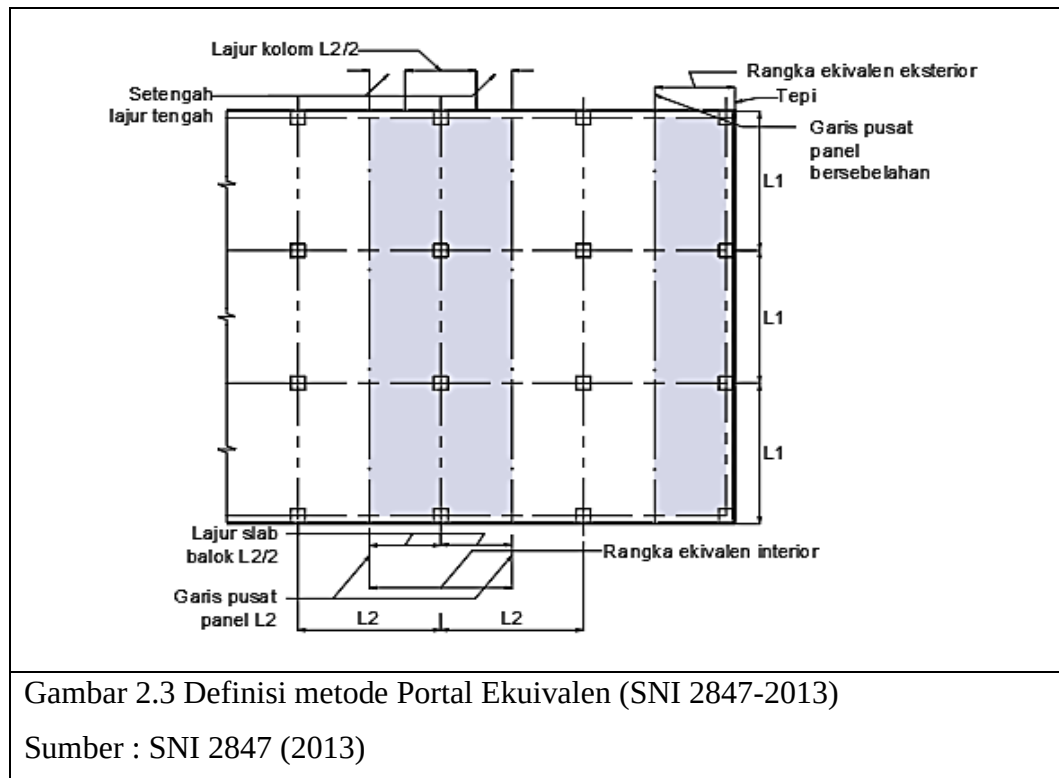
Φ = faktor reduksi dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.7. hal.68.

2.7 Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013)

Menurut Setiawan (2016) metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) dilakukan dengan membagi rangka portal ruang menjadi rangka bidang 2 dimensi, yang berpusat pada garis kolom atau garis as tumpuan. Rangka-rangka bidang yang dihasilkan selanjutnya dianalisis secara terpisah dalam rangka memanjang dan arah melintang bangunan, serta dianalisis terpisah pula perlantai bangunan.

2.7.1 Konsep Umum Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013)

Metode ini mengansumsikan pelat lantai dan balok-balok pemikul beban bekerja sama dalam memikul beban. Masing-masing rangka terdiri dari sebaris kolom atau tumpuan dan lajur pelat-balok, dibatasi dalam arah lateral oleh garis tengah panel pada masing-masing sisi dari sumbu kolom atau tumpuan, seperti pada Gambar 2.3. hal.15



Kolom atau tumpuan dianggap dihubungkan pada lajur pelat-balok oleh komponen puntir yang arahnya transversal terhadap arah bentang yang ditinjau momennya dan memanjang hingga garis tengah panel-panel pada masing-masing sisi kolom

2.7.2 Momen Inersia Balok-Pelat

Dalam melakukan analisis Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) struktur balok-pelat, dibutuhkan variabel kekakuan dari masing-masing elemen struktur, yang mana variasi momen inersia sepanjang sumbu balok-pelat harus diperhitungkan dalam analisis. Daerah kritis yang diperhitungkan untuk menentukan momen inersia balok-pelat diasumsikan terletak di antara sumbu kolom hingga muka kolom, konsol pendek, atau kepala kolom. Yang semuanya diukur dalam arah tegak lurus bentang yang di tinjau.

Besarnya nilai kekakuan lentur balok Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$K_{be} = \frac{4 E_c I_{b+p}}{L} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana :

- K_{be} : kekakuan balok ekuivalen
- E_c : modulus elastisitas beton
- I_{b+p} : kekakuan lentur balok pelat
- L : bentang pelat

2.7.3 Momen Inersia Kolom Ekuivalen

Kolom dianggap menyatu dengan balok-pelat transversal terhadap bentangan yang ditinjau melalui aksi torsi. Balok pelat yang mengalami torsi ini membentang dari garis sumbu-garis sumbu panel yang membatasi masing-masing sisi dari balok pelat yang ditinjau.

Aksi torsi dari balok-pelat transversal akan mengurangi kekakuan lentur efektif dari kolom aktual. Efek ini diperhitungkan dalam analisis dalam bentuk Kolom Ekuivalen yang mempunyai kekakuan lentur lebih kecil dari kolom aktualnya.

Besarnya nilai kekakuan lentur kolom ekuivalen dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{1}{K_{ek}} = \frac{1}{\sum K_k} + \frac{1}{\sum K_t} \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana kekakuan torsi (K_t) dapat ditentukan sebagai berikut :

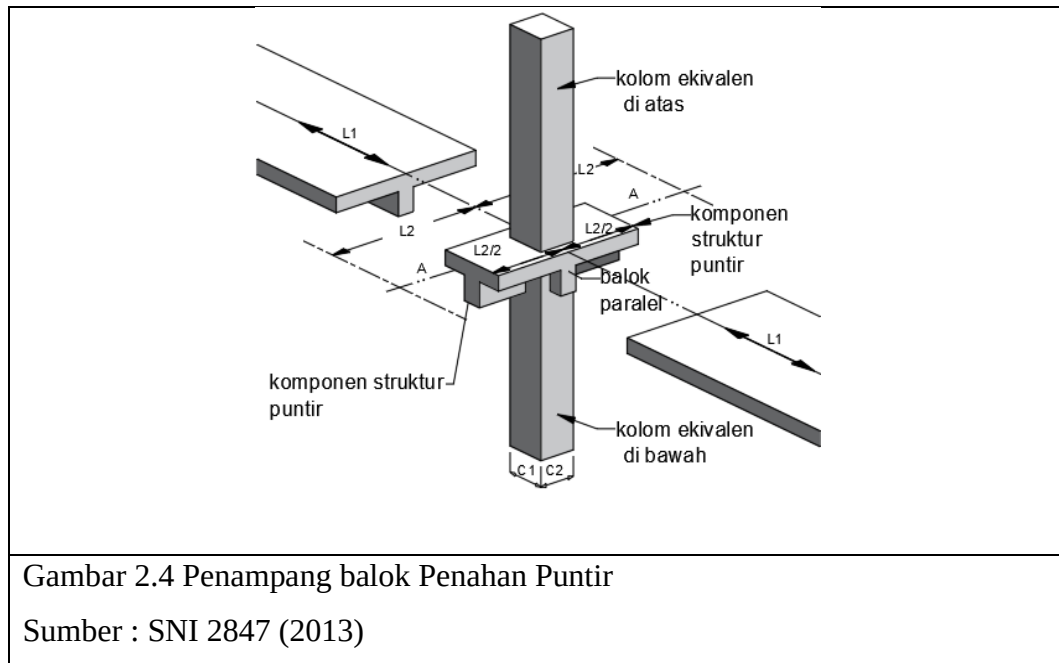
$$K_t = \sum \frac{q E_c c}{L_2 (1 - c^2/L_2)} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$C = \sum \left(1 - 0,63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 \cdot y}{3} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

- K_{ek} : kekakuan lentur kolom ekuivalen
- $\sum K_k$: jumlah kekakuan kolom aktual di atas dan di bawah pelat
- K_t : kekakuan torsi
- E_c : modulus elastisitas balok-pelat
- l_2 : lebar balok-pelat yang ditinjau
- c_2 : ukuran kolom dalam arah l_2

- x : dimensi keseluruhan yang lebih pendek dari bagian persegi suatu penampang
- y : dimensi keseluruhan yang lebih panjang dari bagian persegi suatu penampang



2.7.4 Distribusi Momen

Pada metode portal ekuivalen (SNI 2847-2013) momen yang terjadi pada pelat ditentukan dengan cara mendistribusikan nilai M_o yang dihitung. Pada penelitian ini momen M_o dihitung dengan bantuan aplikasi SAP2000. Momen M_o didistribusikan menjadi momen rencana positif, negatif pelat dalam dan pelat luar. Pendistribusian momen ini dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.8 hal.68 dan Tabel B.9 hal.68.

2.8 Pembebanan

Dalam merencanakan suatu konstruksi perlu diperhatikan beban yang bekerja pada konstruksi tersebut, baik itu beban mati, hidup, angin, gempa dan sebagainya, namun karena pada perencanaan plat ini hanya difokuskan pada

beban gravitasi yang bekerja pada pelat sehingga yang akan dihitung hanyalah beban mati dan beban hidup

2.8.1 Beban Mati (D)

SNI 1727 (2013) menyatakan, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang , termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain. Untuk merencanakan gedung atau rumah tinggal ini, beban mati yang terdiri dari berat itu sendiri bangunan dan komponen gedung adalah :

a) Bahan bangunan :

- Beton bertulang = 2400 kg/m³
- Pasir = 1800 kg/m³
- Beton biasa = 2200 kg/m³

b) Komponen Rumah Tinggal

- Dinding bata = 1700 kg/m³
- Plafon = 18 kg/m²
- Kaca = tebal 3-4 mm, berat 10 kg/m²
- Penutup lantai dengan dari keramik/granit dan beton (tanpa adukan) per cm tebal = 24 kg/m²
- Adukan semen per cm tebal = 21 kg/m²

2.8.2 Beban Hidup (L)

SNI 1727 (2013) menyatakan, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan beban gempa beban banjir atau beban mati, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan lantai dan atap tersebut.

2.9 Kuat Perlu

Prinsip dasar keamanan dalam perencanaan struktur adalah bahwa struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan perencanaan yang digunakan.

SNI 2847 (2013) telah menentukan kombinasi dalam menghitung kuat perlu adalah:

1. Kuat perlu U untuk beban mati D , tidak kurang dari :

$$U = 1,4 D$$

2. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D , beban hidup L tidak kurang dari:

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

2.10 Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 penelitian pelat yang sudah dilakukan

No	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian
1	Perbandingan Hasil Perhitungan Cara Koefisien Momen Dengan Cara Portal Ekuivalen Pada Lantai Menerus Tanpa Balok	Abdul Aziz dan Subuf Budibarjo	Berdasarkan analisis perhitungah, perbedaan yang ada dari kedua cara tersebut terdapat pada cara menentukan nilai momen, sedangkan prosedur pembagian dan langkah-langkah selanjutnya sama. Berdasarkan hasil perhitungan dari kedua cara tersebut di atas, perhitungan dengan cara portal. ekuivalen akan memberikan hasil yang lebih teliti dan

Tabel 2.1 penelitian pelat yang sudah dilakukan (Lanjutan)

No	Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian
			rasional.
2	Analisis Perbandingan Metode Westergrand Terhadap Metode Desain Langsung Dan Metode Portal Ekuivalen Pada Flat Plate	Rian Ramadhan	Apabila dilihat dari segi kemudahan perhitungan maka metode <i>Westergrand</i> memberikan metode perhitungan yang jauh lebih mudah karena metode ini hanya menggunakan koefisien momen yang dicocokkan berdasarkan rasio l_y/l_x dan jenis dari perletakan pelatnya. Momen yang dihasilkan oleh metode sehingga kebutuhan tulangan pun akan sangat kecil dari pada Metode Desain Langsung, dan Portal Ekuivalen.
3	Analisis Perbandingan Momen Lentur Pelat Dua Arah Antara Metode Levy Dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971(Pbi-71)	Dian Setiawan	Terdapat perbedaan nilai faktor momen pada kedua metode. Pada pelat persegi sederhana perbandingan momen lentur arah sumbu x dan y yang diperoleh kedua metode hamper sama besar, tetapi secara keseluruhan nilai faktor pada metode M. levy cenderung lebih kecil.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menjabarkan secara rinci dan sistematis berkenaan dengan objek lokasi penelitian, data material, pemodelan/pendimensian struktur pelat, hingga analisis data untuk hasil penelitian. Adapun bagan alir penelitian dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.1. hal.43. Selanjutnya sesuai bagan alir penelitian, tahap pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data sekunder seperti data material dan gambar kerja. Tahap kedua dilakukan pembagian pola pelat untuk menentukan kondisi tumpuan, sehingga data primer dapat dicari berupa pembebanan dan dimensi pelat. Tahap ketiga menganalisis beban dan moment dengan metode PBI 1971 dan dan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013). Tahap keempat mendesain penulangan dan mengontrolnya apakah aman atau tidak, setelah dinyatakan aman maka dapat diambil kesimpulan berupa perbandingan momen pada masing – masing metode.

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan objek penelitian berupa pelat lantai yang akan dianalisis menggunakan metode PBI 1971 dan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013). Bangunan yang dijadikan acuan adalah Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis dan Tsunami Arsip Nasional Republik Indonesia, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar yang berbatasan di sebelah utara dengan tanah kosong, sebelah selatan dengan tanah kosong, sebelah barat dengan bantaran sungai Krueng Aceh, dan sebelah timur berbatasan dengan Jalan Inpeksi Krueng Aceh Desa Bakoy, Kecamatan Ingin Jaya.

3.2 Data Material

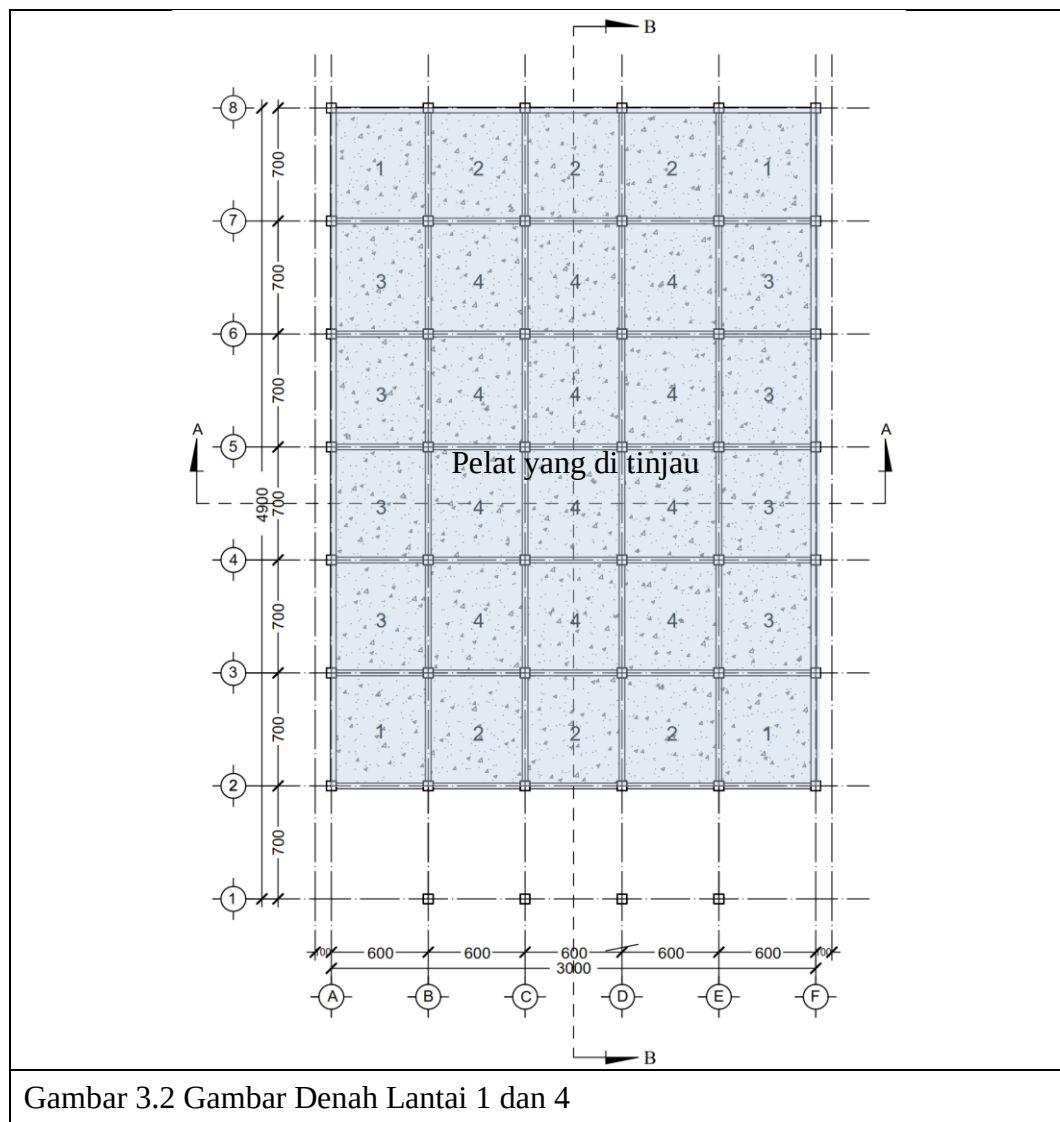
Konstruksi yang direncanakan adalah beton bertulang dengan mutu bahan yang direncanakan :

Mutu beton (f'_c) : 30 MPa

Mutu Baja (f_y) : 280 MPa

3.3 Pemodelan/Pendimensian Struktur Pelat

Agar memudahkan dalam proses penelitian, balok anak pada tengah bentang ditiadakan sehingga menjadi satu panel, sedangkan tinjauan yang dihitung hanya lantai 1 dan 4 saja, karena bangunan yang ditinjau simetris. Denah gambar rencana dapat dilihat pada Gambar 3.1. Data dimensi dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.7 hingga A.15 hal.48 hingga 59.



3.4 Standar Perencanaan

Standar perencanaan pelat yang digunakan dalam perencanaan struktur beton pada penelitian ini yaitu menggunakan ketentuan SNI 2847:2013 untuk ketebalan pelat dan pembesiannya, sedangkan untuk ketentuan momen menggunakan metode PBI 1971 dan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013). Berikut langkah-langkah perencanaan untuk merencanakan pelat :

1. Menentukan syarat-syarat batas, tumpuan, panjang bentang, dan tipe pelat serta ketebalan pelat;
2. Mengidentifikasi serta menganalisis beban;
3. Menghitung momen lentur menggunakan metode PBI 1971 dengan bantuan Ms. Excel, dan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) dengan bantuan SAP2000;
4. Menghitung kebutuhan tulangan dan jarak antar tulangan;
5. Periksa Momen ($M_u \leq \phi M_n$) dan gaya geser ($V_u \leq \phi V_n$).

3.4.1 Menentukan Tipe dan Tebal Pelat

Tipe pelat dapat ditentukan dengan mengetahui bentangan pelat tersebut terlebih dahulu, setelah diketahui bentangannya maka dapat diperoleh rasio pelat dengan cara membagi bentangan terpanjang pelat dengan bentang terpendek (L_y/L_x) di mana rasio tersebutlah yang menentukan tipe dari pelat apakah pelat bertipe satu arah maupun dua arah, dengan catatan apabila rasio L_y/L_x berada di antara 1 hingga 2 maka digolongkan menjadi pelat 2 arah dan apabila sama dengan atau lebih dari 2 maka digolongkan menjadi pelat 1 arah.

Setelah diketahui tipe pelat maka dapat ditentukan pula tebal pelatnya, untuk menentukan tebal pelat satu arah dan dua arah cara yang digunakan berbeda, pada pelat satu arah digunakan persamaan di Lampiran B Tabel B.1. hal.64 dimana agar diperoleh hasil tebal pelat tersebut harus diketahui terlebih dahulu posisi pelat apakah pelat berada bertumpu di satu ujung menerus, kedua ujung menerus, kantilever, atau tertumpu sederhana. Sedangkan pelat dua arah dapat digunakan persamaan 2.20 hingga 2.22 hal.12 atau menggunakan Lampiran B Tabel B.4. hal.65.

3.4.2 Analisis Beban dan Momen Lentur

Analisis beban meliputi beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup, beban mati dalam penelitian ini meliputi beban sendiri atau beban yang berasal dari pelat tersebut, sedangkan beban mati tambahan meliputi beban mati yang berasal dari beban luar seperti plafond, penutup lantai beserta adukannya, dinding bata, dan sebagainya, sedangkan beban hidup untuk ruang publik dan koridor. Setelah diketahui beban yang bekerja pada pelat tersebut, maka dapat ditentukan momen lenturnya dengan metode PBI 1971 yang menggunakan persamaan 2.23 dan 2.24 hal.14 serta Lampiran B Tabel B.5. hal.66 dan B.6. hal.67, dan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) menggunakan persamaan 2.25 hingga 2.28 hal.16

3.4.3 Menentukan Kebutuhan dan Jarak Tulangan

Langkah pertama dalam menentukan kebutuhan dan jarak tulangan ialah menentukan tinggi manfaat pelat baik untuk arah x maupun arah y, dalam menentukan tinggi manfaat ini untuk pelat satu arah hanya dihitung arah x saja, sedangkan untuk pelat dua arah dihitung kedua arahnya, adapun persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.1 dan 2.2 hal.9.

Selanjutnya langkah kedua yaitu menentukan rasio tulangan yang menggunakan persamaan 2.3 hingga 2.9 hal.9 dan persamaan 2.10 dan 2.11 hal.10, dalam menentukan rasio ada atau rasio perlu dihitung terlebih dahulu batas-batas rasio tulangan, baik rasio maksimum maupun rasio minimum, apabila rasio ada berada di antara rasio maksimum dan minimum, maka rasio yang digunakan adalah rasio ada, namun apabila rasio ada lebih kecil dari rasio minimum, maka digunakan rasio minimum, begitu pula apabila rasio ada lebih besar dari rasio maksimum, maka yang digunakan adalah rasio maksimumnya. Setelah ditentukan rasio yang digunakan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan luas tulangan perlu dengan menggunakan persamaan 2.11 hal.10, setelah didapat luas tulangan perlu maka dapat ditentukan pula jarak tulangannya dengan persamaan 2.12 hal.10, perlu diketahui bahwa untuk menentukan jarak

tulangan perlu diperhatikan pula batas-batas jarak tulangnya yang dapat dilihat pada persamaan 2.13 hingga 2.15 hal.10.

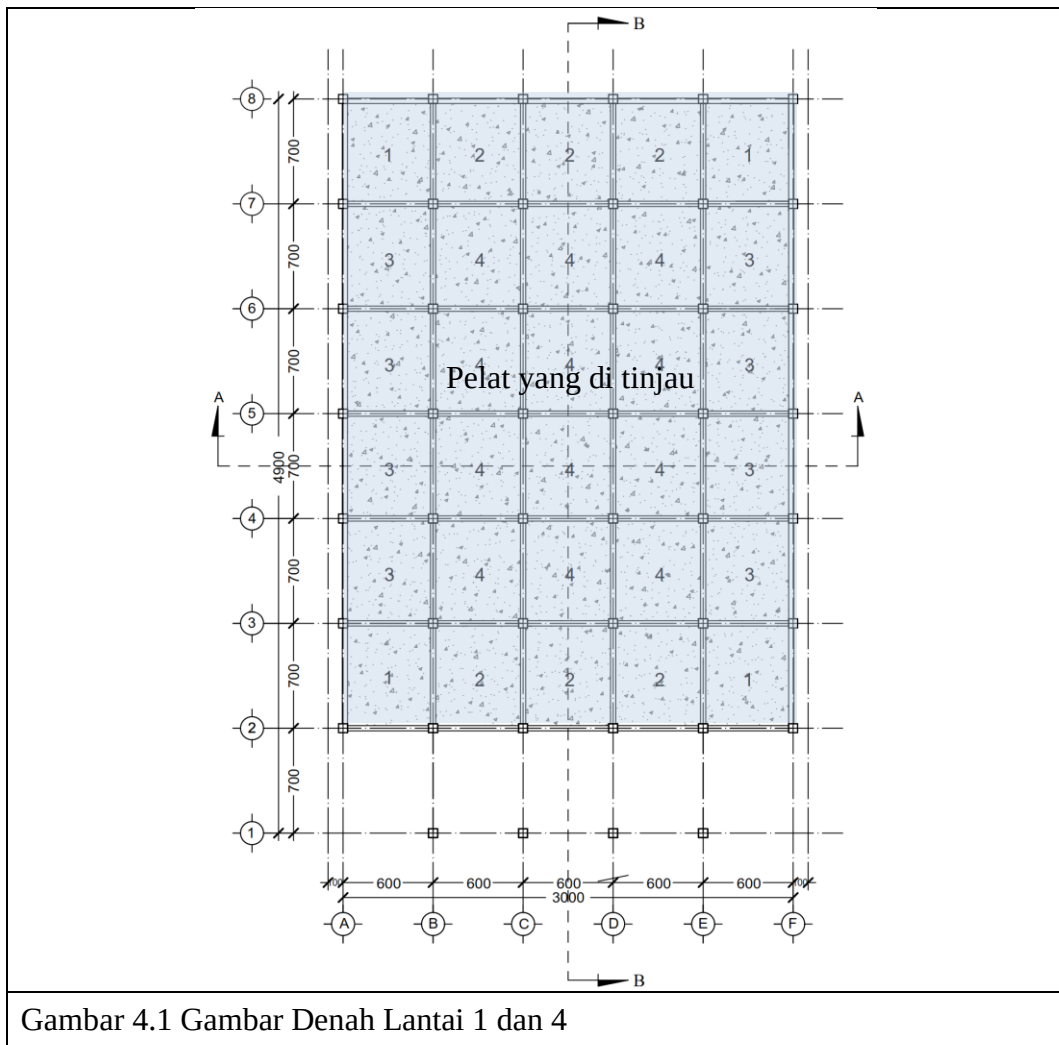
3.4.4 Periksa Kuat Momen dan Geser

Pada tahap ini setelah didapat hasil perhitungan kebutuhan dan jarak tulangan, maka perlu diperiksa apakah pelat telah memenuhi persyaratan baik terhadap momen ultimat maupun gaya geser, adapun persamaan yang digunakan ialah persamaan 2.16 hingga 2.19 hal.10, pada persamaan tersebut dapat diketahui bahwa apabila momen rencana lebih besar dari momen ultimat dan setengah gaya geser rencana lebih besar dari gaya geser ultimat, maka pelat tersebut telah memenuhi persyaratan, namun apabila sebaliknya maka pelat tidak memenuhi syarat sehingga dimensi pelat atau tulangan pelatnya harus diperbesar hingga memenuhi persyaratan momen dan geser.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dipaparkan hasil beserta pembahasan dari perbandingan momen pelat lantai berdasarkan metode PBI 1971 dan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013), dimana tahapan perencanaan ini lebih detailnya dapat dilihat pada Lampiran C hal.73, sedangkan pada bab ini hanya menampilkan hasil dan pembahasan dari perhitungan Lampiran C, adapun hasil yang akan ditampilkan pada bab ini berupa hasil perhitungan tebal pelat lantai, momen yang timbul atau terjadi akibat beban pada pelat lantai, hasil perhitungan penulangan pelat lantai baik diameter yang digunakan beserta jarak spasi antar tulangnya. Denah pelat lantai yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Gambar Denah Lantai 1 dan 4

4.1. Tipe dan Tebal Pelat

Karena balok anak pada tengah bentang telah ditiadakan, maka tebal pelat perlu dihitung kembali. Berdasarkan judul penelitian ini yang hanya melihat perbandingan momen maka ketebalan pelat dihitung berdasarkan ketentuan yang sama yaitu SNI 2847:2013.

Tebal pelat dapat ditentukan apabila tipenya telah diketahui, sebab dalam menentukan tebalnya untuk tipe pelat satu arah dan dua arah berbeda, oleh karena itu perlu diketahui terlebih dahulu rasionya, apabila rasio L_y/L_x berada di antara 1 hingga 2 maka digolongkan menjadi pelat 2 arah dan apabila lebih dari 2 maka digolongkan menjadi pelat 1 arah. Berikut hasil perhitungan dari tebal pelat :

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Tebal Pelat Lantai 1 dan 4

Lantai	Pola Pelat	Bentang (L)		L_y/L_x	Tebal pelat (h)	
		Panjang (Ly)	Pendek (Lx)		h_{perlu}	h_{pakai}
-	-	mm	mm	-	mm	mm
1 dan 4	1	7000	6000	1,17	142,73	200
	2	7000	6000	1,17	142,73	200
	3	7000	6000	1,17	142,73	200
	4	7000	6000	1,17	142,73	200

Dari hasil perhitungan tebal pelat di atas maka diperoleh tebal masing-masing pelat dimana pada lantai 1 dan 4 didapatkan ketebalan pelat sebesar 200 mm untuk pola 1, pola 2, pola 3 dan pola 4. Adapun hasil perhitungan di atas dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.10 hal 69 dan digambarkan kebutuhan masing-masing ketebalan pelat lantainya yang dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.22 hal.63.

4.2 Beban dan Momen Lentur

Berdasarkan hasil perhitungan tebal pelat maka rencanakan setebal 200mm, setelah itu dihitung beban mati dan beban hidup, selanjutnya data beban

tersebut dikalikan dengan kuat perlu untuk mendapatkan beban ultimat. Hasil perhitungan beban ultimit yang didapatkan digunakan sebagai dasar perhitungan menggunakan metode PBI 1971 dan Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) untuk menghitung momen lentur.

4.2.1 Beban dan Momen Lentur Metode PBI 1971

Untuk mendapatkan momen lentur rencana perlu menggunakan koefisien momen yang di dapatkan dari tabel PBI 1971 berdasarkan rasio L_y/L_x dan jenis dari perletakan pelatnya. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.2 Hasil Momen Lentur Metode PBI 1971 Lantai 1

Pola Pelat	Bentang (L)		L_y/L_x	koefisien momen PBI 1971 (x)	Beban Ultimat (W_u)	Momen		
	arah panjang (Ly)	arah pendek (Lx)						
-	m	m	-	-	kg/m	kgm		
1	7,00	6,00	1,17	82,3	1578,80	Mtx	=	-4679,56
				36,3		Mlx	=	2065,07
				28,0		Mly	=	2166,11
				73,3		Mty	=	-5673,15
2	7,00	6,00	1,17	69,3	1578,80	Mtx	=	-3940,68
				31,0		Mlx	=	1761,94
				19,3		Mly	=	1495,65
				57,0		Mty	=	-4409,59
3	7,00	6,00	1,17	71,0	1578,80	Mtx	=	-4035,41
				29,3		Mlx	=	1667,21
				27,7		Mly	=	2140,33
				67,7		Mty	=	-5234,77
4	7,00	6,00	1,17	62,3	1578,80	Mtx	=	-3542,83
				27,0		Mlx	=	1534,59
				20,3		Mly	=	1573,01
				55,3		Mty	=	-4280,65

Dari hasil perhitungan momen pelat lantai 1 di atas maka dapat dilihat momen pelat pada masing-masing pelat pada pola 1, pola 2, pola 3, dan pola 4. Sebagaimana contohnya pelat pola 1 yang momen tumpuan x sebesar -4679,56 kgm, momen lapangan x sebesar 2065,07 kgm, momen lapangan y sebesar 2116,11 kgm dan momen tumpuan y sebesar -5673,15 kgm.

Tabel 4.3 Hasil Momen Lentur Metode PBI 1971 Lantai 4

Pola Pelat	Bentang (L)		Ly/Lx	koefisien momen PBI 1971 (x)	Beban Ultimat (Wu)	Momen		
	arah panjang (Ly)	arah pendek (Lx)						
-	m	m	-	-	kg/m	kgm		
1	7,00	6,00	1,17	82,3	719,60	Mtx	=	-2132,89
				36,3		Mlx	=	941,24
				28,0		Mly	=	987,29
				73,3		Mty	=	-2585,76
2	7,00	6,00	1,17	69,3	719,60	Mtx	=	-1796,12
				31,0		Mlx	=	803,07
				19,3		Mly	=	681,70
				57,0		Mty	=	-2009,84
3	7,00	6,00	1,17	71,0	719,60	Mtx	=	-1839,30
				29,3		Mlx	=	759,90
				27,7		Mly	=	975,54
				67,7		Mty	=	-2385,95
4	7,00	6,00	1,17	62,3	719,60	Mtx	=	-1614,78
				27,0		Mlx	=	699,45
				20,3		Mly	=	716,96
				55,3		Mty	=	-1951,08

Dari hasil perhitungan momen pelat lantai 4 di atas maka dapat dilihat momen pelat pada masing-masing pelat pada pola 1, pola 2, pola 3, dan pola 4. Sebagaimana contohnya pelat pola 1 yang momen tumpuan x sebesar -2132,89 kgm, momen lapangan x sebesar 941,24 kgm, momen lapangan y sebesar 987,29 kgm dan momen tumpuan y sebesar -2585,76 kgm. Hasil momen lantai 4 lebih kecil daripada lantai 1 karena pada lantai 4 diasumsikan sebagai pelat dag yang menerima beban hidup air hujan setebal 5 cm.

4.2.2 Beban dan Momen Lentur Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013)

Pada metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) untuk mendapatkan momen lentur perlu diketahui kekakuan dari struktur pelat dan kolom. Selanjutnya di analisis untuk melihat gaya-gaya dalam. Hasil dari perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.4 Hasil Momen Lentur Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) lantai 1

Pola Pelat	Bentang (L)		Ly/Lx	Beban Ultimat (Wu)	Momen		
	arah panjang (Ly)	arah pendek (Lx)					
-	m	m	-	kg/m	kgm		
1	7,00	6,00	1,17	12547,70	Mtx	=	-6216,73
					Mlx	=	3216,80
				11019,30	Mly	=	3003,51
					Mty	=	-5841,82
2	7,00	6,00	1,17	12547,70	Mtx	=	-5783,01
					Mlx	=	2783,07
				11019,30	Mly	=	3003,51
					Mty	=	-5841,82
3	7,00	6,00	1,17	12547,70	Mtx	=	-6216,73
					Mlx	=	3216,80
				11019,30	Mly	=	2678,13
					Mty	=	-5456,37
4	7,00	6,00	1,17	12547,70	Mtx	=	-5783,01
					Mlx	=	2783,07
				11019,30	Mly	=	2678,13
					Mty	=	-5456,37

Dari hasil perhitungan momen pelat lantai 1 di atas maka dapat dilihat momen pelat pada masing-masing pelat pada pola 1, pola 2, pola 3, dan pola 4. Sebagaimana contohnya pelat pola 1 yang momen tumpuan x sebesar -6216,73 kgm, momen lapangan x sebesar 3216,80 kgm, momen lapangan y sebesar 3002,51 kgm dan momen tumpuan y sebesar -5841,82 kgm.

Tabel 4.5 Hasil Momen Lentur Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) lantai 4

Pola Pelat	Bentang (L)		Ly/Lx	Beban Ultimat (Wu)	Momen		
	arah panjang (Ly)	arah pendek (Lx)					
-	m	m	-	kg/m	kgm		
1	7,00	6,00	1,17	5490,80	Mtx	=	-2830,94
					Mlx	=	1527,21
				4821,60	Mly	=	1427,78
					Mty	=	-2659,48

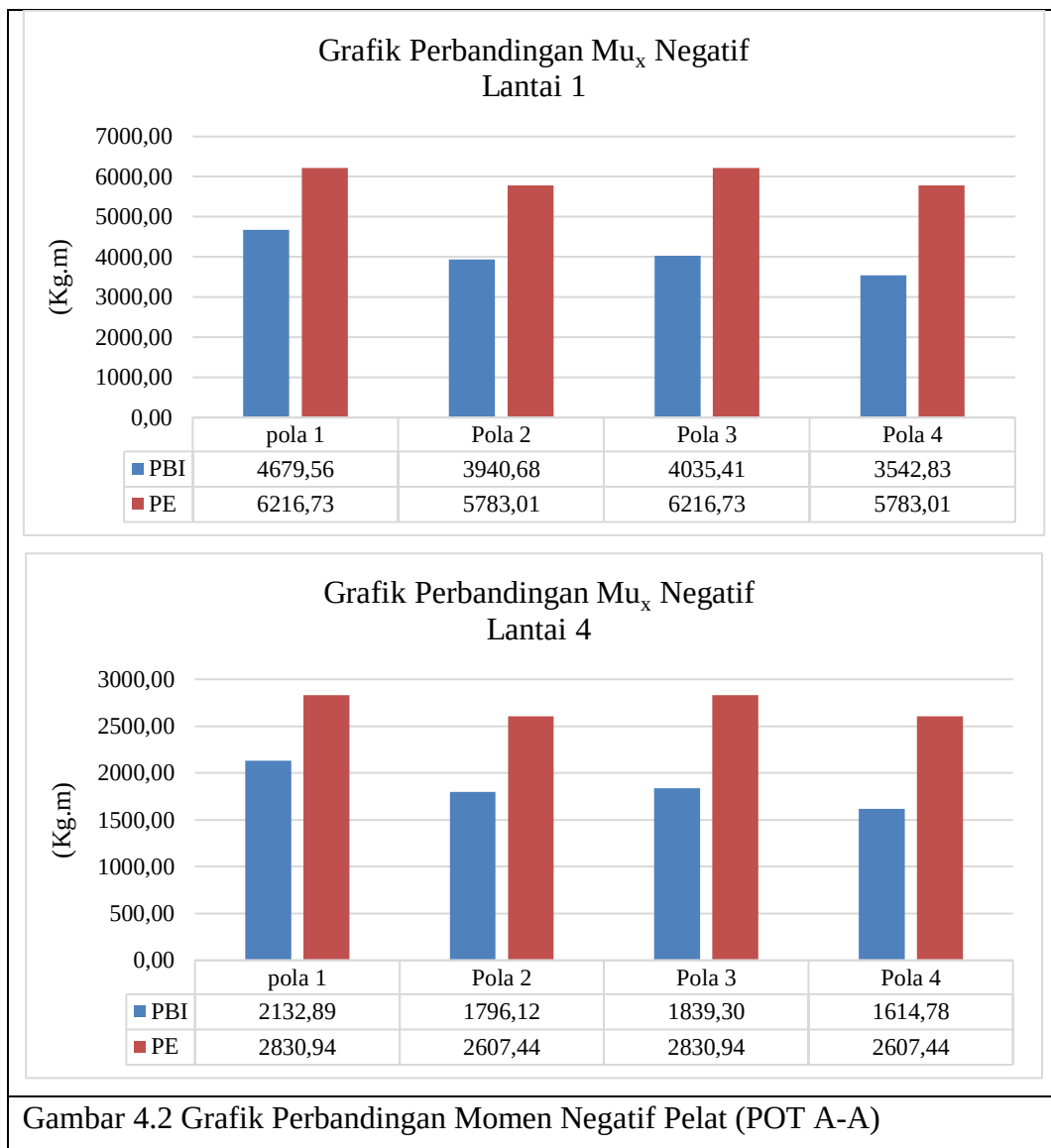
Tabel 4.5 Hasil Momen Lentur Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) lantai 4
(Lanjutan)

2	7,00	6,00	1,17	5490,80	Mtx	=	-2607,44
					Mlx	=	1191,97
				4821,60	Mly	=	1427,78
					Mty	=	-2659,48
3	7,00	6,00	1,17	5490,80	Mtx	=	-2830,94
					Mlx	=	1527,21
				4821,60	Mly	=	1174,70
					Mty	=	-2452,10
4	7,00	6,00	1,17	5490,80	Mtx	=	-2607,44
					Mlx	=	1191,97
				4821,60	Mly	=	1174,70
					Mty	=	-2452,10

Dari hasil perhitungan momen pelat lantai 4 di atas maka dapat dilihat momen pelat pada masing-masing pelat pada pola 1, pola 2, pola 3, dan pola 4. Sebagaimana contohnya pelat pola 1 yang momen tumpuan x sebesar -2830,94 kgm, momen lapangan x sebesar 2527,21 kgm, momen lapangan y sebesar 1427,78 kgm dan momen tumpuan y sebesar -2659,48 kgm. Hasil momen lantai 4 lebih kecil daripada lantai 1 karena pada lantai 4 diasumsikan sebagai pelat dag yang menerima beban hidup air hujan setebal 5 cm.

4.2.2 Perbandingan Momen Lentur PBI 1971 dan Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013)

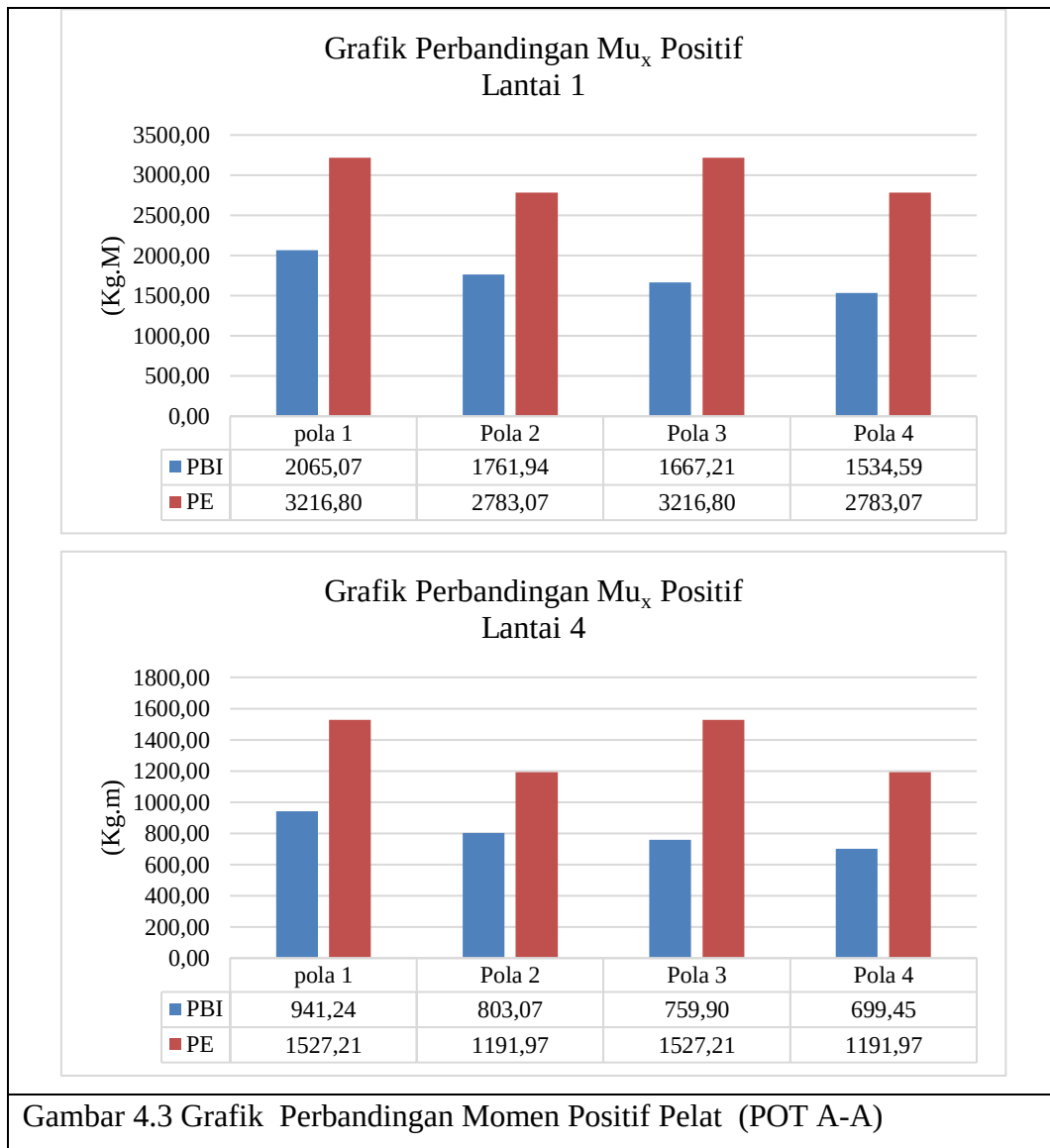
Selanjutnya dari tabel dan penjelasan perhitungan momen agar dapat memudahkan membandingkan momen yang timbul masing-masing pola, maka dapat dilihat pada grafik perbandingan momen yang timbul pada potongan A-A dan potongan B-B sehingga dapat dipahami lebih mudah, adapun grafik perbandingan momen yang timbul pada potongan A-A dan potongan B-B dapat dilihat pada Gambar sebagai berikut:



Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa momen negatif arah x yang terjadi pada metode PBI 1971 yaitu 4679,56 kgm untuk pola 1, 3940,68 kgm untuk pola 2, 4035,41 kgm untuk pola 3, dan 3542,83 kgm untuk pola 4 pada lantai 1. Sedangkan pada pelat lantai 4 momen negatif yang terjadi pada pola 1 2132,89 kgm, pada pola 2 1796,12 kgm, pada pola 3 1839,30 kgm dan pada pola 4 1614,78 pada pola 4.

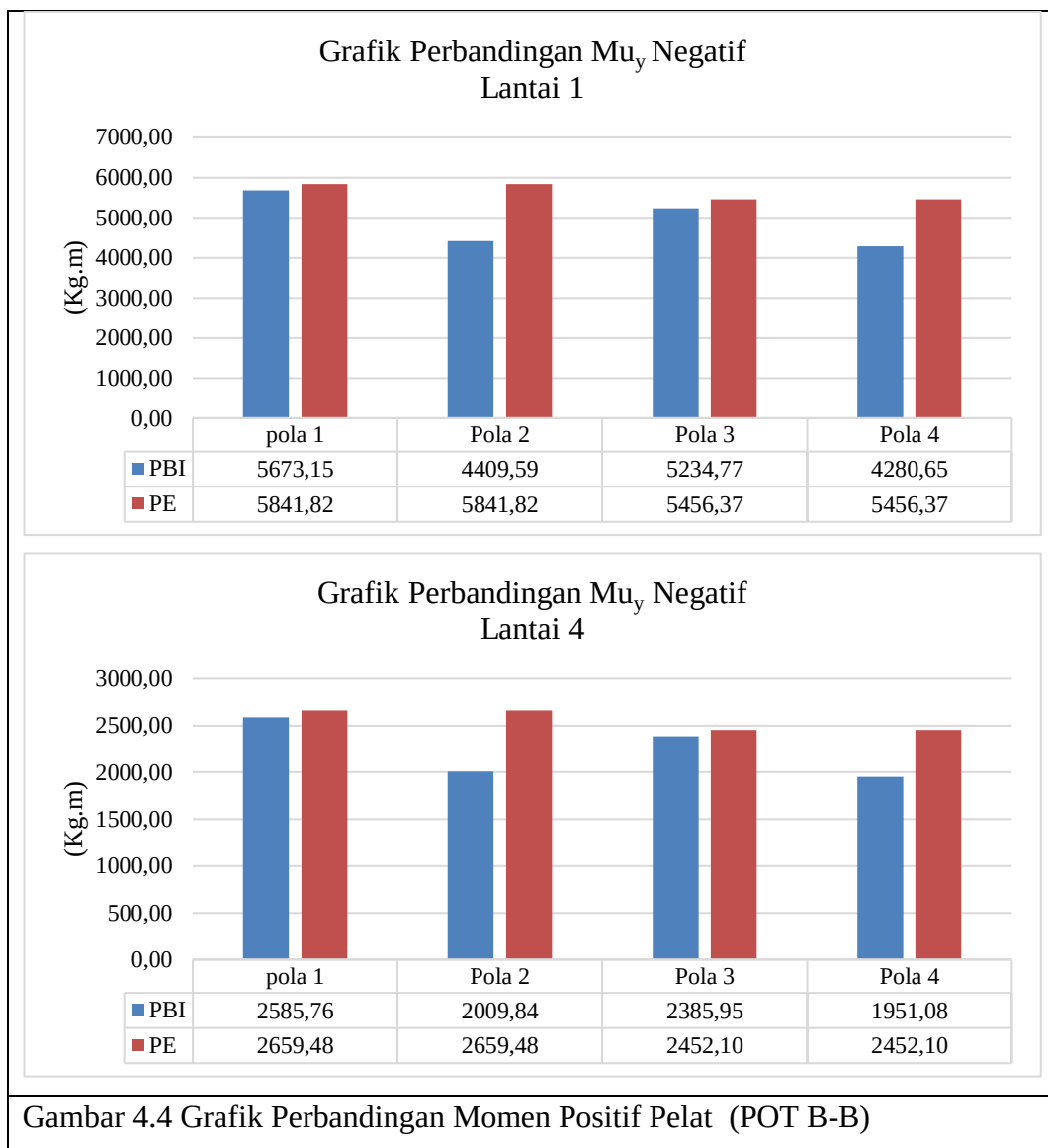
Momen negatif arah x yang terjadi pada metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) yaitu 6216,73 kgm untuk pola 1, 5783,01 kgm untuk pola 2, 6216,73 kgm untuk pola 3, dan 5783,01 kgm untuk pola 4 pada lantai 1. Sedangkan pada

pelat lantai 4 momen negatif yang terjadi pada pola 1 2132,89 kgm, pada pola 2 1796,12 kgm, pada pola 3 1839,30 kgm dan pada pola 4 1614,78 pada pola 4.



Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa momen positif arah x yang terjadi pada metode PBI 1971 yaitu 2065,07 kgm untuk pola 1, 1761,94 kgm untuk pola 2, 1667,21 kgm untuk pola 3, dan 1534,59 kgm untuk pola 4 pada lantai 1. Sedangkan pada pelat lantai 4 momen positif yang terjadi pada pola 1 941,24 kgm, pada pola 2 803,07 kgm, pada pola 3 759,90 kgm dan pada pola 4 699,45 pada pola 4.

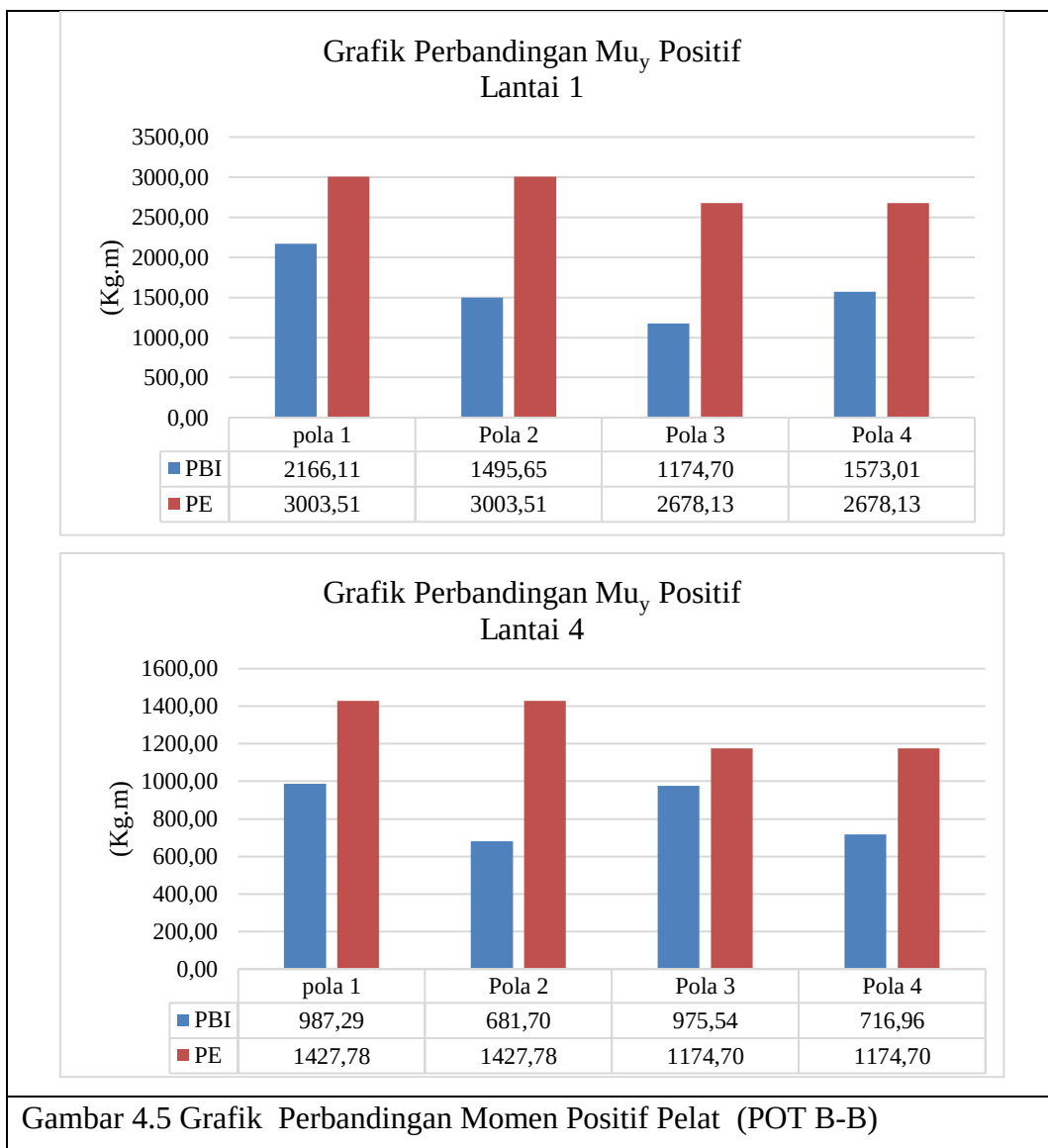
Momen positif arah x yang terjadi pada metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) yaitu 3216,80 kgm untuk pola 1, 2783,07 kgm untuk pola 2, 3216,80 kgm untuk pola 3, dan 2783,07 kgm untuk pola 4 pada lantai 1. Sedangkan pada pelat lantai 4 momen positif yang terjadi pada pola 1 1527,21 kgm, pada pola 2 1191,97 kgm, pada pola 3 15721,21 kgm dan pada pola 4 1191,97 pada pola 4.



Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa momen negatif arah y yang terjadi pada metode PBI 1971 yaitu 5673,15 kgm untuk pola 1, 4409,59 kgm untuk pola 2, 5234,77 kgm untuk pola 3, dan 4280,65 kgm untuk pola 4 pada lantai 1.

Sedangkan pada pelat lantai 4 momen negatif yang terjadi pada pola 1 2585,76 kgm, pada pola 2 2009,84 kgm, pada pola 3 2385,95 kgm dan pada pola 4 1951,08 pada pola 4.

Momen negatif arah y yang terjadi pada metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) yaitu 5841,82 kgm untuk pola 1, 5841,82 kgm untuk pola 2, 5456,37 kgm untuk pola 3, dan 5456,37 kgm untuk pola 4 pada lantai 1. Sedangkan pada pelat lantai 4 momen negatif yang terjadi pada pola 1 2659,48 kgm, pada pola 2 2659,48 kgm, pada pola 3 2452,10 kgm dan pada pola 4 2452,10 pada pola 4.



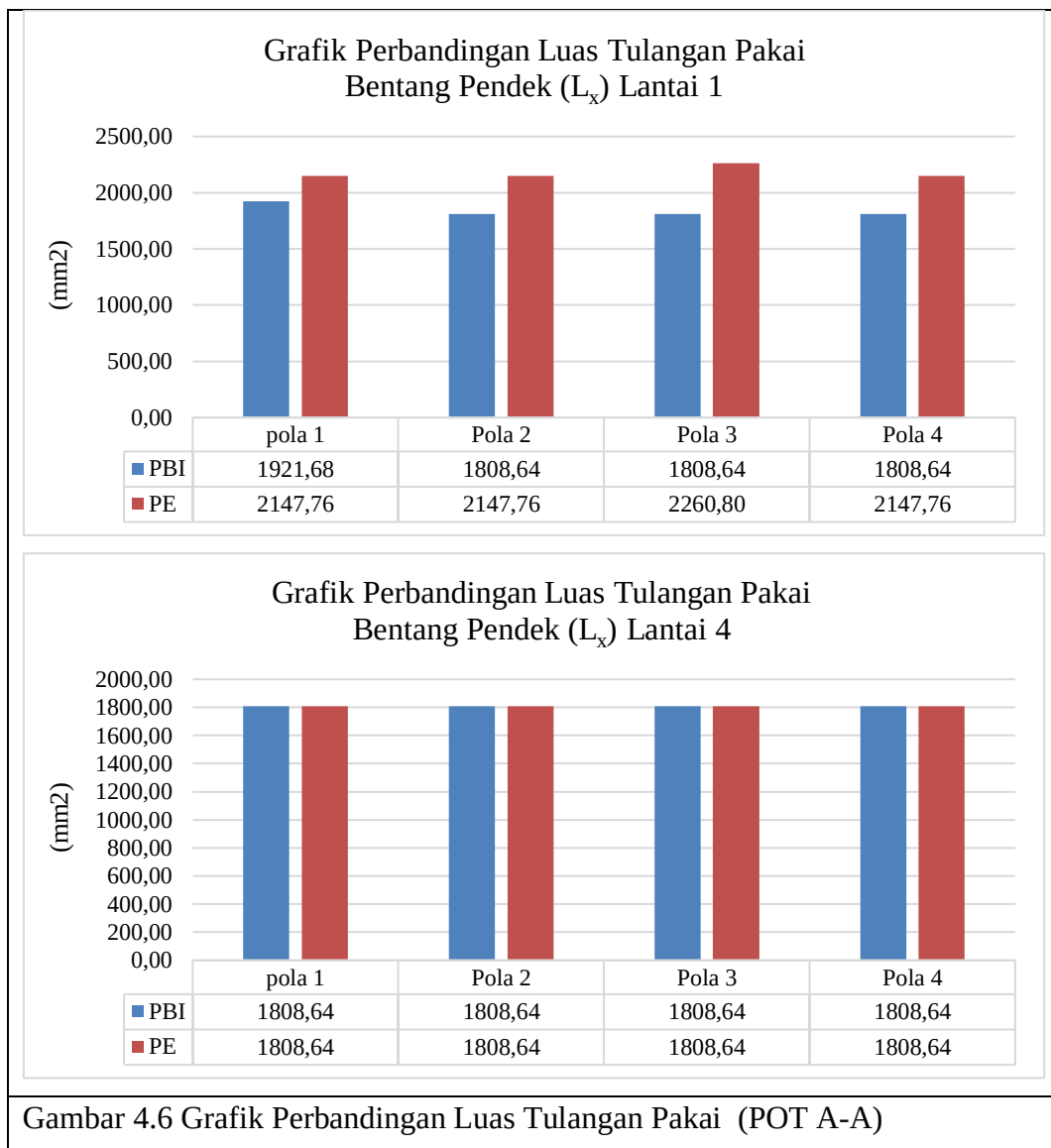
Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa momen positif arah y yang terjadi pada metode PBI 1971 yaitu 2166,11 kgm untuk pola 1, 1495,65 kgm untuk pola 2, 1174,70 kgm untuk pola 3, dan 1573,01 kgm untuk pola 4 pada lantai 1. Sedangkan pada pelat lantai 4 momen positif yang terjadi pada pola 1 987,29 kgm, pada pola 2 681,70 kgm, pada pola 3 975,54 kgm dan pada pola 4 716,96 pada pola 4.

Momen positif arah y yang terjadi pada metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) yaitu 3003,51 kgm untuk pola 1, 3003,51 kgm untuk pola 2, 2678,13 kgm untuk pola 3, dan 2678,13 kgm untuk pola 4 pada lantai 1. Sedangkan pada pelat lantai 4 momen negatif yang terjadi pada pola 1 1427,78 kgm, pada pola 2 1427,78 kgm, pada pola 3 1174,70 kgm dan pada pola 4 1174,70 pada pola 4.

Dari Gambar 4.2 hingga Gambar 4.5 dapat di ambil kesimpulan metode PBI 1971 memberikan nilai momen terkecil untuk masing-masing pola bila dilihat berdasarkan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013), dikarenakan metode PBI 1971 tidak mempertimbangkan pengaruh hubungan pelat dengan pelat lainnya, pelat dengan balok dan pelat dengan kolom dan ini akan sangat berbeda dengan metode Portal Ekivalen (SNI 2847-2013).

4.3 Perbandingan Luas Tulangan

Pada penelitian ini perhitungan tulangan memiliki cara yang sama untuk masing-masing metodenya, tulangan diperoleh setelah rasio tulangan telah ditentukan sesuai ketentuan yang ada, selanjutnya setelah diketahui luas tulangan yang diperlukan maka diperoleh jarak tulangan maksimumnya, adapun tulangan yang telah diperoleh tidak boleh kurang dari luasan tulangan perlu dan untuk jaraknya tidak boleh lebih dari yang telah diperoleh nilai jarak tulangan, nilai rasio, tulangan dan jarak tulangan perlu dan yang dipakai dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.11 hal.70 hingga Tabel B.14 hal.73, adapun perbandingan jumlah kebutuhan tulangan baik secara arah sumbu-x atau bentang terpendek, arah sumbu-y atau bentang terpanjang maupun secara total dapat dilihat pada grafik berikut :

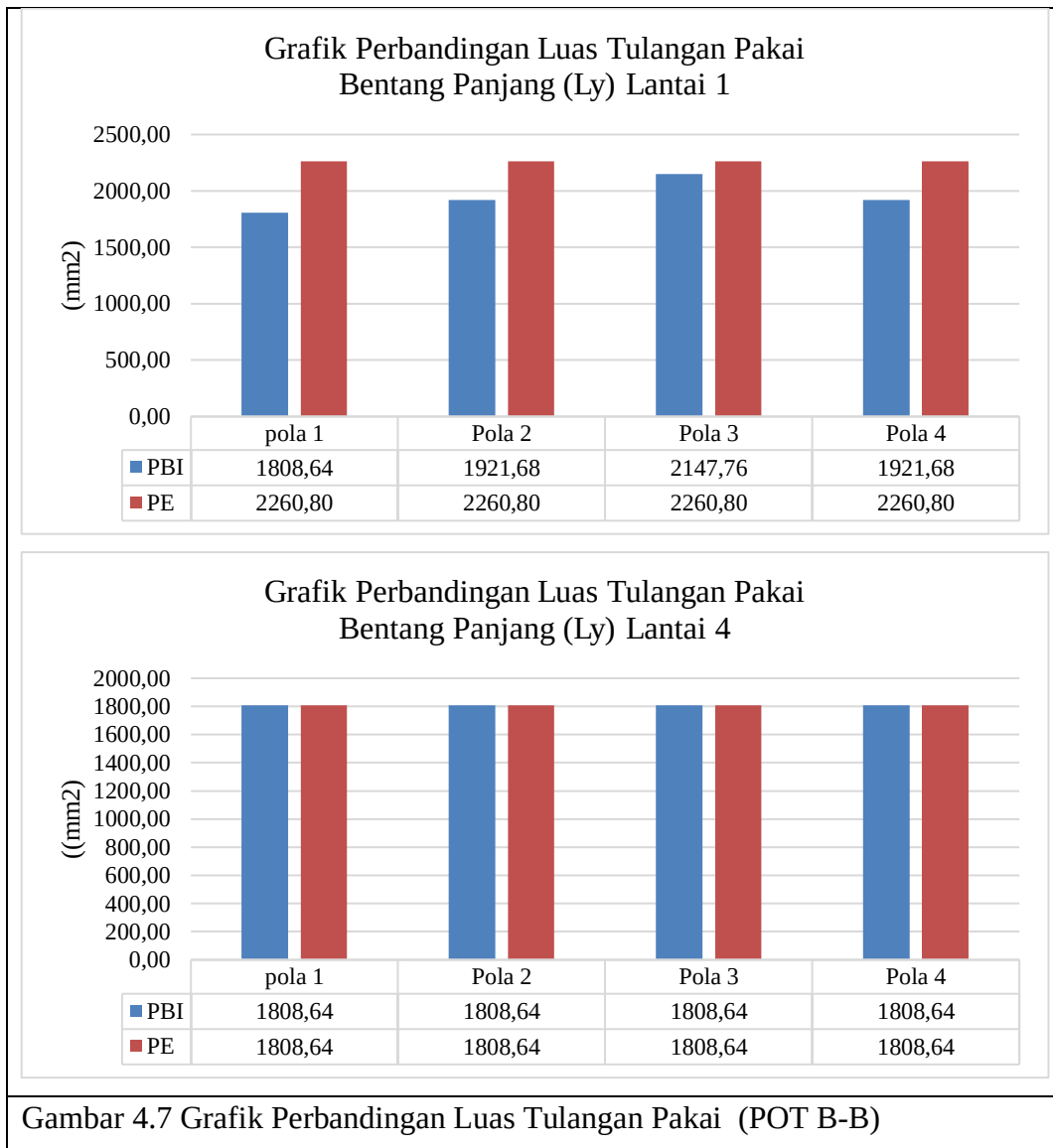


Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Luas Tulangan Pakai (POT A-A)

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa tulangan yang dipakai pada bentang pendek (L_x) lantai 1 banyak digunakan pada metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) dengan total 8704,08 mm², sedangkan metode PBI 1971 lebih kecil yaitu 7347,60 mm². Hal ini disebabkan oleh momen yang ditumpu pada metode begitu besar sehingga berpengaruh terhadap rasio perlu atau rasio ada hingga kebutuhan minimum tulangan dan juga tulangan yang dipakai momen izinnya harus lebih besar atau sama dengan momen yang timbul.

Sedangkan untuk lantai 4 cenderung sama untuk kedua metode yaitu sebesar 7234,56 mm². Hal ini disebabkan oleh momen yang ditumpu pada lantai 4

lebih kecil sehingga berpengaruh terhadap rasio perlu atau rasio ada hingga kebutuhan minimum tulangan dan juga tulangan yang dipakai sama dengan momen yang timbul.



Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa tulangan yang dipakai pada bentang panjang (Ly) lantai 1 lebih banyak digunakan pada metode Portal Ekuivalen dengan total 9043,20 mm², sedangkan metode PBI 1971 lebih kecil yaitu 7799,76 mm². Sedangkan untuk lantai 4 cenderung sama yaitu sebesar 7234,56 mm². Hal ini disebabkan oleh momen yang ditumpu pada metode begitu

besar sehingga berpengaruh terhadap rasio perlu atau rasio ada hingga kebutuhan minimum tulangan dan juga tulangan yang dipakai momen izinnya harus lebih besar atau sama dengan momen yang timbul.

Sedangkan untuk lantai 4 cenderung sama untuk kedua metode yaitu sebesar 7234,56 mm². Hal ini disebabkan oleh momen yang ditumpu pada lantai 4 lebih kecil sehingga berpengaruh terhadap rasio perlu atau rasio ada hingga kebutuhan minimum tulangan dan juga tulangan yang dipakai sama dengan momen yang timbul.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dan saran agar dapat menjadi sebagai salah satu pedoman untuk penulisan tugas akhir perbandingan momen pelat lantai berdasarkan metode PBI 1971 dan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013), adapun kesimpulan dan saran yang disampaikan penulis yaitu sebagai berikut:

5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan penulisan tugas akhir ini yang berjudul “perbandingan momen pelat lantai berdasarkan metode PBI 1971 dan metode Portal Ekuivalen” yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Apabila dilihat dari segi kemudahan perhitungan maka metode PBI 1971 memberikan metode perhitungan yang jauh lebih mudah karena metode ini hanya menggunakan koefisien momen yang dicocokkan berdasarkan rasio l_y/l_x dan jenis dari perletakan
2. Momen yang ditimbulkan oleh metode PBI 1971 lebih kecil bila dibandingkan dengan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) dimana momen PBI 1971 yang timbul pada arah x pola 1 lantai 1 -4679,56 kgm dan 2065,07 kgm, untuk lantai 4 -2132,89 kgm dan 941,24 kgm. Sedangkan untuk metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) momen yang timbul -6216,73 kgm dan 3216,80 kgm, untuk lantai 4 -2830,94 kgm dan 1527,21 kgm.
3. Momen yang ditimbulkan oleh metode PBI 1971 lebih kecil bila dibandingkan dengan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) dimana momen PBI 1971 yang timbul pada arah y pola 1 lantai 1 -5673,15 kgm dan 2166,11 kgm, untuk lantai 4 -2585,76 kgm dan 987,29 kgm. Sedangkan untuk metode Portal

Ekuivalen (SNI 2847:2013) momen yang timbul -5841,82 kgm dan 3003,51 kgm, untuk lantai 4 -2659,48 kgm dan 1427,78 kgm.

4. Karena momen yang ditimbulkan metode PBI 1971 lebih kecil daripada metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) maka kebutuhan tulangan yang dibutuhkan lebih kecil.

5.2. Saran

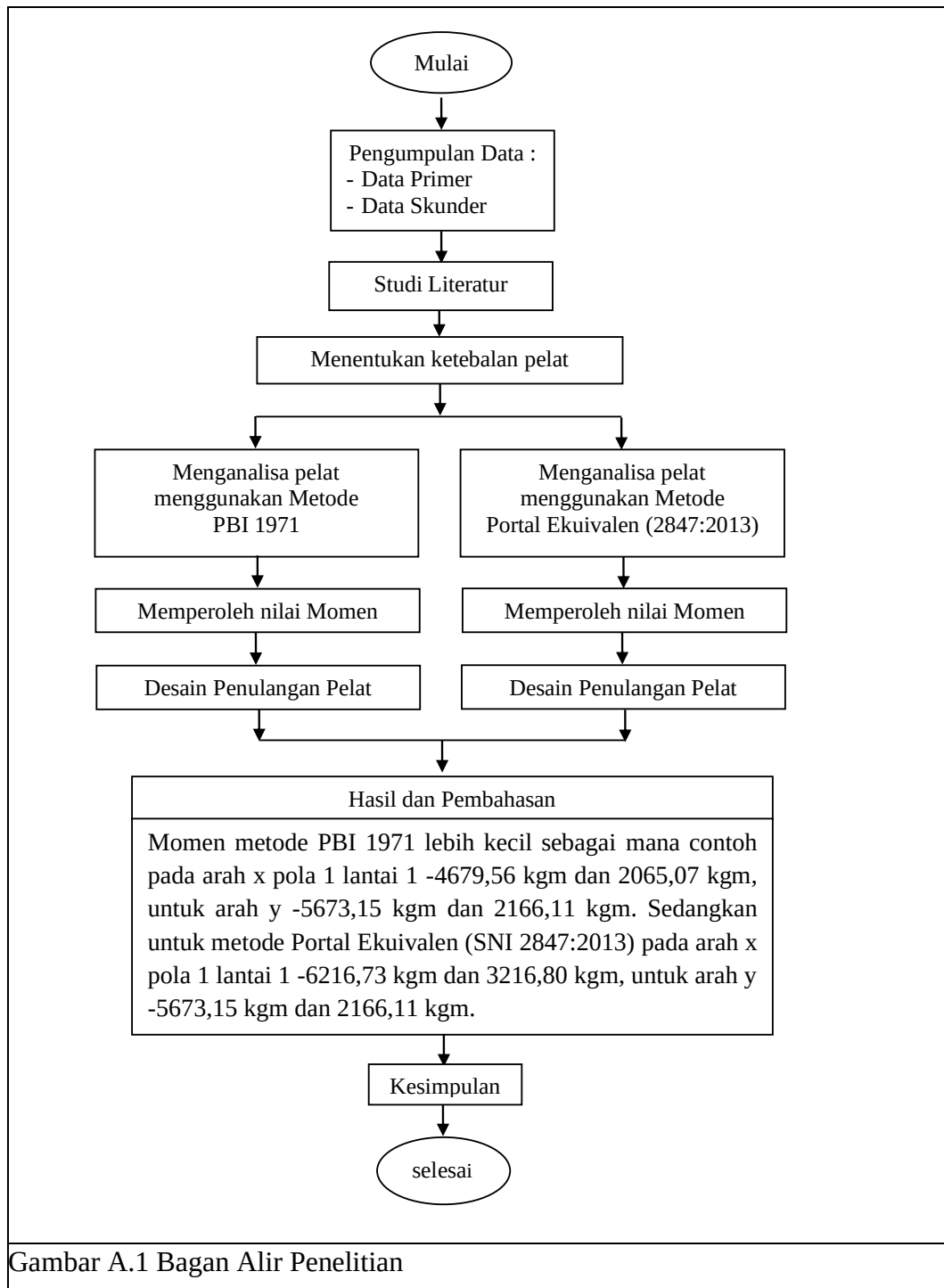
Berdasarkan uraian-uraian penulisan tugas akhir ini, maka dapat diusulkan beberapa saran agar dikemudian hari dapat menjadi masukan bagi penulis selanjutnya, adapun saran yang disampaikan yaitu sebagai berikut:

1. Pada penulisan tugas akhir ini penulis melakukan analisis momen menggunakan metode PBI 1971 dan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013), sehingga diharapkan apabila penulisan ini dapat dilanjutkan oleh penulis lain maka selanjutnya dapat dianalisis menggunakan metode lainnya juga seperti metode garis leleh (*Yield Line Method*) dan metode desain langsung (*Direct Design Method*).
2. Pada penulisan tugas akhir ini penulis membatasi perencanaan pelat dengan sistem balok-pelat, sehingga diharapkan kepada penulis lainnya dapat melakukan perbandingan momen pelat jika digunakan sistem yang lainnya seperti rusuk, slab datar, pelat datar dan sebagainya.
3. Pada penulisan tugas akhir ini penulis hanya memperhitungkan beban yang bekerja pada pelat hanya beban gravitasi saja terhadap pelat lantai, sehingga diharapkan kepada penulis lainnya selanjutnya dapat memperhitungkan beban gempa.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- 1971, *Peraturan Beton bertulang Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum: Bandung.
- 2002, *Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002*. Badan Standarisasi Nasional: Bandung.
- 2011, *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary*. American Concrete Institute: Amerika Serikat.
- 2013, *Standar Nasional Indonesia 2847:2013*. Badan Standarisasi Nasional: Bandung.
- 2013, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727:2013*. Badan Standarisasi Nasional: Bandung.
- Asroni A, 2010, *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Garaha Ilmu: Yogyakarta
- Aziz Abdul, Budibarjo Subuf, 1996, *Perbandingan Hasil Perhitungan Cara Koefisien Momen Dengan Cara Portal Ekvivalen Pada Lantai Menerus Tanpa Balok*. Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta
- Ilahi Chik, Ranu S, 2019, *Pengaruh Balok Anak Terhadap Ketebalan Pelat Lantai Masjid Lheu Kabupaten Aceh Besar*. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh: Banda Aceh
- Ramadhan Rian, 2015, *Analisis Perbandingan Metode Westergaard Terhadap Metode Desain Langsung Dan Metode Portal Ekvivalen Pada Flat Plate*. Fakultas Teknik Universitas Riau: Pekanbaru
- Setiawan A, 2016, *Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847:2013)*. Erlangga: Jakarta
- Setiawan Dian, 2017, *Analisis Perbandingan Momen Lentur Pelat Dua Arah Antara Metode Levy Dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971(Pbi-71)*. Fakultas Teknik Universitas Lampung: Lampung
- Wight JK, Macgregor JG, 2012, *Reinforced Concrete A Fundamental Approach 6th Edition*. Pearson Education Inc: New Jersey.

LAMPIRAN A



LAMPIRAN A



LAMPIRAN A

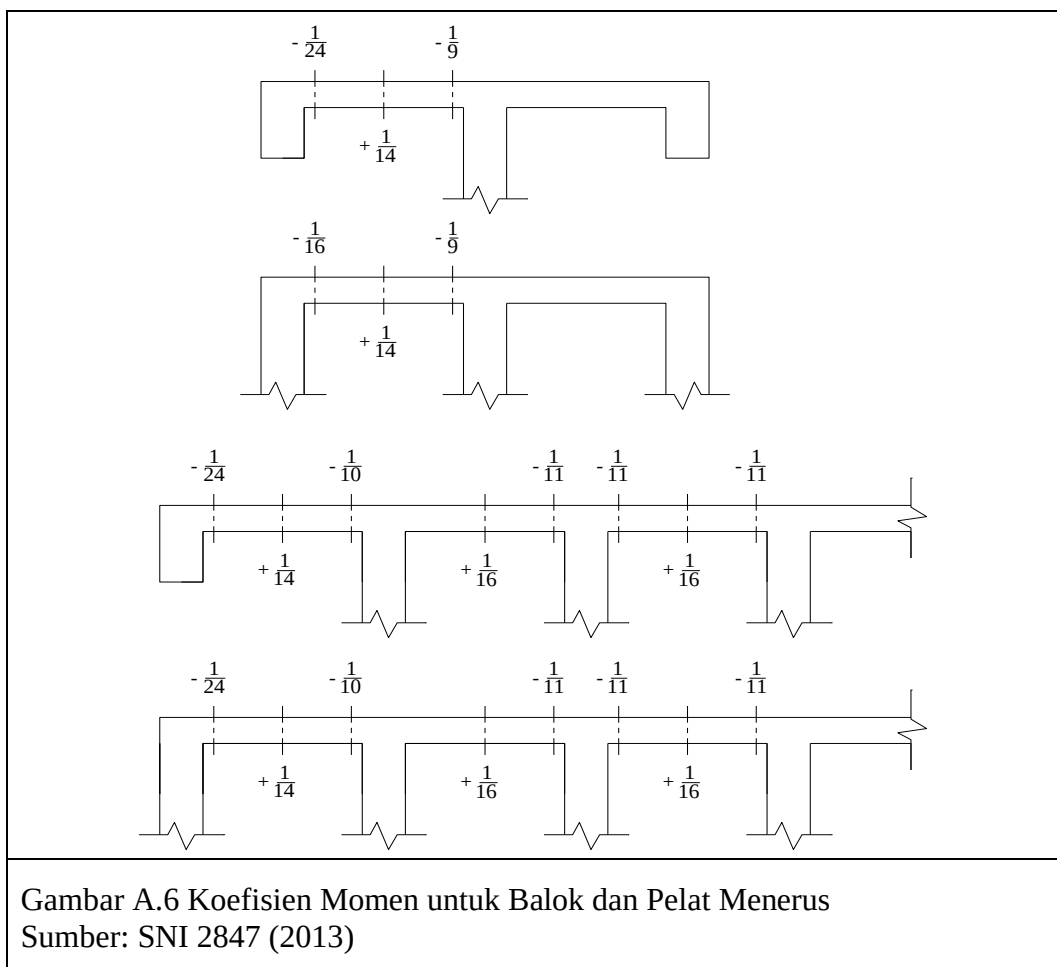
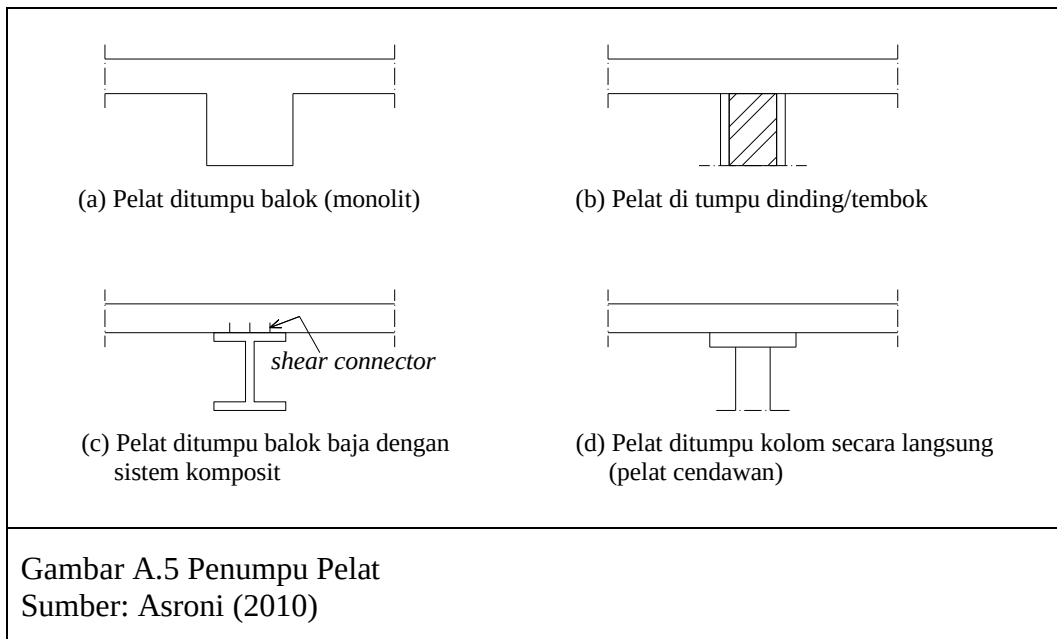


Gambar A.3 Peta Kabupaten Aceh Besar
Sumber: petatematikindo.wordpress.com (2015)

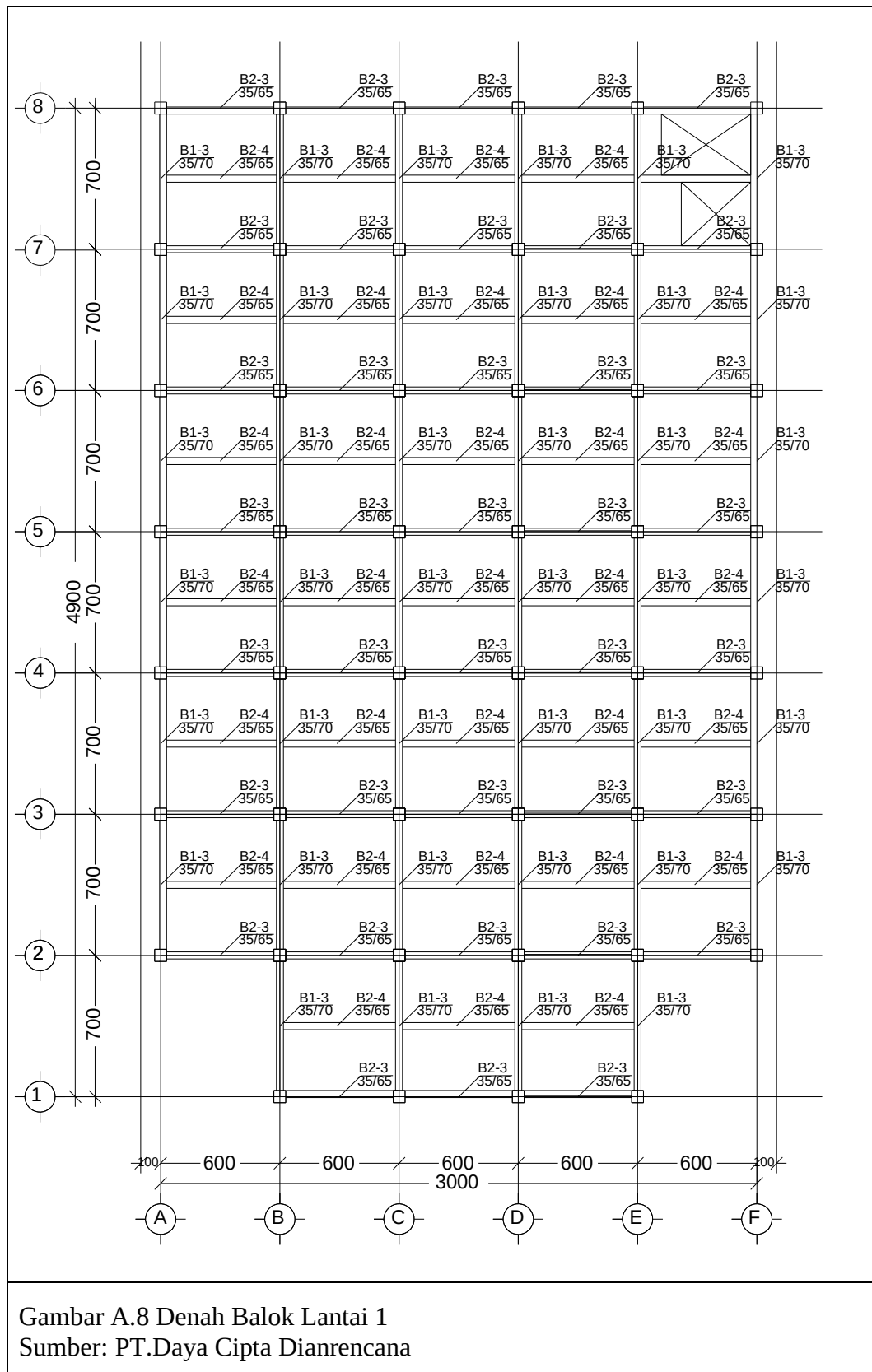
LAMPIRAN A



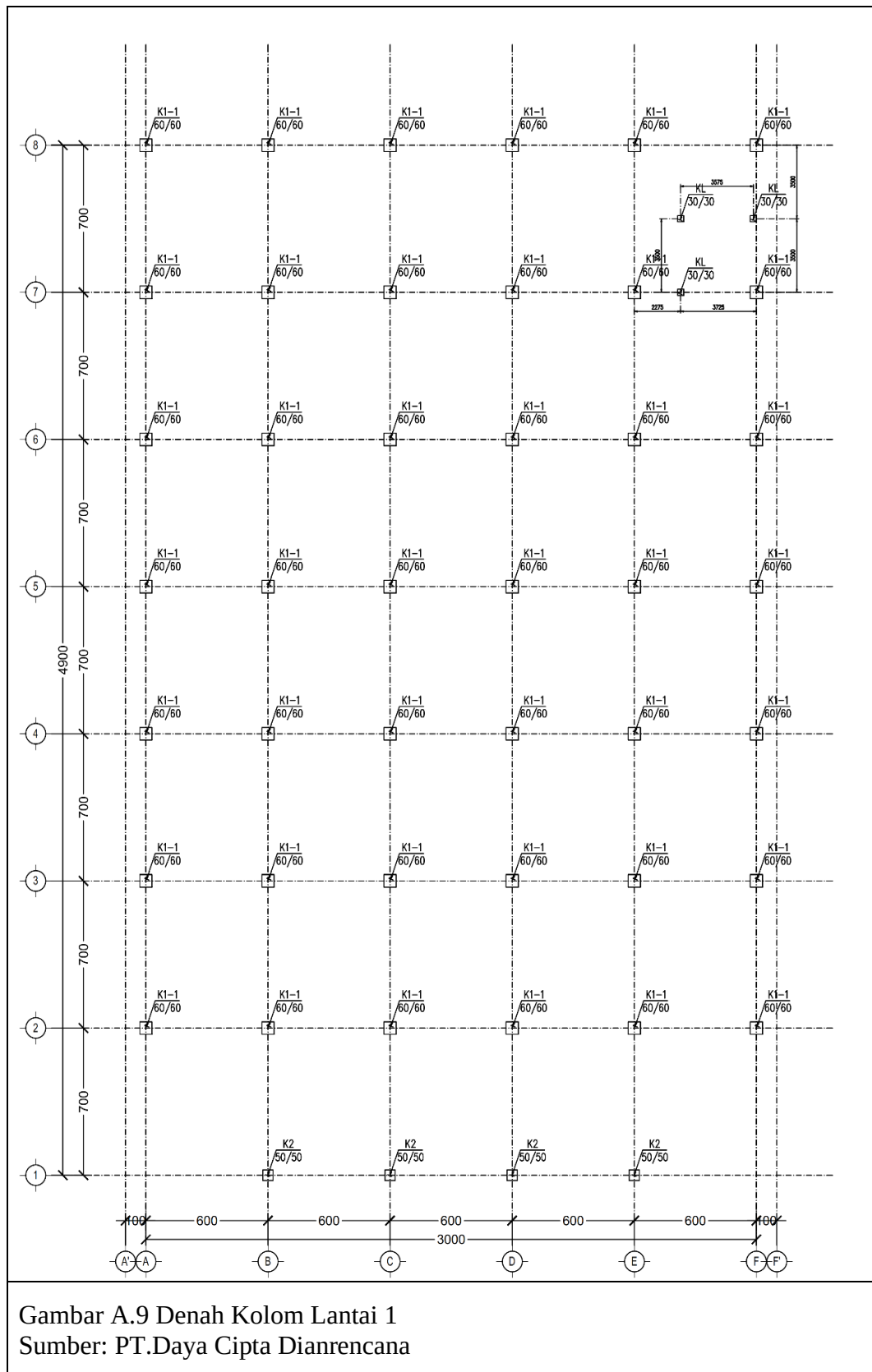
LAMPIRAN A



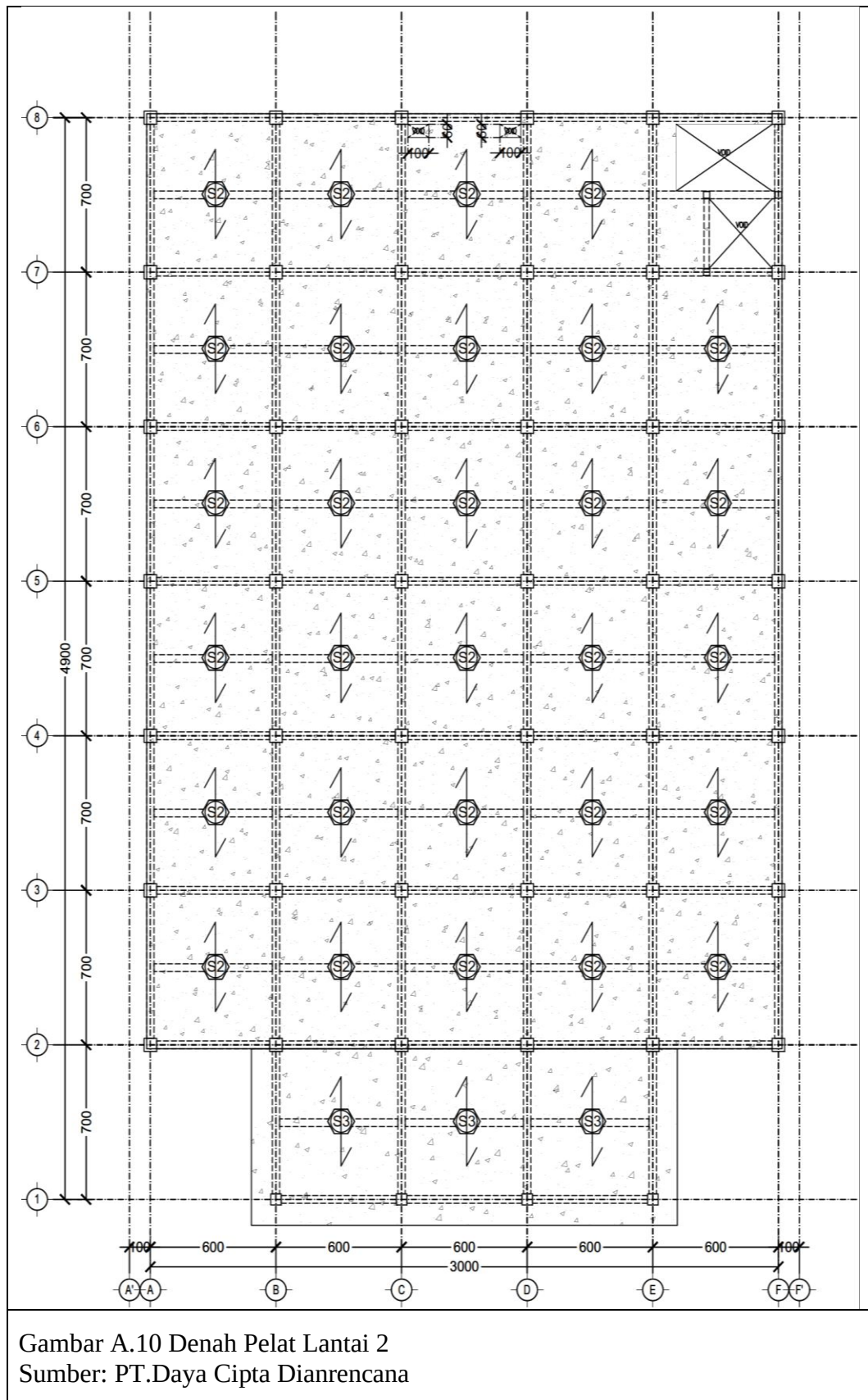
LAMPIRAN A



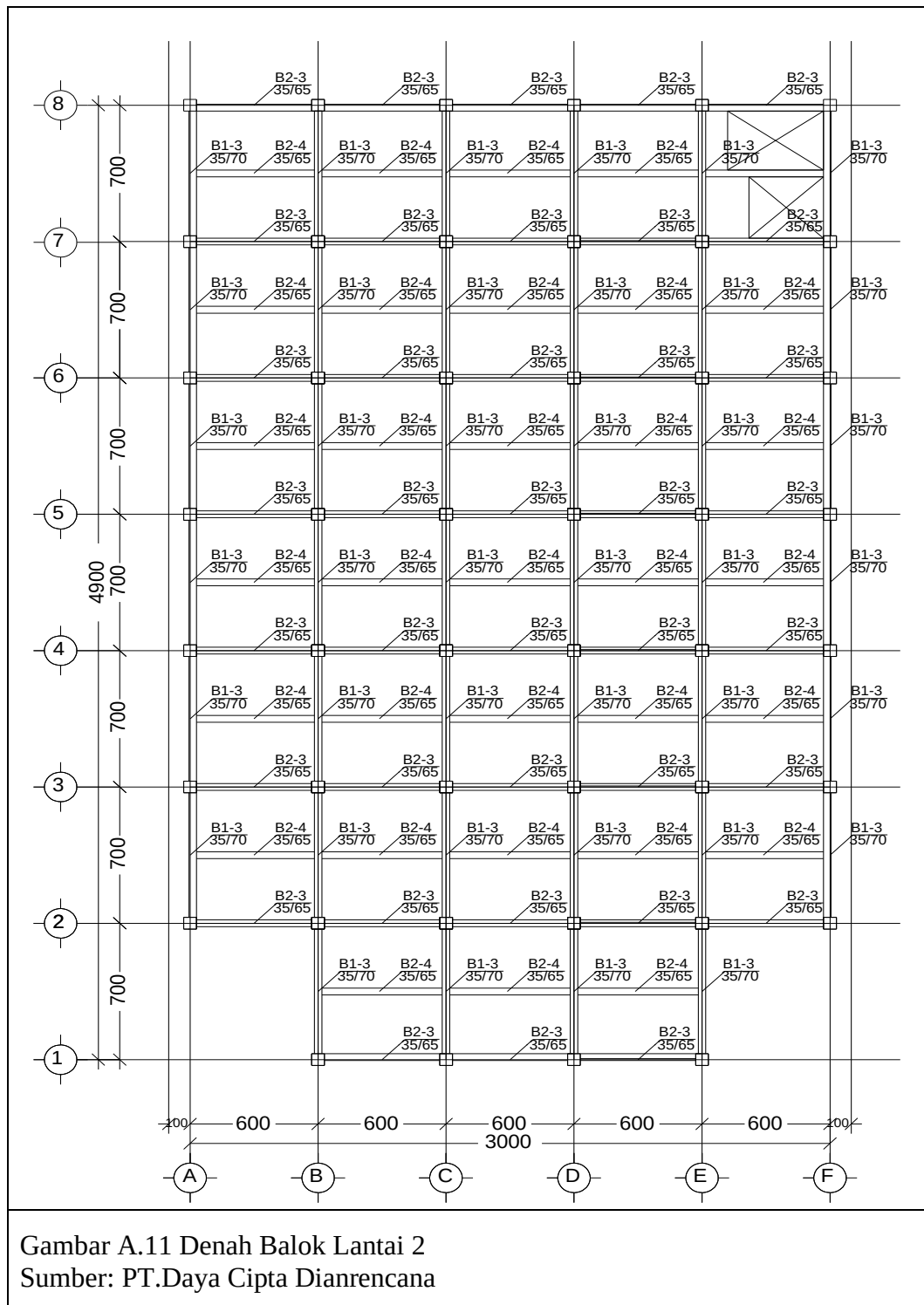
LAMPIRAN A



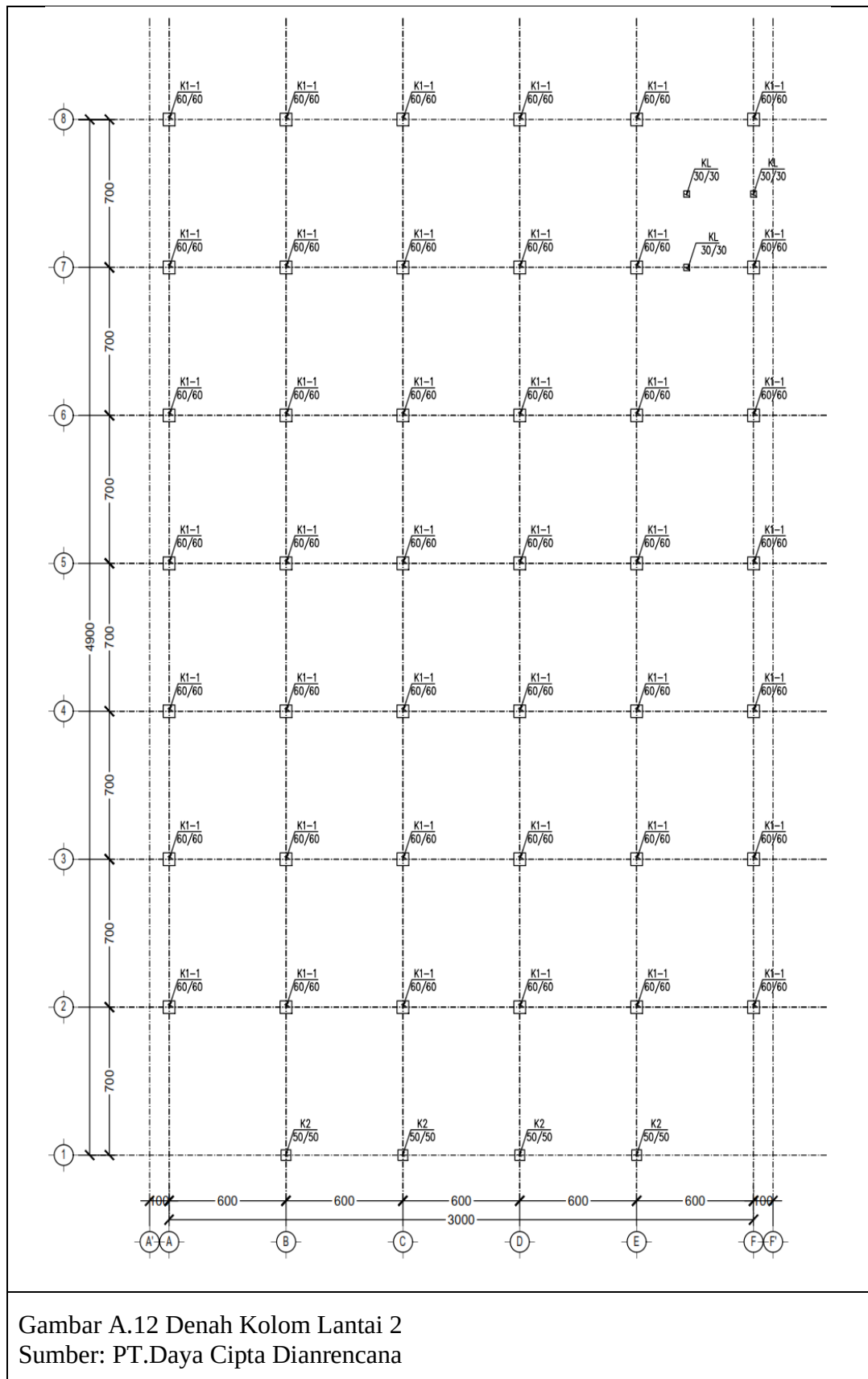
LAMPIRAN A



LAMPIRAN A



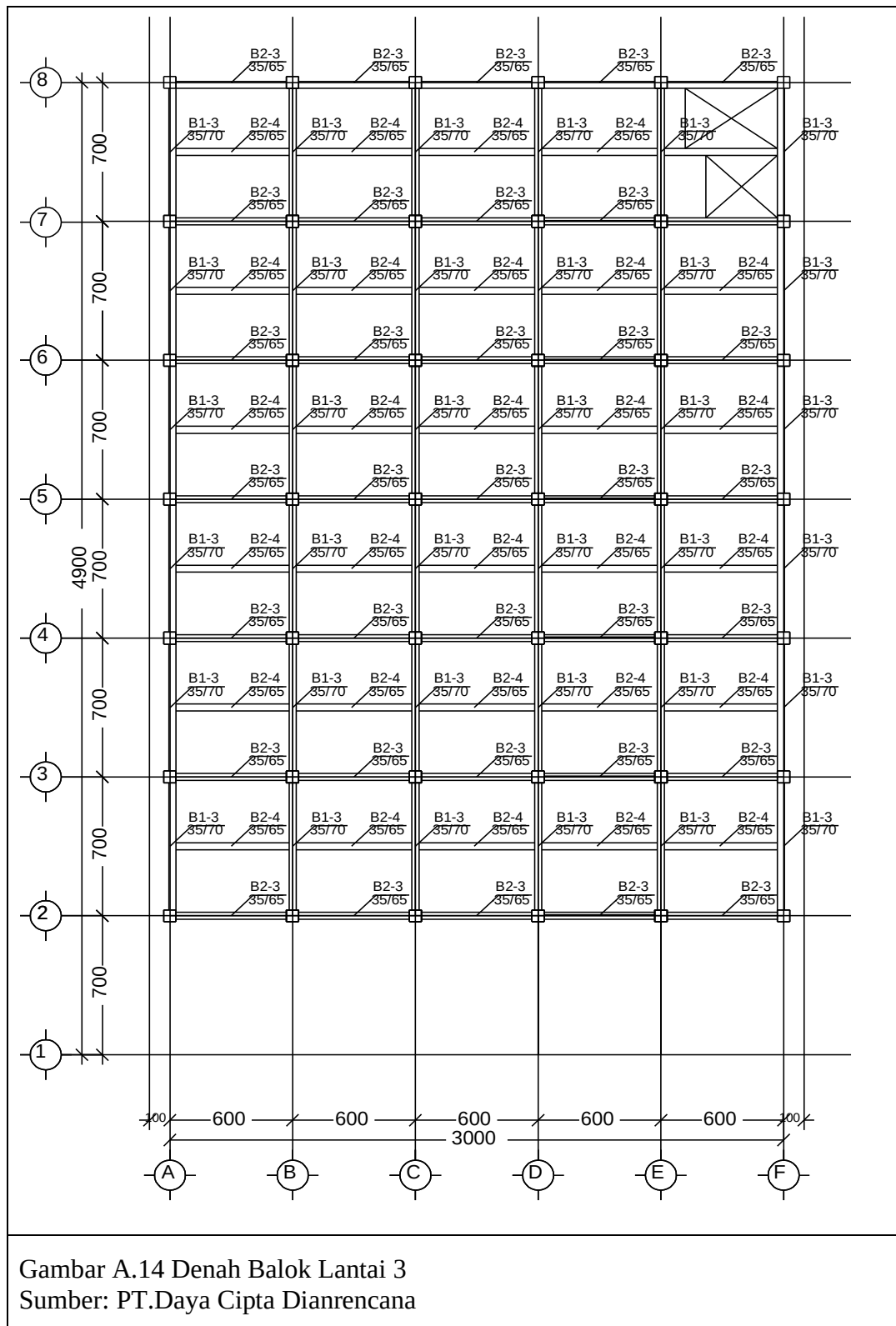
LAMPIRAN A



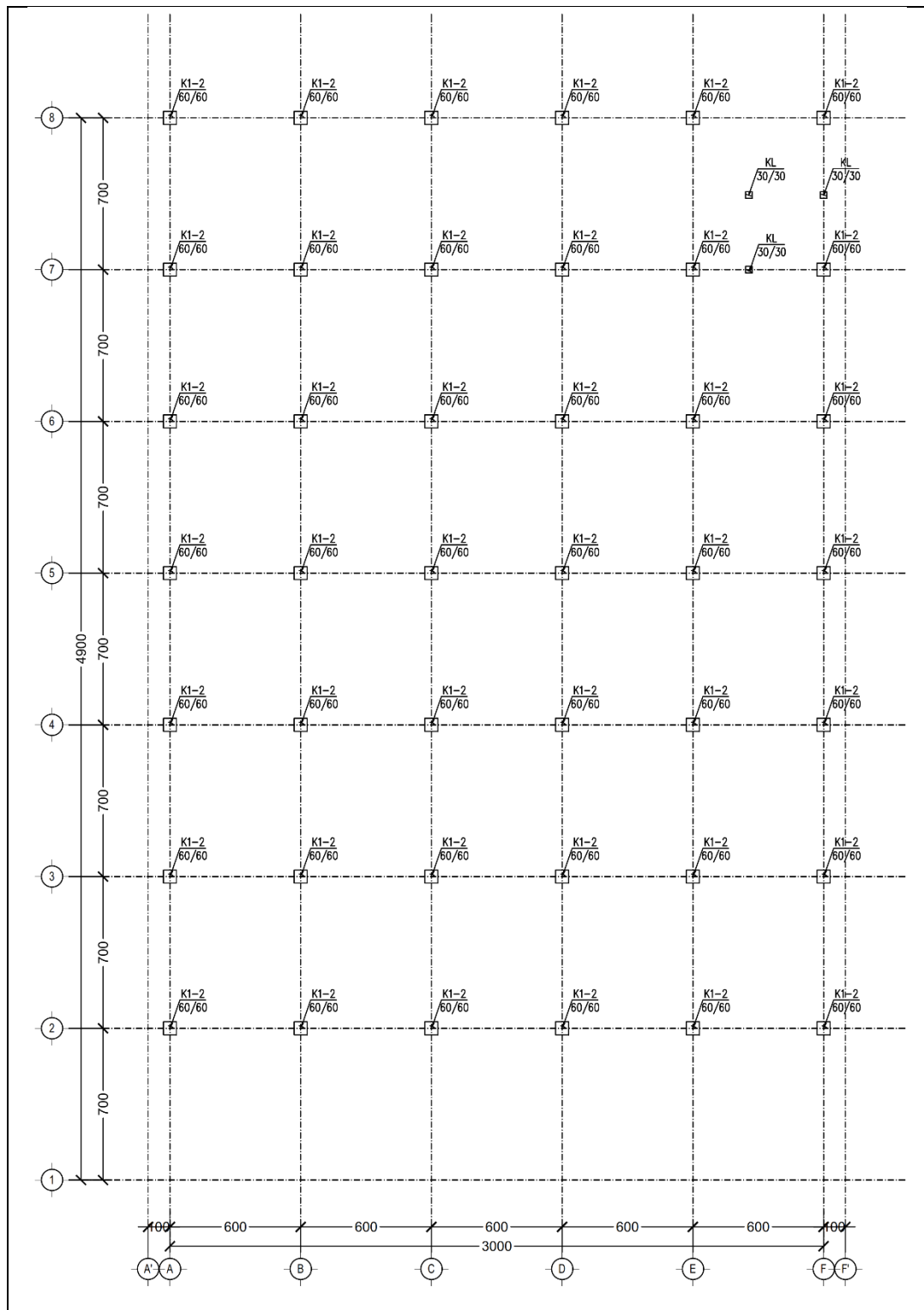
Gambar A.12 Denah Kolom Lantai 2
Sumber: PT.Daya Cipta Dianrencana

The diagram illustrates the floor slab plan for the third floor. It features a grid of columns labeled A through F and rows 1 through 8. The overall dimensions are 3000m by 4900m. The column spacing is 600m. The slab is reinforced with S2 bars. A detail view shows a cross-section of a column and slab joint, indicating a 100mm gap and a 100mm reinforcement bar.

LAMPIRAN A

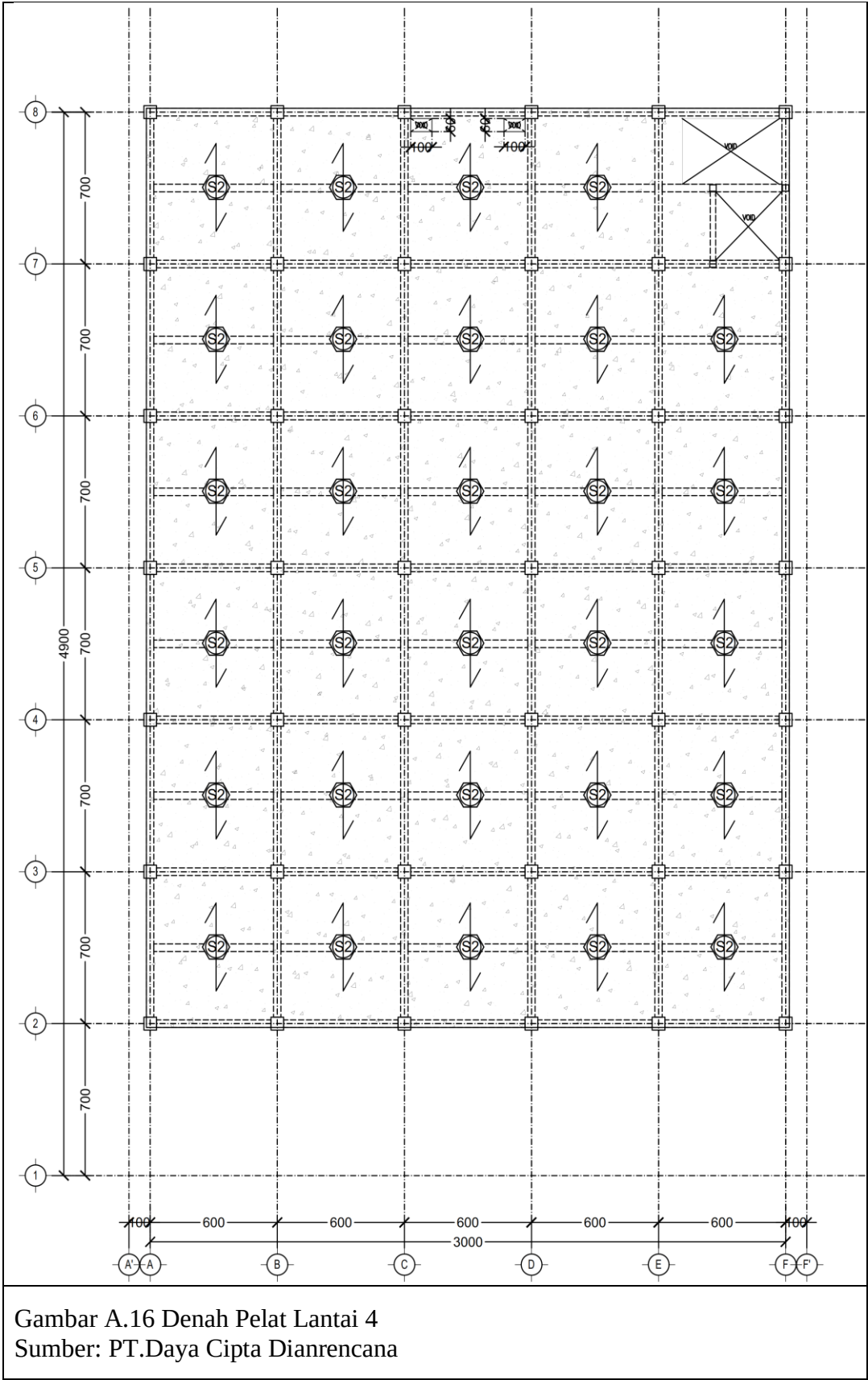


LAMPIRAN A

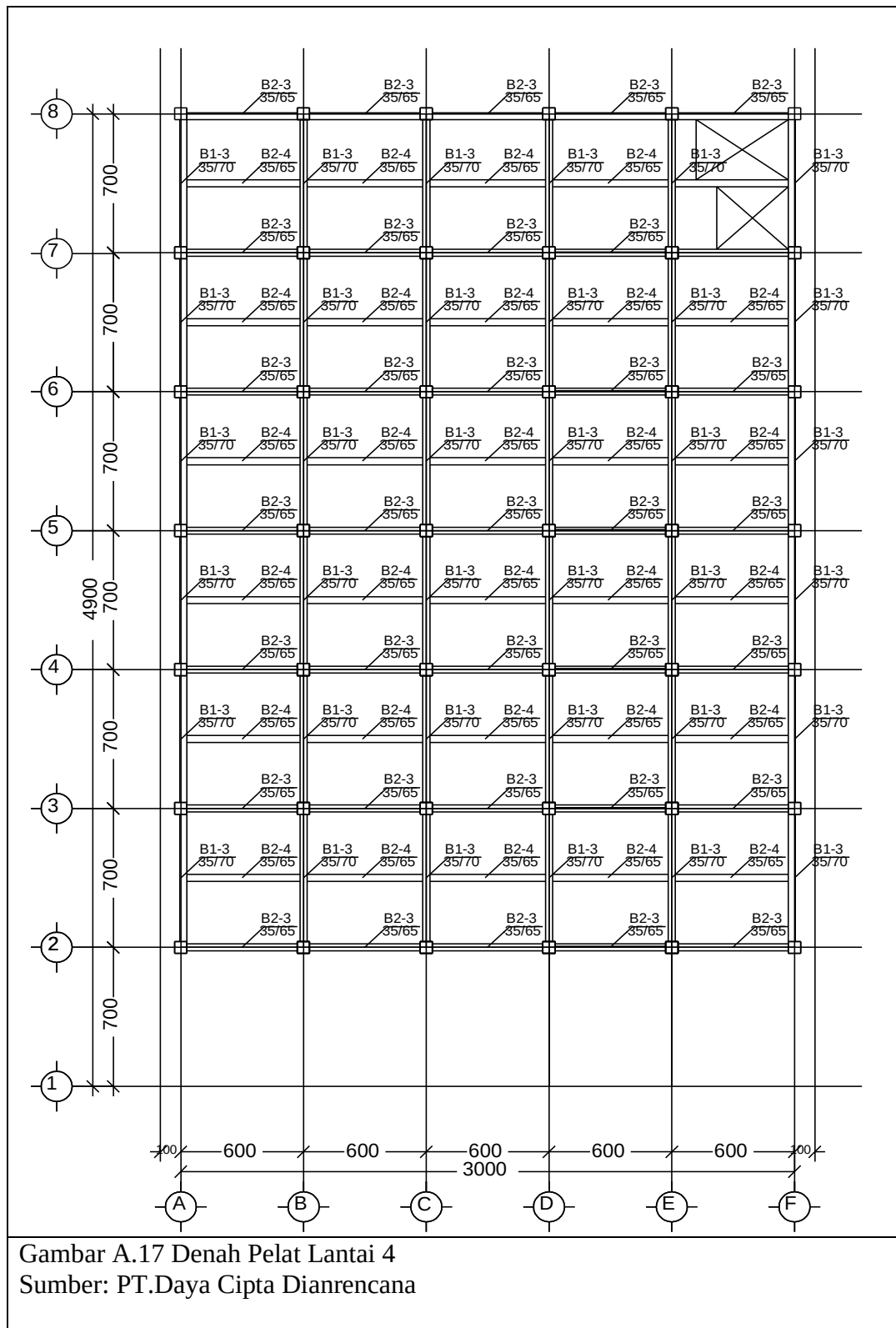


Gambar A.15 Denah Kolom Lantai 3
Sumber: PT.Daya Cipta Dianrencana

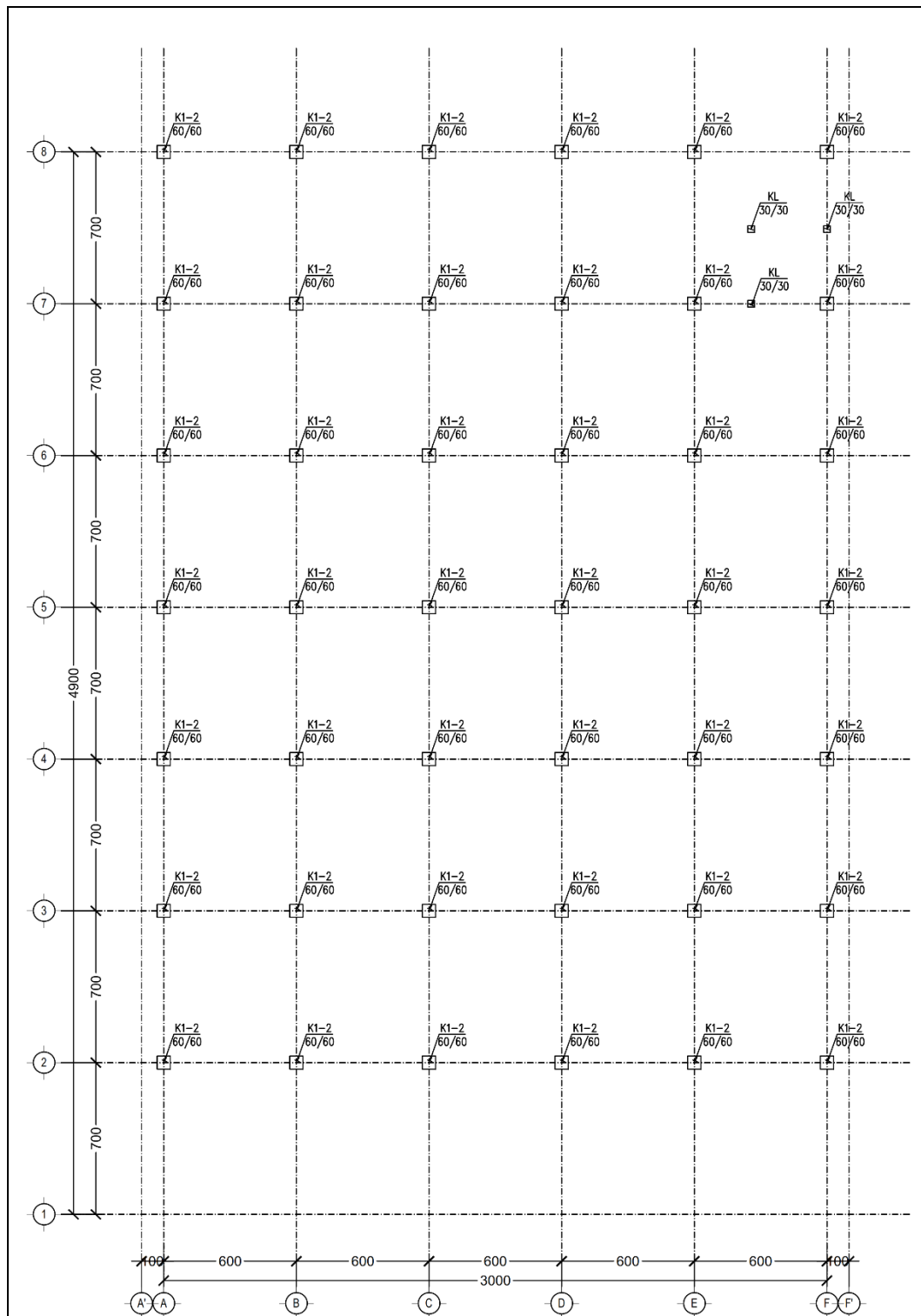
LAMPIRAN A



LAMPIRAN A

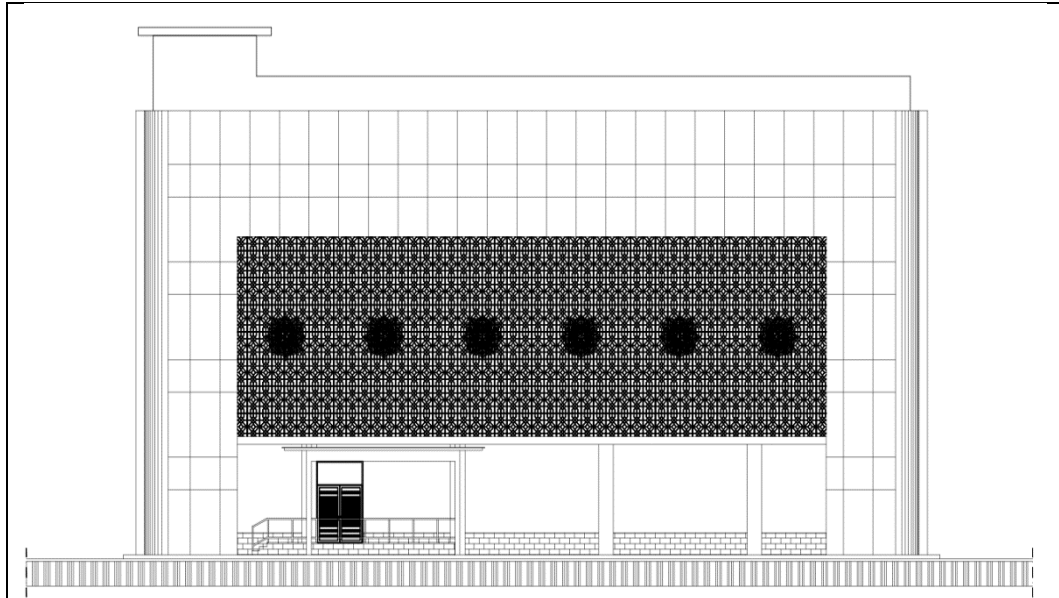


LAMPIRAN A



Gambar A.18 Denah Kolom Lantai 4
Sumber: PT.Daya Cipta Dianrencana

LAMPIRAN A

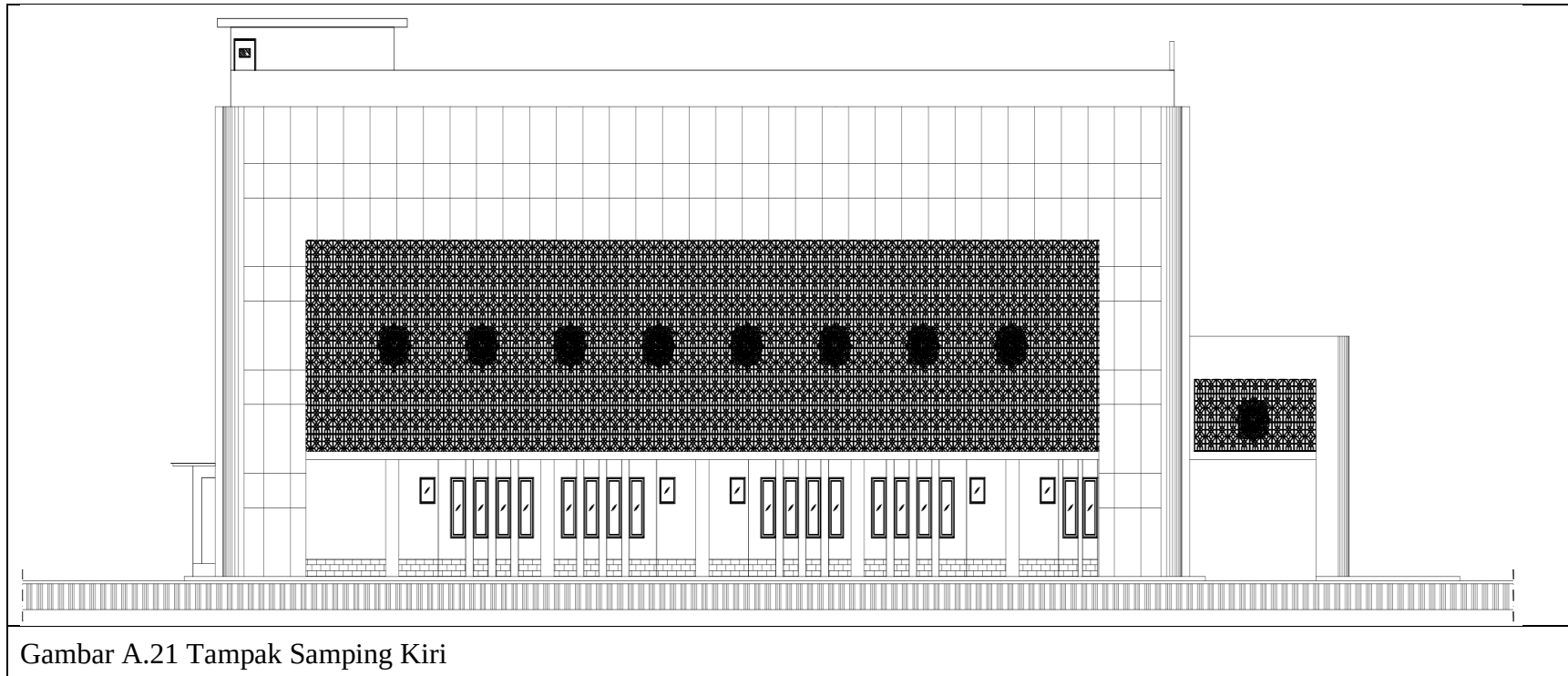


Gambar A.19 Tampak Belakang



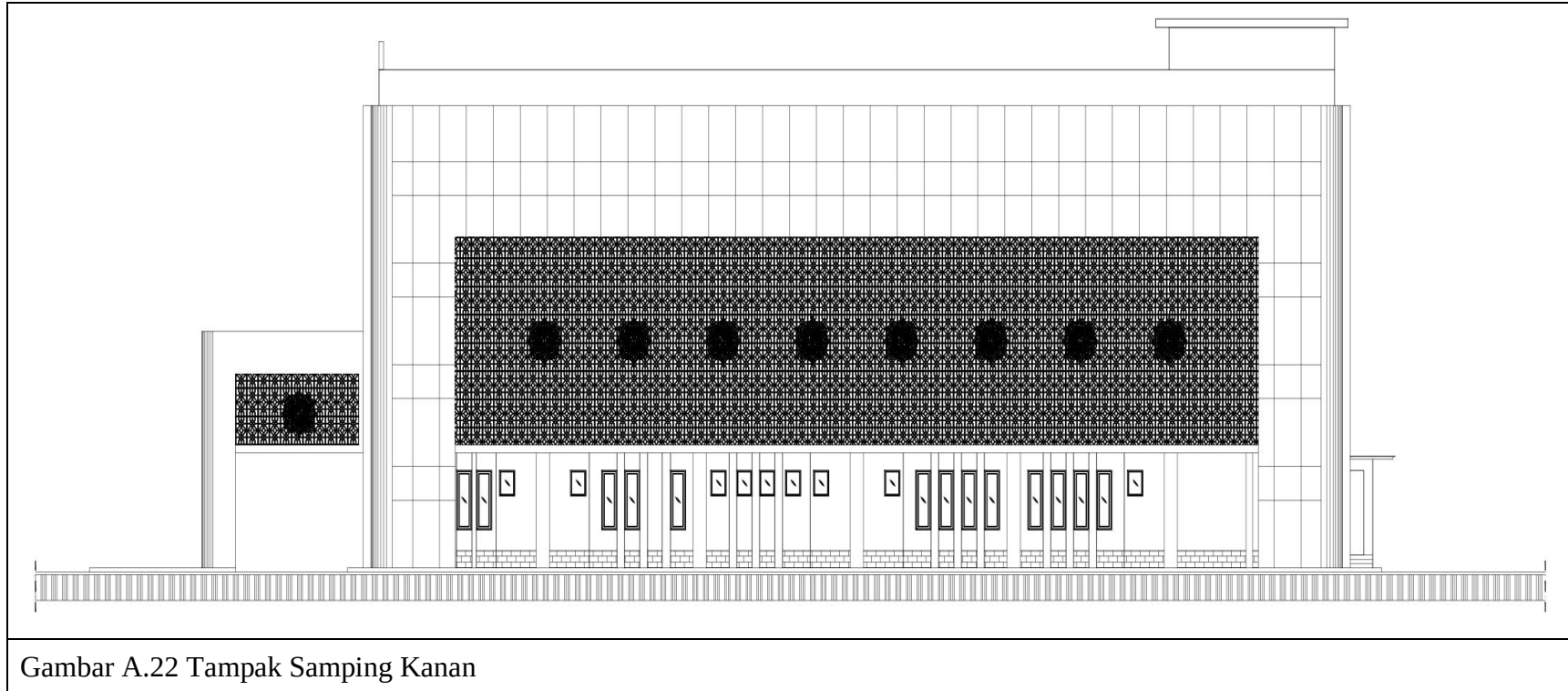
Gambar A.20 Tampak Depan

LAMPIRAN A

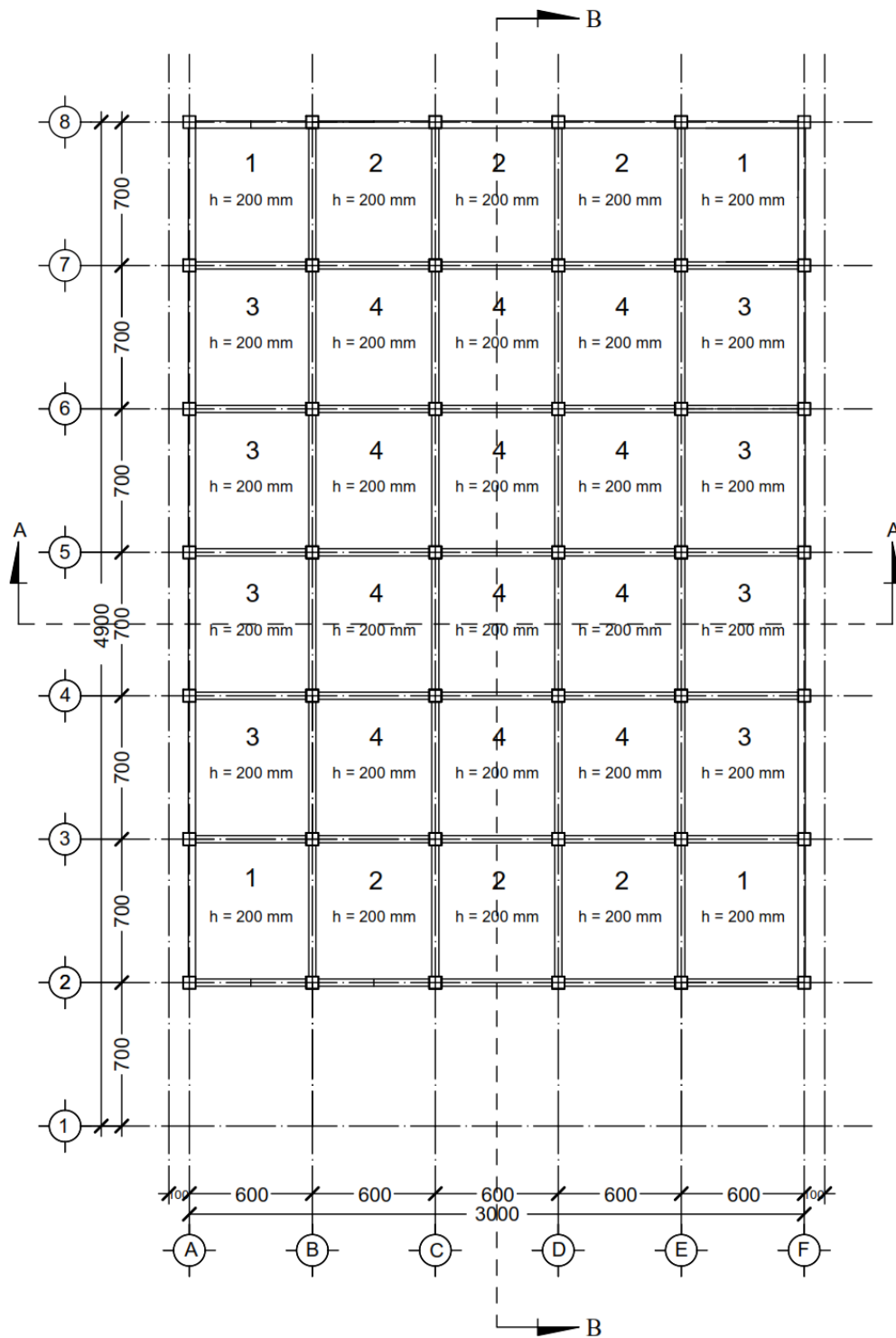


Gambar A.21 Tampak Samping Kiri

LAMPIRAN A



LAMPIRAN A



Gambar A.22 Denah Kebutuhan Tebal Pelat Lantai 1 dan 4

LAMPIRAN B

Tabel B.1 Tebal Minimum Pelat

Jenis Komponen Struktur	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
Pelat Satu Arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Pelat Rusuk	L/16	L/18,5	L/21	L/8
Catatan : untuk f_y selain 400 MPa, maka nilai hasil perhitungan dari tabel di atas harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y / 700)$				

Sumber: SNI 2847 (2013)

Tabel B.2 Batasan Lendutan Pelat

Jenis Struktur Pelat	Lendutan yang Diperhitungkan	Batas Lendutan
Atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan sesaat akibat beban hidup (L)	$l/180$
Lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan sesaat akibat beban hidup (L)	$l/360$
Konstruksi Atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan sesaat akibat penambahan beban hidup)	$l/480$
Konstruksi Atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar		$l/240$

Sumber: SNI 2847 (2013)

Tabel B.3 Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y=280$ Mpa atau 350 Mpa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $f_y=420$ MPa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh 0,35%	$0,0018 \times \frac{420}{f_y}$

Sumber: SNI 2847 (2013)

LAMPIRAN B

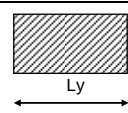
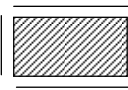
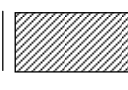
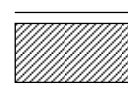
Tabel B.4 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam

fy (MPa)	Tanpa Penebalan Panel			Dengan Penebalan Panel		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
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	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber: SNI 2847 (2013)

LAMPIRAN B

Tabel B.5 Momen Pelat Persegi Akibat Beban Merata Kondisi Tumpuan dan Menerus atau Terjepit Elastis (PBI 1971)

Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan Ly/Lx																	
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2,5	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	13	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	38	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	19	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	56	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	25	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	75	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	25	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	75	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	19	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	56	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	13	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	38	

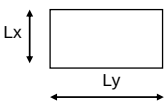
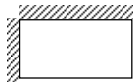
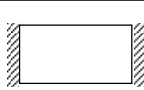
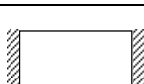
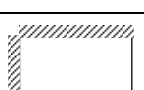
Catatan:

-  = Terletak bebas
 = Menerus atau terjepit elastis

Sumber: PBI (1971)

LAMPIRAN B

Tabel B.6 Momen Pelat Persegi Akibat Beban Merata Kondisi Tumpuan bebas dan Terjepit Penuh (PBI 1971)

Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan L_y/L_x																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2,5
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	43
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	37	41	45	48	51	53	55	56	56	59	60	60	60	61	61	62	63
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79
	$M_{tx} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{lx} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = 0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
	$M_{ty} = -0.001 \cdot q \cdot L_x^2 \cdot x$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Catatan:

— = Terletak bebas

//// = Terjepit penuh

Sumber: PBI (1971)

LAMPIRAN B

Tabel B.7 Faktor Reduksi Kekuatan

Penampang terkendali tarik	0.90
Penampang terkendali tekan	
- Penampang tulangan spiral	0.75
- Penampang tulangan non-spiral	0.65
Geser dan Puntir	0.75
Tumpu pada beton	0,65

Sumber: SNI 2847 (2013)

Tabel B.8 Persentase Momen Pada Lajur Kolom Untuk Pelat Luar

	$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1}$	β_t	Rasio L2/L1		
			0,5	1,0	2,0
Momen negatif pada tumpuan luar	0	0	100	100	100
		$\geq 2,5$	75	75	75
	$\geq 1,0$	0	100	100	100
		$\geq 2,5$	90	75	45
Momen positif di tengah bentang	0	-	60	60	60
	$\geq 1,0$	-	90	75	45
Momen negatif pada tumpuan dalam	0	-	75	75	75
	$\geq 1,0$	-	90	75	45

Sumber: SNI 2847 (2013)

Tabel B.9 Persentase Momen Pada Lajur Kolom Untuk Pelat Dalam

	$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1}$	Rasio L2/L1		
		0,5	1,0	2,0
Momen negatif tumpuan dalam	0	75	75	75
	$\geq 1,0$	90	75	45
Momen positif di tengah bentang	0	60	60	60
	$\geq 1,0$	90	75	45

Sumber: SNI 2847 (2013)

LAMPIRAN B

Tabel B.10 Perhiungan Tebal Pelat Lantai 1 dan 4

Pelat	Bentang (L)		lebar badan (b _w)	tinggi total (h)	lebar efektif sayap (x=y)	lebar efektif (b _e)	luas sayap (A _f)	luas badan (A _w)	luas total (A _{total})	sentroid atas (y _a)	sentroid bawah (y _b)	sentroid pusat (ȳ)	jarak sentroid atas ke pusat (y _a ')	jarak sentroid bawah ke pusat (y _b ')	Inersia Balok (I _b)	Inersia Pelat (I _s)	rasio kuat lentur (α _f)	rasio kuat lentur rerata (α _{fm})	Tebal pelat (h)		
	Panjang (Ly)	Pendek (Lx)																	h _{perlu}	h _{min}	h _{pakai}
-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm ⁴	mm ⁴	mm ⁴	-	mm	mm	mm
1	7000	6000	350	700	500	850	170000	175000	345000	100,00	450,00	277,54	177,54	172,46	14775905797,10	4666666666,67	3,17	3,31	142,73	90,00	200
			350	700	500	1350	270000	175000	445000	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67	3,76				
	350		650	450	800	160000	157500	317500	100,00	425,00	261,22	161,22	163,78	11574610400,26	4000000000,00	2,89					
	350		650	450	1250	250000	157500	407500	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00	3,42					
2	7000	6000	350	700	500	1350	270000	175000	445000	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67	3,76	3,46	142,73	90,00	200
			350	700	500	1350	270000	175000	445000	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67	3,76				
	350		650	450	800	160000	157500	317500	100,00	425,00	261,22	161,22	163,78	11574610400,26	4000000000,00	2,89					
	350		650	450	1250	250000	157500	407500	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00	3,42					
3	7000	6000	350	700	500	850	170000	175000	345000	100,00	450,00	277,54	177,54	172,46	14775905797,10	4666666666,67	3,17	3,44	142,73	90,00	200
			350	700	500	1350	270000	175000	445000	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67	3,76				
	350		650	450	1250	250000	157500	407500	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00	3,42					
	350		650	450	1250	250000	157500	407500	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00	3,42					
4	7000	6000	350	700	500	1350	270000	175000	445000	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67	3,76	3,59	142,73	90,00	200
			350	700	500	1350	270000	175000	445000	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67	3,76				
	350		650	450	1250	250000	157500	407500	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00	3,42					
	350		650	450	1250	250000	157500	407500	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00	3,42					

LAMPIRAN B

Tabel B.11 Nilai Rasio, Tulangan, dan Jarak Tulangan Metode PBI 1971 Lantai 1

Pelat	Bentang (L)		Momen Ultimat (M _u)	tinggi pelat (h)	tinggi pelat efektif (d)	Mn	Reaksi ultimat (Rn)	rasio ada (ρ _{ada})	rasio pakai (ρ _{pakai})	Luas Tulangan perlu (A _s)	Jarak Tulangan perlu (s)	Tulangan Pakai					Luas Tulangan Baru (A _s)
	arah panjang (L _y)	arah pendek (L _x)															
-	m	m	kgm	mm	mm	mm	MPa	-	-	mm ²	mm	mm					mm ²
1	7,00	6,00	Mtx = -4679,56	200,00	174,00	46795632,00	1,546	0,00570	0,00570	991,52	114,01	tumpuan x	Ø	12	-	110	1017,36
			Mlx = 2065,07			20650704,00	0,682	0,00247	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
									0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly = 2166,11		162,00	21661136,00	0,825	0,00300	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty = -5673,15			56731546,67	2,162	0,00808	0,00808	1308,74	86,37	tumpuan y	Ø	12	-	85	1356,48
									0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
2	7,00	6,00	Mtx = -3940,68	200,00	174,00	39406848,00	1,302	0,00477	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx = 1761,94			17619408,00	0,582	0,00210	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
									0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly = 1495,65		162,00	14956498,67	0,570	0,00206	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty = -4409,59			44095884,00	1,680	0,00621	0,00621	1006,46	112,31	tumpuan y	Ø	12	-	110	1017,36
									0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
3	7,00	6,00	Mtx = -4035,41	200,00	174,00	40354128,00	1,333	0,00489	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx = 1667,21			16672128,00	0,551	0,00199	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
									0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly = 2140,33		162,00	21403265,33	0,816	0,00296	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty = -5234,77			52347745,33	1,995	0,00743	0,00743	1203,11	93,96	tumpuan y	Ø	12	-	90	1243,44
									0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
4	7,00	6,00	Mtx = -3542,83	200,00	174,00	35428272,00	1,170	0,00428	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx = 1534,59			15345936,00	0,507	0,00183	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
									0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly = 1573,01		162,00	15730110,67	0,599	0,00217	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty = -4280,65			42806530,67	1,631	0,00602	0,00602	975,99	115,82	tumpuan y	Ø	12	-	110	1017,36
									0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12

LAMPIRAN B

Tabel B.12 Nilai Rasio, Tulangan, dan Jarak Tulangan Metode PBI 1971 Lantai 4

Pelat	Bentang (L)		Momen Ultimat (M _u)	tinggi pelat (h)	tinggi pelat efektif (d)	Mn	Reaksi ultimat (Rn)	rasio ada (ρ _{ada})	rasio pakai (ρ _{pakai})	Luas Tulangan perlu (A _s)	Jarak Tulangan perlu (s)	Tulangan Pakai					Luas Tulangan Baru (A _s)		
	arah panjang (L _y)	arah pendek (L _x)																	
-	m	m	kgm	mm	mm	mm	MPa	-	-	mm ²	mm	mm					mm ²		
1	7,00	6,00	Mtx	=	-2132,89	200,00	174,00	21328944,00	0,704	0,00255	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx	=	941,24			9412368,00	0,311	0,00112	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
										0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16	
			Mly	=	987,29	162,00	9872912,00	0,376	0,00135	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32	
			Mty	=	-2585,76		25857626,67	0,985	0,00359	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32	
										0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12	
2	7,00	6,00	Mtx	=	-1796,12	200,00	174,00	17961216,00	0,593	0,00214	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx	=	803,07			8030736,00	0,265	0,00095	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
										0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16	
			Mly	=	681,70	162,00	6817010,67	0,260	0,00093	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32	
			Mty	=	-2009,84		20098428,00	0,766	0,00278	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32	
										0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12	
3	7,00	6,00	Mtx	=	-1839,30	200,00	174,00	18392976,00	0,608	0,00220	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx	=	759,90			7598976,00	0,251	0,00090	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
										0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16	
			Mly	=	975,54	162,00	9755377,33	0,372	0,00134	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32	
			Mty	=	-2385,95		23859537,33	0,909	0,00331	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32	
										0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12	
4	7,00	6,00	Mtx	=	-1614,78	200,00	174,00	16147824,00	0,533	0,00193	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx	=	699,45			6994512,00	0,231	0,00083	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
										0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16	
			Mly	=	716,96	162,00	7169614,67	0,273	0,00098	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32	
			Mty	=	-1951,08		19510754,67	0,743	0,00270	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32	
										0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12	

LAMPIRAN B

Tabel B.13 Nilai Rasio, Tulangan, dan Jarak Tulangan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) Lantai 1

Pola Pelat	Bentang (L)		Momen Ultimat (M_u)			tinggi pelat (h)	tinggi pelat efektif (d)	Mn	Reaksi ultimat (R_n)	rasio ada (ρ_{ada})	rasio pakai (ρ_{pakai})	Luas Tulangan perlu (A_s)	Jarak Tulangan perlu (s)	Tulangan Pakai					Luas Tulangan Baru (A_s)
	arah panjang (L_y)	arah pendek (L_x)																	
-	m	m	kgm			mm	mm	mm	MPa	-	-	mm ²	mm	mm					mm ²
1	7,00	6,00	Mtx	=	-6216,73	200,00	174,00	62167335,00	2,053	0,00766	0,00766	1331,99	84,87	tumpuan x	Ø	12	-	85	1243,44
			Mlx	=	3216,80			32167980,00	1,062	0,00388	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
											0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly	=	3003,51		162,00	30035065,82	1,144	0,00418	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty	=	-5841,82			58418201,89	2,226	0,00833	0,00833	1349,61	83,76	tumpuan y	Ø	12	-	80	1356,48
											0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
2	7,00	6,00	Mtx	=	-5783,01	200,00	174,00	57830085,00	1,910	0,00710	0,00710	1235,12	91,52	tumpuan x	Ø	12	-	90	1243,44
			Mlx	=	2783,07			27830730,00	0,919	0,00334	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
											0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly	=	3003,51		162,00	30035065,82	1,144	0,00418	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty	=	-5841,82			58418201,89	2,226	0,00833	0,00833	1349,61	83,76	tumpuan y	Ø	12	-	80	1356,48
											0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
3	7,00	6,00	Mtx	=	-6216,73	200,00	174,00	62167335,00	2,053	0,00766	0,00766	1331,99	84,87	tumpuan x	Ø	12	-	80	1356,48
			Mlx	=	3216,80			32167980,00	1,062	0,00388	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
											0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly	=	2678,13		162,00	26781263,36	1,020	0,00372	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty	=	-5456,37			54563703,11	2,079	0,00776	0,00776	1256,40	89,97	tumpuan y	Ø	12	-	85	1356,48
											0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
4	7,00	6,00	Mtx	=	-5783,01	200,00	174,00	57830085,00	1,910	0,00710	0,00710	1235,12	91,52	tumpuan x	Ø	12	-	90	1243,44
			Mlx	=	2783,07			27830730,00	0,919	0,00334	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
											0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly	=	2783,07		162,00	27830730,00	1,060	0,00387	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty	=	-5456,37			54563703,11	2,079	0,00776	0,00776	1256,40	89,97	tumpuan y	Ø	12	-	85	1356,48
											0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	340	339,12

LAMPIRAN B

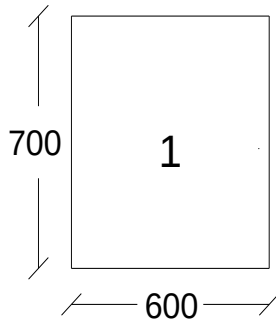
Tabel B.14 Nilai Rasio, Tulangan, dan Jarak Tulangan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) Lantai 4

Pola Pelat	Bentang (L)		Momen Ultimat (M _u)			tinggi pelat (h)	tinggi pelat efektif (d)	Mn	Reaksi ultimat (Rn)	rasio ada (ρ _{ada})	rasio pakai (ρ _{pakai})	Luas Tulangan perlu (A _s)	Jarak Tulangan perlu (s)	Tulangan Pakai					Luas Tulangan Baru (A _s)
	arah panjang (L _y)	arah pendek (L _x)																	
-	m	m	kgm			mm	mm	mm	MPa	-	-	mm ²	mm	mm					mm ²
1	7,00	6,00	Mtx	=	-2830,94	200,00	174,00	28309350,00	0,935	0,00340	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx	=	1527,21			15272145,00	0,504	0,00182	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
											0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
			Mly	=	1427,78		162,00	14277803,14	0,544	0,00196	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty	=	-2659,48			26594819,04	1,013	0,00369	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
											0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
2	7,00	6,00	Mtx	=	-2607,44	200,00	174,00	26074395,00	0,861	0,00313	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx	=	1191,97			11919720,00	0,394	0,00142	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
										0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16	
			Mly	=	1427,78		162,00	14277803,14	0,544	0,00196	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty	=	-2659,48			26594819,04	1,013	0,00369	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
											0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
3	7,00	6,00	Mtx	=	-2830,94	200,00	174,00	28309350,00	0,935	0,00340	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx	=	1527,21			15272145,00	0,504	0,00182	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
										0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16	
			Mly	=	1174,70		162,00	11746955,57	0,448	0,00161	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty	=	-2452,10			24520954,50	0,934	0,00340	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
											0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
4	7,00	6,00	Mtx	=	-2607,44	200,00	174,00	26074395,00	0,861	0,00313	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
			Mlx	=	1191,97			11919720,00	0,394	0,00142	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
										0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16	
			Mly	=	1174,70		162,00	11746955,57	0,448	0,00161	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
			Mty	=	-2452,10			24520954,50	0,934	0,00340	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
											0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12

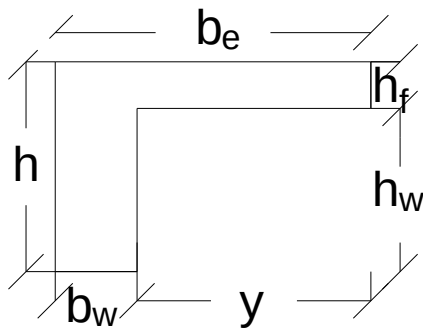
LAMPIRAN C

1. Menentukan Tebal Pelat

a. Pelat 1



- Sumbu 8 (Balok 35/65)



Asumsi tebal pelat adalah 200 mm

$$x = y = (h - h_f) = 650 - 200 = 450 \text{ mm}$$

$$b_e = b_w + x = 350 + 450 = 800 \text{ mm}$$

$$A_f = h_f (b_e) = 200 (800) = 160000 \text{ mm}^2$$

$$A_w = h_w (b_w) = 450 (350) = 157500 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{\text{total}} &= A_f + A_w = 160000 + 157500 \\ &= 317500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$y_a = h_f / 2 = 200 / 2 = 100 \text{ mm}$$

$$y_b = h_f + h_w / 2 = 200 + 450 / 2 = 425 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{A_f(y_a) + A_w(y_b)}{A_{\text{total}}} = \frac{160000 (100) + 157500 (425)}{317500} = 261,22 \text{ mm}$$

$$y_a' = \bar{y} - y_a = 261,22 - 100 = 161,22 \text{ mm}$$

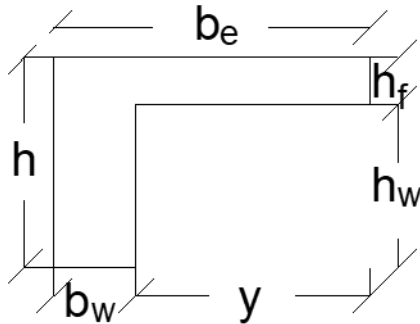
$$y_b' = y_b - \bar{y} = 425 - 261,22 = 163,78 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_b &= \left[\frac{1}{12} \times b_e \times h_f^3 + (A_f \times y_a'^2) \right] + \left[\frac{1}{12} \times b_w \times h_w^3 + (A_w \times y_b'^2) \right] \\ &= \left[\frac{1}{12} \times 800 \times 200^3 + (160000 \times 161,22^2) \right] \\ &\quad + \left[\frac{1}{12} \times 350 \times 450^3 + (157500 \times 163,78^2) \right] \\ &= 11574610400,26 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$I_s = \left[\frac{1}{12} \times L_x \times h_f^3 \right] = \left[\frac{1}{12} \times 6000 \times 200^3 \right] = 4000000000,00 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_f = \frac{EI_b}{EI_s} = \frac{11574610400,26}{4000000000,00} = 2,89$$

- Sumbu A (Balok 35/70)



Asumsi tebal pelat adalah 200 mm

$$x = y = (h - h_f) = 700 - 200 = 500 \text{ mm}$$

$$b_e = b_w + x = 350 + 500 = 850 \text{ mm}$$

$$A_f = h_f (b_e) = 200 (850) = 170000 \text{ mm}^2$$

$$A_w = h_w (b_w) = 500 (350) = 175000 \text{ mm}^2$$

$$A_{total} = A_f + A_w = 170000 + 175000 = 345000 \text{ mm}^2$$

$$y_a = h_f / 2 = 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$$y_b = h_f + h_w / 2 = 200 + 500/2 = 450 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{A_f(y_a) + A_w(y_b)}{A_{total}} = \frac{170000 (100) + 175000 (450)}{317500} = 277,54 \text{ mm}$$

$$y_a' = \bar{y} - y_a = 277,54 - 100 = 177,54 \text{ mm}$$

$$y_b' = y_b - \bar{y} = 450 - 277,54 = 172,46 \text{ mm}$$

$$I_b = \left[\frac{1}{12} \times b_e \times h_f^3 + (A_f \times y_a'^2) \right] + \left[\frac{1}{12} \times b_w \times h_w^3 + (A_w \times y_b'^2) \right]$$

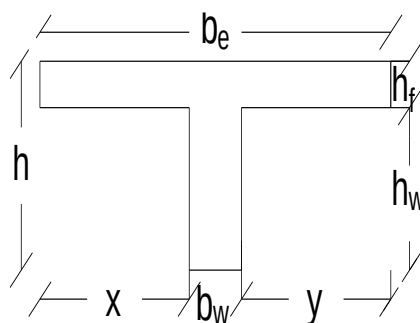
$$= \left[\frac{1}{12} \times 850 \times 200^3 + (170000 \times 177,54^2) \right] + \left[\frac{1}{12} \times 350 \times 500^3 + (175000 \times 172,46^2) \right]$$

$$= 14775905797,10 \text{ mm}^4$$

$$I_s = \left[\frac{1}{12} \times L_y \times h_f^3 \right] = \left[\frac{1}{12} \times 7000 \times 200^3 \right] = 4666666666,67 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_f = \frac{EI_b}{EI_s} = \frac{14775905797,10}{4666666666,67} = 3,17$$

- Sumbu 7 (Balok 35/65)



Asumsi tebal pelat adalah 200 mm

$$x = y = (h - h_f) = 650 - 200 = 450 \text{ mm}$$

$$b_e = b_w + 2x = 350 + 2(450) = 1250 \text{ mm}$$

$$A_f = h_f (b_e) = 200 (1250) = 250000 \text{ mm}^2$$

$$A_w = h_w (b_w) = 450 (350) = 157500 \text{ mm}^2$$

$$A_{total} = A_f + A_w = 250000 + 157500 = 407500 \text{ mm}^2$$

$$y_a = h_f / 2 = 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$$y_b = h_f + h_w / 2 = 200 + 425/2 = 425 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{A_f(y_a) + A_w(y_b)}{A_{total}} = \frac{250000(100) + 157500(425)}{407500} = 225,61 \text{ mm}$$

$$y_a' = \bar{y} - y_a = 225,61 - 100 = 125,61 \text{ mm}$$

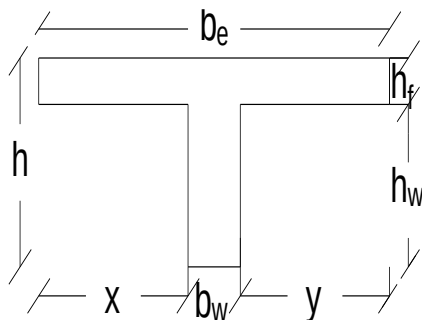
$$y_b' = y_b - \bar{y} = 450 - 225,61 = 199,39 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_b &= \left[\frac{1}{12} \times b_e \times h_f^3 + (A_f \times y_a'^2) \right] + \left[\frac{1}{12} \times b_w \times h_w^3 + (A_w \times y_b'^2) \right] \\ &= \left[\frac{1}{12} \times 1250 \times 200^3 + (250000 \times 125,61^2) \right] \\ &\quad + \left[\frac{1}{12} \times 350 \times 450^3 + (157500 \times 212,36^2) \right] \\ &= 13697242459,10 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$I_s = \left[\frac{1}{12} \times L_y \times h_f^3 \right] = \left[\frac{1}{12} \times 6000 \times 200^3 \right] = 4000000000,00 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_f = \frac{EI_b}{EI_s} = \frac{13697242459,10}{4000000000,00} = 3,42$$

- Sumbu 7 (Balok 35/65)



Asumsi tebal pelat adalah 200 mm

$$x = y = (h - h_f) = 700 - 200 = 500 \text{ mm}$$

$$b_e = b_w + 2x = 350 + 2(500) = 1350 \text{ mm}$$

$$A_f = h_f (b_e) = 200 (1350) = 270000 \text{ mm}^2$$

$$A_w = h_w (b_w) = 500 (350) = 175000 \text{ mm}^2$$

$$A_{total} = A_f + A_w = 270000 + 175000$$

$$= 445000 \text{ mm}^2$$

$$y_a = h_f / 2 = 200/2 = 100 \text{ mm}$$

$$y_b = h_f + h_w / 2 = 200 + 500/2 = 450 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{A_f(y_a) + A_w(y_b)}{A_{total}} = \frac{270000(100) + 175000(450)}{445000} = 237,64 \text{ mm}$$

$$y_a' = \bar{y} - y_a = 237,64 - 100 = 137,64 \text{ mm}$$

$$y_b' = y_b - \bar{y} = 450 - 237,64 = 212,36 \text{ mm}$$

$$I_b = \left[\frac{1}{12} \times b_e \times h_f^3 + (A_f \times y_a'^2) \right] + \left[\frac{1}{12} \times b_w \times h_w^3 + (A_w \times y_b'^2) \right]$$

$$\begin{aligned}
& \left[\frac{1}{12} \times 1350 \times 200^3 + (270000 \times 137,64^2) \right] \\
& + \left[\frac{1}{12} \times 350 \times 500^3 + (175000 \times 212,36^2) \right] \\
& = 17552855805,24 \text{ mm}^4 \\
I_s &= \left[\frac{1}{12} \times L_y \times h_f^3 \right] = \left[\frac{1}{12} \times 7000 \times 200^3 \right] = 4666666666,67 \text{ mm}^4 \\
\alpha_f &= \frac{El_b}{El_s} = \frac{17552855805,24}{4666666666,67} = 3,76
\end{aligned}$$

- Tebal pelat

$$\begin{aligned}
\alpha_{fm} &= \frac{\alpha_{f1} + \alpha_{f2} + \alpha_{f3} + \alpha_{f4}}{4} = \frac{3,17 + 3,76 + 2,89 + 3,42}{4} = 3,31 \\
\beta &= \frac{Ln_y}{Ln_x} = \frac{7000 - 350}{6000 - 350} = 1,18 \\
h &= \frac{l_n \left\{ 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right\}}{36 + 9\beta} = \frac{(7000 - 350) \left\{ 0,8 + \frac{280}{1400} \right\}}{36 + 9(1,18)} = 155,66 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Tabel C.1 Perhitungan Tebal Pelat (1/3)

Pola Pelat	Bentang (L)		lebar badan (b _w)	tinggi total (h)	lebar efektif sayap (x=y)	lebar efektif (b _e)	luas sayap (A _f)	luas badan (A _w)	luas total (A _{total})
	Panjang (Ly)	Pendek (Lx)							
-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	mm ²	mm ²
1	7000	6000	350	700	500	850	170000	175000	345000
			350	700	500	1350	270000	175000	445000
			350	650	450	800	160000	157500	317500
			350	650	450	1250	250000	157500	407500
2	7000	6000	350	700	500	1350	270000	175000	445000
			350	700	500	1350	270000	175000	445000
			350	650	450	800	160000	157500	317500
			350	650	450	1250	250000	157500	407500
3	7000	6000	350	700	500	850	170000	175000	345000
			350	700	500	1350	270000	175000	445000
			350	650	450	1250	250000	157500	407500
			350	650	450	1250	250000	157500	407500
4	7000	6000	350	700	500	1350	270000	175000	445000
			350	700	500	1350	270000	175000	445000
			350	650	450	1250	250000	157500	407500
			350	650	450	1250	250000	157500	407500

Tabel C.2 Perhitungan Tebal Pelat (2/3)

Pola Pelat	sentroid atas (ya)	sentroid bawah (yb)	sentroid pusat ($\bar{y}$)	jarak sentroid atas ke pusat (ya')	jarak sentroid bawah ke pusat (yb')	Inersia Balok (I_b)	Inersia Pelat (I_s)
-	mm	mm	mm	mm	mm	mm ⁴	mm ⁴
1	100,00	450,00	277,54	177,54	172,46	14775905797,10	4666666666,67
	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67
	100,00	425,00	261,22	161,22	163,78	11574610400,26	4000000000,00
	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00
2	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67
	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67
	100,00	425,00	261,22	161,22	163,78	11574610400,26	4000000000,00
	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00
3	100,00	450,00	277,54	177,54	172,46	14775905797,10	4666666666,67
	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67
	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00
	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00
4	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67
	100,00	450,00	237,64	137,64	212,36	17552855805,24	4666666666,67
	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00
	100,00	425,00	225,61	125,61	199,39	13697242459,10	4000000000,00

Tabel C.3 Perhitungan Tebal Pelat (3/3)

Pola Pelat	rasio kuat lentur (α_f)	rasio kuat lentur rerata (α_{fm})	Tebal pelat (h)		
			h_{perlu}	h_{min}	h_{pakai}
-	mm ⁴	-	mm	mm	mm
1	3,17	3,31	142,73	90,00	200
	3,76				
	2,89				
	3,42				
2	3,76	3,46	142,73	90,00	200
	3,76				
	2,89				
	3,42				
3	3,17	3,44	142,73	90,00	200
	3,76				
	3,42				
	3,42				
4	3,76	3,59	142,73	90,00	200
	3,76				
	3,42				
	3,42				

2. Analisis Beban dan Momen PBI 1971

2.1. Beban Pelat Lantai 1

a. Beban Mati / Berat Sendiri (MS)

Direncanakan :

$$b = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m (ditinjau per meter)}$$

$$\text{berat beton bertulang} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 200 \text{ mm} = 0,20 \text{ m}$$

Sehingga,

$$A1 = h \times \text{berat beton bertulang} \times b$$

$$= 2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}$$

$$= 480,00 \text{ kg/m}$$

b. Beban Mati Tambahan (MA)

$$\text{Spesi (t=2cm)} = 0,020 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} = 44 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pasir (t=3cm)} = 0,130 \text{ m} \times 1600 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} = 48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Keramik (t=1cm)} = 0,020 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Instalasi listrik} = 35 \text{ kg/m}$$

$$\text{Plafond + Penggantung} = \underline{18 \text{ kg/m}} +$$

$$\text{MA} = 169 \text{ kg/m}$$

c. Beban Hidup (WL)

Menurut SNI 1727 (2013) tabel 4.1 untuk ruang arsip dan computer ialah sebesar 100 psf atau 4,79 kNm² atau 500 kg/m².

$$\text{WL} = 500 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$= 500 \text{ kg/m}$$

d. Kombinasi Beban (WU)

$$\text{WU} = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL}$$

$$= 1,2 (\text{MA} + \text{MS}) + 1,6 \text{ WL}$$

Tabel C.4 Perhitungan Kombinasi Beban (WU) Lantai 1

Pola Pelat	W_D		W_L	W_U
	M_S	M_A		
-	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m
1	480	169	500	1578,80
2	480	169	500	1578,80
3	480	169	500	1578,80
4	480	169	500	1578,80

2.2. Beban Pelat Lantai 4

a. Beban Mati / Berat Sendiri (MS)

Direncanakan :

$$b = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m (ditinjau per meter)}$$

$$\text{berat beton bertulang} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 200 \text{ mm} = 0,20 \text{ m}$$

Sehingga,

$$A1 = h \times \text{berat beton bertulang} \times b$$

$$= 2 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}$$

$$= 480,00 \text{ kg/m}$$

b. Beban Mati Tambahan (MA)

$$\text{Instalasi listrik} = 35 \text{ kg/m}$$

$$\text{Plafond + Penggantung} = \underline{18 \text{ kg/m}} +$$

$$MA = 53 \text{ kg/m}$$

c. Beban Hidup (WL)

Berat air hujan di amsusikan tebal 5cm (0,05m)

$$WL = 0,05\text{m} \times 1000\text{kg/m}^2 \times 1\text{m}$$

$$= 50 \text{ kg/m}$$

d. Kombinasi Beban (WU)

$$WU = 1,2 WD + 1,6 WL$$

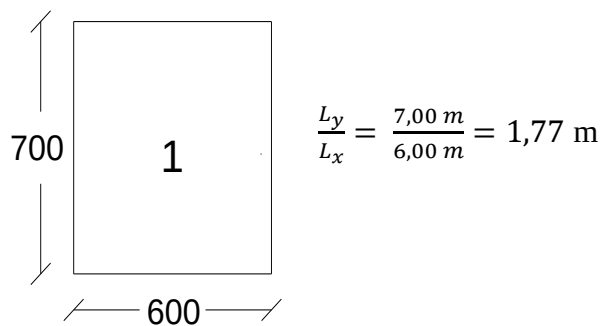
$$= 1,2 (MA + MS) + 1,6 WL$$

Tabel C.5 Perhitungan Kombinasi Beban (WU) Lantai 4

Pola Pelat	W _D		W _L	W _U
	M _S	M _A		
-	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m
1	480	53	50	719,60
2	480	53	50	719,60
3	480	53	50	719,60
4	480	53	50	719,60

2.3.Momen

- Pelat 1



$$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \times 1578,90 \times 6,00^2 \times 82,00 = -4679,56 \text{ kgm}$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \times 1578,90 \times 6,00^2 \times 36,00 = 2065,07 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \times 1578,90 \times 7,00^2 \times 28,00 = 2166,11 \text{ kgm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \times 1578,90 \times 7,00^2 \times 73,00 = -5673,15 \text{ kgm}$$

Tabel C.6 Perhitungan Momen Metode PBI 1971 lantai 1

Pola Pelat	Bentang (L)		Ly/Lx	koefisien momen PBI 1971 (x)	Beban Ultimat (Wu)	Momen		
	arah panjang (Ly)	arah pendek (Lx)						
-	m	m	-	-	kg/m	kgm		
1	7,00	6,00	1,17	82,3	1578,80	Mtx	=	-4679,56
				36,3		MLx	=	2065,07
				28,0		Mly	=	2166,11
				73,3		Mty	=	-5673,15
2	7,00	6,00	1,17	69,3	1578,80	Mtx	=	-3940,68
				31,0		MLx	=	1761,94
				19,3		Mly	=	1495,65
				57,0		Mty	=	-4409,59
3	7,00	6,00	1,17	71,0	1578,80	Mtx	=	-4035,41
				29,3		MLx	=	1667,21
				27,7		Mly	=	2140,33
				67,7		Mty	=	-5234,77
4	7,00	6,00	1,17	62,3	1578,80	Mtx	=	-3542,83
				27,0		MLx	=	1534,59
				20,3		Mly	=	1573,01
				55,3		Mty	=	-4280,65

Tabel C.7 Perhitungan Metode PBI 1971 Pelat Dag lantai 2 dan Pelat Lantai 4

Pola Pelat	Bentang (L)		Ly/Lx	koefisien momen PBI 1971 (x)	Beban Ultimat (Wu)	Momen		
	arah panjang (Ly)	arah pendek (Lx)						
-	m	m	-	-	kg/m	kgm		
1	7,00	6,00	1,17	82,3	719,60	Mtx	=	-2132,89
				36,3		MLx	=	941,24
				28,0		Mly	=	987,29
				73,3		Mty	=	-2585,76
2	7,00	6,00	1,17	69,3	719,60	Mtx	=	-1796,12
				31,0		MLx	=	803,07
				19,3		Mly	=	681,70
				57,0		Mty	=	-2009,84
3	7,00	6,00	1,17	71,0	719,60	Mtx	=	-1839,30
				29,3		MLx	=	759,90
				27,7		Mly	=	975,54
				67,7		Mty	=	-2385,95
4	7,00	6,00	1,17	62,3	719,60	Mtx	=	-1614,78
				27,0		MLx	=	699,45
				20,3		Mly	=	716,96
				55,3		Mty	=	-1951,08

3. Analisis Beban dan Momen Portal Ekuivalen Bentang Memanjang (arah y) atau Potongan B-B

3.1. Beban Pelat Lantai 1

a. Beban Mati / Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri pelat lantai

$$6\text{m} \times 0,20\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3 = 2880 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$0,35\text{m} \times 0,50\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3 = 420 \text{ kg/m}$$

Berat pasangan $\frac{1}{2}$ batu bata

$$(4\text{m} - 0,175\text{m} - 0,35\text{m}) \times 250\text{kg/m}^2 = \underline{868,75 \text{ kg/m} +}$$

$$\text{MS} = 4168,75 \text{ kg/m}$$

b. Beban Mati Tambahan (MA)

$$\text{Spesi (t=2cm)} = 0,020 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 \times 6\text{m} = 264 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pasir (t=3cm)} = 0,130 \text{ m} \times 1600 \text{ kg/m}^3 \times 6\text{m} = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{Keramik (t=1cm)} = 0,020 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 6\text{m} = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{Instalasi listrik} = 35 \text{ kg/m}^2 \times 6\text{m} = 210 \text{ kg/m}$$

$$\text{Plafond + Penggantung} = 18 \text{ kg/m} \times 6\text{m} = \underline{108 \text{ kg/m} +}$$

$$\text{MA} = 1014 \text{ kg/m}$$

c. Beban Hidup (WL)

Menurut SNI 1727 (2013) tabel 4.1 untuk ruang arsip dan computer ialah sebesar 100 psf atau 4,79 kNm² atau 500 kg/m².

$$\text{WL} = 500\text{kg/m}^2 \times 6\text{m}$$

$$= 3000 \text{ kg/m}$$

d. Kombinasi Beban (WU)

$$\text{WU} = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL}$$

$$= 1,2 (\text{MA} + \text{MS}) + 1,6 \text{ WL}$$

Tabel C.8 Perhitungan Kombinasi Beban (WU) Lantai 1

Pola Pelat	W _D		W _L	W _U
	M _S	M _A		
-	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m
1	4168,75	1014	3000	11019,30
2	4168,75	1014	3000	11019,30
3	4168,75	1014	3000	11019,30
4	4168,75	1014	3000	11019,30

3.2. Beban Pelat Lantai 4

a. Beban Mati / Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri pelat lantai

$$6\text{m} \times 0,20\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3 = 2880 \text{ kg/m}$$

Berat sendiri balok

$$0,35\text{m} \times 0,50\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3 = \underline{420 \text{ kg/m}} +$$

$$\text{MS} = 3300 \text{ kg/m}$$

b. Beban Mati Tambahan (MA)

$$\text{Instalasi listrik} = 35 \text{ kg/m} \times 6\text{m} = 210 \text{ kg/m}$$

$$\text{Plafond + Penggantung} = 18 \text{ kg/m} \times 6\text{m} = \underline{108 \text{ kg/m}} +$$

$$\text{MA} = 53 \text{ kg/m}$$

c. Beban Hidup (WL)

Berat air hujan di amsusikan tebal 5cm (0,05m)

$$\text{WL} = 0,05\text{m} \times 6\text{m} \times 1000\text{kg/m}^3$$

$$= 300 \text{ kg/m}$$

d. Kombinasi Beban (WU)

$$\text{WU} = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL}$$

$$= 1,2 (\text{MA} + \text{MS}) + 1,6 \text{ WL}$$

Tabel C.9 Perhitungan Kombinasi Beban (WU) lantai 4

Pola Pelat	W _D		W _L	W _U
	M _S	M _A		
-	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m
1	3300	318	300	4821,60
2	3300	318	300	4821,60
3	3300	318	300	4821,60
4	3300	318	300	4821,60

3.3.Momen

a. Perhitungan Kekakuan Struktur Portal Ekuivalen Potongan BB

a.1.Kekakuan balok ekuivalen

Direncanakan :

$$f'_c = 30 \text{ Mpa, sehingga } E_c = 4700 \sqrt{30} = 2625009652,87 \text{ kg/m}^2$$

Dimensi Pelat

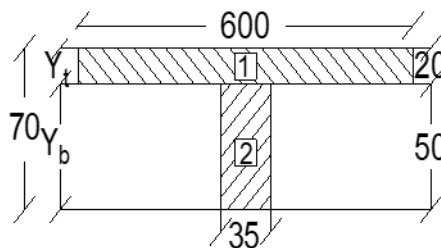
$$b = 6 \text{ m}$$

$$h = 0,20 \text{ m}$$

Dimensi Balok

$$b = 0,35 \text{ m}$$

$$h = 0,70 \text{ m}$$



- Letak garis netral terhadap sisi atas :

$$Y_t = \frac{\sum A \cdot y_i}{\sum x}$$

$$Y_t = \frac{(6,0,20) \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,20 + (0,35,0,50) \cdot (0,20 + \frac{1}{2} \cdot 0,35)}{(6,0,20) + (0,35,0,50)}$$

$$= 0,14 \text{ m}$$

- Letak garis netral terhadap sisi bawah :

$$y_b = 0,70 - 0,18$$

$$= 0,56 \text{ m}$$

- Momen inersia balok T

$$I_{b+p} = \sum I_o + \sum A \cdot y^2$$

$$\begin{aligned}
 I_{b+p} &= \frac{1}{12} * 6 * 0,20^3 + (6 * 0,20) * (0,14 - \frac{1}{2} * 0,20)^2 + \frac{1}{12} * 0,30 \\
 &\quad * 0,50^3 + (0,30 * 0,70) * (0,90 - \frac{1}{2} * 0,35 - 0,14)^2 \\
 &= 0,01 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

- Bentang 8-7 L = 7 m

$$K_{be} = \frac{4EI}{L}$$

$$K_{be} = \frac{4 * 19109087,28 * 0,01}{7}$$

$$= 40985278,32 \text{ kg.m}$$

Karena simetris, maka 8-7 = 7-6 = 6-5 = 5-4 = 3-2

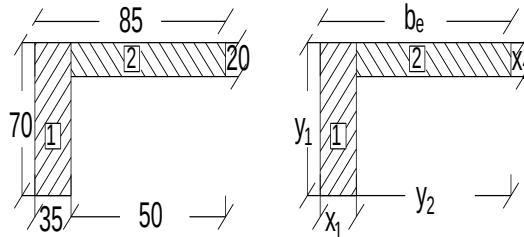
a.2.Kekakuan balok ekuivalen yang ditinjau titik joint pada pelat lantai

a.2.1Kolom tepi

Lebar efektif balok penahan torsi :

$$\begin{aligned}
 b_e &= b_w + (h - t_p) \\
 &= 0,35 + (0,70 - 0,20) \\
 &= 0,85 \text{ m (dipakai)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_e &= b_w + 4 * t_p \\
 &= 0,35 + 4 * 0,20 \\
 &= 1,15 \text{ m}
 \end{aligned}$$



- Momen inersia balok penahan torsi

$$C = (1 - 0,63 * x_1/y_1) * \frac{x_1^3 * y_1}{3} + (1 - 0,63 * x_2/y_2) * \frac{x_2^3 * y_2}{3}$$

$$C = (1 - 0,63 * 0,35/0,70) * \frac{0,35^3 * 0,70}{3} +$$

$$(1 - 0,63 * 0,20/0,50) * \frac{0,20^3 * 0,965}{3}$$

$$= 0,01 \text{ m}^4$$

- Kekakuan balok penahan torsi

$$K_t = \frac{9 * E_c * C}{L_2 * (1 - c^2/L_2)^3} + \frac{9 * E_c * C}{L_2 * (1 - c^2/L_2)^3}$$

$$K_t = \frac{9 * 2625009652,87 * 0,01}{6 * (1 - 0,60/6)^3} + \frac{9 * 2625009652,87 * 0,01}{6 * (1 - 0,60/6)^3}$$

$$= 45067110,87 \text{ m}^4$$

Karena pada arah jalur yang ditinjau terdapat balok pemikul, maka kekakuan torsi akan bertambah. Dalam hal ini harga K_t harus diberi koreksi dengan $\frac{I_p}{I_{b+p}}$ dan harga yang telah dikoreksi ini disebut K_t' .

$$I_p = \frac{1}{12} * 6 * 0,20^3 = 0,004 \text{ m}^4$$

$$\frac{1}{K_t'} = \frac{I_p}{I_{b+p}} * \frac{1}{K_t} = \frac{0,004}{0,03} * \frac{1}{45067110,87} = 143531364,76 \text{ m}^4$$

- Kekakuan kolom ekuivalen

$$\sum K_k = \frac{4 * E_c * \frac{1}{12} * 0,60^3 * 0,60}{7} + \frac{4 * E_c * \frac{1}{12} * 0,60^3 * 0,60}{7} = 56700208,48 \text{ kg.m}$$

$$\frac{1}{\sum K_{ke}} = \frac{1}{\sum K_k} * \frac{1}{K_t'}$$

$$\frac{1}{\sum K_{ke}} = \frac{1}{56700208,48} * \frac{1}{143531364,76} = 40644230,95 \text{ kg.m}$$

- Kekakuan kolom biasa $8_0 - 8_1$

$$K_{8_0 8_1} = \frac{4 * E_c * \frac{1}{12} * 0,60^3 * 0,60}{7} = 28350104,24 \text{ kg.m}$$

- Kekakuan kolom Ekuivalen $A_0 - A_1$

$$K_{ke(8_0 8_1)} = \frac{K_{8_0 8_1}}{\sum K_k} * \sum K_{ke}$$

$$K_{ke(8_0 8_1)} = \frac{28350104,24}{56700208,48} * 40644230,95$$

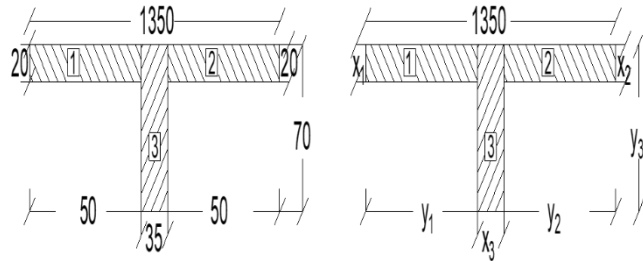
$$= 20322115,47 \text{ kg.m} < K_{8_0 8_1} = 28350104,24 \text{ kg.m}$$

a.2.2 Kolom tengah

Lebar efektif balok penahan torsi :

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 2 \times (h - t_p) \\ &= 0,35 + 2 \times (0,65 - 0,20) \\ &= 1,35 \text{ m (dipakai)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 8 \times t_p \\ &= 0,35 + 8 \times 0,20 \\ &= 1,95 \text{ m} \end{aligned}$$



- Momen inersia balok penahan torsi

$$\begin{aligned} C &= (1 - 0,63 \times x_1/y_1) \times \frac{x_1^3 \times y_1}{3} + (1 - 0,63 \times x_2/y_2) \times \frac{x_2^3 \times y_2}{3} \\ &\quad + (1 - 0,63 \times x_3/y_3) \times \frac{x_3^3 \times y_3}{3} \\ C &= (1 - 0,63 \times 0,20/0,50) \times \frac{0,20^3 \times 0,50}{3} + \\ &\quad (1 - 0,63 \times 0,20/0,50) \times \frac{0,20^3 \times 0,50}{3} + \\ &\quad (1 - 0,63 \times 0,35/0,70) \times \frac{0,20^3 \times 0,65}{3} = 0,01 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

- Kekakuan balok penahan torsi

$$\begin{aligned} K_t &= \frac{9 \times E_c \times C}{L_2 \times (1 - C^2/L_2^2)^3} + \frac{9 \times E_c \times C}{L_2 \times (1 - C^2/L_2^2)^3} \\ K_t &= \frac{9 \times 2625009652,87 \times 0,01}{6 \times (1 - 0,60/6)^3} + \frac{9 \times 2625009652,87 \times 0,01}{6 \times (1 - 0,60/6)^3} \\ &= 50792697,92 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Karena pada arah jalur yang ditinjau terdapat balok pemikul, maka kekakuan torsi akan bertambah. Dalam hal ini harga K_t harus diberi koreksi dengan $\frac{I_p}{I_{b+p}}$ dan harga yang telah dikoreksi ini disebut K_t' .

$$I_p = \frac{1}{12} \times 6 \times 0,20^3 = 0,004 \text{ m}^4$$

$$\frac{1}{K_t'} = \frac{I_p}{I_{b+p}} * \frac{1}{K_t} = \frac{0,004}{0,01} * \frac{1}{50792697,92} = 161766421,49 \text{ m}^4$$

- Kekakuan kolom ekuivalen

$$\sum K_k = \frac{4 * E_c * \frac{1}{12} * 0,60^3 * 0,60}{7} + \frac{4 * E_c * \frac{1}{12} * 0,60^3 * 0,60}{7} = 56700208,48 \text{ kg.m}$$

$$\frac{1}{\sum K_{ke}} = \frac{1}{\sum K_k} * \frac{1}{K_t'}$$

$$\frac{1}{\sum K_{ke}} = \frac{1}{56700208,48} * \frac{1}{161766421,49} = 41984397,46 \text{ kg.m}$$

- Kekakuan kolom biasa $7_o - 6_1$

$$K_{7_o 7_1} = \frac{4 * E_c * \frac{1}{12} * 0,60^3 * 0,60}{7} = 28350104,24 \text{ kg.m}$$

- Kekakuan kolom Ekuivalen $7_o - 7_1$

$$K_{ke(7_o 7_1)} = \frac{K_{7_o 7_1}}{\sum K_k} * \sum K_{ke}$$

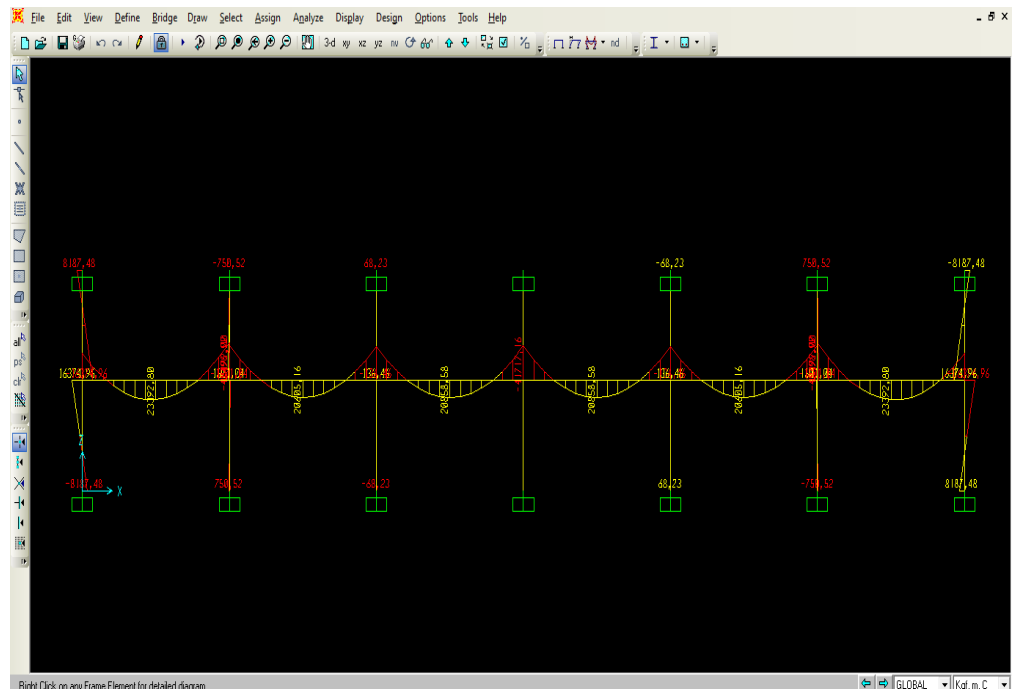
$$K_{ke(7_o 7_1)} = \frac{28350104,24}{56700208,48} * 41984397,46$$

$$= 20992198,73 \text{ kg.m} < K_{AoA1} = 28350104,24 \text{ kg.m}$$

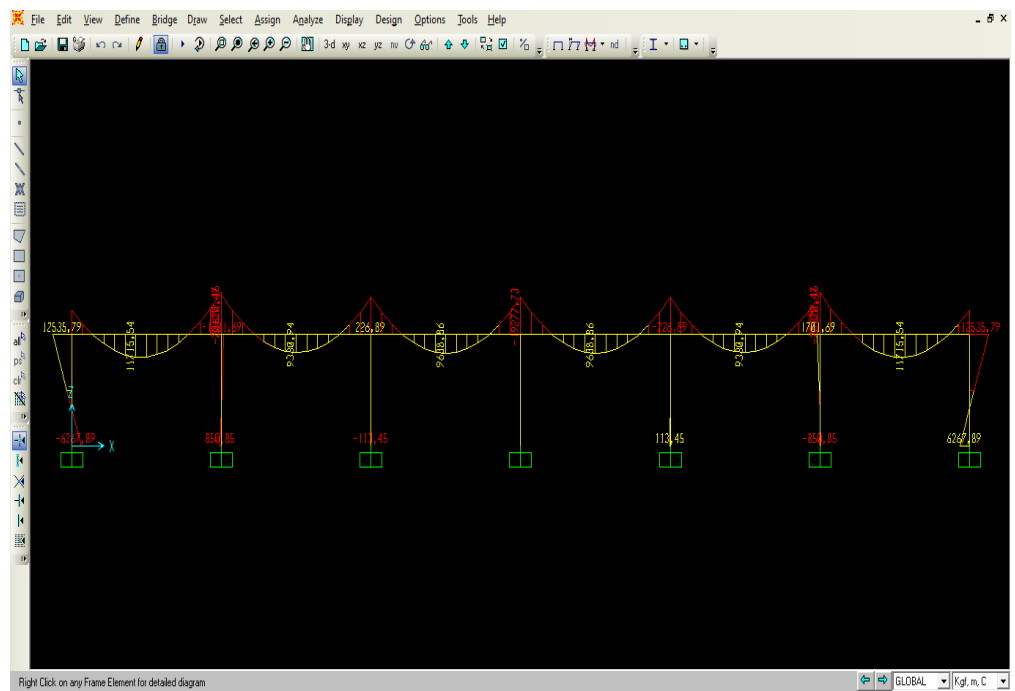
8 ₄	19109087,28 20322115,47	7 ₄	19109087,28 20992198,73	6 ₄	19109087,28 20992198,73	5 ₄	19109087,28 20992198,73	4 ₄	19109087,28 20992198,73	3 ₄	19109087,28 20322115,47	2 ₄
8 ₃	19109087,28 20322115,47	7 ₃	19109087,28 20992198,73	6 ₃	19109087,28 20992198,73	5 ₃	19109087,28 20992198,73	4 ₃	19109087,28 20992198,73	3 ₃	19109087,28 20322115,47	2 ₃
8 ₂	19109087,28 20322115,47	7 ₂	19109087,28 20992198,73	6 ₂	19109087,28 20992198,73	5 ₂	19109087,28 20992198,73	4 ₂	19109087,28 20992198,73	3 ₂	19109087,28 20322115,47	2 ₂
8 ₁	19109087,28 20322115,47	7 ₁	19109087,28 20992198,73	6 ₁	19109087,28 20992198,73	5 ₁	19109087,28 20992198,73	4 ₁	19109087,28 20992198,73	3 ₁	19109087,28 20322115,47	2 ₁
8 ₀		7 ₀		6 ₀		5 ₀		4 ₀		3 ₀	2 ₀	1 ₀

a.3. Analisis gaya dalam menggunakan aplikasi SAP2000

- Lantai 1



- Lantai 4



a.4. Distribusi Momen Pada Jalur Kolom & Jalur Tengah

Karena pada jalur kolom terdapat balok pemikul (arah y) maka :

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} = \frac{\text{Kekakuan Balok}}{\text{Kekakuan Pelat}}$$

Karena profil struktur lantai 1 dan 4 sama, maka :

lebar efektif balok T :

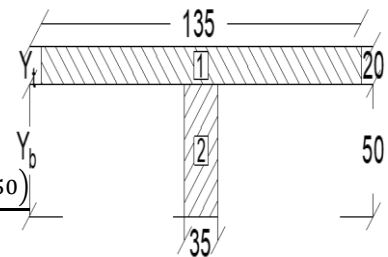
nilai terkecil dari :

$$b_e = b_w + 2(h - t_p) = 35 + 2(65 - 20) = 1,35\text{m (dipakai)}$$

$$b_e = b_w + 8 \cdot t_p = 35 + 8 \cdot 20 = 1,95$$

Letak garis netral terhadap sisi atas

$$y_t = \frac{(135 \cdot 0,20) \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,20 + (0,35 \cdot 0,50) \cdot (0,20 + \frac{1}{2} \cdot 0,50)}{(135 \cdot 20) + (35 \cdot 50)} = 0,24 \text{ m}$$



Letak garis netral terhadap sisi bawah

$$y_b = 0,70 - 0,23 = 0,46\text{m}$$

Momen Inersia Balok T

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot 135 \cdot 0,20^3 + (135 \cdot 0,20) \cdot (0,24 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20)^2 + (35 \cdot 50) \cdot (70 \cdot \frac{1}{2} \cdot 50 - 0,24) = 0,017 \text{ m}^4$$

Momen inersia pelat selebar jalur pembebanan

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot L_p \cdot t_p^3 = \frac{1}{12} \cdot 6 \cdot 0,20^3 = 0,004 \text{ m}^4$$

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} = \frac{0,17}{0,004} = 4,38$$

- Momen negative pada tumpuan luar

Bentang 87 dan bentang 32

titik 8 : $M_{t87} = 35356,59 \text{ kgm}$

titik 3 : $M_{t32} = 35356,59 \text{ kgm}$

diambil yang terbesar, yaitu : 35356,59 kgm (titik 8) dan (titik 2)

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{600}{700} = 0,86$$

$$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1} = 4,38 * 0,86 = 3,76 > 1,0$$

$$\beta_t = \frac{E_c b_c}{2 * E_{cs} I_s} = \frac{0,0079}{0,004} = 0,98$$

Pendistribusian momen dilihat pada tabel Lampiran B Tabel B.8 hal.61 dan Tabel B.9 hal.68.

L2/L1		0,5	0,86	1
$\alpha_f * L_2/L_1 \geq 1$	$\beta_t = 0$	100%	100%	100%
	0,98		91,87%	
	$\beta_t > 2,5$	90%	79,29%	75%

Jadi untuk momen pada jalur kolom = $91,87\% \times (35356,59) = 32481,90 \text{ kgm}$

Jadi untuk momen pada jalur tengah = $(100\% - 91,87\%) \times (35356,59)$
 $= 4872,29 \text{ kgm}$

- Momen negative pada tumpuan dalam

Bentang 78 dan bentang 23

titik 7 : $M_{t78} = 49120,41 \text{ kgm}$

titik 2 : $M_{t23} = 49120,41 \text{ kgm}$

diambil yang terbesar, yaitu : 49120,41 kgm (titik 7) dan (titik 3)

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{600}{700} = 0,86$$

$$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1} = 4,38 * 0,86 = 3,76 > 1,0$$

L2/L1	0,5	0,86	1
$\alpha_f * L_2/L_1 \geq 1$	90%	79,29%	75%

Jadi untuk momen pada jalur kolom = $79,29\% \times (49120,41) = 38945,47 \text{ kgm}$

Jadi untuk momen pada jalur tengah = $(100\% - 79,29\%) \times (49120,41)$
 $= 10174,94 \text{ kgm}$

Bentang 76 dan bentang 43

titik 7 : $M_{t76} = 45879,39 \text{ kgm}$

titik 6 : $M_{t67} = 44616,65 \text{ kgm}$

titik 3 : $M_{t34} = 45879,39 \text{ kgm}$

titik 4 : $M_{t43} = 44616,65 \text{ kgm}$

diambil yang terbesar, yaitu : 45879,39 kgm (titik 7) dan (titik 3)

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{600}{700} = 0,86$$

$$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1} = 4,38 * 0,86 = 3,76 > 1,0$$

L2/L1	0,5	0,86	1
$\alpha_f * L2/L1 \geq 1$	90%	79,29%	75%

Jadi untuk momen pada jalur kolom = $79,29\% \times (45879,39) = 36375,80 \text{ kgm}$

Jadi untuk momen pada jalur tengah = $(100\% - 79,29\%) \times (45879,39)$
 $= 9503,59 \text{ kgm}$

Bentang 65 dan bentang 34

titik 6 : $M_{t65} = 44911,29 \text{ kgm}$

titik 5 : $M_{t56} = 45037,57 \text{ kgm}$

titik 3 : $M_{t34} = 44911,29 \text{ kgm}$

titik 4 : $M_{t43} = 45037,57 \text{ kgm}$

diambil yang terbesar, yaitu : 45037,57 kgm (titik 5) dan (titik 4)

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{600}{700} = 0,86$$

$$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1} = 4,38 * 0,86 = 3,76 > 1,0$$

L2/L1	0,5	0,86	1
$\alpha_f * L2/L1 \geq 1$	90%	79,29%	75%

Jadi untuk momen pada jalur kolom = $79,29\% \times (45037,57) = 35708,36 \text{ kgm}$

Jadi untuk momen pada jalur tengah = $(100\% - 79,29\%) \times (45037,57)$
 $= 9329,21 \text{ kgm}$

- Momen lapangan positif

Bentang 87 dan bentang 32

$$M_{l78} = 25254,71 \text{ kgm}$$

$$M_{l32} = 25254,71 \text{ kgm}$$

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{600}{700} = 0,86$$

$$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1} = 4,38 * 0,86 = 3,76 > 1,0$$

L2/L1	0,5	0,86	1
$\alpha_f * L_2/L_1 \geq 1$	90%	79,29%	75%

Jadi untuk momen pada jalur kolom = 79,29% x (25254,71) = 20023,38 kgm

Jadi untuk momen pada jalur tengah = (100% - 79,29%) x (25254,71)
= 5231,33 kgm

Bentang 76 dan bentang 43

$$M_{l76} = 22245,19 \text{ kgm}$$

$$M_{l43} = 22245,19 \text{ kgm}$$

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{600}{700} = 0,86$$

$$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1} = 4,38 * 0,86 = 3,76 > 1,0$$

L2/L1	0,5	0,86	1
$\alpha_f * L_2/L_1 \geq 1$	90%	79,29%	75%

Jadi untuk momen pada jalur kolom = 79,29% x (22245,19) = 2645,59 kgm

Jadi untuk momen pada jalur tengah = (100% - 79,29%) x (22245,19)
= 4607,93 kgm

Bentang 65 dan bentang 54

$$M_{l65} = 22518,78 \text{ kgm}$$

$$M_{l54} = 22518,7 \text{ kgm}$$

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{600}{700} = 0,86$$

$$\alpha_f * \frac{L_2}{L_1} = 4,38 * 0,86 = 3,76 > 1,0$$

L2/L1	0,5	0,86	1
$\alpha_f * L_2/L_1 \geq 1$	90%	79,29%	75%

Jadi untuk momen pada jalur kolom = $79,29\% \times (22518,78) = 2678,13 \text{ kgm}$

Jadi untuk momen pada jalur tengah = $(100\% - 79,29\%) \times (22518,78)$
 $= 2251,88 \text{ kgm}$

- Distribusi momen pada balok pemikul

Karena pada jalur kolom terdapat balok pemikul (yang sejajar dengan jalur kolom tersebut) maka sebagian momen dari momen jalur kolom tersebut dialokasikan pada balok dengan aturan sebagai berikut :

Jika $\alpha_f \times L_2/L_1 = 0$, maka $M_{\text{balok}} = 0$
 $M_{\text{pelat jalur kolom}} = 100\% \times M_{\text{jalur kolom}}$
 Jika $\alpha_f \times L_2/L_1 = 0$, maka $M_{\text{balok}} = 85\% \times M_{\text{jalur kolom}}$
 $M_{\text{pelat jalur kolom}} = 15\% \times M_{\text{jalur kolom}}$

Tabel C.10 Pendistribusian momen pada jalur kolom & jalur tengah lantai 1
 bentang memanjang (arah y) atau potongan B-B

Momen Desain (Kg.m)	Lebar Jalur Pembebanan = 6			Lebar Jalur Pembebanan = 6			Lebar Jalur Pembebanan = 6		
	Lebar Jalur Kolom = 3			Lebar Jalur Kolom = 3			Lebar Jalur Kolom = 3		
	Lebar Jalur Tengah = 3			Lebar Jalur Tengah = 3			Lebar Jalur Tengah = 3		
	Bentang Luar (Pola 1)			Bentang Luar (Pola 4)			Bentang Luar (Pola 4')		
	Luar Negatif	Positif	Dalam negatif	Negatif	Positif		Negatif	Positif	
M _{total}	12845,91	12005,36	22362,01	20618,22	9561,77		19754,63	9877,32	
M _{jalur kolom}	11801,47	9518,54	17729,88	16347,30	7581,12		15662,60	7831,30	
M _{balok (85%.M_{jk})}	10031,25	8090,76	15070,40	13895,21	6443,95		13313,21	6656,61	
M _{plat jalur kolom}	1770,22	1427,78	2659,48	2452,10	1137,17		2349,39	1174,70	
M _{plat jalur tengah}	2660,94	2486,82	4632,13	4270,92	1980,65		4092,03	2046,02	
M _{jalur tengah kiri}	1330,47	1243,41	2316,07	2135,46	990,33		2046,02	1023,01	
M _{jalur tengah kanan}	1330,47	1243,41	2316,07	2135,46	990,33		2046,02	1023,01	

Tabel C.11 Pendistribusian momen pada jalur kolom & jalur tengah lantai 4
bentang memanjang (arah y) atau potongan B-B

Momen Desain (Kg.m)	Lebar Jalur Pembebanan = 6			Lebar Jalur Pembebanan = 6		Lebar Jalur Pembebanan = 6	
	Lebar Jalur Kolom = 3			Lebar Jalur Kolom = 3		Lebar Jalur Kolom = 3	
	Lebar Jalur Tengah = 3			Lebar Jalur Tengah = 3		Lebar Jalur Tengah = 3	
	Bentang Luar (Pola 1)			Bentang Luar (Pola 4)		Bentang Luar (Pola 4')	
	Luar Negatif	Positif	Dalam negatif	Negatif	Positif	Negatif	Positif
Mtotal	12845,91	12005,36	22362,01	20618,22	9561,77	19754,63	9877,32
M _{jalur kolom}	11801,47	9518,54	17729,88	16347,30	7581,12	15662,60	7831,30
M _{balok (85%.M_{jk})}	10031,25	8090,76	15070,40	13895,21	6443,95	13313,21	6656,61
M _{plat jalur kolom}	1770,22	1427,78	2659,48	2452,10	1137,17	2349,39	1174,70
M _{plat jalur tengah}	2660,94	2486,82	4632,13	4270,92	1980,65	4092,03	2046,02
M _{jalur tengah kiri}	1330,47	1243,41	2316,07	2135,46	990,33	2046,02	1023,01
M _{jalur tengah kanan}	1330,47	1243,41	2316,07	2135,46	990,33	2046,02	1023,01

Untuk momen bentang pendek (arah x) atau potongan A-A dilihat pada jalur pembebanan pada bentang pendek (arah x) atau potongan A-A yaitu selebar 7m sehingga didapat hasil sebagai berikut :

Tabel C.12 Pendistribusian momen pada jalur kolom & jalur tengah lantai 1
bentang memendek (arah x) atau potongan A-A

Momen Desain (Kg.m)	Lebar Jalur Pembebanan = 7			Lebar Jalur Pembebanan = 7		Lebar Jalur Pembebanan = 7	
	Lebar Jalur Kolom = 3			Lebar Jalur Kolom = 3		Lebar Jalur Kolom = 3	
	Lebar Jalur Tengah = 4			Lebar Jalur Tengah = 4		Lebar Jalur Tengah = 4	
	Bentang Luar (Pola 3)			Bentang Dalam (Pola 4)		Bentang Dalam (Pola 4')	
	Luar Negatif	Positif	Dalam negatif	Negatif	Positif	Negatif	Positif
Mtotal	28593,76	21445,32	41444,89	38553,39	18553,82	37589,55	18875,10
M _{jalur kolom}	26019,49	15011,72	29011,42	26987,37	12987,67	26312,69	13212,57
M _{balok (85%.M_{jk})}	22116,56	12759,97	24659,71	22939,27	11039,52	22365,78	11230,68
M _{plat jalur kolom}	3902,92	2251,76	4351,71	4048,11	1948,15	3946,90	1981,89
M _{plat jalur tengah}	8578,13	6433,60	12433,47	11566,02	5566,15	11276,87	4718,78
M _{jalur tengah kiri}	4289,06	3216,80	6216,73	5783,01	2783,07	5638,43	2359,39
M _{jalur tengah kanan}	4289,06	3216,80	6216,73	5783,01	2783,07	5638,43	2359,39

Tabel C.13 Pendistribusian momen pada jalur kolom & jalur tengah lantai 4
bentang memendek (arah x) atau potongan A-A

Momen Desain (Kg.m)	Lebar Jalur Pembebanan = 7			Lebar Jalur Pembebanan = 7			Lebar Jalur Pembebanan = 7		
	Lebar Jalur Kolom = 3			Lebar Jalur Kolom = 3			Lebar Jalur Kolom = 3		
	Lebar Jalur Tengah = 4			Lebar Jalur Tengah = 4			Lebar Jalur Tengah = 4		
	Bentang Luar (Pola 1 dan 3)			Bentang Dalam (Pola 4)			Bentang Dalam (Pola 4')		
	Luar Negatif	Positif	Dalam negatif	Negatif	Positif		Negatif	Positif	
M _{total}	10181,43	10181,43	18872,90	17382,93	7946,48		16389,62	8318,98	
M _{jalur kolom}	9264,80	7127,00	13211,03	12168,05	5562,54		11472,73	5823,29	
M _{balok (85%.M_{jk})}	7875,08	6057,95	11229,38	10342,84	4728,16		9751,82	4949,79	
M _{plat jalur kolom}	1389,72	1069,05	1981,65	1825,21	834,38		1720,91	873,49	
M _{plat jalur tengah}	3054,43	3054,43	5661,87	5214,88	2383,94		4916,89	2079,75	
M _{jalur tengah kiri}	1527,21	1527,21	2830,94	2607,44	1191,97		2458,44	1039,87	
M _{jalur tengah kanan}	1527,21	1527,21	2830,94	2607,44	1191,97		2458,44	1039,87	

Tabel C.14 Momen Lentur Portal Ekiuvalen (SNI 2847-2013) Lantai 1

Pola Pelat	Bentang (L)		Ly/Lx	Beban Ultimat (Wu)	Momen		
	arah panjang (Ly)	arah pendek (Lx)					
-	m	m	-	kg/m	kgm		
1	7,00	6,00	1,17	12547,70	Mtx	=	-6216,73
					Mlx	=	3216,80
				11019,30	Mly	=	3003,51
					Mty	=	-5841,82
2	7,00	6,00	1,17	12547,70	Mtx	=	-5783,01
					Mlx	=	2783,07
				11019,30	Mly	=	3003,51
					Mty	=	-5841,82
3	7,00	6,00	1,17	12547,70	Mtx	=	-6216,73
					Mlx	=	3216,80
				11019,30	Mly	=	2678,13
					Mty	=	-5456,37
4	7,00	6,00	1,17	12547,70	Mtx	=	-5783,01
					Mlx	=	2783,07
				11019,30	Mly	=	2678,13
					Mty	=	-5456,37

Tabel C.15 Momen Lentur Portal Ekiuvalen (SNI 2847-2013) Lantai 4

Pola Pelat	Bentang (L)		Ly/Lx	Beban Ultimat (Wu)	Momen		
	arah panjang (Ly)	arah pendek (Lx)					
-	m	m	-	kg/m	kgm		
1	7,00	6,00	1,17	5490,80	Mtx	=	-2830,94
				4821,60	Mlx	=	1527,21
					Mly	=	1427,78
					Mty	=	-2659,48
2	7,00	6,00	1,17	5490,80	Mtx	=	-2607,44
				4821,60	Mlx	=	1191,97
					Mly	=	1427,78
					Mty	=	-2659,48
3	7,00	6,00	1,17	5490,80	Mtx	=	-2830,94
				4821,60	Mlx	=	1527,21
					Mly	=	1174,70
					Mty	=	-2452,10
4	7,00	6,00	1,17	5490,80	Mtx	=	-2607,44
				4821,60	Mlx	=	1191,97
					Mly	=	1174,70
					Mty	=	-2452,10

4. Menentukan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan

4.1. Rasio Pelat

a. Pelat 1 PBI 1971

Direncanakan :

$f'_c = 30 \text{ MPa}$, sehingga $\beta_1 = 0,85$

$f_y = 280 \text{ MPa}$, sehingga rasio tulangan susut (ρ) = 0,0020

lebar pelat (b) = 100 cm = 1000 mm (ditinjau per meter)

tebal pelat (h) = 200 mm

selimut beton = 20 mm

$\emptyset$ tulangan = 12 mm

$d_x = h - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan} = 120 - 20 - \frac{1}{2} (12) = 174 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 (30)}{280} 0,85 \left(\frac{600}{600 + 280} \right) \\
 &= 0,05278 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \rho_b
 \end{aligned}$$

$$= 0,75 (0,05278)$$

$$= 0,03959$$

$$\rho_{min} = 1,4/fy$$

$$= 1,4 / 240$$

$$= 0,00500$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

$$= \frac{280}{0,85 (30)}$$

$$= 10,98$$

- Tulangan pada tumpuan x

$$Mu = Mtx = 4679,56 \text{ kgm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{bd^2}$$

$$= \frac{4679,56 (10000)}{1000 (174)^2}$$

$$= 1,546 \text{ MPa}$$

$$\rho_{ada} = \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2m R_n}{fy}} \right) \right)$$

$$= \frac{1}{10,98} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2(10,98)(1,546)}{240}} \right) \right)$$

$$= 0,00570$$

$$\rho_{min} = 0,00500 < \rho_{ada} = 0,00570 < \rho_{max} = 0,03959$$

$$\text{dipakai } \rho_{ada} = 0,00570$$

$$As = \rho bd$$

$$= 0,00570 (1000) (174)$$

$$= 991,52 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} s &= (1000 \times A_b) / A_s \\ &= (1000 \times (12^2 \times 3,14)/4) / 991,52 \\ &= 114,01 \text{ mm (dipakai } s = 110 \text{ mm} \leq 3h = 3(200) = 600\text{mm}) \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø12 mm – 110 mm** ($A_s = 1017,36 \text{ mm}^2$)

- Tulangan pada Lapangan x

$$M_u = M_{lx} = 2065,07 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{bd^2} \\ &= \frac{2065,07 (10000)}{1000 (174)^2} \\ &= 0,682 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{ada} &= \frac{1}{m} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2m R_u}{f_y}} \right) \right) \\ &= \frac{1}{10,98} \left(1 - \left(\sqrt{1 - \frac{2(10,98)(0,682)}{280}} \right) \right) \\ &= 0,00247 \end{aligned}$$

$$\rho_{ada} = 0,00247 < \rho_{min} = 0,00500 < \rho_{max} = 0,03959$$

dipakai $\rho_{min} = 0,00500$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho b d \\ &= 0,0050 (1000) (174) \\ &= 870 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= (1000 \times A_b) / A_s \\ &= (1000 \times (12^2 \times 3,14)/4) / 870 \\ &= 129,93 \text{ (dipakai } s = 125 \text{ mm} \leq 3h = 3(200) = 600\text{mm}) \end{aligned}$$

Dipakai tulangan **Ø12 mm – 125 mm** ($A_s = 904,32 \text{ mm}^2$)

- Tulangan susut x

$$\rho = 0,00200$$

$$A_s = \rho b d$$

$$= 0,00200(1000) (174)$$

$$= 348 \text{ mm}^2$$

$$s = (1000 \times A_b) / A_s$$

$$= (1000 \times (12^2 \times 3,14) / 4) / 348$$

$$= 324,83 \text{ mm (dipakai } s = 320 \text{ mm} \leq 3h = 3(200) = 600\text{mm)}$$

Dipakai tulangan **Ø12 mm – 320 mm** ($A_s = 452,16 \text{ mm}^2$)

Tabel C.16 Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan Metode
PBI 1971 Lantai 1

Pelat	Bentang (L)		Momen Ultimat (M_u)			tinggi pelat (h)	tinggi pelat efektif (d)	Mn	Reaksi ultimat (R_n)
	arah panjang (L_y)	arah pendek (L_x)							
-	m	m	kgm			mm	mm	mm	MPa
1	7,00	6,00	Mtx	=	-4679,56	200,00	174,00	46795632,00	1,546
			Mlx	=	2065,07			20650704,00	0,682
			Mly	=	2166,11		162,00	21661136,00	0,825
			Mty	=	-5673,15			56731546,67	2,162
2	7,00	6,00	Mtx	=	-3940,68	200,00	174,00	39406848,00	1,302
			Mlx	=	1761,94			17619408,00	0,582
			Mly	=	1495,65		162,00	14956498,67	0,570
			Mty	=	-4409,59			44095884,00	1,680
3	7,00	6,00	Mtx	=	-4035,41	200,00	174,00	40354128,00	1,333
			Mlx	=	1667,21			16672128,00	0,551
			Mly	=	2140,33		162,00	21403265,33	0,816
			Mty	=	-5234,77			52347745,33	1,995
4	7,00	6,00	Mtx	=	-3542,83	200,00	174,00	35428272,00	1,170
			Mlx	=	1534,59			15345936,00	0,507
			Mly	=	1573,01		162,00	15730110,67	0,599
			Mty	=	-4280,65			42806530,67	1,631

Tabel C.17 Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan Metode PBI 1971 Lantai 1 (Lanjutan)

Reaksi ultimat (Rn)	rasio ada (ρ_{ada})	rasio pakai (ρ_{pakai})	Luas Tulangan perlu (A_s)	Jarak Tulangan perlu (s)	Tulangan Pakai				Luas Tulangan Baru (A_s)	
MPa	-	-	mm ²	mm	mm				mm ²	
1,546	0,00570	0,00570	991,52	114,01	tumpuan x	Ø	12	-	110	1017,36
0,682	0,00247	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
		0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	345	452,16
0,825	0,00300	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
2,162	0,00808	0,00808	1308,74	86,37	tumpuan y	Ø	12	-	85	1356,48
		0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	320	339,12
1,302	0,00477	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,582	0,00210	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
		0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	345	452,16
0,570	0,00206	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
1,680	0,00621	0,00621	1006,46	112,31	tumpuan y	Ø	12	-	110	1017,36
		0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
1,333	0,00489	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,551	0,00199	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
		0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
0,816	0,00296	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
1,995	0,00743	0,00743	1203,11	93,96	tumpuan y	Ø	12	-	90	1243,44
		0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
1,170	0,00428	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,507	0,00183	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
		0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
0,599	0,00217	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
1,631	0,00602	0,00602	975,99	115,82	tumpuan y	Ø	12	-	110	1017,36
		0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12

Tabel C.18 Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan Metode PBI 1971 Lantai 4

Pelat	Bentang (L)		Momen Ultimat (M_u)			tinggi pelat (h)	tinggi pelat efektif (d)	Mn	Reaksi ultimat (R_n)
	arah panjang (L_y)	arah pendek (L_x)							
-	m	m	kgm			mm	mm	mm	MPa
1	7,00	6,00	Mtx	=	-2132,89	200,00	174,00	21328944,00	0,704
			Mlx	=	941,24			9412368,00	0,311
							162,00		
			Mly	=	987,29			9872912,00	0,376
			Mty	=	-2585,76			25857626,67	0,985
2	7,00	6,00	Mtx	=	-1796,12	200,00	174,00	17961216,00	0,593
			Mlx	=	803,07			8030736,00	0,265
							162,00		
			Mly	=	681,70			6817010,67	0,260
			Mty	=	-2009,84			20098428,00	0,766
3	7,00	6,00	Mtx	=	-1839,30	200,00	174,00	18392976,00	0,608
			Mlx	=	759,90			7598976,00	0,251
							162,00		
			Mly	=	975,54			9755377,33	0,372
			Mty	=	-2385,95			23859537,33	0,909
4	7,00	6,00	Mtx	=	-1614,78	200,00	174,00	16147824,00	0,533
			Mlx	=	699,45			6994512,00	0,231
							162,00		
			Mly	=	716,96			7169614,67	0,273
			Mty	=	-1951,08			19510754,67	0,743

Tabel C.19 Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan Metode PBI 1971 Lantai 4 (Lanjutan)

rasio ada (ρ_{ada})	rasio pakai (ρ_{pakai})	Luas Tulangan perlu (A_s)	Jarak Tulangan perlu (s)	Tulangan Pakai				Luas Tulangan Baru (A_s)	
-	-	mm ²	mm	mm				mm ²	
0,00255	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,00112	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	200	452,16
0,00135	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
0,00359	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	200	339,12
0,00214	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,00095	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	200	452,16
0,00093	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
0,00278	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	200	339,12
0,00220	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,00090	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	350	452,16
0,00134	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
0,00331	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	350	339,12
0,00193	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,00083	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	350	452,16
0,00098	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
0,00270	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	350	339,12

Tabel C.20 Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) Lantai 1

Pola Pelat	Bentang (L)		Momen Ultimat (M_u)			tinggi pelat (h)	tinggi pelat efektif (d)	Mn	Reaksi ultimat (R_n)
	arah panjang (L_y)	arah pendek (L_x)							
-	m	m	kgm			mm	mm	nm	MPa
1	7,00	6,00	Mtx	=	-6216,73	200,00	174,00	62167335,00	2,053
			Mlx	=	3216,80			32167980,00	1,062
			Mly	=	3003,51		162,00	30035065,82	1,144
			Mty	=	-5841,82			58418201,89	2,226
2	7,00	6,00	Mtx	=	-5783,01	200,00	174,00	57830085,00	1,910
			Mlx	=	2783,07			27830730,00	0,919
			Mly	=	3003,51		162,00	30035065,82	1,144
			Mty	=	-5841,82			58418201,89	2,226
3	7,00	6,00	Mtx	=	-6216,73	200,00	174,00	62167335,00	2,053
			Mlx	=	3216,80			32167980,00	1,062
			Mly	=	2678,13		162,00	26781263,36	1,020
			Mty	=	-5456,37			54563703,11	2,079
4	7,00	6,00	Mtx	=	-5783,01	200,00	174,00	57830085,00	1,910
			Mlx	=	2783,07			27830730,00	0,919
			Mly	=	2783,07		162,00	27830730,00	1,060
			Mty	=	-5456,37			54563703,11	2,079

Tabel C.21 Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) Lantai 1 (Lanjutan)

rasio ada (ρ_{ada})	rasio pakai (ρ_{pakai})	Luas Tulangan perlu (A_s)	Jarak Tulangan perlu (s)	Tulangan Pakai				Luas Tulangan Baru (A_s)
-	-	mm ²	mm	mm				mm ²
0,00766	0,00766	1331,99	84,87	tumpuan x	Ø	12	- 85	1243,44
0,00388	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	- 125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	- 320	452,16
0,00418	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	- 135	904,32
0,00833	0,00833	1349,61	83,76	tumpuan y	Ø	12	- 80	1356,48
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	- 345	339,12
0,00710	0,00710	1235,12	91,52	tumpuan x	Ø	12	- 90	1243,44
0,00334	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	- 125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	- 320	452,16
0,00418	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	- 135	904,32
0,00833	0,00833	1349,61	83,76	tumpuan y	Ø	12	- 80	1356,48
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	- 345	339,12
0,00766	0,00766	1331,99	84,87	tumpuan x	Ø	12	- 80	1356,48
0,00388	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	- 125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	- 320	452,16
0,00372	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	- 135	904,32
0,00776	0,00776	1256,40	89,97	tumpuan y	Ø	12	- 85	1356,48
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	- 345	339,12
0,00710	0,00710	1235,12	91,52	tumpuan x	Ø	12	- 90	1243,44
0,00334	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	- 125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	- 320	452,16
0,00387	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	- 135	904,32
0,00776	0,00776	1256,40	89,97	tumpuan y	Ø	12	- 85	1356,48
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	- 340	339,12

Tabel C.22 Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) Lantai 4

Pola Pelat	Bentang (L)		Momen Ultimat (M_u)			tinggi pelat (h)	tinggi pelat efektif (d)	Mn	Reaksi ultimat (R_n)
	arah panjang (L_y)	arah pendek (L_x)							
-	m	m	kgm			mm	mm	mm	MPa
1	7,00	6,00	Mtx	=	-2830,94	200,00	174,00	28309350,00	0,935
			Mlx	=	1527,21			15272145,00	0,504
			Mly	=	1427,78		162,00	14277803,14	0,544
			Mty	=	-2659,48			26594819,04	1,013
2	7,00	6,00	Mtx	=	-2607,44	200,00	174,00	26074395,00	0,861
			Mlx	=	1191,97			11919720,00	0,394
			Mly	=	1427,78		162,00	14277803,14	0,544
			Mty	=	-2659,48			26594819,04	1,013
3	7,00	6,00	Mtx	=	-2830,94	200,00	174,00	28309350,00	0,935
			Mlx	=	1527,21			15272145,00	0,504
			Mly	=	1174,70		162,00	11746955,57	0,448
			Mty	=	-2452,10			24520954,50	0,934
4	7,00	6,00	Mtx	=	-2607,44	200,00	174,00	26074395,00	0,861
			Mlx	=	1191,97			11919720,00	0,394
			Mly	=	1174,70		162,00	11746955,57	0,448
			Mty	=	-2452,10			24520954,50	0,934

Tabel C.23 Perhitungan Kebutuhan Tulangan dan Jarak Antar Tulangan Metode Portal Ekuivalen (SNI 2847-2013) Lantai 4 (Lanjutan)

rasio ada (ρ_{ada})	rasio pakai (ρ_{pakai})	Luas Tulangan perlu (A_s)	Jarak Tulangan perlu (s)	Tulangan Pakai				Luas Tulangan Baru (A_s)	
-	-	mm ²	mm	mm				mm ²	
0,00340	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,00182	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
0,00196	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
0,00369	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
0,00313	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,00142	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
0,00196	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
0,00369	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
0,00340	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,00182	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
0,00161	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
0,00340	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12
0,00313	0,00500	870,00	129,93	tumpuan x	Ø	12	-	125	904,32
0,00142	0,00500	870,00	129,93	lapangan x	Ø	12	-	125	904,32
	0,00200	348,00	324,83	susut x	Ø	12	-	320	452,16
0,00161	0,00500	810,00	139,56	lapangan y	Ø	12	-	135	904,32
0,00340	0,00500	810,00	139,56	tumpuan y	Ø	12	-	135	904,32
	0,00200	324,00	348,89	susut y	Ø	12	-	345	339,12

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir periode tahun ajaran 2020 - 2021,

Hari/Tanggal : Jum'at, 20 Agustus 2021
Tempat : RKU New Zealand - Ruang 7A
Nama Mahasiswa : M. Ikram
NIM : 1403120114
Program Studi : S-1 / Teknik Sipil
Judul : PERBANDINGAN MOMEN PELAT LANTAI
BERDASARKAN METODE PBI 1971 DAN
METODE PORTAL EKUIVALEN (Studi
Kasus : Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis
dan Tsunami Arsip Republik Indonesia)

Dengan hasil Seminar Sidang Tugas Akhir cukup sekali dengan perbaikan selama 2 minggu.

Mengetahui dan menilai:

1. Dosen Pembimbing

Nama : Agustiar, ST, MT, IPM TTD :

2. Dosen Penguji 1

Nama : Ir, Wahyuni, MT, IPM TTD :

3. Dosen Penguji 2

Nama : Rifki Hidayat, ST, MT, IPM TTD :

Mengetahui,
Pimpinan Seminar

Agustiar, ST, MT, IPM
NIDN: 0018087003

FORM PEMBAHASAN SIDANG TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : M. Ikram
NIM : 1403120114
Program Studi : S-1 / Teknik Sipil
Judul : PERBANDINGAN MOMEN PELAT LANTAI
BERDASARKAN METODE PBI 1971 DAN
METODE PORTAL EKUIVALEN (Studi
Kasus : Gedung Depot Arsip Balai Arsip Statis
dan Tsunami Arsip Republik Indonesia)
Penguji 1 : Ir, Wahyuni, MT, IPM

No.	Pembahasan	Jawaban/Respon
1.	Penulisan cover diperhatikan sesuai panduan	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan.
2.	Abstrak diperhatikan sesuai panduan, lampirkan bab I sampai V yang menyangkut isi TA nya.	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan pada halaman vi.
3.	Pendahuluan diperhatikan sesuai panduan, kaitkan dengan isi TA	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan pada halaman 1.
4.	Bagaimana cara perhitungan PBI 1971 ?	Langkah pertama yaitu dengan menghitung perbandingan bentang pelat L_y/L_x , selanjutnya lihat koefisien momen berdasarkan tabel PBI 1971 pada Lampiran B Tabel B.6, kemudian ditentukan momen lentur dengan menggunakan persamaan (2.23)
5.	Tabel 4.1 berdasarkan apa ?	Tabel 4.1 berdasarkan SNI 2847:2013
6.	Penulisan Tabel harus dilampirkan di Lampiran B.	Sudah dilampirkan sesuai dengan arahan pada halaman 69.
7.	Lantai 1 sampai 3 kenapa hasilnya sama ?	Hasil lantai 1 sampai dengan lantai 3 sama karena beban yang diterima oleh pelat juga sama.
8.	Lampirkan denah di bab IV	Sudah dilampirkan sesuai dengan arahan pada halaman 26.

9.	Beban momen lentur harus ada hitungannya	Sudah ditambahkan sesuai dengan arahan pada Lampiran C.
10.	Perbandingannya harus focus dan spesifik.	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan pada bab IV halaman 26.
11.	Apa hasil perbandingan dari hasil penelitian kamu ?	Momen pelat lantai pada metode PBI 1971 lebih kecil dibandingkan dengan Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013), karena metode PBI 1971 tidak mempertimbangkan pengaruh hubungan pelat dengan pelat lainnya, pelat dengan balok dan pelat dengan kolom.
12.	Berapa persen perbandingan menggunakan metode PBI 1971 dan metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013)	Perbandingannya yaitu 1,03 sampai dengan 2,01 persen lebih besar metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013) dibandingkan dengan metode PBI 1971
13.	Pada halaman 36 ditambahkan keterangan.	Sudah ditambahkan sesuai dengan arahan.
14.	Satuan pada halaman 37 diperhatikan lagi	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan.
15.	Bab IV masih belum jelas.	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Mengetahui,
Dosen Penguji 1

Agustiar, ST, MT, IPM
NIDN: 0018087003

Ir, Wahyuni, MT, IPM
NIDN: 1106116802

FORM PEMBAHASAN SIDANG TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : M. Ikram
NIM : 1403120114
Program Studi : S-1 / Teknik Sipil
Judul : Perbandingan Momen Pelat Lantai Berdasarkan
Metode Pbi 1971 Dan Metode Portal Ekuivalen
Penguji 2 : Rifki Hidayat, ST, MT, IPM

No.	Pembahasan	Jawaban/Respon
1.	Penulisan cover diperhatikan sesuai panduan	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan.
2.	Tambahkan hasil pada abstrak, abstrak terlalu singkat	Sudah ditambahkan sesuai dengan arahan pada halaman vi.
3.	Spasi di sesuaikan seperti pada buku panduan	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan.
4.	Penomoran pada Gambar 2.4 diperhatikan lagi	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan pada halaman 17.
5.	Tampilkan denah pada bab iv	Sudah ditambahkan sesuai dengan arahan pada halaman 26.
6.	Narasi/pembahasan di tambah setelah tabel ataupun gambar pada bab iv	Sudah ditambahkan sesuai dengan arahan pada halaman 26.
7.	Lampirkan hasil pada kesimpulan	Sudah ditambahkan sesuai dengan arahan pada halaman 37.
8.	Perbaiki lagi bab V	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan pada halaman 40.
9.	Penelitian terdahulu juga termasuk rujukan, jadi harus ada di daftar pustaka	Sudah ditambahkan sesuai dengan arahan pada halaman 42.
10.	Pada daftar pustaka tidak dipakai lagi anonim	Sudah diperbaiki sesuai dengan arahan pada halaman 37.
11.	Penjelasan dari tabel-tabel harus ada penjelasannya.	Sudah di tambahkan sesuai dengan arahan.

12.	Apa saran dari penelitian kamu ?	Diharapkan dapat dilanjutkan dengan menganalisis dengan menggunakan metode-metode yang lain seperti metode garis leleh (<i>Yield Line Method</i>) dan metode desain langsung (<i>Direct Design Method</i>)
13.	Apakah bisa diterapkan pada bangunan lain ?	Bisa, apabila jenis pelat lantai dua arah untuk metode Portal Ekuivalen (SNI 2847:2013). Untuk metode PBI 1971 dapat diterapkan pada jenis pelat lantai satu arah dan dua arah.
14.	Tambahkan hasil pada bagan alir	Sudah di tambahkan sesuai dengan arahan pada halaman 43.
15.	Gambar lokasi di tambahkan pada gambar peta provinsi aceh	Sudah di tambahkan sesuai dengan arahan pada halaman 44.
16.	Tambahkan gambar tampak Gedung yang di tinjau	Sudah di tambahkan sesuai dengan arahan pada halaman 60 sampai dengan halaman 62.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Mengetahui,
Dosen Penguji 2

Agustiar, ST, MT, IPM
NIDN: 0018087003

Rifki Hidayat, ST, MT, IPM
NIDN: 130111864

[illegible]

[illegible]





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH

Jln.Muhammadiyah No.91 Bathoh, Lueng Bata

TELP. (0651) 31583 FAKS. 34091-34092

BANDA ACEH 23245

Pembimbing

Ir. Jurisman Amin, ST.,MT,IPM,ASEAN, Eng
NIDN : 1308068301