



**PERENCANAAN STRUKTUR *WAFFLE SLAB* DENGAN *DROP PANEL* PADA PEMBANGUNAN HOTEL A DI KOTA LUMAJANG**

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Diploma pada program studi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung.*

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**Puan Maharani Santoso**  
**211904103047**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNIK  
TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI  
BANGUNAN GEDUNG  
JEMBER  
2025**

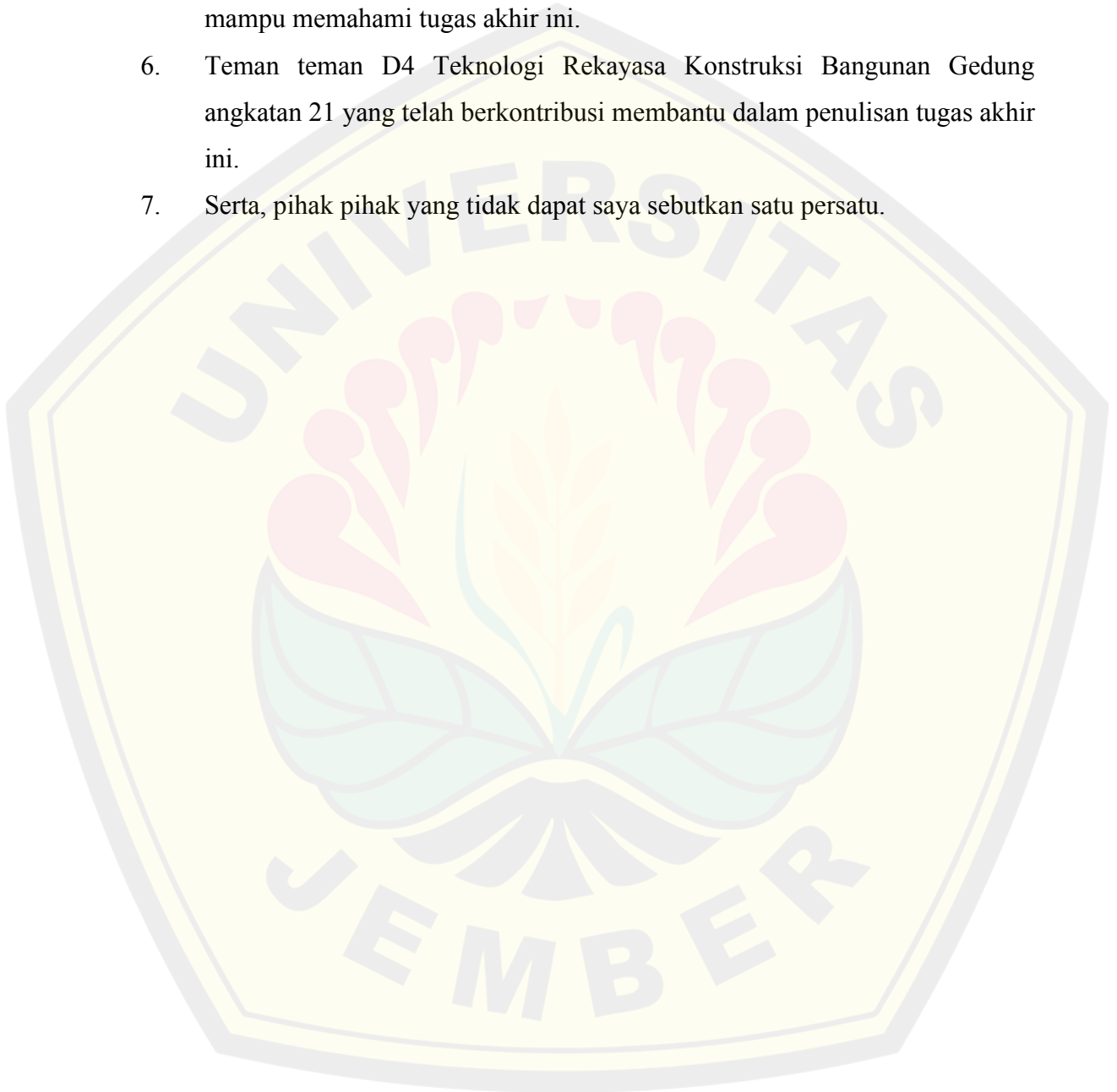
## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah dengan mengucapkan puji syukur kepada kehadirat ALLAH SWT tuhan yang maha esa, atas karunianya yang luar biasa sehingga saya mampu untuk menyusun dan menyelesaikan tugas akhir.

Dalam proses penulisan skripsi terdapat banyak pihak yang telah berjasa membantu dan mendukung saya. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih sebanyak banyaknya untuk pihak pihak berikut :

1. Orang Tua, yaitu mama Sri Wahyuning Sacik dan papa Santoso yang selalu mendukung dan memotivasi saya agar dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik. Tanpa motivasi, dorongan, dan doa yang selama ini beliau berikan, saya tidak akan mampu menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan tugas akhir ini adalah persembahan kecil yang penulis berikan untuk mama papa.
2. Bapak Dr. Ir. Krisnamurti, M. T. selaku dosen pembimbing utama, dan Ibu Dr. Ir. Indra Nurtjahjaningtyas, S. T., M. T selaku dosen pembimbing anggota yang sudah membimbing, serta memberikan masukan dan saran yang sangat berarti dalam penulisan tugas akhir ini.
3. Teman teman aibers yang sangat saya cintai, yang sudah menemani perjalanan saya selama duduk dibangku kuliah ini yaitu Amalia Ariandani, Belinda Sukma Puspitasari, Eliza Azro, Maya Prehesti, dan Ananda Dwi Ayu Sukmawati, yang selalu menguatkan, merangkul, serta mendukung saya selama proses penyelesaian tugas akhir. Tanpa adanya kalian yang selalu saling mengingatkan dan menguatkan saya, mungkin perjalanan tugas akhir ini tidak akan berjalan dengan mulus, terimakasih telah berjuang bersama saya untuk mewujudkan cita-cita bersama.
4. Teman sejawat yang sedari SD bersama saya hingga saat ini yaitu Danica Nurlian Damayanti, yang menjadi bagian dari perjalanan hidup saya dan seseorang yang dapat menjadi teman berdiskusi, serta pendengar yang baik saat saya membutuhkan motivasi, arahan, serta keluh kesah.

5. Seseorang yang tidak bisa disebutkan namanya, sosok yang selalu berkontribusi untuk membantu, memberikan semangat, mendengarkan keluh kesah, setia menunggu dan memotivasi saya saat kehilangan arah, serta mendampingi saya selama pengerjaan tugas akhir, hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan tanpa arahan darinya, saya tidak akan mampu memahami tugas akhir ini.
6. Teman teman D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung angkatan 21 yang telah berkontribusi membantu dalam penulisan tugas akhir ini.
7. Serta, pihak pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.



**MOTTO**

“Dan sesungguhnya seorang manusia tidak akan memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”  
(QS. An-najm : 39)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Puan Maharani Santoso

Nim : 211904103047

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul :

**“PERENCANAAN STRUKTUR *WAFFLE SLAB* DENGAN *DROP PANEL*  
PADA PEMBANGUNAN HOTEL A DI KOTA LUMAJANG”**

adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 01 Juni 2025

Yang menyatakan,

(N  
  
00)  
34 E1AMX425695458

Puan Maharani Santoso

211904103047

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi berjudul “PERENCANAAN STRUKTUR *WAFFLE SLAB* DENGAN *DROP PANEL* PADA PEMBANGUNAN HOTEL A DI KOTA LUMAJANG”

telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 17 Juli 2025

Tempat : Ruang Sipil 2, Fakultas Teknik, Universitas Jember

**Pembimbing**

**Tanda Tangan**

1. Pembimbing utama

Nama : Dr. Ir. Krisnamurti, M.T.

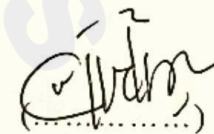
NIP : 196612281999031002



2. Pembimbing anggota

Nama : Dr. Ir. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T.

NIP : 197010241998032001



**Penguji**

1. Penguji utama

Nama : Dr. Ir. Erno Widiyanto, S.T., M.T.

NIP : 197004191998031002



2. Penguji anggota

Nama : Rino Dwisadi, S.T., M.Eng.

NIP : 199401072023211020



## ABSTRAK

Pembangunan hotel A di kota Lumajang yang memiliki 1 basemen, 7 lantai dan 1 rooftop, menerapkan sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*. Sistem ini memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi, serta keindahan secara arsitektural yang membuat pelat memiliki kesan modern dan menawan. Pelat ini dirancang dapat menahan momen dan beban yang bekerja pada struktur tersebut seperti momen lentur, momen puntir, gaya geser, gaya aksial, dan torsi. Pelat juga dirancang untuk dapat menahan beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, serta beban hidup dari atap.

Perhitungan dari perencanaan ini didapatkan dimensi pelat, balok *waffle*, kolom, serta tulangan yang digunakan sebagai penguat dari struktur tersebut. Standar yang digunakan dalam perhitungan perencanaan struktur adalah SNI 2847-2019 (SNI beton), SNI 1727-2020 (SNI Pembebanan), SNI 1726-2019 (SNI gempa), Hasil analisa dari perhitungan di dapatkan gambar detail atau yang disebut juga sebagai gambar DED. Pada gambar ini dijabarkan tentang dimensi struktur yang digunakan serta penulangan yang kuat untuk struktur dapat menahan daktilitas agar struktur tetap kokoh dan tidak mudah mengalami kegagalan.

**Kata kunci :** *Waffle Slab, Drop Panel, Pelat.*

**ABSTRACT**

*The construction of Hotel A in Lumajang city which has 1 basement, 7 floors, and 1 rooftop, applied the Waffle Slab with Drop panel system. This system has high stiffness and strength, as well as architectural beauty that makes the plate have a modern and charming impression. This plate is designed to withstand the moments and loads that act on the structure such as bending moments, torsional moments, shear forces, axial forces, and torque. The plate is also designed to withstand dead loads, live loads, wind loads, earthquake loads, and live loads from the roof.*

*The calculation of this planning obtained the dimensions of plates, rib beams, coloumns, and reinforcement used as reinforcement of the structure. The standards used in the calculation of structural planning are SNI 2847-2019 (Concrete standards), SNI 1727-2020 (Load standards), SNI 1726-2019 (Earthquake standards), the results of the analysis of the calculation are obtained detailed drawings of also known as DED drawings. This drawing describes the dimensions of the structure use and the strong reinforcement for the structure to withstand ductility so that the structure remains sturdy and does not easily experience failure.*

**Keywords :** *Waffle Slab, Drop Panel, Plate*

## RINGKASAN

Perencanaan pembangunan yang menggunakan sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* sudah banyak digunakan, sistem ini biasanya di terapkan pada bangunan yang memiliki bentang yang besar seperti hotel, bandara, atau pabrik. Sistem *Waffle Slab* merupakan pelat yang memiliki balok T dibawahnya dan berfungsi sebagai pengaku untuk menahan lendutan.

Hotel A di kota Lumajang merupakan gedung yang menjadi studi kasus dalam perencanaan struktur *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*. Bangunan ini memiliki 1 basemen, 7 lantai dan 1 rooftop, dan sangat cocok apabila direncanakan menggunakan sistem pelat yang masih jarang digunakan di kota lumajang. Selain aspek struktural, secara arsitektural sistem pelat ini sangat unik dan efisien. Pada gedung dilokasi penelitian direncanakan menggunakan mutu tekan beton sebesar 25 Mpa dan dengan mutu baja sebesar 420 Mpa.

Dalam proses perencanaannya, dimensi pelat sesuai dengan standar SNI 2847-2019 dan analisis pembebanan sesuai dengan SNI 1727-2020, setelah itu dilakukan perhitungan analisis beban gempa yang sesuai dengan standar SNI 1726-2019. Pemodelan dari perencanaan menggunakan *software* ETABS v.22 untuk menganalisis kekuatan struktur, Autocad v.24 untuk menggambar gambar kerja yang dihasilkan dari perhitungan, dan SpColumn untuk menganalisis kolom. Perencanaan ini menunjukkan bahwa struktur mampu memenuhi persyaratan standar, dan hasil dari perencanaan tersebut menghasilkan gambar *detail engineering design* atau yang biasa disebut dengan gambar DED.

## PRAKATA

Puji syukur kepada kehadirat ALLAH SWT. yang telah memberikan rahmat dan ridhonya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Struktur *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* pada Pembangunan Hotel A di Kota Lumajang”. Penulisan proposal tugas akhir ini dilakukan untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan program studi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Universitas Jember. Adapun pihak pihak yang sangat berperan penting dalam proses penyusunan tugas akhir ini, diantaranya :

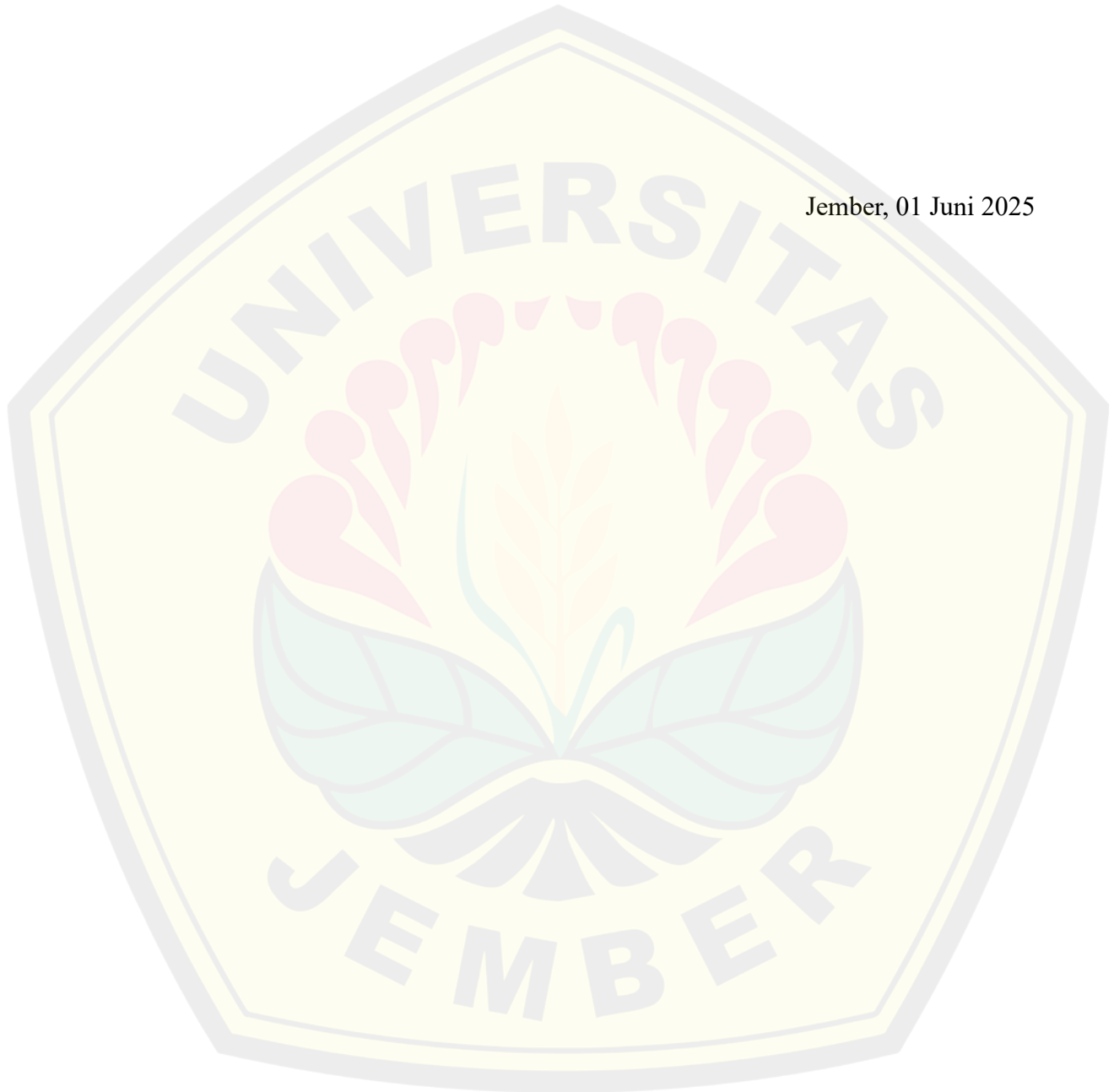
1. Dr. Ir. Triwahyu Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember
2. Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku Kaprodi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung
3. Dr. Ir. Krisnamurti, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang senantiasa penuh kesabaran membimbing saya serta memberi arahan selama proses penulisan tugas akhir berlangsung.
4. Dr. Ir. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang senantiasa selalu bijaksana dan telaten dalam memberikan arahan serta dukungan selama proses penulisan berlangsung.
5. Orang tua, yang selalu memberikan doa serta dukungan yang sangat berarti bagi saya.
6. Teman teman yang saya cintai, Amal, Belinda, Eliza, Maya, Nanda, dan Danica yang selalu mengingatkan dan memberi semangat bagi saya.
7. Teman teman D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung yang saya banggakan
8. Serta pihak pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Saya menyadari bahwasanya tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, saya memohon maaf dan sangat

mengharapkan kritik dan saran yang mendukung agar tugas akhir ini dapat menjadi referensi yang baik dimasa yang akan datang.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat kepada teman teman pembaca yang ingin tahu mengenai topik yang saya ambil, terutama teman teman yang berada di bidang teknik sipil

Jember, 01 Juni 2025

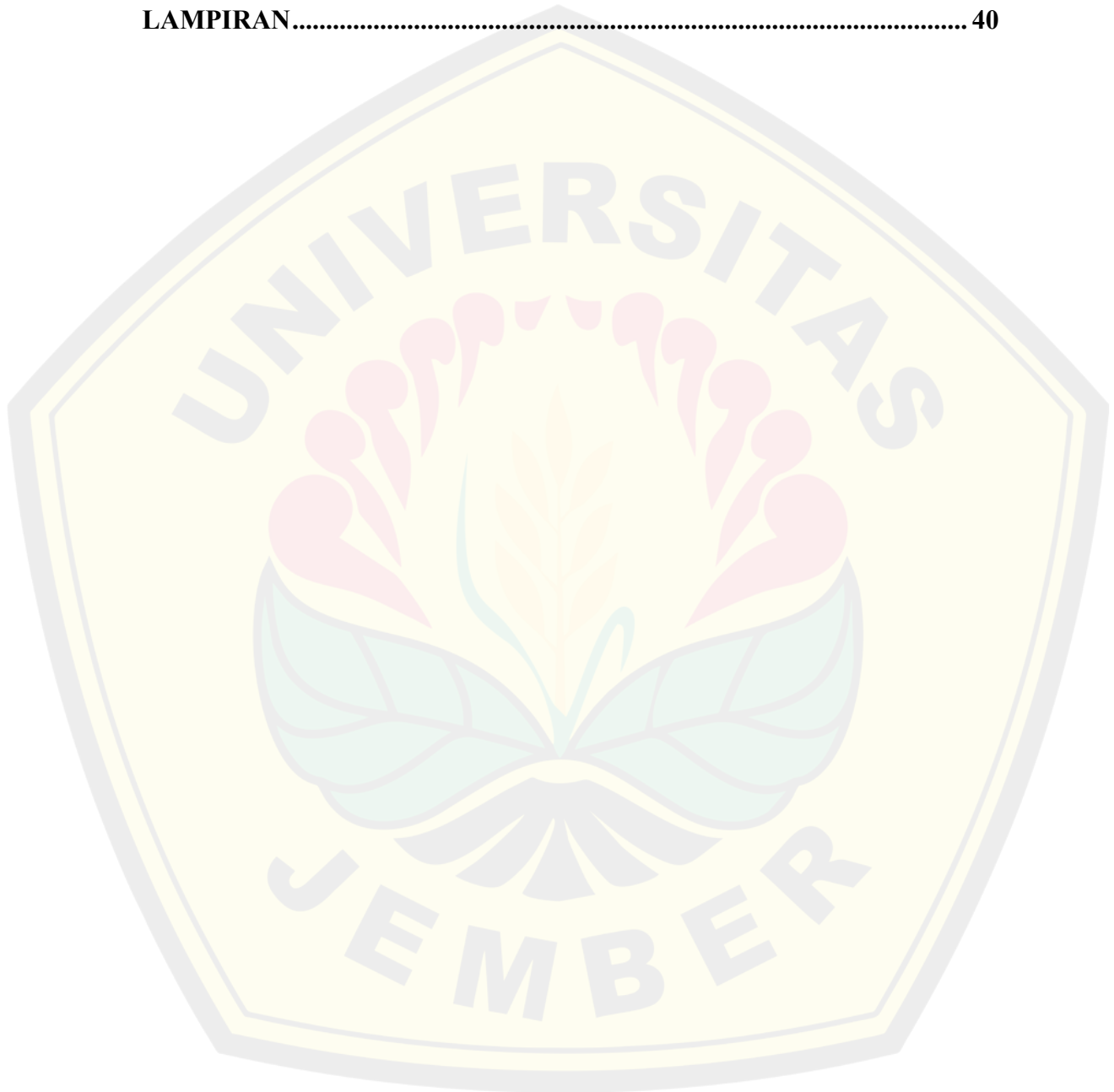


## DAFTAR ISI

<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Penelitian.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN TEORI</b> .....	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Umum .....	4
2.2 Perencanaan Ketebalan Pelat dan <i>Drop Panel</i> .....	5
2.2.1 Persyaratan Tebal Pelat Menurut SNI 2847-2019 .....	5
2.2.2 Ketebalan Pelat .....	7
2.2.3 Ketebalan dan Lebar <i>Drop Panel</i> .....	7
2.3 Pembebanan sesuai SNI 2847-2019 dan SNI 1727-2020 .....	8
2.4 Pembebanan Gempa.....	10
2.5 Proses Penyaluran Beban pada <i>Waffle Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i> . 10	
2.6 <i>Joint</i> (Sambungan) Pelat dan Kolom .....	11
2.7 Geser Pons ( <i>Punching Shear</i> ) pada <i>Waffle Slab</i> .....	11
2.8 <i>Story Drift</i> (Simpangan antar lantai).....	12
2.8.1 Simpangan antar lantai ijin .....	12

2.9 Penulangan pada <i>Waffle Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i> .....	13
2.10 Penulangan Lentur Balok <i>Waffle Slab</i> .....	14
2.11 Penulangan Geser dan Torsi <i>Waffle Slab</i> .....	15
2.11.1 Tipe Tulangan Geser .....	15
2.12 Diafragma .....	16
<b>BAB 3. METODELOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Data Perencanaan.....	17
3.2 Metode Perencanaan .....	18
3.3 Langkah Perencanaan Penelitian .....	19
3.4 Diagram Alir .....	20
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 <i>Preliminary Design</i> .....	21
4.2 Data Perencanaan.....	21
4.3 Tebal Pelat.....	22
4.4 Dimensi <i>Drop Panel</i> .....	23
4.4.1 <i>Drop Panel</i> Zona 1 .....	23
4.4.2 <i>Drop Panel</i> Zona 2.....	23
4.4.3 <i>Drop Panel</i> Zona 3.....	24
4.4.4 <i>Drop Panel</i> Zona 4.....	24
4.5 Dimensi Kolom.....	24
4.5.1 Zona 1 .....	25
4.5.2 Zona 2 .....	25
4.5.3 Zona 3 .....	25
4.5.4 Zona 4 .....	26
4.6 Pemodelan Struktur.....	26
4.7 Pembebanan .....	27
4.7.1 Beban Mati.....	27
4.7.2 Beban Hidup .....	28
4.7.3 Beban Gempa.....	28
4.8 Penulangan Pelat.....	31
4.8.1 Penulangan Balok <i>Waffle</i> .....	32

4.9 Penulangan Kolom.....	33
<b>BAB 5. KESIMPULAN .....</b>	<b>36</b>
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>40</b>



**DAFTAR TABEL**

2.1 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah Non Prategang	
Tanpa Balok Interior (mm) .....	6
2.2 Kombinasi Pembebanan sesuai SNI 2847-2019 .....	9
2.3 Kombinasi Pembebanan sesuai SNI 1727-2020 .....	9
2.4 Simpangan Antar Lantai Ijin .....	12
4.1 Dimensi <i>Waffle Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i> zona 1 hingga 4 .....	23
4.2 Dimensi dan tebal <i>Drop Panel</i> zona 1 hingga 4 .....	24
4.3 Dimensi kolom zona 1 hingga 4 .....	26
4.4 Kontrol simpangan ( <i>Drift</i> ) .....	30
4.5 Diameter dan jarak tulangan pelat .....	31
4.6 Diameter penulangan Balok <i>Waffle</i> .....	32
4.7 Penulangan kolom .....	34

**DAFTAR GAMBAR**

2.1 Gambar <i>Waffle Slab</i> dengan <i>Drop Panel</i> .....	4
2.2 Gambar <i>Waffle Slab</i> dengan <i>Band Beam</i> .....	5
2.3 Gambar Penentuan Tebal <i>Waffle Slab</i> dan Lebar <i>Drop Panel</i> .....	8
2.4 Gambar Respon Spektrum Lumajang .....	10
2.5 Gambar Retak Geser pada Pelat.....	11
2.6 Panjang Minimum Tulangan Ulir Dua Arah Tanpa Menggunakan Balok.	13
2.7 Gambar Penulangan pada <i>Drop Panel</i> .....	14
3.1 Diagram Alir.....	20
4.1 Penentuan Dimensi Pelat dan Balok <i>Waffle</i> .....	22
4.2 Dimensi <i>Drop Panel</i> Zona 1 .....	23
4.3 Dimensi <i>Drop Panel</i> Zona 2 .....	23
4.4 Dimensi <i>Drop Panel</i> Zona 3 .....	24
4.5 Dimensi <i>Drop Panel</i> Zona 4 .....	24
4.6 Dimensi Kolom Zona 1 .....	25
4.7 Dimensi Kolom Zona 2.....	25
4.8 Dimensi Kolom Zona 3.....	25
4.9 Dimensi Kolom Zona 4.....	26
4.10 Tampak Depan Hotel.....	26
4.11 Tampak Samping Kanan Hotel.....	27
4.12 <i>Inelastic Drift</i> .....	30
4.13 Penulangan Kolom 16D25 .....	33
4.14 Gaya aksial ultimate kolom zona 1 .....	34
4.15 Momen dan geser ultimate kolom zona 1 .....	34

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Lumajang merupakan salah satu daerah yang memiliki daya tarik destinasi wisata yang sangat cantik nan indah, banyak pengunjung berdatangan ingin berbondong bondong untuk menikmati keindahan di lokasi wisata tersebut. Dengan banyaknya pendatang, tentunya diperlukan hotel sebagai tempat peristirahatan sementara yang nyaman sebelum melanjutkan perjalanan kembali. Namun, Lumajang masih belum memiliki banyak hotel bertingkat yang menawarkan keindahan arsitektur dan kenyamanan akan fasilitas fasilitas yang disajikan. Proyek Pembangunan Hotel A di kota Lumajang adalah proyek hotel pertama yang memiliki bangunan bertingkat tinggi, yaitu 1 Basemen, 7 Lantai, dan 1 Rooftop. Kondisi existing dari proyek ini masih menggunakan sistem pelat konvensional dalam perencanaannya, dimana perencanaan tersebut masih sangat umum digunakan.

Kini, marak inovasi-inovasi baru dalam perencanaan bangunan hotel yang dikembangkan. Tentunya pada inovasi inovasi yang telah banyak berkembang tetap memperhatikan aspek keefisienan dan keindahan pada aspek arsitektur. Hal yang terpenting pada sebuah bangunan terdapat pada sistem teknik konstruksi yang harus di terapkan sesuai dengan standar yang berlaku, apabila struktur tidak memenuhi standar yang berlaku, maka akan mudah mengalami kegagalan konstruksi.

Faktor kegagalan konstruksi sangat beragam salah satu faktor penyebabnya adalah beban gravitasi, yang mana struktur bangunan tidak mampu menahan beban dari struktur bangunan itu sendiri, serta beban lain seperti beban penghuni, beban benda atau peralatan. Beban Gravitasi mampu ditahan dengan menggunakan sistem lantai. Gabungan dari sistem lantai adalah pelat dan balok induk atau balok anak seperti pelat satu arah (*one way slab*), pelat rusuk satu arah (*one way rib/joist slab*), pelat dua arah (*flat slab*), pelat rusuk dua arah (*waffle slab*), dan lain lain (Juwana, 2005).

*Waffle Slab* dengan *Drop Panel* merupakan salah satu alternatif yang sangat efektif untuk membangun bangunan gedung. Saat ini, pembangunan di Lumajang masih sangat jarang yang menggunakan sistem tersebut. *Waffle slab* merupakan konstruksi pelat beton yang terdapat deretan balok yang berbentuk tegak lurus (Alaa C. Galeb, 2010). Beban pada pelat akan diteruskan langsung ke balok rib dan diteruskan ke *Drop Panel*, setelah itu beban dapat disalurkan ke kolom. Namun, jika struktur hanya terdapat pelat tanpa balok dan kolom saja, konstruksi tersebut tidak cukup kuat, maka dari itu harus di tambah dengan *Drop Panel* sebagai pengganti dari balok utama.

*Drop panel* letaknya terdapat di setiap ujung kolom dan dibawah pelat yang memiliki fungsi untuk mendistribusikan beban dari pelat ke kolom, menahan terjadiya gaya geser, mencegah retak pada sekitar kolom, serta meningkatkan perkakuan pada pelat dan kolom. Selain itu, *Waffle slab* dengan *Drop Panel* juga memiliki beberapa keunggulan, seperti dapat menahan gaya geser dan momen lentur, secara arsitektural unik dan modern serta kokoh jika direncanakan dengan tepat dan efisien.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan sebelumnya, maka dapat ditentukan rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah struktur *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* dapat mengganti sistem pelat dan balok konvensional?
2. Bagaimana merencanakan detail konstruksi pelat menggunakan sistem *Waffle* dengan *Drop Panel*?

## **1.3 Batasan Penelitian**

Agar pembahasan dalam penelitian ini tidak terlalu meluas, maka perlu untuk memberikan batasan masalah agar pembahasan lebih fokus pada

1. Tidak menghitung kebutuhan anggaran biaya pada proyek, metode pelaksanaan, manajemen konstruksi, dan arsitektural.
2. Tidak menghitung perhitungan struktur bawah.

3. Tidak menghitung struktur pendamping seperti tangga, lift, MEP.
4. Struktur yang dimodelkan hanya lantai 1 hingga lantai 7, dan Rooftop.
5. Standar yang digunakan untuk perencanaan beton adalah SNI 2847-2019.
6. Peraturan yang digunakan untuk pembebanan SNI 1727-2020.
7. Peraturan yang digunakan untuk pembebanan gempa SNI 1726-2019.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk dapat merencanakan bangunan menggunakan sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*. Adapun tujuan penelitian secara rinci perencanaan pembangunan adalah

1. Mengetahui apakah perencanaan struktur *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* dapat menggantikan sistem pelat dan balok konvensional
2. Dapat menganalisa detail konstruksi pelat menggunakan sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat dipetik dari penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat mengetahui perencanaan *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* apabila diaplikasikan pada proyek pembangunan Hotel A Lumajang, serta memperkenalkan keunggulan dari penggunaan sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*.

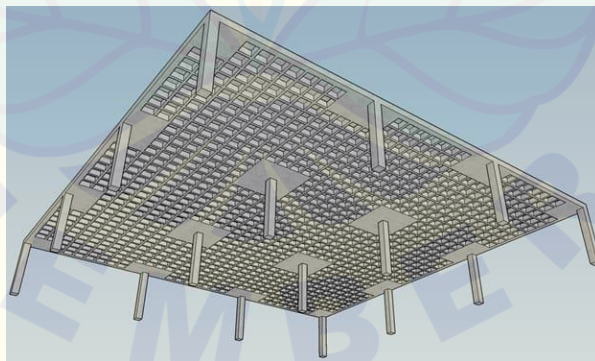
## BAB 2. TINJAUAN TEORI

### 2.1 Tinjauan Umum

Pelat beton bertulang (*Reinforced Concrete Slab*) merupakan sebuah elemen struktur yang sangat penting pada bangunan terbuat dari beton dan tulangan baja yang berguna sebagai sekat antar lantai, penutup dari sebuah bangunan, tempat bagi sistem perpipaan, sistem kabel listrik, dan sebagai tempat berpijak nya penghuni dari sebuah bangunan. Tak hanya itu, fungsi pelat sangat beragam, pelat juga dirancang untuk menyebarkan beban keseluruhan secara merata ke area yang terdapat di bawahnya, yaitu balok dan kolom, serta pelat berguna untuk menjaga keseimbangan dari beban lateral.

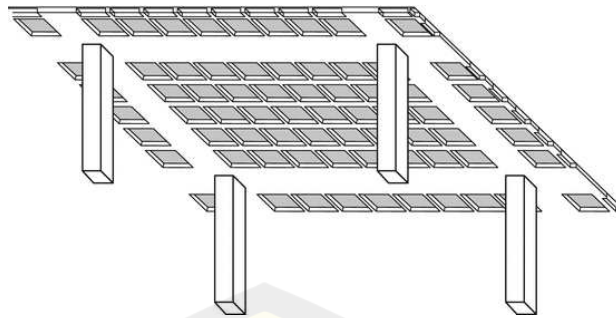
Saat ini, sudah sangat banyak macam dari sistem pelat beton bertulang salah satunya adalah *Waffle Slab*. Menurut Indrajit Chowdhury dan Jitedra Pratap Singh (2012), *Waffle slab* adalah Pelat yang tidak hanya indah secara estetika, tapi juga cukup kuat untuk menahan beban pada bentang yang besar. Ada beberapa tipe *Waffle Slab* yang sudah banyak digunakan dalam industri pembangunan gedung, yaitu:

1. *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*, seperti pada gambar 2.1
2. *Waffle Slab* dengan *Band Beam*, seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.1 *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*

(Sumber : [Analisis-dan-Desain-Sistem-Pelat-Lantai-Beton-Balok-Dua-Arah-\(Pelat-Wafel\)](#))



Gambar 2.2 *Waffle Slab* dengan *Band beam*

(Sumber : [Waffle slabs comprising band beams. | Download Scientific Diagram](#))

Konstruksi bangunan yang menggunakan sistem *Waffle Slab* biasanya ada pada bangunan-bangunan yang memiliki bentang yang besar dan bangunan yang berhubungan dengan getaran, seperti bandara, pabrik, bangunan yang memiliki ruang dansa. Hal ini adalah salah satu kelebihan dari penggunaan sistem *Waffle Slab*.

*Drop Panel* adalah sebuah perluasan pada pelat yang ada disekitar ujung kolom. Berbentuk persegi yang menonjol yang terletak dibawah pelat. Peran dari *Drop Panel* pada *Waffle Slab* adalah sebagai media yang dapat mengurangi geser pada kolom, mendistribusikan beban ke kolom, dan sebagai media yang dapat mengurangi defleksi akibat pengaruh beban internal atau external. Bagian yang tidak kalah penting, yang berperan dalam sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* adalah kolom.

Kolom merupakan elemen struktural dengan arah vertikal yang berperan penting dalam menopang beban yang berasal dari elemen di atasnya, yang nantinya disalurkan ke pondasi. Kolom merupakan elemen utama yang sangat krusial dikarenakan jika terjadi kegagalan konstruksi pada kolom, maka akan terjadi keruntuhan bangunan gedung secara total.

## 2.2 Perencanaan Ketebalan Pelat dan *Drop Panel*

### 2.2.1 Persyaratan Tebal Pelat Menurut SNI 2847-2019

SNI 2847-2019 memiliki persyaratan terhadap tebal minimum pelat yang harus digunakan dalam merencanakan sistem pelat dua arah (*Two Way Slab*).

Berikut ini merupakan tabel dari tebal minimum pelat non prategang tanpa menggunakan balok interior:

Tabel 2.1 Ketebalan minimum pelat dua arah non prategang tanpa balok interior

$f_y$ , Mpa <sup>(2)</sup>	Tanpa Drop Panel <sup>(3)</sup>			Dengan Drop Panel <sup>(3)</sup>		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi <sup>(4)</sup>		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi <sup>(4)</sup>	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

1.  $\ell_n$  adalah jarak bersih kearah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)
2. Untuk  $f_y$  dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi *linear*.
3. A) *Drop Panel* harus menjorok dibawah pelat paling sedikit seperempat tebal pelat bersebelahan.  
B) *Drop Panel* harus diteruskan disetiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.
4. Pelat dengan balok diantara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika  $\alpha_f$  kurang dari 0,8. Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi harus dihitung sesuai :

$$0,2 \leq \frac{\alpha_f 1 \ell_2^2}{\alpha_f 2 \ell_1^2} \leq 5,0$$

Dimana  $\alpha_f 1$  dan  $\alpha_f 2$  dihitung dengan :

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s}$$

(Sumber : SNI 2847-2019)

Untuk pelat nonprategang tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, ketebalan pelat keseluruhan  $h$  tidak boleh kurang dari batasan pada Tabel 2.1, dan memiliki nilai terkecil antara 100 mm atau 125 mm, kecuali batasan lendutan dipenuhi:

- a) Pelat tanpa *Drop Panel* sesuai pada poin 3a pada tabel diatas.....125 mm
- b) Pelat dengan *Drop Panel* sesuai sesuan poin 3b pada tabel diatas.....100 mm

Penebalan yang terjadi pada *Drop Panel* dapat mencegah penurunan pelat di sekitar kolom. Hal ini meminimalisir terjadinya kerusakan yang terjadi pada pelat, memberikan dukungan terhadap titik titik penampang yang krusial, serta mengurangi kerusakan pada sambungan. Sesuai pada tabel 2.1 tebal *Drop Panel* tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  tebal pelat, dan jarak *Drop Panel* dari pusat tumpuan ke ujung bentang tidak kurang dari  $\frac{1}{6}$  dari As pusat *Drop Panel* ke pusat *Drop Panel* yang lain.

**2.2.2 Ketebalan Pelat**

- Rumus ketebalan pelat

Sesuai SNI 2847-2019, ketebalan pelat dapat dihitung dengan cara :

$$h_{min\ pelat} = \frac{\ell_n}{33} \quad (1)$$

Dimana :

$h_{min\ pelat}$  = Ketebalan minimum pelat

$\ell_n$  = Bentang bersih memanjang

$$h_{max\ pelat} = (\ell_n + (0,8 + f_y/1500))/33 \quad (2)$$

Dimana :

$h_{max\ pelat}$  = Ketebalan maksimum pelat

$\ell_n$  = Bentang bersih memanjang

$f_y$  = Kuat tarik baja (Mpa)

**2.2.3 Ketebalan dan Lebar *Drop Panel***

Sesuai SNI 2847-2019 ketebalan dan lebar dari drop panel dapat dihitung dengan cara :

- Rumus tebal *Drop Panel*

$$H_{drop\ panel} \geq \frac{1}{4} H_{pelat} \quad (3)$$

Dimana :

$H_{drop\ panel}$  = Tebal *Drop Panel*

$H_{pelat}$  = Tebal pelat

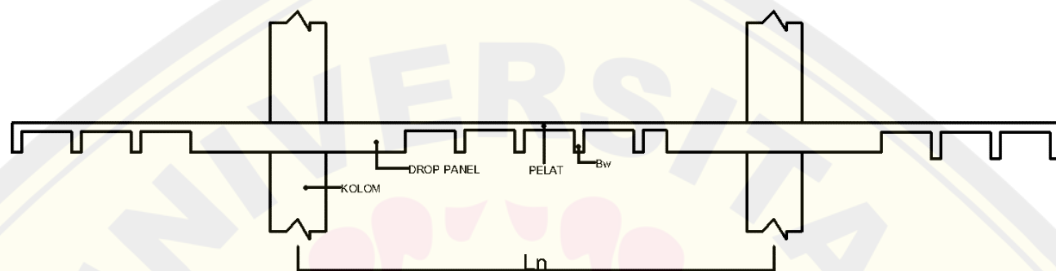
➤ Rumus lebar *Drop Panel*

$$b_{drop\ panel} \geq \frac{1}{6} \ell_n \quad (4)$$

Dimana :

$b_{drop\ panel}$  = Lebar *Drop Panel*

$\ell_n$  = Bentang dari pusat *Drop Panel* ke pusat *Drop Panel* sebelahnya



Gambar 2.3 Penentuan tebal *Waffle Slab* dan lebar *Drop Panel*

### 2.3 Pembebanan sesuai SNI 2847-2019 dan SNI 1727-2020

Dalam perencanaan bangunan gedung, terdapat beban-beban yang sangat penting untuk diketahui. Struktur bangunan gedung sangat dipengaruhi oleh beban, dikarenakan ketika merencanakan bangunan gedung tentunya akan mendapatkan beban internal dan eksternal. Terdapat 5 beban yang bekerja pada bangunan, diantaranya :

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Sifat dari beban mati yang merupakan berat setiap seluruh elemen dari suatu gedung adalah tetap. Beban mati adalah beban dari bangunan itu sendiri, serta beban dari benda benda yang ada pada bangunan tersebut.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup berasal dari berat penghuni disuatu gedung, dan berat akibat dari benda benda yang bisa berpindah atau bergerak, serta bukan termasuk dari beban konstruksi.

3. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin merupakan beban akibat dari hembusan angin yang menerpa bangunan. Beban angin menyebabkan bangunan mengalami tekanan yang diakibatkan besarnya tekanan udara yang berhembus. Hal ini, dapat merusak atau membahayakan bangunan jika bangunan gedung tidak direncanakan dengan menggunakan beban angin (*Wind Load*).

4. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa merupakan beban yang terjadi akibat dari gempa bumi yang terjadi akibat getaran getaran gempa dan menyebabkan pergeseran atau gerakan pada tanah.

5. Beban Khusus

Beban khusus merupakan seluruh beban yang terjadi pada gedung atau bagian gedung yang diakibatkan oleh perubahan suhu, pengangkatan atau pemasangan, penurunan pondasi, susut, dan gaya tambahan dari beban hidup seperti gaya rem, gaya sentrifugal, dan gaya dinamis pada mesin.

➤ Kombinasi pembebanan menurut SNI 2847-2019

Tabel 2.2 Kombinasi pembebanan

Kombinasi beban	Beban utama
$U = 1,4 D$	$D$
$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$	$L$
$U = 1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0 \text{ atau } 0,5 W)$	$Lr \text{ atau } R$
$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$	$W$
$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$	$E$
$U = 0,9 D + 1,0 W$	$W$
$U = 0,9 D + 1,0 E$	$E$

(Sumber : SNI 2847-2019)

➤ Pembebanan menurut SNI 1727-2020

Tabel 2.3 kombinasi pembebanan

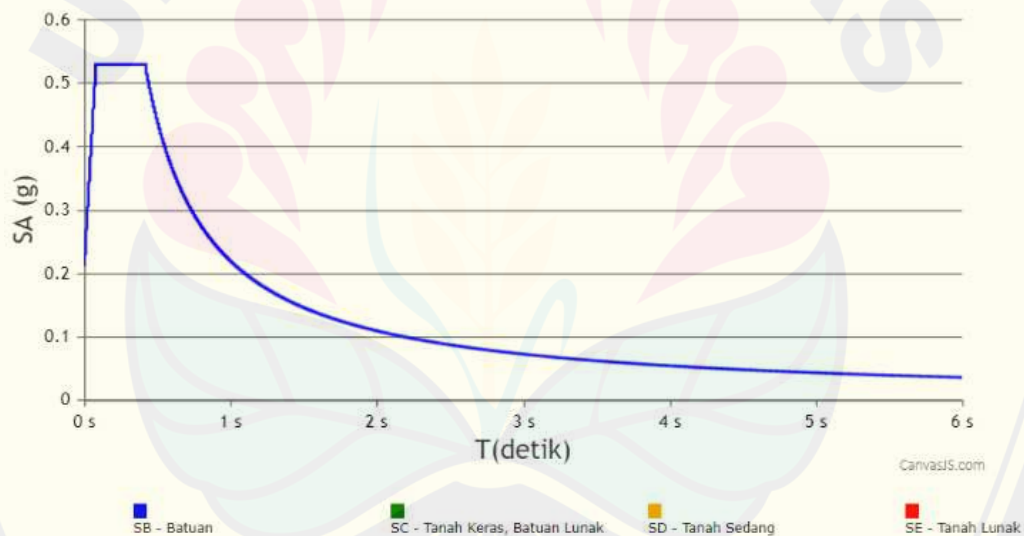
1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $0,9 D + 1,0 W$
Ket :

- 
- D = Beban Mati
  - L = Beban Hidup
  - Lr = Beban Hidup Atap
  - S = Beban Salju
  - R = Beban Hujan
  - W = Beban Angin
- 

(Sumber : 1727-2020)

## 2.4 Pembebanan Gempa

Lumajang merupakan daerah yang rawan akan terjadinya gempa bumi, dikarenakan letak Lumajang berada pada daerah zona gempa 3 atau 4, yang mana pada daerah tersebut menunjukkan bahwa Lumajang beresiko mengalami gempa menengah hingga tinggi, serta Lumajang terletak pada lempeng tektonik. Berikut merupakan respon spektrum dari Lumajang



Gambar 2.4 Respon Spektrum Lumajang  
(Sumber: Puskim, 2024)

## 2.5 Proses Penyaluran Beban pada *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*

Beban yang berasal dari atas seperti beban hidup atau beban mati, disalurkan langsung menuju pelat datar. Setelah itu, beban di teruskan ke balok *Waffle* yang berperan sebagai pengaku dari pelat datar dan sebagai elemen penahan momen positif dan momen negatif, lalu beban diteruskan ke *Drop Panel* yang

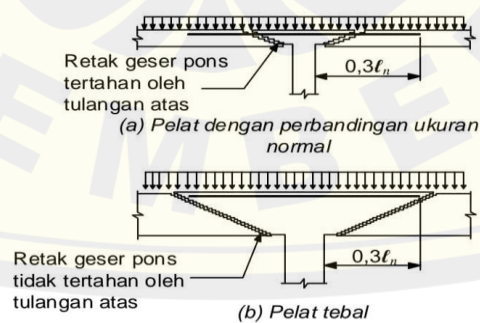
berfungsi sebagai penopang pelat menyalurkan beban ke kolom. Setelah dari *Drop Panel*, beban ditransfer ke kolom dan langsung disalurkan ke pondasi.

## 2.6 Joint (Sambungan) Pelat dengan Kolom

Sambungan pelat dengan kolom merupakan area kritis pada struktur bangunan yang mana merupakan pertemuan antara kolom dan pelat. Fungsi dari *joint* ini adalah agar beban dapat disebarkan dengan baik dari pelat ke kolom secara merata. Sambungan dibuat supaya mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan, seperti momen, gaya geser, gaya aksial. Sambungan pelat kolom dapat mencegah kegagalan konstruksi yang sewaktu-waktu dapat terjadi. Salah satu kegagalan yang dapat terjadi adalah geser pons (*Punching Shear*).

## 2.7 Geser Pons (*Punching Shear*) pada *Waffle Slab*

Geser pons (*Punching Shear*) merupakan suatu keadaan yang terjadi secara tiba-tiba. Gaya geser pons (*Punching Shear*) terjadi akibat dari pelat beton mengalami kegagalan berupa desakan dari gaya geser dua arah pada pelat. Geser pons sangat rentan terjadi pada sistem *Waffle Slab* dari pada penggunaan pelat konvensional dikarenakan tidak memiliki penopang pada bawah pelat. Hal ini menimbulkan gaya geser yang terjadi sangat tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya sebuah keruntuhan. Maka dari itu, dengan adanya penggunaan *Drop Panel*, berperan sebagai media yang mampu menahan geser pons (*Punching Shear*) pada pelat.



Gambar 2.5 Retak geser pada pelat

(Sumber : SNI 2847-2019)

## 2.8 *Story Drift* (Simpangan Antar Lantai)

Pergeseran pada lantai yang terjadi akibat dari beban lateral seperti beban angin, beban gempa, dan beban lain yang diakibatkan oleh penyusutan, perubahan suhu, dll. *Story Drift* dihitung dengan selisih antar 2 lantai yang mengalami pergeseran.

### 2.8.1 Simpangan Antar Lantai Ijin

Sesuai dengan SNI 1726-2019 simpangan ijin antar tingkat tidak boleh melebihi dari batas ijin yang telah ditentukan agar tidak terjadi kerusakan struktur.

Tabel 2.4 Simpangan ijin antar lantai

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	0,025hsx <sup>c</sup>	0,020hsx	0,015hsx
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	0,010hsx	0,010hsx	0,010hsx
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007hsx	0,007hsx	0,007hsx
Semua struktur lainnya	0,02hsx	0,015hsx	0,010hsx

- hsx adalah tinggi tingkat dibawah tingkat-x
- Untuk sistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D,E, dan F, simpangan antar tingkat izin harus sesuai dengan persyaratan 0
- Tidak boleh ada batasan simpangan antar tingkat untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam 0 tidak diabaikan.
- Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung pondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

(Sumber : SNI 1726-2019)

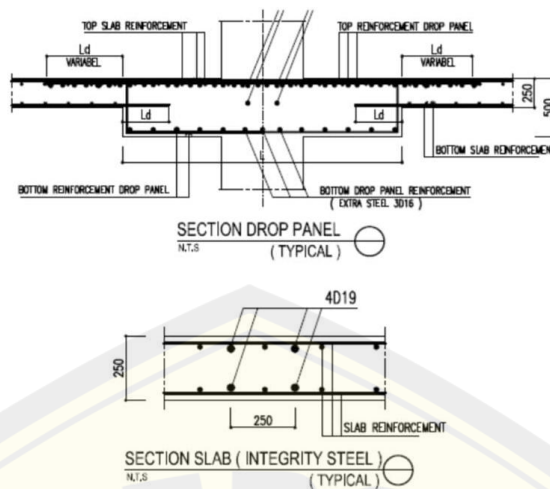
**2.9 Penulangan pada Waffle Slab dengan Drop Panel**

Menurut SNI 2847-2019 tulangan pada Waffle Slab dengan Drop Panel penyaluran tulangan harus sesuai dengan

- a) Minimal dari panjang dari tulangan sesuai dengan gambar 2.7, jika fungsi komponen struktur utama sebagai penahan beban lateral berada di pelat, minimal dari panjang tulangan harus sesuai dengan hasil analisis.
- b) Apabila bentang yang bersebelahan tidak sama panjang, muka tumpuan yang dilewati oleh momen negatif, harus sesuai dengan bentang terpanjang.
- c) Kemungkinan pembengkokan 45 derajat atau kurang, apabila rasio tinggi terhadap bentang, maka pembengkokan tulangan diizinkan.

LAJUR	LOKASI	A <sub>s</sub> MINIMUM PADA PENAMPANG	TANPA DROP PANEL	DENGAN DROP PANEL
LAJUR KOLOM	ATAS	SISA 50 %		
	BAWAH	100%		
LAJUR TENGAH	ATAS	100%		
	BAWAH	SISA 50%		
			<p>Bentang bersih - <math>l_n</math>, <math>c_i</math> Muka pendukung Jarak sumbu</p>	<p>Bentang bersih - <math>l_n</math>, <math>c_i</math> Muka pendukung Jarak sumbu</p>
			Pendukung eksterior (Pelat berhenti)	Pendukung interior (Pelat menerus)

Gambar 2.6 Panjang minimum tulangan ulir dua arah tanpa menggunakan balok (Sumber : SNI 2847-2019)



Gambar 2.7 Penulangan pada *Drop Panel*  
(Sumber: Jurnal TECHNOPEX-2019)

### 2.10 Penulangan Lentur Balok *Waffle Slab*

Penulangan lentur pada pelat dirancang agar dapat memberi kekuatan atau daya tahan lebih pada pelat terhadap beban lentur dan meminimalisir terjadinya defleksi. Selain itu, penulangan lentur dapat menahan beban gempa dan beban angin, mencegah momen lentur yang disebabkan oleh beban mati dan beban hidup bangunan, serta dapat menjaga sambungan antara kolom dengan pelat. Penulangan lentur *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* dapat dihitung dengan langkah langkah sebagai berikut :

- Rumus menentukan keruntuhan tekan, seimbang, dan tarik

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = \frac{382,5 \times \beta_1 \times f_c'}{(600 + f_y) \times f_y} \quad (5)$$

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f_c'}{f_y} \times \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \quad (6)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (7)$$

- Rumus nilai regangan tulangan tekan

$$\epsilon_s' = \frac{a - \beta_1 \cdot d_s'}{a} \times 0,003 \quad (8)$$

- Rumus tekanan tekan baja  $f_s'$

$$f_s' = 600 \left[ 1 - \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot d_s'}{(\rho - \rho') \cdot f_y \cdot d} \right] \quad (9)$$

- Kontrol tulangan sudah leleh atau belum

$$(P - \rho') \geq \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b}{f_y} \times \frac{d_r}{d} \times \frac{600}{600 - f_y} \quad (10)$$

- Rumus perhitungan tinggi blok beton

$$a = \frac{(A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_s')}{0,85 f_c' \cdot b} \quad (11)$$

- Rumus perhitungan momen nominal yang ditahan balok

$$M_n = M_{nc} + M_{ns} \quad (12)$$

$$M_{nc} = C_c \cdot (d - a/2) \text{ dengan } C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad (13)$$

$$M_{ns} = T_s \cdot (d - d_s') \text{ dengan } T_s = A_s \cdot f_s' \quad (14)$$

$$M_r = \emptyset \cdot M_n \text{ dengan } \emptyset = 0,9 \quad (15)$$

## 2.11 Penulangan Geser dan Torsi *Waffle Slab*

- Batas minimum menahan momen puntir

$$T_u \leq \emptyset \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \sum X^2 Y \quad (16)$$

Penulangan geser merupakan komponen penting pada desain struktur beton bertulang, dikarenakan penulangan geser dapat mencegah gaya geser yang bekerja akibat beban yang diterima, dapat mencegah kerusakan pada beton akibat momen lentur dan gaya geser, menahan beban gravitasi, serta dapat menambah kekuatan pada struktur.

- Rumus menghitung gaya geser nominal

$$V_n = \frac{V_u}{\emptyset} \quad (17)$$

- Kuat geser beton

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \quad (18)$$

### 2.11.1 Tipe Tulangan Geser

#### 1. Tulangan geser sengkang

Jenis tulangan baja yang dipasang secara horizontal atau vertikal pada struktur bangunan seperti kolom. Bentuk nya adalah seperti huruf U atau L. Fungsinya adalah untuk menaha gaya geser serta menambah kekuatan struktur.

#### 2. Tulangan stud geser berkepala

Tulangan dengan stud geser menggunakan baja sebagai elemen utamanya. Berbentuk logam silinder yang cara pemasangannya adalah dengan dilas. Fungsinya adalah memindahkan gaya geser dari pelat baja ke beton

### 2.12 Diafragma

Pelat pada sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* berperan sebagai diafragma (sekat) tanpa ada sokongan dari balok, momen lentur yang bekerja ditanggung oleh pelat diantara kolom, dan momen lentur pada kolom harus lebih besar dibanding momen lentur pada pelat. Untuk menahan momen lentur negatif dari pelat, maka ditambahkan *Drop Panel* pada sekitar penampang kritis kolom, yang berfungsi untuk memitigasi terjadinya keruntuhan akibat dari momen lentur yang sangat besar pada sekitar kolom, dan menjaga integritas pada bangunan.

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Data Perencanaan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah menggunakan data primer, yang nantinya akan di redesain dari struktur pelat konvensional menjadi struktur pelat dengan sistem *Waffle Slab* dengan menggunakan *Drop Panel* sesuai dengan SNI 2847-2019 dan pembebanan yang digunakan sesuai dengan SNI 1727-2020. Data yang akan dibutuhkan untuk penelitian, adalah :

1. Gambar kerja, yang berupa denah, tampak, dan potongan
  2. Mutu dari material yang digunakan
  3. Detail pelat
  4. Data non teknis
- a) Data perencanaan
- Data primer merupakan data yang diperoleh dari proyek hotel di kota Lumajang, yaitu :
    - 1) Data teknis
      - a) Luas per lantai
 

1. Lantai 1	: 113,35 m <sup>2</sup>
2. Lantai 2	: 816,07 m <sup>2</sup>
3. Lantai 3	: 823,80 m <sup>2</sup>
4. Lantai 4	: 813,97 m <sup>2</sup>
5. Lantai 5	: 819,44 m <sup>2</sup>
6. Lantai 6	: 816,87 m <sup>2</sup>
7. Lantai 7	: 744,56 m <sup>2</sup>
8. Rooftop	: 424,09 m <sup>2</sup>
      - b) Luas bangunan : 6718,04 m<sup>2</sup>
      - c) Jumlah lantai : 7 Lantai, dan 1 Rooftop
      - d) Struktur bangunan : Beton bertulang
      - e) Mutu Beton :  $f_c' = 25 \text{ Mpa}$

f) Mutu Baja :  $f_y = 280 \text{ Mpa}$  (BjTP)  
 $f_y = 420 \text{ Mpa}$  (BjTS)

- Data Sekunder merupakan data yang didapat dari referensi buku buku, atau artikel artikel yang dapat diakses melalui internet yang nantinya data yang didapat akan digunakan pada perhitungan selanjutnya.

### 3.2 Metode Perencanaan

Pada sub-bab ini akan diuraikan langkah yang digunakan untuk merencanakan struktur. Langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Menentukan denah beserta detail pelat yang akan digunakan
2. Menentukan dimensi konstruksi pelat.
3. Menentukan beban yang bekerja pada pelat.
4. Menganalisa dengan detail konstruksi pelat yang menggunakan sistem *Waffle Slab* menggunakan *Drop Panel*.
5. Mendesain struktur menggunakan pemodelan ETABS v.22.
6. Menentukan tulangan yang akan digunakan dan dianalisis menggunakan pemodelan SPColoumn.

Berikut adalah tahapan dari perhitungan struktur *Waffle Slab* dengan *Drop Panel*

1. Mengumpulkan data perencanaan yang akan digunakan
2. Mengumpulkan data beban yang didapat dari referensi seperti SNI 1727-2020
3. Menghitung ketebalan pelat
4. Menghitung ketebalan dan lebar pelat serta *Drop Panel*
5. Menghitung pembebanan struktur
6. Menghitung pembebanan gempa
7. Menghitung penulangan

Langkah langkah diatas adalah tahapan dari perencanaan dan perancangan yang harus dilakukan, agar langkah diatas dapat terlaksana dengan baik serta berjalan dengan runtut. Sehingga Tugas Akhir dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

### 3.3 Langkah perencanaan penelitian

1. Rumusan Masalah

Mengidentifikasi dan merumuskan masalah judul yang akan diteliti.

2. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, pengumpulan data dapat berasal dari data proyek yang akan dibahas pada topik, dan dapat berasal dari jurnal dan referensi yang dapat diakses langsung melalui internet.

3. Studi Literatur

Mencari jurnal serta referensi berkaitan dengan judul yang akan diambil, yaitu mengenai perencanaan pelat yang menggunakan sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* yang merupakan perencanaan dari struktur atas.

4. *Preliminary Design*

Melakukan analisis tahap awal untuk mengembangkan analisis struktur. Analisis yang dilakukan adalah menentukan dimensi dimensi pada struktur sebagai parameter yang diperlukan dalam tahap selanjutnya.

5. Pemodelan ETABS

Hasil perhitungan dimodelkan pada ETABS dan diperoleh gaya dalam, deformasi, tegangan, partisipasi massa, rasio drift, dll, yang berguna untuk menganalisis penulangan yang akan digunakan.

6. Pembebanan

Menganalisis beban yang diterima struktur agar dapat dianalisis gaya dalam yang bekerja pada struktur.

7. Kontrol Kapasitas

Melakukan pengecekan bahwa kekuatan struktur harus lebih besar dari beban atau gaya yang bekerja.

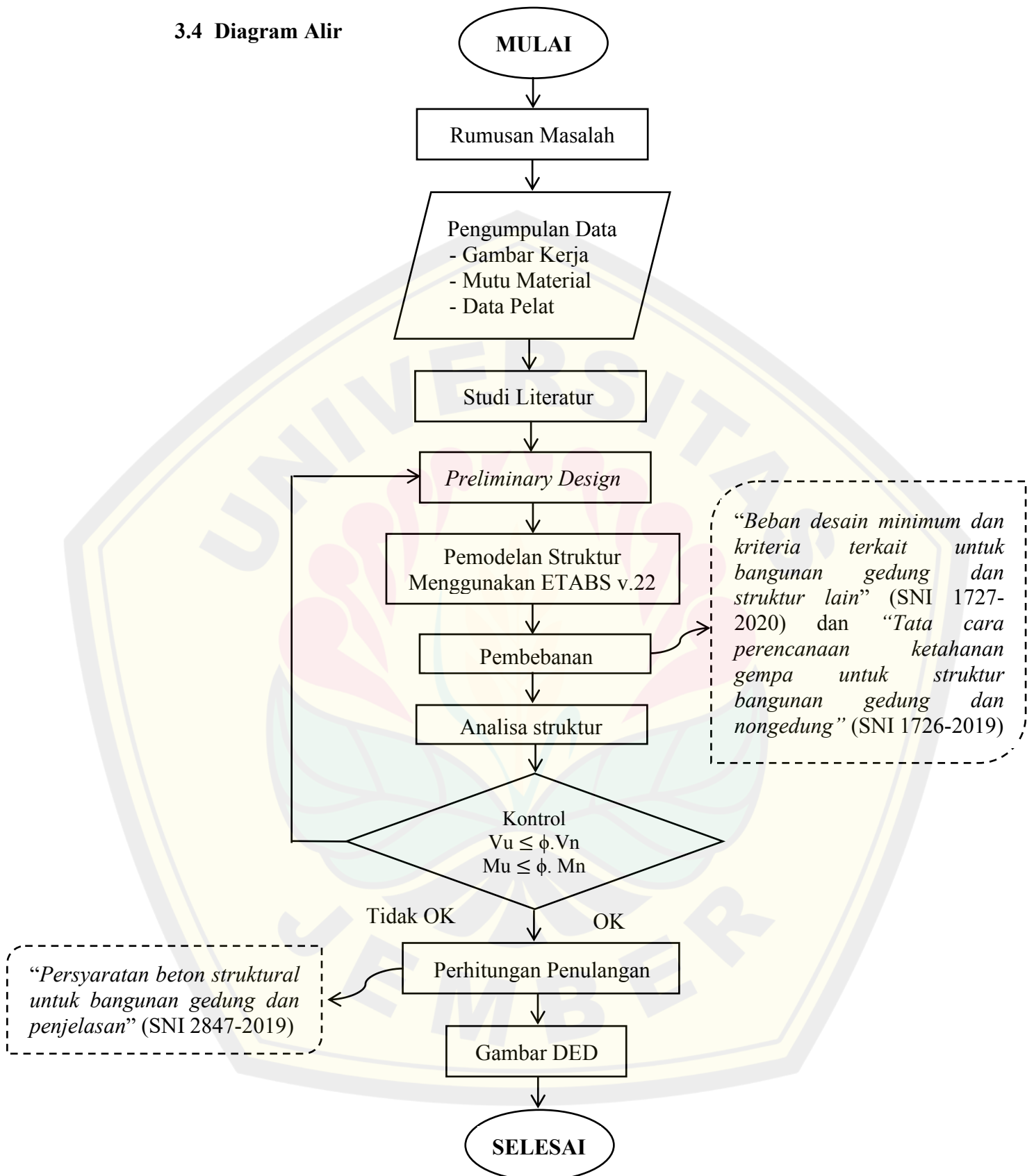
8. Penulangan

Tulangan berfungsi sebagai elemen yang dapat memperkuat beton, diperoleh dari perhitungan kontrol kapasitas, dan didapatkan jumlah tulangan yang dibutuhkan.

9. Gambar DED

Gambar yang dihasilkan dari perhitungan yang sudah dilakukan.

3.4 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 *Preliminary Design*

*Preliminary Design* merupakan suatu langkah awal untuk menganalisa struktur awal seperti dimensi pada pelat, kolom, dll, sebelum akhirnya dilakukan perhitungan secara detail dan dibantu dengan bantuan aplikasi komputer untuk mendapatkan dimensi yang akurat.

### 4.2 Data Perencanaan

Pada proyek akhir ini, diperlukan data penunjang untuk menganalisis perencanaan dengan perhitungan yang akurat. Berikut ini merupakan data yang diperlukan untuk perencanaan *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* pada perencanaan hotel di kota Lumajang.

Lokasi gedung	: Lumajang
Fungsi gedung	: Hotel / penginapan
Jumlah lantai	: 7 lantai dan 1 rooftop
Luas bangunan	: 6718,04 m <sup>2</sup>
Tinggi perlantai	: Lantai 1 = 3,4 m Lantai 2 = 3,7 m Lantai 3 = 3,4 m Lantai 4 = 3,4 m Lantai 5 = 3,4 m Lantai 6 = 3,4 m Lantai 7 = 3,4 m
Struktur bangunan	: Beton bertulang
Zona gempa	: Zona gempa Lumajang
Tegangan leleh tulangan ulir (fy)	: 420 Mpa
Tegangan leleh tulangan polos (fy)	: 240 Mpa
Kuat tekan beton (fc)	: 25 Mpa
Letak bangunan	: Jauh dari pantai

### 4.3 Tebal Pelat

Perhitungan tebal minimum pelat diambil dari 4 zona, yaitu pada zona 1 yang memiliki bentang yang paling besar, yaitu bentang  $(6000 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm})^2$ , zona 2  $(8120 \text{ mm} \times 8875 \text{ mm})^2$ , zona 3  $(7180 \text{ mm} \times 6255 \text{ mm})^2$ , dan zona 4  $(10000 \text{ mm} \times 8875 \text{ mm})^2$ , dapat dilihat pada lampiran gambar DED nomor 2. Dihitung berdasarkan peraturan SNI 2847-2019 tabel 8.3.1.1 dengan rumus

$$\text{Panel Luar} = h_{\text{pelat}} = \ell n / 33$$

$$\text{Panel dalam} = h_{\text{pelat}} = \ell n / 36$$

➤ Zona 1

$$\ell n = \text{Bentang terpanjang}$$

$$\ell n = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$$

➤ Zona 2

$$\ell n = \text{Bentang terpanjang}$$

$$\ell n = 8875 \text{ mm} = 8,875 \text{ m}$$

➤ Zona 3

$$\ell n = \text{Bentang terpanjang}$$

$$\ell n = 7180 \text{ mm} = 7,180 \text{ m}$$

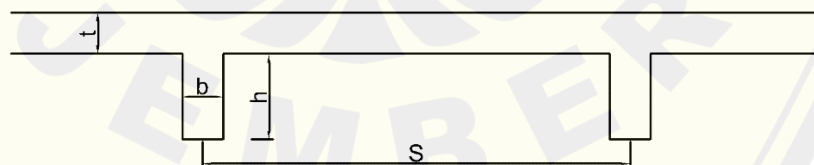
➤ Zona 4

$$\ell n = \text{Bentang terpanjang}$$

$$\ell n = 10000 \text{ mm} = 10 \text{ m}$$

Berdasarkan tabel 2.1 digunakan panel tanpa balok dengan  $f_y = 420 \text{ Mpa}$ .

Perhitungan tebal pelat keseluruhan dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 4.1 Penentuan dimensi pelat dan balok *waffle* pada perencanaan

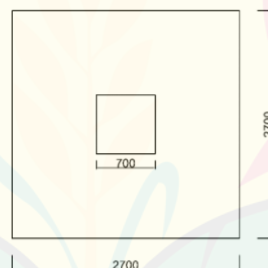
Tabel 4.1 Rekapitulasi dari dimensi *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* pada zona 1 hingga 4

Zona	Bentang	Tebal minimum rib (h)	Tebal balok yang diambil	Tebal Pelat (t)	Total tebal pelat (rib+pelat)	Lebar batang rib (b)	jarak diantara 2 balok (S)
1	8000 mm	242,242 mm	245 mm	120 mm	365 mm	120 mm	630 mm
2	8875 mm	268,939 mm	270 mm	120 mm	390 mm	120 mm	630 mm
3	7180 mm	217,576 mm	220 mm	120 mm	340 mm	120 mm	630 mm
4	10000 mm	303,03 mm	305 mm	120 mm	425 mm	120 mm	630 mm

#### 4.4 Dimensi *Drop Panel*

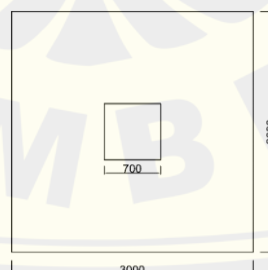
Perhitungan dimensi *Drop Panel* menentukan lebar dan tebal dari *Drop panel* yang nantinya berguna agar *Drop Panel* dapat menopang beban pada struktur. Perhitungan ini dihitung berdasarkan SNI 2847-2019 pada pasal 8.2.4 dan perhitungan keseluruhan dapat dilihat di lampiran 2.

##### 4.4.1 *Drop Panel* Zona 1



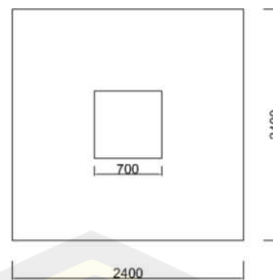
Gambar 4.2 Dimensi Perencanaan *Drop Panel* zona 1

##### 4.4.2 *Drop Panel* Zona 2



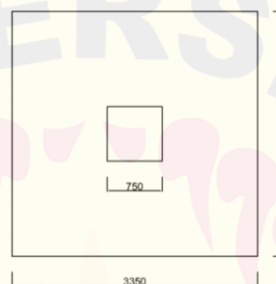
Gambar 4.3 Dimensi Perencanaan *Drop Panel* zona 2

**4.4.3 Drop Panel Zona 3**



Gambar 4.4 Dimensi Perencanaan *Drop Panel* zona 3

**4.4.4 Drop Panel Zona 4**



Gambar 4.5 Dimensi Perencanaan *Drop Panel* zona 4

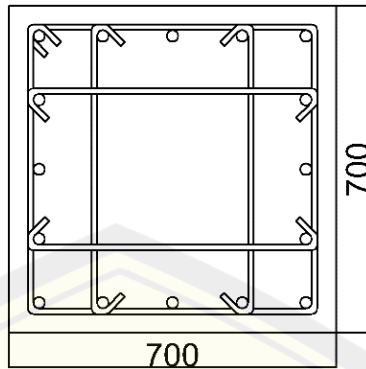
Tabel 4.2 Rekapitulasi dimensi dan tebal Drop Panel pada zona 1 hingga 4

Zona	Dimensi	Tebal
1	2700 x 2700 mm	365 mm
2	3000 x 3000 mm	390 mm
3	2400 x 2400 mm	340 mm
4	3350 x 3350 mm	425 mm

**4.5 Dimensi Kolom**

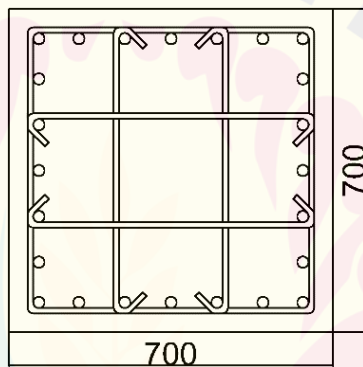
Pada tahap ini untuk menentukan dimensi kolom menggunakan sistem *Tributary Area* dengan menghitung beban yang akan diterima oleh kolom. Jika beban yang diterima oleh kolom besar, maka besar pula penampang kolom yang di rencanakan. Pembebanan yang dianalisa didasarkan pada SNI 1727 2020 dan untuk perhitungan selengkapnya terdapat pada lampiran 3.

**4.5.1 Zona 1**



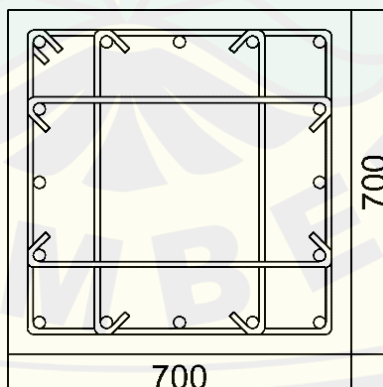
Gambar 4.6 Dimensi kolom zona 1

**4.5.2 Zona 2**



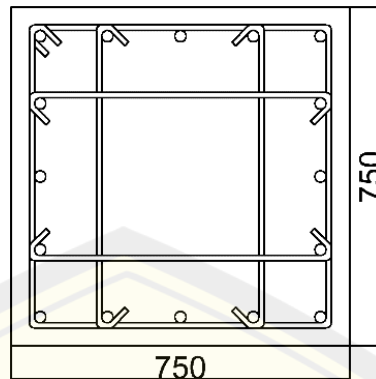
Gambar 4.7 Dimensi kolom zona 2

**4.5.3 Zona 3**



Gambar 4.8 Dimensi kolom zona 3

**4.5.4 Zona 4**



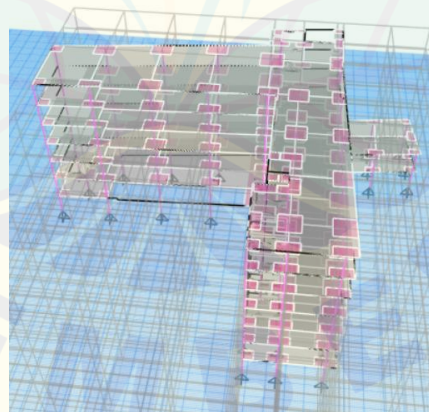
Gambar 4.9 Dimensi kolom zona 4

Tabel 4.3 Rekapitulasi dimensi kolom yang digunakan pada zona 1 hingga zona 4

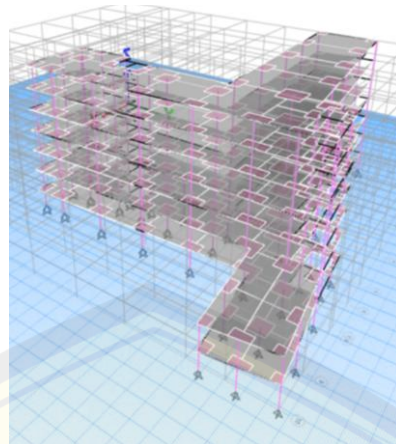
Zona	Dimensi kolom
1	700 x 700 mm
2	700 x 700 mm
3	700 x 700 mm
4	750 x 750 mm

**4.6 Pemodelan Struktur**

Struktur bangunan hotel akan dianalisa menggunakan ETABS v.22, dimana struktur ini dimodelkan dengan menggunakan sendi jepit.



Gambar 4.10 Tampak depan hotel



Gambar 4.11 Tampak samping kanan hotel

## 4.7 Pembebanan

### 4.7.1 Beban Mati

Beban mati terdiri atas beban mati sendiri dan beban mati tambahan, beban mati tambahan adalah beban yang bukan berasal dari beban utama struktur.

#### A) Beban mati sendiri

Beban ini diperoleh dari bahan yang digunakan untuk membangun struktur yaitu beton bertulang. Menurut SNI 2847-2019, beton bertulang memiliki berat jenis antara 2155 dan 2560 kg/m<sup>3</sup>, diambil sebesar 2320 hingga 2400 kg/m<sup>3</sup>, normalnya yang biasa di pakai adalah 2400 kg/m<sup>3</sup>.

#### B) Beban mati tambahan

Beban ini berasal dari elemen elemen yang bukan berasal dari struktur itu sendiri, contohnya ME, plumbing, keramik, spesi, dinding, penggantung, plafond.

##### ➤ Beban mati atap

Spesi 2 cm	2	0,21	0,42	SNI 1727-2019
Keramik	1	0,24	0,24	SNI 1727-2019
Penggantung + Plafond	0,11	0,7	0,81	SNI 1727-2019
Elektrikal + Plumbing	0,4	0,3	0,7	SNI 1727-2019
Total			2,17	kN/m <sup>2</sup>

➤ Beban mati pelat lantai dari lantai 2 s/d 7

Spesi 2 cm	2	0,21	0,42	SNI 1727-2019
Keramik	1	0,24	0,24	SNI 1727-2019
Dinding bata ringan	1	2,5	2,5	SNI 1727-2019
Penggantung + Plafond	0,11	0,7	0,81	SNI 1727-2019
Elektrikal + Plumbing	0,4	0,3	0,7	SNI 1727-2019
Total			4,67	kN/m <sup>2</sup>

#### 4.7.2 Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada struktur yaitu sebesar 2,5 kN/m<sup>2</sup>. Beban ini berasal dari beban yang sementara atau berubah ubah seperti beban manusia, perabotan, dll.

#### 4.7.3 Beban Gempa

Beban gempa dianalisis melalui respon spektrum yang terjadi pada struktur. Bangunan hotel yang direncanakan berada di kota Lumajang. Dengan nilai  $S_s = 0,8908$  dan  $S_1 = 0,4124$ . Nilai ini didapatkan dari Desain Spektra Indonesia RSA Kementerian Pekerjaan Umum (<https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>). Perhitungan beban gempa ini dapat dilihat pada lampiran 4, berikut ini merupakan rekapitulasi dari analisis beban gempa :

1. Resiko bangunan gedung dan nongedung terhadap gempa tergolong resiko II
2. Faktor Keutamaan gempa,  $I_e = 1$
3. Klasifikasi situs, tanah sedang (SD)
4. Parameter percepatan tanah periode pendek,  $S_s = 0,8908$  g
5. Parameter percepatan tanah periode 1 detik,  $S_1 = 0,4124$  g
6. Koefisien situs,  $F_a = 1,14368$
7. Koefisien situs,  $F_v = 1,8876$
8. Parameter spektrum respons percepatan periode pendek,  $S_{MS} = 1,0187$
9. Parameter spektrum respons percepatan periode 1 detik,  $S_{M1} = 0,7784$
10. Parameter percepatan desain periode pendek,  $S_{DS} = 0,6791$
11. Parameter percepatan desain periode 1 detik,  $S_{D1} = 0,5190$
12. Kategori desain seismik periode pendek,  $K_{DS} = 0,6791$ , kategori D
13. Kategori desain seismik periode 1 detik,  $K_{D1} = 0,5190$ , kategori D

14. Sistem pemikul gaya seismik =  $R^a = 8$   
 $\Omega_0 = 3$   
 $C_d = 5\frac{1}{2}$
15. Respon spektrum =  $T_0 = 0,15284$   
 $T_s = 0,7642$
16. Spectral Acceleration (SA),  $T \geq T_0 = 0,6791$
17. Spectral Acceleration (SA),  $T \geq T_s \geq T_L = 0,5190/T$
18. Skala faktor  
 Ditinjau dari arah x =  $X = 1,226$   
 $Y = 0,367$   
 Ditinjau dari arah y =  $X = 0,367$   
 $Y = 1,226$
19. Parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x = T_a = 0,8169$  detik
20. Koefisien batas atas pada periode yang dihitung,  $C_u \times T_a$ ;  $C_u = 1,4$ , maka  $T = 1,14366$  detik  
 Periode fundamental (T) berdasarkan etabs =  $T_x = 1,738$  detik (*Mode 2*)  
 $T_y = 1,93$  detik (*Mode 1*)  
 Periode yang digunakan =  $T_x = 1,738 > 1,14366$  detik, dipakai  $1,14366$  detik  
 $T_y = 1,93 > 1,14366$  detik, dipakai  $1,14366$  detik
21. Koefisien respon seismik =  $C_s \min < C_s < C_s \max$   
 $0,02988 < 0,0848 > 0,0567$
22. Berat sesimik efektif  
 Total perhitungan manual  $103832,2573$  kN  
 Total input dari ETABS =  $4167,33011$  kN  
 Total berat seismik yang digunakan adalah  $4167,33 \times 9,80665 = 40868$  kN
23. Geser dasar seismik  
 $V_x = 2317,2156$  kN  
 $V_y = 2317,2156$  kN
24. Distribusi vertikal gaya seismik  
 Total berat perlantai =  $4167,33011$  kN

Total  $W_i \cdot h_i^k$  = 273566,708 kN/m

Total Cv = 1

Total Fx = 2317,22 kN

25. Partisipasi massa = X = 0,9047, pada modal 4  
 Y = 0,9003, pada modal 4

26. Kontrol akhir respons spektrum

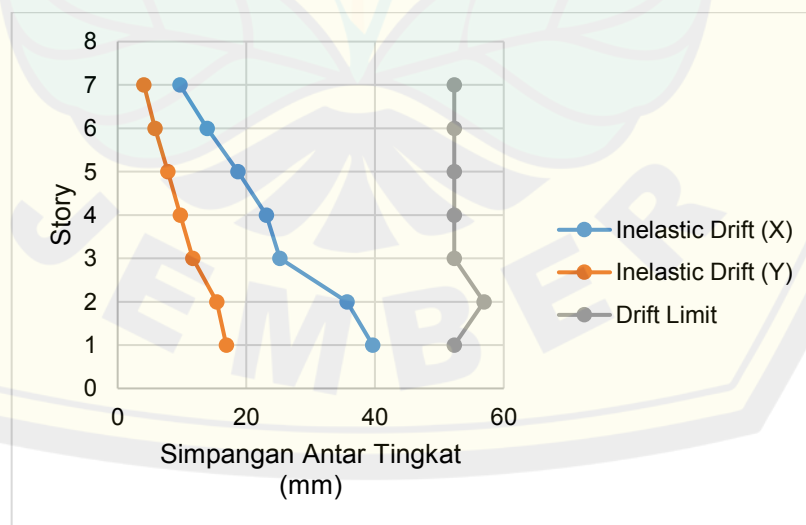
$V_{sx} = 2317,123 \text{ kN} \geq 0,85 \times V_{statik} = 1969,5 \text{ kN}$  (OK)

$V_{sy} = 2317,1195 \text{ kN} \geq 0,85 \times V_{statik} = 1969,5 \text{ kN}$  (OK)

27. Kontrol simpangan (*Drift*)

Tabel 4.4 simpangan antar lantai

Story	Displacement		Elastic Drift		h	Inelastic Drift		Drift Limit	Cek
	$\delta_{ex}$	$\delta_{ey}$	$\delta_{ex}$	$\delta_{ey}$		$\Delta_x$	$\Delta_y$		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
7	23,366	20,266	1,250	1,331	3400	6,875	7,321	52,308	OK
6	22,116	18,935	1,859	1,555	3400	10,225	8,553	52,308	OK
5	20,257	17,38	2,518	2,109	3400	13,849	11,600	52,308	OK
4	17,739	15,271	3,155	2,665	3400	17,353	14,658	52,308	OK
3	14,584	12,606	3,578	3,774	3400	19,679	20,757	52,308	OK
2	11,006	8,832	5,175	4,406	3700	28,463	24,233	56,923	OK
1	5,831	4,426	5,831	4,426	3400	32,071	24,343	52,308	OK



Gambar 4.12 Inelastic Drift

#### 4.8 Penulangan Pelat

Data yang diperlukan untuk perhitungan penulangan *Waffle Slab* yaitu:

Mutu beton, $f_c'$	= 25 Mpa
Mutu baja, $f_y$	= 420 Mpa
Tebal pelat	= 120 mm
Tebal pelat keseluruhan zona 1	= 365 mm
Tebal pelat keseluruhan zona 2	= 390 mm
Tebal pelat keseluruhan zona 3	= 340 mm
Tebal pelat keseluruhan zona 4	= 425 mm
Tebal <i>Drop Panel</i> zona 1	= 365 mm
Tebal <i>Drop Panel</i> zona 2	= 390 mm
Tebal <i>Drop Panel</i> zona 3	= 340 mm
Tebal <i>Drop Panel</i> zona 4	= 425 mm
$L_{nx}$ (Bentang bersih antar balok <i>waffle</i> x)	= 630 mm
$L_{ny}$ (Bentang bersih antar balok <i>waffle</i> y)	= 630 mm

Perhitungan dapat dilihat pada lampiran 5, dari perhitungan tersebut maka tulangan yang digunakan pada setiap zona diberikan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Diameter dan jarak tulangan pelat

Zona 1		
	Lapangan	Tumpuan
X	D16-90	D16-100
Y	D16-100	D16-70
Zona 2		
	Lapangan	Tumpuan
X	D16-200	D16-200
Y	D16-200	D16-55
Zona 3		
	Lapangan	Tumpuan
X	D16-100	D16-70
Y	D16-85	D16-60
Zona 4		
	Lapangan	Tumpuan
X	D16-75	D16-100
Y	D16-200	D16-150

#### 4.8.1 Penulangan balok *Waffle*

*Sample* perhitungan penulangan balok *Waffle* menggunakan arah X pada pelat lantai zona 1. Berdasarkan data yang didapatkan dari *software* ETABS v.22 didapatkan data sebagai berikut :

Mmaks lapangan (+) = 48,8976 kN-m/m

Mmaks tumpuan (-) = -68,33 kN-m/m

Berikut ini adalah data dari balok T yang ada pada *Waffle Slab* :

Lebar balok,  $b_w$  = 120 mm = 12 cm

Tinggi balok zona 1,  $h_1$  = 365 mm = 36,5 cm

Selimut beton zona 1,  $p_1$  = 40 mm = 4 cm

Diameter tulangan utama = 16 mm

Diameter tulangan sengkang = 6 mm

Mutu baja tulangan utama,  $f_y$  = 420 Mpa

Mutu baja tulangan sengkang,  $f_y$  = 240 Mpa

Mutu beton,  $f_c'$  = 25 Mpa

Perhitungan dapat dilihat pada lampiran 5, maka didapatkan hasil rekapitulasi yang ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi penulangan balok *Waffle* dari zona 1 hingga zona 4

<b>Penulangan Balok <i>Waffle</i> Zona 1</b>	
Tul Rangkap tekan	4D16
Tul rangkap tarik	3D16
Tul geser	D6-145 mm
<b>Penulangan Balok <i>Waffle</i> Zona 2</b>	
Tul Rangkap tekan	4D16
Tul rangkap tarik	4D16
Tul geser	D6-160 mm
<b>Penulangan Balok <i>Waffle</i> Zona 3</b>	
Tul Rangkap tekan	4D16
Tul rangkap tarik	3D16
Tul geser	D6-140 mm
<b>Penulangan Balok <i>Waffle</i> Zona 4</b>	
Tul Rangkap tekan	2D16
Tul rangkap tarik	2D16
Tul geser	D6-160 mm

#### 4.9 Penulangan kolom

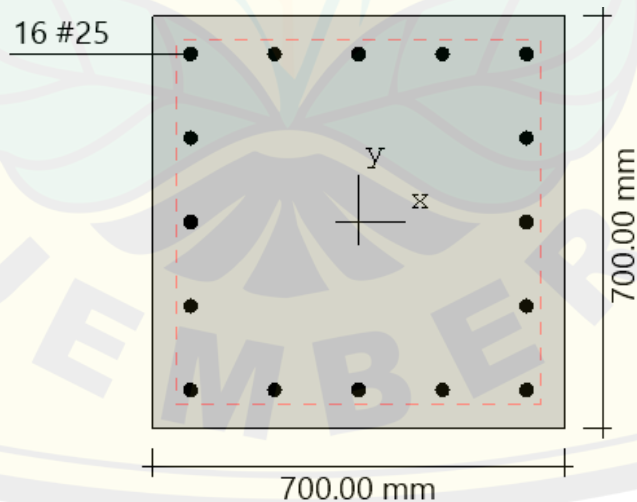
Perhitungan kolom yang akan ditinjau sebagai sampel adalah kolom yang ada pada zona 1. Adapun data data yang didapat dari *software* ETABS v.22 yaitu :

Kuat tekan beton, $f_c'$	= 30 Mpa
Tegangan leleh baja, $f_y$	= 420 Mpa
Tebal selimut beton, $p$	= 40 mm
Diameter tulangan utama	= 25 mm
Diameter tulangan sengkang	= 12 mm
Tinggi kolom	= 3,4 m
Dimensi kolom	= 700 x 700 mm

Diketahui :

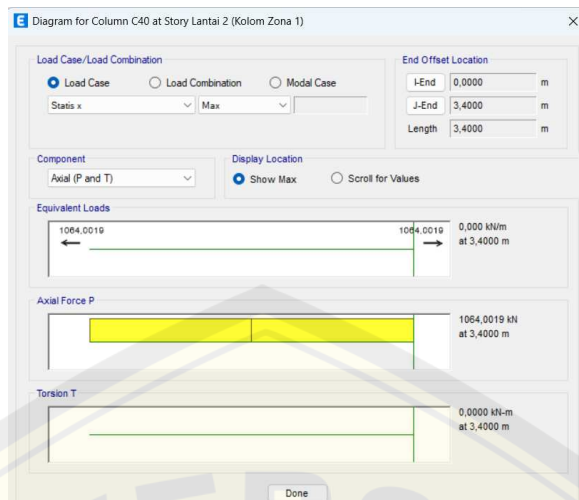
$P_u$	= 1063,8997 kN
$V_{ux}$	= 334,5379 kN.m
$V_{uy}$	= 277,586 kN.m
$M_{ux}$	= 735,7294 kN.m
$M_{uy}$	= 892,8875 kN.m

Berikut ini adalah gambar penulangan kolom pada kolom zona 1 yang dianalisa menggunakan aplikasi SPColoumn dengan dimensi 700 x 700 mm

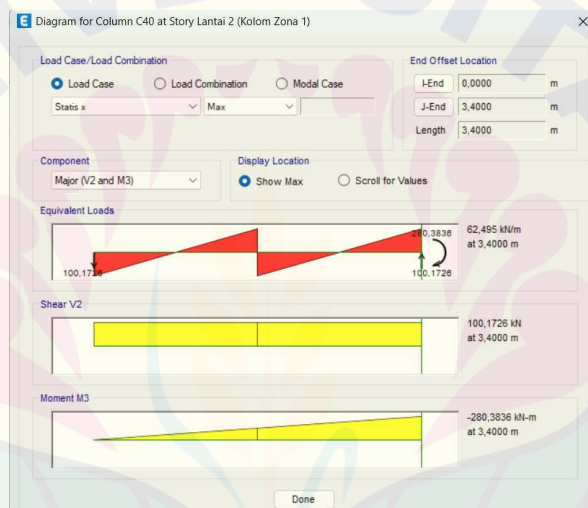


Gambar 4.13 Penulangan kolom 16D25

Kolom ini memiliki output gaya dalam yang diinput dari *software* pemodelan ETABS v.22, dapat dilihat pada gambar 4.14 dan gambar 4.15



Gambar 4.14 Gaya aksial ultimate kolom zona 1



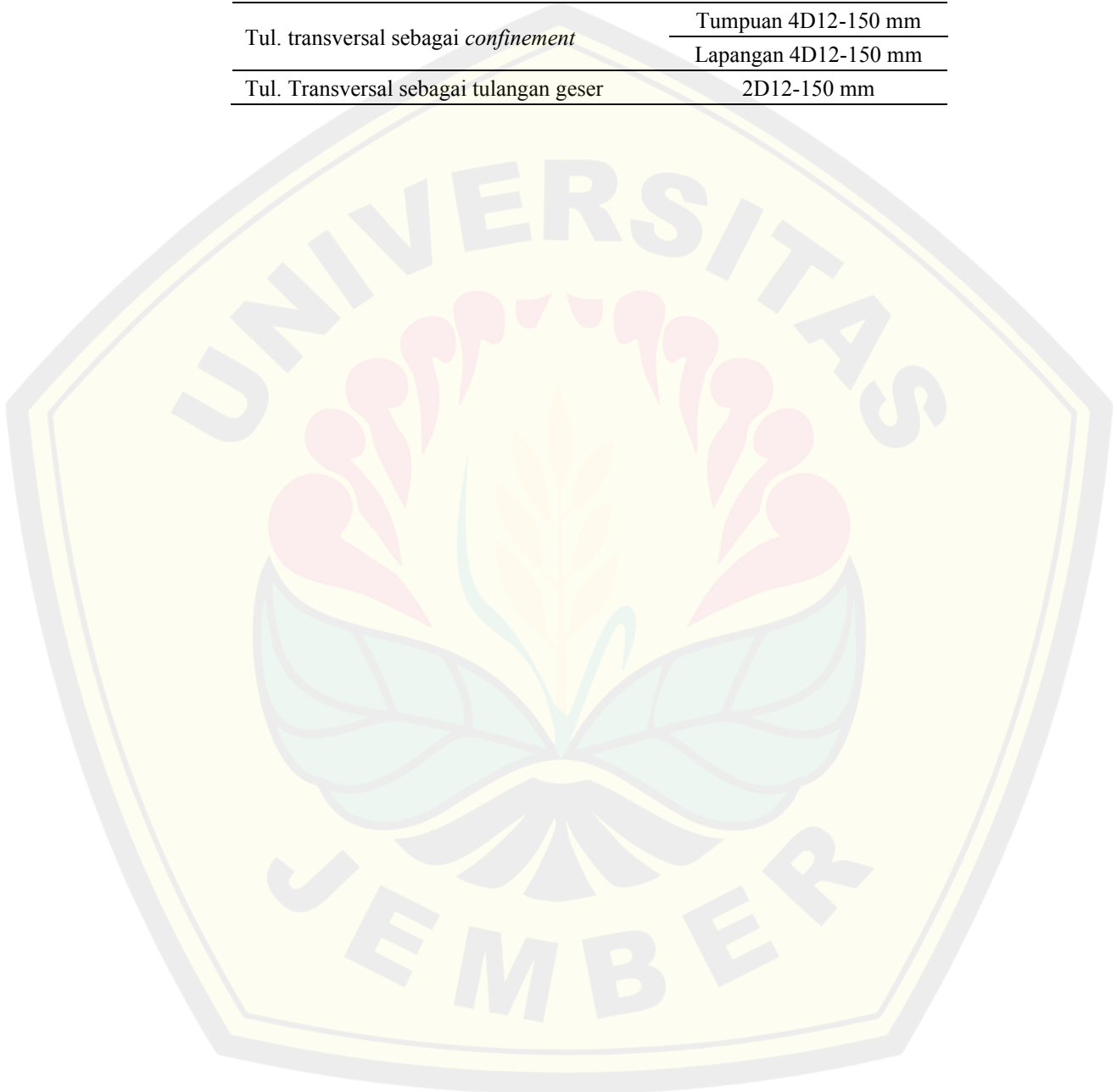
Gambar 4.15 Momen dan geser ultimate kolom zona 1

Perhitungan dapat dilihat pada lampiran 6, dan hasil dari perhitungan tersebut maka didapatkan rekapitulasi yang ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil rekapitulasi tulangan kolom pada zona 1 hingga zona 4

<b>Zona 1</b>	
Tul. Lentur	16D25
Tul. transversal sebagai <i>confinement</i>	Tumpuan 4D12-100 mm Lapangan 4D12-150 mm
Tul. Transversal sebagai tulangan geser	2D12-100 mm
<b>Zona 2</b>	
Tul. Lentur	24D25
Tul. transversal sebagai <i>confinement</i>	Tumpuan 4D12-100 mm Lapangan 4D12-150 mm
Tul. Transversal sebagai tulangan geser	2D12-100 mm

<b>Zona 3</b>	
Tul. Lentur	16D25
Tul. transversal sebagai <i>confinement</i>	Tumpuan 4D12-100 mm
	Lapangan 4D12-150 mm
Tul. Transversal sebagai tulangan geser	2D12-100 mm
<b>Zona 4</b>	
Tul. Lentur	16D25
Tul. transversal sebagai <i>confinement</i>	Tumpuan 4D12-150 mm
	Lapangan 4D12-150 mm
Tul. Transversal sebagai tulangan geser	2D12-150 mm



## BAB 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Struktur *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* mampu menggantikan sistem pelat konvensional yang menggunakan balok. Struktur ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya :
  - a. Sistem pelat ini memiliki kekakuan lentur yang tinggi akibat peran balok T yang bekerja pada pelat yang mengakibatkan struktur lebih sulit mengalami deformasi akibat gaya yang bekerja, seperti langkah manusia, benda berat, dll. Selisih kekakuan dari *Waffle Slab* dengan pelat existing adalah sebesar 28,142% yang mana lebih kaku *Waffle Slab* daripada pelat existing.
  - b. Kekakuan struktur akibat peran balok T yang bekerja, membuat struktur dapat meredam getaran, yang mana kekakuan tersebut dapat mengurangi amplitudo yang tinggi.
  - c. Pada *sample* zona 1 lantai 1, selisih momen lentur pelat existing dengan *Waffle Slab* sebesar 92,1% dengan momen *Waffle Slab* lebih besar daripada pelat konvensional dan selisih dari gaya geser pelat existing dengan *Waffle Slab* sebesar 61,2% yang mana *Waffle Slab* memiliki kapasitas geser lebih besar daripada pelat konvensional. Hal ini mengindikasikan bahwa *Waffle Slab* dapat menahan beban lebih besar daripada pelat konvensional.
  - d. *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* memiliki nilai kelendutan yang lebih kecil sekitar 56% dari pada pelat konvensional
2. Untuk merencanakan detail konstruksi pelat sistem *Waffle Slab* dengan *Drop Panel* adalah
  - a. *Waffle Slab*
    - Merencanakan ketebalan pelat dengan menggunakan standar dari SNI 2847-2019 tentang ketebalan minimum pelat dengan cara membagi bentang dengan faktor yang ditentukan. Maka, didapatkan hasil tebal balok yang akan dipakai.
    - Tebal pelat datar tidak boleh melebihi dari 1/12 dari jarak antar balok *Waffle* (Rib) atau tidak boleh lebih kecil dari 50 mm.

- Menjumlahkan tebal pelat keseluruhan, yaitu tebal pelat datar ditambah dengan tebal balok rib.
- Menentukan lebar dari balok *Waffle* (Rib) yang harus lebih besar atau sama dengan 100 mm.
- Jarak void tidak boleh melebihi 750 mm, dapat ditentukan dengan cara 750 mm di kurangi dengan lebar balok *Waffle* (Rib)

b. *Drop Panel*

- Dimensi *Drop Panel* harus lebih besar atau sama dengan  $1/6$  dikali dengan bentang.
- Ketebalan *Drop Panel* harus lebih besar dari  $1/4$  tebal pelat datar

c. Kolom

- Menggunakan *tributary area* dengan menghitung beban mati dan beban hidup yang bekerja, lalu didapatkan beban ultimate.
- Menghitung luas penampang beban yang dipikul kolom
- Hasil dari luas penampang diakar dan didapat hasil dimensi kolom yang dapat digunakan.

## 5.2 Saran

Penyusunan tugas akhir ini masih terdapat beberapa pembahasan yang tidak dibahas. Adapun saran demi kemajuan pada tugas akhir selanjutnya, yaitu :

1. Kedepannya diharapkan menganalisis perhitungan dimensi tangga serta penulangannya.
2. Mengembangkan metode atau sistem yang digunakan untuk lebih memperkuat struktur serta efisiensi waktu dalam hal pelaksanaan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alaa C. Galeb, Z. F. (2010). Optimum design of reinforced concrete waffle slabs. *International Journal of Civil and Structural Engineering* , 862-880.
- As, J. S. (2015). Modifikasi Perancangan Struktur Menggunakan Flat Slab pada Gedung Hotel PKPRI Trunojoyo Kota Sampang. *Civil Engineering Department*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 1726-2019. In *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bnagunan Gedung dan Non Prategang*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 2847-2019. In *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Departement Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). SNI 1727-2020. In *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Edison, P. d. (2019). Kajian Efisiensi Sistem Waffle Slab Terhadap Pelat Konvensional. *Jurnal Mitra Teknik Sipil, Vol 2, No. 1*.
- Innaaka Bi Haqqi, I. R. (2021). Re-design Struktur Gedung Bertingkat dengan Sistem Flat Slab. *Universitas Islam Sultan Agung*.
- Juwana, J. (2005). Panduan Sistem Bangunan Tinggi, Untuk Arsitek dan Praktisi Bangunan. *Jakarta : Erlangga*.
- Prasad J., C. S. (2005). Optimum Dimensions of Waffle Slab for Medium Size Floors. *Asian Journal of Civil Engineering (Building dan Housing) vol. 6 no.3* .
- Precast.co.id. (n.d.). Apa itu Waffle Slab Penggunaan dan Cara Pengaplikasian.
- Simon Olayiwola Aderemi Olawale, O. A. (2020). Design Optimization of Reinforced Concrete Waffle Slab Using Genetic Algorithm. Diakses pada 15 April 2025. [https://www.researchgate.net/figure/Waffle-slabs-comprising-band-beams\\_fig2\\_353670522](https://www.researchgate.net/figure/Waffle-slabs-comprising-band-beams_fig2_353670522)
- Structurepoint. (2020). Two Way Joist Concrete Slab Floor (Waffle Slab) System Analysis and Design. Structurepoint.org. Diakses pada 09 Juli 2025, dari <https://share.google/SIuR14kWc1buDt3RZ>
- Yanita, R., & Purtono, D. (20119). Value Engineering pada Perencanaan Struktur Pelat Antara Sistem Drop Panel Flat-Slab terhadap Sistem Beam-Slab. *Technopex-2019 Institut Teknologi Indonesia*, 208-215.

**LAMPIRAN**

Lampiran 1. Perhitungan Tebal Pelat

Lampiran 2. Perhitungan Dimensi *Drop Panel*

Lampiran 3. Perhitungan Dimensi Kolom

Lampiran 4. Pembebanan Gempa

Lampiran 5. Penulangan Pelat dan Balok Rib

Lampiran 6. Penulangan Kolom

