

TUGAS AKHIR

STUDI ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI PROYEK RUMAH TOKO DARI ASPEK TEKNIS (BALOK DAN PELAT) DAN ASPEK FINANSIAL (*A FEASIBILITY STUDY OF A SHOPHOUSE PROJECT BASED ON TECHNICAL AND FINANCIAL ASPECTS*)

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



**BIMA VANSa DEWA
10.511.022**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

TUGAS AKHIR

STUDI ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI PROYEK RUMAH TOKO DARI ASPEK TEKNIS (BALOK DAN PELAT) DAN ASPEK FINANSIAL (*A FEASIBILITY STUDY OF A SHOPHOUSE PROJECT BASED ON TECHNICAL AND FINANCIAL ASPECTS*)

disusun oleh

Bima Vansa Dewa
10511022

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

diuji pada tanggal 7 September 2016
oleh Dewan Penguji

Pembimbing I



Ir. Faisol AM, MS

Penguji I



Albani Musyafa,
ST., MT., Ph.D

Penguji II



Fitri Nugraheni,
ST., MT., Ph.D

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 2 September 2016
Yang membuat pernyataan,



Bima Vansa Dewa
10511022

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wr.wb

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW karena penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *Studi Analisis Kelayakan Investasi Proyek Rumah Toko Dari Aspek Teknis (Balok dan Pelat) Dan Aspek Finansial*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk mencapai jenjang strata satu 1, pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan tugas akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir.Faisol,AM.,M.S, selaku Dosen Pembimbing tugas akhir.
2. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Penguji tugas akhir.
3. Bapak Albani Musyafa., ST., MT., Ph.D., selaku Dosen Penguji tugas akhir.
4. Ir. H. Harsoyo, M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
5. Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
6. Kedua orang tua, Bapak Yudi Mardigdo dan Ibu Marlita Mumpuni Handayani, kakak saya Vriscalita Ardiani Putri dan Ardi Hendrawan,

keponakan saya Shakayla Ilona Edgina Banafsha dan Edbrina Zevanya Orlinasha serta sayangku Famadya Listikaningrum yang telah memberikan begitu banyak hal, baik do'a, material, spiritual, pikiran dan motivasinya sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.

7. Keluarga Besar FTSP UII, Keluarga Besar Teknik Sipil UII, Saudara senasib seperjuangan Teknik Sipil 2010, beribu terima kasih kepada kalian semua atas semua dukungannya, tidak terhitung berapa banyak ilmu, suka maupun duka yang telah kita lalui bersama dan semuanya akan menjadi kenangan indah yang tidak akan pernah terlupakan.
8. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu diucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

Penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan tugas akhir ini dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan bagi semua pihak yang membutuhkan umumnya.

Yogyakarta, 2 September 2016

Penulis,

Bima Vansa Dewa

10511022

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II STUDI PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.1.1 Analisis Kelayakan Investasi Pembangunan Ruko Aurelia dari Aspek Keuangan pada PT. Bahtera Mitra Sejahtera di Samarinda (Putri, 2013).....	5
2.1.2 Analisis Studi Kelayakan Berdasarkan Investasi Perumahan Kelas Menengah Berdasarkan Aspek Finansial (Fairuzabady, 2011).....	6
2.1.3 Penelitian Kelayakan Investasi pada Perumahan Real Estate di Kabupaten Sleman (Gunawan, 2010).....	7
2.1.4 Studi Kelayakan Investasi Bisnis Properti Studi Kasus : Ciater Riung Ranga (Warsika, 2009).....	8

2.2	Keaslian Penelitian.....	8
BAB III LANDASAN TEORI		
3.1	Investasi.....	14
3.2	Aliran Keuangan (<i>Cash Flow</i>).....	14
3.3	Rencana Anggaran Biaya.....	15
3.4	Analisis Kelayakan Investasi Proyek.....	18
3.5	Analisis Finansial.....	19
3.5.1	Metode <i>Net Present Value</i> (NPV).....	20
3.5.2	Metode <i>Break Event Point</i> (BEP).....	21
3.5.3	Metode <i>Payback Period</i> (PP).....	22
3.5.4	Metode <i>Internal Rate of Return</i> (IRR).....	22
3.6	Pelat Lantai.....	23
3.6.1	Pelat Beton Konvensional.....	24
3.6.1.1	Sistem Penulangan Pelat.....	24
3.6.1.2	Perencanaan Tulangan Pelat.....	25
3.6.1.3	Hitungan Pelat.....	28
3.7	Perencanaan Balok.....	31
BAB IV METODE PENELITIAN		
4.1	Umum.....	38
4.2	Subjek dan Objek Penelitian.....	38
4.3	Data dan Cara Mendapatkan Data.....	38
4.4	Metode Analisis Data.....	40
4.4.1	Tahapan Penelitian.....	40
4.5	Bagan Alir Penelitian.....	42
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
5.1	Data Bangunan Ruko.....	44
5.1.1	Gambar Denah Ruko.....	44
5.2	Analisis Struktur Pelat dan Balok.....	46
5.2.1	Beban dan Mutu Bahan.....	46
5.2.2	Desain Pelat Lantai.....	48
5.2.3	Desain Pelat Atap.....	52

5.2.4	Desain Pelat Luifel.....	57
5.2.5	Desain Pelat Tangga	57
5.2.6	Desain Balok.....	57
5.2.6.1	Distribusi Beban Pelat ke Balok.....	57
5.2.6.2	Rencana Tulangan Longitudinal Balok.....	59
5.2.6.3	Rencana Tulangan Geser Pada Balok.....	61
5.3	Rencana Anggaran Biaya.....	62
5.4	Analisis Investasi.....	74
5.4.1	Investasi.....	74
5.4.1.1	Biaya Konstruksi Bangunan.....	74
5.4.1.2	Biaya Lahan.....	75
5.4.1.3	Biaya Lain-lain.....	75
5.4.1.4	Total Investasi.....	75
5.4.2	Pendapatan.....	76
5.4.2.1	Pendapatan Skenario Pertama.....	76
5.4.2.2	Pendapatan Skenario Kedua.....	76
5.4.2.3	Pendapatan Skenario Ketiga.....	77
5.4.3	Pengeluaran.....	78
5.4.3.1	Pengeluaran Skenario Pertama.....	78
5.4.3.2	Pengeluaran Skenario Kedua.....	80
5.4.3.3	Pengeluaran Skenario Ketiga.....	83
5.4.4	Aliran Kas (<i>Cash Flow</i>).....	86
5.4.5	Analisis Kelayakan Finansial.....	88
5.4.5.1	<i>Net Present Value</i> (NPV).....	88
5.4.5.1.1	<i>Net Present Value</i> Skenario Pertama.....	88
5.4.5.1.2	<i>Net Present Value</i> Skenario Kedua.....	89
5.4.5.1.3	<i>Net Present Value</i> Skenario Ketiga.....	90
5.4.5.2	<i>Break Even Point</i> (BEP).....	91
5.4.5.2.1	<i>Break Even Point</i> Skenario Pertama.....	91
5.4.5.2.2	<i>Break Even Point</i> Skenario Kedua.....	93
5.4.5.2.3	<i>Break Even Point</i> Skenario Ketiga.....	95

5.4.5.3	<i>Payback Period (PP)</i>	97
5.4.5.3.1	<i>Payback Period Skenario Pertama</i>	97
5.4.5.3.2	<i>Payback Period Skenario Kedua</i>	98
5.4.5.3.3	<i>Payback Period Skenario Ketiga</i>	100
5.4.5.4	<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	101
5.4.5.4.1	<i>Internal Rate of Return Skenario Pertama</i>	101
5.4.5.4.2	<i>Internal Rate of Return Skenario Kedua</i>	102
5.4.5.4.3	<i>Internal Rate of Return Skenario Ketiga</i>	103
5.5	Pembahasan.....	104
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Simpulan.....	107
6.2	Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

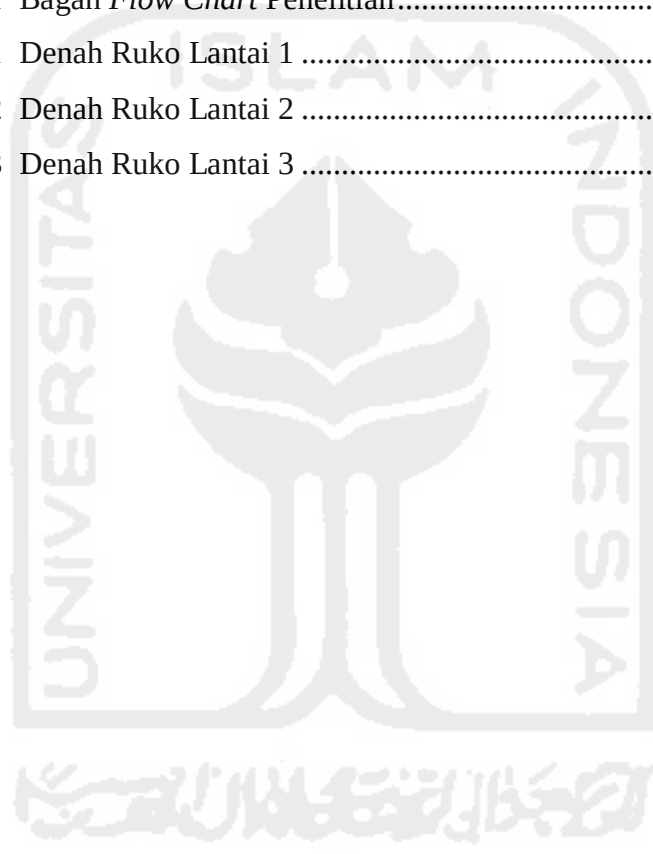
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian	8
Tabel 3.1 Tabel Minimal Pelat Tanpa Balok Interior	27
Tabel 5.1 Beban Mati Pada Pelat Lantai Atas	46
Tabel 5.2 Beban Mati Pada Pelat Atap	46
Tabel 5.3 Beban Mati Pada Pelat Luifel	47
Tabel 5.4 Koefisien Momen (PBI-1971)	48
Tabel 5.5 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I	51
Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat Lantai	52
Tabel 5.7 Koefisien Momen (PBI-1971)	52
Tabel 5.8 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I	55
Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat Atap	56
Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Tulangan Pelat Luifel	57
Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Tulangan Pelat Tangga	57
Tabel 5.12 Asumsi Ukuran Balok untuk Berat Sendiri	57
Tabel 5.13 Momen Pada Semua Balok	59
Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Tulangan Longitudinal Pada Semua Balok	61
Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Tulangan Geser Pada Semua Balok	62
Tabel 5.16 Rencana Anggaran Biaya Ruko 3 Lantai	63
Tabel 5.17 Rekap Rencana Anggaran Biaya	74
Tabel 5.18 Total Investasi	75
Tabel 5.19 Total Biaya Pengeluaran Skenario Pertama	80
Tabel 5.20 Total Biaya Pengeluaran Skenario Kedua	83
Tabel 5.21 Total Biaya Pengeluaran Skenario Ketiga	85
Tabel 5.22 <i>Cash Flow</i> Skenario Pertama Berdasarkan Modal Mandiri 100%	87
Tabel 5.23 <i>Cash Flow</i> Skenario Kedua Berdasarkan Modal Pinjaman Bank 50% dengan Bunga 12.5%	87

Tabel 5.24 <i>Cash Flow</i> Skenario Ketiga Berdasarkan Modal Pinjaman Bank 70% dengan Bunga 12.5%.....	87
Tabel 5.25 NPV Skenario Pertama.....	88
Tabel 5.26 NPV Skenario Kedua.....	89
Tabel 5.27 NPV Skenario Ketiga.....	90
Tabel 5.28 BEP Skenario Pertama.....	92
Tabel 5.29 BEP Skenario Kedua.....	93
Tabel 5.30 BEP Skenario Ketiga.....	95
Tabel 5.31 <i>Payback Period</i> Skenario Pertama.....	97
Tabel 5.32 <i>Payback Period</i> Skenario Kedua.....	99
Tabel 5.33 <i>Payback Period</i> Skenario Ketiga.....	100
Tabel 5.34 IRR Skenario Pertama.....	101
Tabel 5.35 IRR Skenario Kedua.....	102
Tabel 5.36 IRR Skenario Ketiga.....	103
Tabel 5.37 Rekap Hasil Analisis Finansial.....	104

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Distribusi Tegangan-Regangan Balok Tulangan Sebelah.....	33
Gambar 3.2 Distribusi Tegangan-Regangan Balok Tulangan Rangkap	34
Gambar 4.1 Bagan <i>Flow Chart</i> Penelitian.....	43
Gambar 5.1 Denah Ruko Lantai 1	44
Gambar 5.2 Denah Ruko Lantai 2	45
Gambar 5.3 Denah Ruko Lantai 3	45



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 : Perhitungan Pelat Lantai.....	110
Lampiran 2 : Perhitungan Pelat Atap	127
Lampiran 3 : Perhitungan Pelat Luifel	144
Lampiran 4 : Perhitungan Pelat Tangga.....	146
Lampiran 5 : Perhitungan Momen Pada Balok.....	151
Lampiran 6 : Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok	156
Lampiran 7 : Perhitungan Tulangan Geser Balok.....	164



ABSTRAK

Ruko merupakan salah satu peluang investasi di sektor properti yang potensial dan bisa dimanfaatkan untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Dalam pembangunan suatu proyek investasi diperlukan perhitungan khusus untuk mengetahui kelayakan dari proyek tersebut. Selain itu, bangunan gedung juga perlu didesain dengan mutu dan kualitas yang tetap terjamin sehingga investasi dapat bernilai tinggi secara ekonomi dan keamanan struktur bangunan.

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan proyek pembangunan ruko 3 lantai yang berjumlah 6 unit yang berada di Kota Nganjuk, Jawa Timur dengan 3 skenario pembiayaan, yaitu dengan biaya sendiri, biaya pinjaman dari Bank sebesar 50%, dan biaya pinjaman dari Bank sebesar 70%. Perhitungan analisis kelayakan investasi dilakukan dengan menggunakan analisis finansial *Net Present Value* (NPV), *Break Even Point* (BEP), *Payback Period* (PP), dan *Internal Rate of Return* (IRR).

Hasil penelitian menunjukkan dari ketiga skenario yang dirancang, skenario kedua memiliki kelayakan paling baik dari nilai keuntungan dan tingkat pengembalian modal dengan hasil perhitungan *Net Present Value* (NPV) adalah sebesar Rp 840.314.968,18. Besarnya *Break Even Point* (BEP) skenario kedua adalah Rp 7.951.145.083,89 dan terjadi pada tahun ke- 1,36. *Payback Period* (PP) terjadi pada tahun 1,07 dari umur analisis 3 tahun. *Payback Period* terjadi lebih cepat dibandingkan dengan BEP karena pada PP tidak diperhitungkan nilai waktu akan uang (*time value for money*). Sedangkan besarnya *Internal Rate of Return* (IRR) adalah 36,14%., lebih besar dari tingkat bunga yang disyaratkan yaitu 12,5%. Dari hasil perhitungan analisis finansial yang telah dilakukan dapat dikatakan investasi ruko ini layak untuk dilaksanakan.

Kata Kunci : analisis kelayakan investasi; *Net Present Value* (NPV); *Break Even Point* (BEP); *Payback Period* (PP); *Internal Rate of Return* (IRR).

ABSTRACT

Ruko is one of the investment opportunities in the property sector potential and can be used for short term and long term. In the development of an investment project required special calculations to determine the feasibility of the project. In addition, the building also need to be designed with quality and assured quality so that investment can be high value economic and security structures.

This final project aims to determine the feasibility of the construction of ruko 3 floors totaling 6 units located in the City Nganjuk, East Java, with three financing scenarios, ie at their own expense, the cost of borrowing from the Bank by 50%, and the cost of borrowing from the Bank by 70% , Calculation of investment feasibility analysis done by using financial analysis Net Present Value (NPV), Break Even Point (BEP), Payback Period (PP), dan Internal Rate of Return (IRR).

The results showed the three scenarios designed, the second scenario has the best feasibility of the value of the benefits and return on capital by the calculation of Net Present Value (NPV) is Rp 840,314,968.18. The Break Even Point (BEP) The second scenario is Rp 7,951,145,083.89 and occurred in ke- 1.36. Payback Period (PP) occurred in 1.07 from the age of 3 years of analysis. Payback Period is happening faster than the BEP because the PP is not taken into account the time value of money (time value for money). While the magnitude of the Internal Rate of Return (IRR) is 36.14%, Is greater than the required interest rate is 12.5%. From the calculation of financial analysis that has been done can be said of this shop investment is feasible.

Keywords: analysis of investment feasibility ` , Net Present Value (NPV), Break Even Point (BEP), Payback Period (PP), Internal Rate of Return (IRR).

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada saat ini investasi semakin berkembang seiring dengan laju pertumbuhan perekonomian masyarakat Indonesia. Salah satu investasi yang berkembang pesat di Indonesia adalah investasi properti. Pertumbuhan investasi properti tidak hanya terjadi di kota-kota besar saja, tetapi juga juga di kota kecil lainnya yang sedang berkembang di Indonesia.

Investasi adalah mengeluarkan sejumlah modal atau dana untuk objek investasi dengan tujuan suatu saat mendapatkan keuntungan dari investasi tersebut. Harapan pada keuntungan dimasa datang merupakan kompensasi atas waktu dan resiko yang terkait dengan suatu investasi yang dilakukan. Dalam suatu investasi, biaya merupakan faktor penting yang harus diperhatikan. Hal ini dikarenakan investor tentu menginginkan keuntungan yang besar dalam setiap investasinya.

Perkembangan tren rumah sebagai tempat usaha untuk mensiasati efektifitas dan mobilitas yang tinggi dari manusia modern semakin menunjukkan perkembangan yang luar biasa akhir-akhir ini. Hal ini dapat dilihat dari bisnis properti rumah toko (ruko) yang semakin marak. Ruko menjadi solusi yang cukup baik untuk mengatasi kebutuhan akan rumah tinggal sekaligus juga tempat mengembangkan usaha dari rumah.

Ruko merupakan salah satu peluang investasi di sektor properti yang potensial dan bisa dimanfaatkan untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Harga jual ruko yang lebih tinggi dibanding rumah tinggal banyak menarik minat para investor untuk memilih membangun ruko. Namun dalam membangun ruko tentunya membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Oleh karena itu, diperlukannya suatu pemahaman tentang teori –

teori biaya produksi agar investasi yang akan dilakukan dapat memperhitungkan biaya-biaya yang akan dikeluarkan dan dapat diperhitungkan kelayakan dari investasi tersebut.

Biaya pembangunan ruko yang tidak sedikit membuat kita berpikir bagaimana untuk mendapatkan biaya tersebut. Berbagai pilihan dapat dipilih untuk mendapatkan biaya pembangunan ruko diantaranya yaitu biaya dengan biaya pribadi atau biaya yang diperoleh dari pinjaman Bank. Beberapa cara mendapatkan modal untuk pembangunan ruko tersebut tentu perlu dianalisa lebih lanjut agar dapat dipilih cara mana yang bisa membuahkan keuntungan paling optimal.

Pada perencanaan bangunan bertingkat seperti ruko, faktor yang harus diperhatikan selain keekonomisannya adalah faktor kekuatan, keamanan, kestabilan bangunan. Aman, kuat dan ekonomis yang diharapkan dalam suatu perencanaan bangunan selain rencana anggaran biaya pada proyek. Salah satu komponen struktur bangunan gedung yang sangat penting diperhatikan adalah kekuatan balok dan pelat lantai bangunan. Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Sedangkan pelat lantai adalah struktur yang pertama kali menerima beban, baik beban mati maupun beban hidup yang kemudian menyalurkannya ke sistem struktur rangka yang lain. Kegagalan dan merencanakan struktur balok dan pelat dapat menyebabkan keruntuhan dari bangunan, sehingga perlu diketahui bagaimana desain balok dan pelat lantai yang aman secara teknis. Bangunan gedung perlu didesain dengan mutu dan kualitas yang tetap terjamin sehingga investasi dapat bernilai tinggi secara ekonomi dan keamanan struktur bangunan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas diatas maka timbul pertanyaan yang dijadikan rumusan masalah dalam penelitian yang dilakukan, yaitu :

1. Bagaimana desain balok dan pelat lantai ruko yang aman secara teknis?
2. Bagaimana kelayakan proyek jika biaya yang digunakan dalam membangun ruko berasal dari biaya mandiri, biaya pinjaman dari Bank sebesar 50%, dan biaya pinjaman dari Bank sebesar 70% apabila dihitung menggunakan analisis finansial *NPV*, *BEP*, *PP*, dan *IRR*?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan desain struktur balok dan pelat lantai yang aman secara teknis.
2. Mengetahui kelayakan proyek pembangunan ruko dengan biaya sendiri, biaya pinjaman dari Bank sebesar 50%, dan biaya pinjaman dari Bank sebesar 70% dengan menggunakan analisis finansial *NPV*, *BEP*, *PP*, dan *IRR*.

1.4 BATASAN PENELITIAN

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu diperlukan batasan-batasan dalam penelitian, antara lain:

1. Penelitian dilakukan dengan menganalisa proyek ruko Diponegoro di Kota Nganjuk.
2. Analisis kelayakan dan presentase keuntungan investasi ruko dibandingkan dengan asumsi bahwa modal awal investasi didapat dari modal mandiri, modal pinjaman dari Bank sebesar 50%, dan modal dari modal pinjaman dari Bank sebesar 70%.

3. Metode analisis menggunakan metode analisis investasi yaitu *NPV*, *BEP*, dan *PP*, dan *IRR*.
4. Tingkat suku bunga Bank yang digunakan adalah 12,5% per tahun.
5. Perhitungan struktur bangunan hanya dihitung pada balok dan pelat lantai bangunan ruko.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan terhadap analisa Investasi Pembangunan Ruko di kota Nganjuk yang nantinya diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kelayakan investasi Ruko.
2. Menambah pengetahuan mengenai pembangunan ruko dengan struktur balok dan pelat yang sesuai dengan persyaratan teknis.
3. Adanya ruko juga dapat menjadi tempat-tempat untuk membuka usaha. Selain itu pembangunan ruko juga akan meningkatkan nilai jual tanah dan bangunan yang ada di sekitar ruko tersebut.

BAB II

STUDI PUSTAKA

Untuk menghindari terjadinya duplikasi dalam pengerjaan tugas akhir, penulis memaparkan hasil penelitian dari tugas akhir yang pernah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian yang menunjang penyusunan dan dijadikan sebagai tolak ukur seperti dijelaskan sebagai berikut :

2.1 PENELITIAN SEBELUMNYA

2.1.1 Analisis Kelayakan Investasi Pembangunan Ruko Aurelia dari Aspek Keuangan pada PT. Bahtera Mitra Sejahtera di Samarinda (Putri, 2013)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah proyek investasi pembangunan ruko layak ditinjau dari segi keuangan. Analisa data yang digunakan adalah dengan metode *Payback Period*, *Net Present Value*, *Internal Rate of Return*, dan *Profitability Index*.

Hasil penelitian menggunakan *Payback Period (PP)* atau jangka waktu yang dibutuhkan untuk menutup kembali pengeluaran investasi didapat hasilnya ialah selama 19 bulan. Ini berarti bahwa *Payback Period* lebih kecil dari nilai umur pinjaman yaitu selama 24 bulan, maka proyek investasi ini layak. Hasil perhitungan *NPV* didapatkan *NPV* positif yang sebesar Rp. 173.742.000,00, maka proyek investasi ini layak. Hasil perhitungan *IRR* sebesar 2,76% per bulan atau 33.12% per tahun yang berarti bahwa nilai ini lebih besar dari suku bunga yang digunakan, maka proyek investasi ini layak. *Profitability Index* diperoleh hasil sebesar 23.96% yang berarti investasi ini layak. Dari hasil analisis dan pembahasan kelayakan proyek investasi pada pembangunan 7 unit ruko Bengkuring ditinjau dari aspek keuangannya layak dilaksanakan.

2.1.2 Analisis Studi Kelayakan Berdasarkan Investasi Perumahan Kelas Menengah Berdasarkan Aspek Finansial (Fairuzabady, 2011)

Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan strategi pengembangan perumahan kelas menengah yang dilihat dari segi kelayakan finansial, untuk selanjutnya proyek ini menggunakan 3 skenario sebagai pengambil keputusan. Adapun yang membedakan antara ketiganya tersebut adalah jumlah unit rumah yang di bangun dengan pembagian jumlah tipe rumah. Setelah dilakukannya pengolahan data dengan sistem pembayaran model Kredit Kepemilikan Rumah (KPR) dan *Cash* bertahap (1 tahun), selanjutnya atas data – data tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan metode *Net Present Value (NPV)*, *Payback Period (PP)*, dan *Break Even Point (BEP)*.

Dari penelitian diperoleh hasil sebagai berikut :

A) Sistem KPR

Skenario 1 :	<i>BEP</i> : Pendapatan mencapai Rp 5.500.550.084,00
	<i>PP</i> : Bulan ke 8,55
	<i>NPV</i> : Rp 650.325.139,00
Skenario 2 :	<i>BEP</i> : Pendapatan mencapai Rp 4.440.436.017,00
	<i>PP</i> : Bulan ke 6,06
	<i>NPV</i> : Rp 1.057.277.369,00
Skenario 3 :	<i>BEP</i> : Pendapatan mencapai Rp 5.294.204.215,00
	<i>PP</i> : Bulan ke 7,57
	<i>NPV</i> : Rp 1.315.718.958,00

B) Sistem *Cash* Bertahap

Skenario 1 :	<i>BEP</i> : Pendapatan mencapai Rp 6.355.729.029,00
	<i>PP</i> : Bulan ke 14,14
	<i>NPV</i> : Rp 313.706.692,00
Skenario 2 :	<i>BEP</i> : Pendapatan mencapai Rp 6.653.544.704,00
	<i>PP</i> : Bulan ke 12,58
	<i>NPV</i> : Rp 710.735.380,00
Skenario 3 :	<i>BEP</i> : Pendapatan mencapai Rp 6.856.751.373,00
	<i>PP</i> : Bulan ke 12,80

NPV : Rp 924.902.819,00

Dari ketiga skenario tersebut, diperoleh kesimpulan yaitu baik sistem KPR maupun *Cash Bertahap* dinyatakan layak semua untuk pembangunan proyek perumahan kelas menengah ini. Hasil analisis antara skenario 2 dan skenario 3 baik sistem KPR maupun *Cash Bertahap* maka diambil keputusan pada skenario 3 yang paling layak secara finansial di banding 2 skenario lainnya.

2.1.3 Penelitian Kelayakan Investasi pada Perumahan Real Estate di Kabupaten Sleman (Gunawan, 2010)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan investasi dari suatu proyek perumahan *real estate* dengan menggunakan metode *Break Event Point (BEP)* dan *Payback Period (PP)*.

Analisis proyek perumahan ini bertujuan untuk menunjukkan strategi perkembangan perumahan *real estate* sehingga nantinya dapat memberikan keuntungan maksimal. Adapun yang membedakan antara ketiga skenario tersebut adalah jumlah unit rumah dan pembagian jumlah tipe rumah yang akan di bangun.

Dari hasil penelitian diperoleh hasil sebagai berikut :

A) Skenario Pertama

- 1) Jumlah keuntungan : Rp 284.594.593,00
- 2) *Payback Period* : 12,57 Bulan
- 3) *BEP* terjadi pada waktu pendapatan mencapai : Rp7.350.211.459,00

B) Skenario Kedua

- 1) Jumlah Keuntungan : RP 2.360.668.627,00
- 2) *Payback Period* : 11,4 Bulan
- 3) *BEP* terjadi pada waktu pendapatan mencapai : Rp 7.540.445.079,00

C) Skenario Ketiga

- 1) Jumlah Keuntungan : RP 265.904.949,00
- 2) *Payback Period* : 11,1 Bulan
- 3) *BEP* terjadi pada waktu pendapatan mencapai : Rp 7.350.211.459,00

Dari ketiga skenario tersebut, yang memiliki nilai maksimum adalah pada skenario dua, dimana pada skenario tersebut, jumlah keuntungan atau profit paling tinggi dari ketiga skenario yang di lakukan

2.1.4 Studi Kelayakan Investasi Bisnis Properti Studi Kasus : Ciater Riung Rangka (Warsika, 2009)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah menginvestasikan dana pada Ciater Riung Rangka menguntungkan atau tidak. Dalam menganalisis data-data dan hasil penelitian menggunakan analisa *Cash In Flow*, *Cash Out Flow*, *Projected Cash Flow*, analisa *NPV*, analisa *IRR*, analisa *Profitability Index*, analisa *Modified IRR*, dan analisa *COC*.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *Cash In Flow* : Rp. 190.772.079.000,00
2. *Cash Out Flow* : Rp. 121.493.750.000,00
3. *Projected Net Profit* : Rp. 35.202.956.100
4. *NPV* : Rp. 14.848.189.000,00
NPV yang diperoleh adalah *NPV* positif, hal ini menunjukkan bahwa proyek ini layak untuk dijalankan.
5. *IRR* : 69.38%, *IRR* yang diperoleh adalah *IRR* > *Discount Rate* (69.38% > 20%), hal ini menunjukkan bahwa proyek ini layak untuk dijalankan.
6. *Profitability Index* menunjukkan >1 dengan anggapan investasi awal adalah 0.
7. *MIRR* : 33.42% dan *COC* : 25.76%, berarti dapat diinvestasikan kembali (*MIRR* > *COC*)

2.2 KEASLIAN PENELITIAN

Dari tinjauan pustaka di atas, maka diperoleh rincian perbedaan dengan penelitian yang telah ada sebelumnya :

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian

NO.	PENELITI & JUDUL	TUJUAN & METODE	HASIL
1.	Peneliti : Putri (2013) Judul : Analisis Kelayakan Investasi	Tujuan : Mengetahui apakah proyek investasi pembangunan ruko layak ditinjau dari	Dari analisis yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa proyek pembangunan ruko tersebut layak dari segi keuangan. Selain itu, dari

	Pembangunan Ruko Aurelia dari Aspek Keuangan pada PT. Bahtera Mitra Sejahtera di Samarinda	segi keuangan. Metode : <i>Payback Period, Net Present Value, Internal Rate of Return</i> , dan <i>Profitability Index</i> .	aspek pasarnya juga investasi ini layak untuk dilaksanakan dimana hal tersebut dapat dilihat dari minat konsumen yang sangat tinggi terhadap produk yang ditawarkan, dalam hal ini adalah ruko.
2.	Peneliti : Fairuzabady (2011) Judul : Analisis Studi Kelayakan Berdasarkan Investasi Perumahan Kelas Menengah Berdasarkan Aspek Finansial	Tujuan : Menunjukkan strategi pengembangan perumahan kelas menengah yang dilihat dari segi kelayakan finansial. Metode : <i>Net Present Value (NPV), Payback Period (PP)</i> , dan <i>Break Even Point (BEP)</i> .	Dari ketiga skenario tersebut, diperoleh kesimpulan yaitu baik sistem KPR maupun <i>Cash Bertahap</i> dinyatakan layak semua untuk pembangunan proyek perumahan kelas menengah ini. Hasil analisis antara skenario 2 dan skenario 3 baik sistem KPR maupun <i>Cash Bertahap</i> maka diambil keputusan pada skenario 3 yang paling layak secara finansial di banding 2 skenario lainnya. Hasil yang diperoleh dari skenario 3 yaitu : 1) <i>BEP</i> : Rp 6.856.751.373,00 2) <i>PP</i> : Bulan ke 12,80 3) <i>NPV</i> : Rp 924.902.819,00

3.	<p>Peneliti : Gunawan (2010)</p> <p>Judul : Penelitian Kelayakan Investasi pada Perumahan <i>Real Estate</i> di Kabupaten Sleman</p>	<p>Tujuan : Mengetahui kelayakan investasi dari suatu proyek perumahan real estate.</p> <p>Metode : <i>Break Event Point (BEP) dan Payback Period (PP).</i></p>	<p>Dari Ketiga skenario, yang memiliki nilai maksimum adalah pada skenario dua, dimana jumlah keuntungan atau profit paling tinggi dari ketiga skenario yang di lakukan. Hasil yang diperoleh dari skenario kedua adalah :</p> <p>1) Jumlah Keuntungan : RP 2.360.668.627,00</p> <p>2) <i>Payback Period</i> : 11,4 Bulan</p> <p>3) <i>BEP</i> terjadi pada waktu pendapatan mencapai : Rp 7.540.445.079,00</p>
4.	<p>Peneliti : Warsika (2009)</p> <p>Judul : Studi Kelayakan Investasi Bisnis Properti</p>	<p>Tujuan : Untuk mengetahui apakah menginvestasikan dana pada Ciater Riung Rangga <i>Real Estate</i> menguntungkan atau tidak.</p> <p>Metode : <i>Analisa Cash In Flow, Cash Out Flow, Projected Net</i></p>	<p>Dari analisis didapatkan hasil bahwa proyek investasi ini layak untuk dijalankan dan menginvestasikan dana pada proyek ini adalah menguntungkan dan mempunyai prospek yang bagus.</p> <p>Analisis yang paling baik pada proyek ini adalah <i>Analisa NPV</i> yang juga memperhatikan <i>rate of</i></p>

		<i>Profit</i> , analisa <i>NPV</i> , analisa <i>IRR</i> , analisa <i>Profitability Index</i> , analisa <i>Modified</i> <i>IRR</i> , dan analisa <i>COC</i> .	<i>return</i> atau <i>cost of capital</i> yang diinginkan selain <i>time</i> <i>of money</i> .
5.	Peneliti : Dewa (2016) Judul : Studi Analisis Kelayakan Investasi Ruko Dari Segi Financial	Tujuan : Mengetahui struktur balok dan pelat lantai yang aman secara teknis dan mengetahui perbandingan keuntungan yang akan di peroleh dari pembangunan ruko dengan biaya sendiri, maupun biaya dari Bank. Metode : <i>Net</i> <i>Present Value</i> <i>(NPV)</i> , <i>Break Even</i> <i>Point (BEP)</i> , <i>Payback Period</i> <i>(PP)</i> , dan <i>Internal</i> <i>Rate of Return</i> <i>(IRR)</i> .	

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan seperti dijelaskan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa penelitian mengenai analisis kelayakan investasi ruko dari segi pengadaan modal belum pernah diteliti. Perbedaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

A. Perbedaan dengan penelitian Putri (2013)

Pada penelitian Putri (2013) analisis dilakukan dengan tujuan untuk menguji layak atau tidaknya proyek ini dijalankan, sedangkan pada penelitian ini analisis dilakukan dengan lebih menekankan modal yang berasal dari mana yang akan mendatangkan keuntungan yang lebih besar dan proyek ini dapat dinyatakan layak.

B. Perbedaan dengan penelitian Fairuzabady (2011)

Pada penelitian Fairuzabady (2011) yang menjadi objek penelitian adalah perumahan kelas menengah. Pada penelitian ini, skenario analisis dibuat berdasarkan asumsi penulis, yaitu dengan pembuatan site plan perumahan yang berbeda-beda. Skenario 1 terdiri atas 6 rumah tipe 70/122, 3 rumah tipe 75/127, 2 rumah tipe 80/132, dan 2 rumah tipe 85/137. Skenario 2 terdiri atas 3 rumah tipe 70/122, 4 rumah tipe 75/127, 3 rumah tipe 80/132, dan 4 rumah tipe 85/137. Skenario 3 terdiri atas 5 rumah tipe 70/122, 3 rumah tipe 75/127, 4 rumah tipe 80/132, dan 3 rumah tipe 85/137. Skenario ini dibuat dengan tujuan mengetahui skenario bagaimanakah yang dapat memberikan keuntungan paling maksimal dalam pembangunan perumahan kelas menengah. Sedangkan pada penelitian ini, objek yang digunakan adalah ruko dan skenario analisis yang digunakan lebih ditekankan pada asal modal yang akan digunakan untuk pembangunan proyek ruko. Penelitian ini membandingkan antara modal yang berasal dari modal mandiri dengan modal dari Bank yang nantinya akan menghasilkan keuntungan yang lebih maksimal.

C. Perbedaan dengan penelitian Gunawan (2010)

Pada penelitian Gunawan (2010) yang menjadi objek penelitian adalah perumahan *real estate*. Pada penelitian ini, skenario analisis dibuat berdasarkan asumsi, yaitu dengan pembuatan site plan perumahan yang berbeda-beda. Skenario 1 terdiri atas 5 rumah tipe 130/192, 7 rumah tipe

105/144, 5 rumah tipe 125/192, dan 7 rumah tipe 189/144. Skenario 2 terdiri atas 8 rumah tipe 130/192, 3 rumah tipe 105/144, 5 rumah tipe 125/192, dan 7 rumah tipe 189/144. Skenario 3 terdiri atas 8 rumah tipe 130/192, 3 rumah tipe 105/144, 8 rumah tipe 125/192, dan 3 rumah tipe 189/144. Skenario ini dibuat berdasar pada trend dan permintaan pasar yang menunjukkan bahwa penjualan rumah lebih dominan pada tipe tertentu pada suatu bulan tertentu. Sedangkan pada penelitian ini, objek yang digunakan adalah ruko dan skenario analisis yang digunakan lebih ditekankan pada asal modal yang akan digunakan untuk pembangunan proyek ruko yang nantinya akan menghasilkan keuntungan yang lebih maksimal.

D. Perbedaan dengan penelitian Warsika (2009)

Warsika (2009) menggunakan *real estate* sebagai objek penelitian. Modal yang digunakan dalam proyek *real estate* ini menggunakan modal kerjasama dengan investor lain karena proyek ini mempertaruhkan modal besar dalam jangka panjang. dalam proyek ini, yang dibangun sendiri meliputi *equestrian, sport complex, villa, commercial area*, dan infrastruktur berupa jalan, saluran, listrik, air, taman, danau serta yang dibangun oleh investor lain adalah hotel dan spa yang dibangun secara bertahap. Sedangkan pada penelitian ini, objek penelitiannya adalah ruko. Modal awal yang digunakan diasumsikan ada 3 skenario, yaitu dengan modal pribadi, dengan modal dari pinjaman Bank 50%, dan modal dari pinjaman Bank 70%. Dari segi pembangunan, ruko yang diteliti dibangun secara bersamaan beberapa ruko, tidak secara bertahap

Melihat dari hasil perbedaan dengan penelitian yang telah ada sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa masalah yang dihadapi belum pernah terjadi atau diteliti oleh peneliti Tugas Akhir terdahulu. Oleh karena itu, keaslian penelitian dapat dipertanggung jawabkan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 INVESTASI

Menurut Kuswadi (2007), investasi adalah suatu keputusan yang diambil oleh seseorang untuk mengalokasikan sumber daya yang berupa sejumlah dana yang ia miliki saat sekarang dengan tujuan untuk mendapatkan keuntungan atau meningkatkan nilai sumber daya tersebut dikemudian hari.

Menurut Suratman (2001), investasi atau penanaman modal di dalam perusahaan tidak lain adalah menyangkut penggunaan sumber-sumber yang diharapkan akan memberikan imbalan (pengembalian) yang menguntungkan di masa yang akan datang.

Harapan dari seorang investor yang menanamkan investasi pada suatu proyek pasti kembalinya sejumlah dana yang tertanam. Pengembalian investasi tersebut harus lebih besar dari dana yang telah digunakan untuk investasi, dengan kata lain investor harus mendapatkan keuntungan. Dalam suatu proyek keuntungan dapat diperoleh karena membandingkan antara pendapatan dan pengeluaran.

3.2 ALIRAN KEUANGAN (CASH FLOW)

Konsep *cash flow* merupakan konsep penting dalam analisis kelayakan investasi bisnis karena konsep ini akan dipergunakan sebagai bahan utama dalam menentukan apakah suatu usul investasi layak dibiayai atau tidak. *Cash flow* merupakan jumlah kas keluar (*cash out flow*) dan kas masuk (*cash in flow*) akibat dilakukan suatu investasi. Untuk setiap usul investasi, investor perlu mendapatkan informasi mengenai *cash flow* yang diharapkan diwaktu mendatang, karena investor menginvestasikan kas sekarang dengan harapan akan menerima *cash return* dalam jumlah yang lebih besar diwaktu mendatang.

Dalam mempertimbangkan suatu investasi jangka panjang, investor perlu memahami tiga arus kas (*cash flow*), yaitu :

1. Arus kas keluar awal (*initial cash outflow*) adalah pengeluaran-pengeluaran kas awal yang dilakukan sehubungan dengan dilakukan suatu investasi.
2. Arus kas operasional (*operational cash flow*) adalah penerimaan-penerimaan kas yang diperoleh setelah suatu investasi beroperasi. Di samping penerimaan-penerimaan kas, juga terdapat pengeluaran-pengeluaran kas yang terjadi setelah suatu investasi beroperasi.
3. Terminal arus kas (*terminal cash flow*) adalah penerimaan-penerimaan kas yang diperoleh dari nilai sisa (*salvage value*) suatu investasi dan/atau pengembalian modal kerja (*working capital*).

Selama investasi beroperasi akan terjadi arus kas keluar (*cash outflow*), misalnya untuk membayar biaya-biaya operasional. Di sisi lain, juga terjadi arus kas masuk melebihi arus kas keluar maka akan terdapat kas bersih (*net cash flow*).

3.3 RENCANA ANGGARAN BIAYA

Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk mengetahui berapa besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan. Pada umumnya, biaya yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi berjumlah besar. Ketidaktepatan yang terjadi dalam penyediaannya akan berakibat kurang baik pada pihak-pihak yang terlibat didalamnya. Estimasi dapat diartikan peramalan kejadian pada masa datang. Dalam proyek konstruksi, khususnya pada tahap pelaksanaan, kontraktor hanya dapat memperkirakan urutan kegiatan, aspek pembiayaan, aspek kualitas dan aspek waktu dan kemudian memberi nilai pada masing-masing kejadian tersebut.

Kegiatan estimasi pada umumnya dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari gambar rencana dan spesifikasi. berdasarkan gambar rencana, dapat diketahui kebutuhan material yang nantinya akan digunakan, sedangkan berdasarkan spesifikasi dapat diketahui kualitas bangunannya. Perhitungan kebutuhan material dilakukan secara teliti dan konsisten kemudian ditentukan harganya. Dalam melakukan kegiatan estimasi, seorang estimator harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh, termasuk jenis dan kebutuhan alat, karena faktor tersebut dapat mempengaruhi biaya konstruksi.

Menurut Ervianto (2005), estimasi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Estimasi Kelayakan, untuk menentukan apakah proyek tersebut layak dibangun. Biaya yang diperlukan diperhitungkan dalam estimasi ini mencakup biaya untuk akuisisi tanah, perancangan, depresiasi, pajak, bunga modal, pemeliharaan tahunan, dll.
2. Estimasi konseptual, estimasi yang dilakukan dalam proses perancangan berlangsung. Untuk setiap revisi estimasi, tingkat ketelitian biaya akan meningkat sesuai tahap perancangan. Jenis-jenis estimasi konseptual adalah :
 - a. Estimasi harga satuan fungsional, yang menggunakan fungsi dari fasilitas sebagai dasar penetapan biaya.
 - b. Estimasi biaya satuan per meter persegi, metode ini mengandalkan data dari proyek sejenis yang pernah dibangun. Metode ini mempunyai ketelitian rendah.
 - c. Estimasi biaya satuan per meter kubik, dapat digunakan dalam bangunan dimana volume sangat dipentingkan. Metode ini hanya dapat diandalkan untuk fase awal perencanaan dan perancangan.
 - d. Estimasi faktorial, digunakan pada proyek yang mempunyai tipe sama. Metode ini sangat berguna untuk proyek-proyek yang mempunyai komponen utama sama. Biaya komponen utama ini akan berfungsi sebagai faktor dasar 1,00 dan harga semua komponen merupakan fungsi dari komponen utama.
 - e. Estimasi sistematis, proyek dibagi atas sistem fungsionalnya kemudian harga satuan ditentukan oleh penjumlahan tiap harga satuan elemen dalam setiap sistem atau mengalikan dengan data faktor pengali yang ada.
3. Estimasi detail, umumnya dilakukan oleh kontraktor umum. Langkah awal yang dilakukan adalah membuat *quantity take off* berdasarkan gambar kerja dan spesifikasi kemudian menyatukan biaya material, tenaga kerja, peralatan, sub kontraktor dan biaya lainnya seperti *overhead* dan keuntungan.

4. Sistem estimasi sub kontraktor, dipakai pada bagian kontruksi khusus yang disubkontrakkan.
5. Estimasi pekerjaan tambah kurang, dimana pekerjaan tambah kurang dapat terjadi karena kebutuhan pemilik, kesalahan dalam dokumen kontrak, atau perubahan kondisi lokasi proyek.
6. Estimasi kemajuan, berfungsi sebagai dasar permintaan pembayaran, sebagai pembanding terhadap keuntungan dan kerugian yang telah diramalkan sebelumnya.

Kegiatan estimasi dalam proyek kontruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari siapa/pihak yang membuatnya. Pihak *owner* membuat estimasi dengan tujuan untuk mendapatkan informasi se jelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut *OE (Owner Estimate)* atau *EE (Engineer Estimate)*. Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan untuk kegiatan penawaran terhadap proyek kontruksi.

Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati *OE (Owner Estimate)* atau *EE (Engineer Estimate)*. Dalam menentukan harga penawaran, kontraktor harus memasukan aspek-aspek lain yang sekiranya berpengaruh terhadap biaya proyek nantinya.

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut :

- 1) Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
- 2) Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- 3) Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran.
- 4) Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- 5) Membuat rekapitulasi.

3.4 ANALISIS KELAYAKAN INVESTASI PROYEK

Dalam analisis proyek ada beberapa kriteria yang sering dipakai untuk menentukan diterima atau tidaknya suatu usulan dalam proyek, atau untuk menentukan pilihan antara berbagai macam usulan pokok. Dalam semua kriteria itu baik manfaat (*benefit*) maupun biaya (*cost*) dinyatakan dalam nilai sekarang (*the present value*-nya).

Data-data yang akan digunakan pada analisis kelayakan investasi proyek, sebagai berikut :

1) Pengeluaran atau Biaya Investasi

Harapan bagi seorang investor yang menanamkan investasi pada suatu proyek pasti adalah kembalinya sejumlah dana yang tertanam. Pengembalian investasi tersebut harus lebih besar dari dana yang digunakan untuk investasi dengan kata lain investor harus mendapatkan keuntungan.

a. Penyiapan Lahan

Pekerjaan ini terdiri dari *clearing*, *grubbing*, menimbun dan memotong tanah, mengeraskan tanah, dan lain-lain.

b. Penguasaan dan Perijinan Tanah

Biaya penguasaan tanah dan perijinan adalah faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Biaya yang termasuk biaya penguasaan dan perijinan ini adalah :

1. Pembebasan tanah
2. Pengukuran oleh BPN
3. Surat pelepasan hak
4. Hak guna bangunan (HGB) induk
5. Ijin perencanaan lokasi

c. Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan terdiri dari :

1. Biaya konstruksi, yaitu biaya konstruksi dari bangunan itu sendiri.
2. Komponen melekat, yaitu meliputi ijin mendirikan bangunan (IMB), *sp litzing* (pemecah HGB induk menjadi HGB per unit), dan biaya tukang bangunan dari berbagai bidang.

d. Biaya Pekerjaan Prasarana Lingkungan (Fasilitas Umum)

Biaya fasilitas umum yang dikeluarkan meliputi biaya-biaya untuk :

1. Pembuatan pondasi dan pagar tembok keliling
2. Paving blok
3. Drainase
4. Jaringan listrik
5. Penerangan

e. Biaya Pengeluaran / Gaji dan Operasional

Berlainan dengan biaya awal yang terjadi hanya sekali dalam mengawali suatu kegiatan, maka biaya pengeluaran / gaji dan operasional akan dialami secara terus-menerus selama proyek berlangsung. Misal untuk biaya telepon, listrik, pam (air), dan operasional lainnya selama proyek berjalan.

f. Biaya Pemasaran

Biaya pemasaran ini secara umum dapat terdiri dari biaya awal, biaya rutin, dan biaya khusus. Biaya awal ini dapat berupa sejumlah *billboard* yang diperlukan termasuk biaya desain dan pajaknya, biaya percetakan brosur, biaya rutin diantaranya biaya operasional rutin dan iklan selama masih diperlukan. Sedangkan yang termasuk biaya khusus adalah komisi penjualan, biaya proses KPR termasuk biaya notaris, serta biaya pameran jika ada. Disamping dengan cara pembagian diatas, kadang kala dilakukan pendekatan lain dengan menetapkan biaya marketing ini sekian persen dari total pendapatan.

2) Pendapatan

Pendapatan adalah dana yang didapat dari penjualan seluruh unit rumah. Pendapatan yang diperoleh diharapkan *developer* adalah lebih besar daripada penanaman investasi (pengeluaran) pada proyek.

3.5 ANALISIS FINANSIAL

Keputusan investasi merupakan keputusan manajemen keuangan yang paling penting yang diambil manajer keuangan. Disebut penting karena selain penanaman modal pada bidang usaha yang membutuhkan modal yang besar, juga

keputusan tersebut mengandung resiko tertentu, serta langsung berpengaruh pada nilai perusahaan.

Pada umumnya, langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam pengambilan keputusan investasi adalah sebagai berikut :

1. Adanya usulan investasi (proposal investasi).
2. Memperkirakan arus kas (*cash flow*) dari usulan investasi tersebut.
3. Mengevaluasi profitabilitas investasi dengan menggunakan beberapa metode penilaian kelayakan investasi.
4. Memutuskan menerima atau menolak usulan investasi tersebut.

Metode yang selanjutnya digunakan dalam analisis investasi proyek dalam tugas akhir ini adalah metode *Net Present Value (NPV)*, *Break Event Point (BEP)*, *Payback Period (PP)*, dan *Internal Rate of Return (IRR)*.

3.5.1 Metode *Net Present Value (NPV)*

Secara umum ada anggapan bahwa metode *Net Present Value* merupakan kriteria seleksi kuantitatif yang paling baik sehingga paling sering digunakan untuk menilai kelayakan suatu usulan investasi. Namun ada kalanya perusahaan dalam proses pembuatan keputusan investasi tidak hanya menggunakan metode *Net Present Value* tetapi juga menggunakan metode-metode lainnya secara bersama-sama.

Metode ini adalah metode yang mengurangi nilai sekarang dari uang dengan aliran kas bersih operasional atas investasi selama umur ekonomis termasuk terminal *cash flow* dengan *initial cash flow (initial investment)*.

Secara matematik rumus untuk menghitung *Net Present Value (NPV)* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CIF_t}{(1+k)^t} - COF \quad (3.19)$$

Dimana :

CIF = *Cash in Flow* pada waktu t yang dihasilkan suatu investasi

k = biaya modal

COF = *Initial Cash Outflow*

n = usia investasi

Metode ini memperhatikan nilai waktu uang, maka arus kas masuk (*cash inflow*) yang digunakan dalam menghitung *Net Present Value* (nilai sekarang bersih) adalah arus kas masuk yang didiskontokan atas dasar *discount rate* tertentu (biaya modal, *opportunity cost*, tingkat bunga yang berlaku umum). Selisih antara *present value* penerimaan kas dengan *present value* pengeluaran kas dinamakan *Net Present Value*.

Kriteria keputusan :

- A. Jika *NPV* bertanda positif ($NPV > 0$), maka rencana investasi diterima.
- B. Jika *NPV* bertanda negatif ($NPV < 0$), maka rencana investasi ditolak.

3.5.2 Metode *Break Event Point* (*BEP*)

Break Event Point (*BEP*) adalah metode analisis data untuk menentukan titik impas dengan teknik persamaan yang dilakukan dengan mendasarkan pada persamaan pendapatan yang sama dengan biaya ditambah laba atau dapat pula diartikan sebagai suatu keadaan dimana investor dalam kegiatan investasinya telah menghasilkan pendapatan yang sama besarnya dengan jumlah biaya pengeluaran atau seluruh biaya pengeluaran telah tertutupi oleh pendapatan yang dihasilkan atau impas. Penentuan titik impas dengan pendekatan grafis dilakukan dengan cara mencari titik potong antara garis pendapatan penjualan dengan garis biaya dalam suatu grafik yang disebut grafik impas.

Sedangkan *break event* adalah suatu keadaan dimana total *revenue* persis sama dengan total *cost*. Jadi *BEP* adalah keadaan atau titik dimana kumulatif pengeluaran sama dengan kumulatif pendapatan atau laba sama dengan nol (0). Pendapatan dan pengeluaran dalam *BEP* merupakan pendapatan dan pengeluaran yang telah *dipresentvaluekan*, dapat dijelaskan dengan :

Kumulatif pendapatan = kumulatif pengeluaran

Kumulatif pendapatan – kumulatif pengeluaran = 0

ΣP_v Pendapatan = ΣP_v Pengeluaran

ΣP_v Pendapatan – ΣP_v Pengeluaran = 0

3.5.3 Metode Payback Period (PP)

Payback Period adalah suatu metode berapa lama investasi akan kembali atau periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi (*initial cash investment*) dengan menggunakan aliran kas, dengan kata lain *payback period* merupakan rasio antara *initial cash investment* dengan *cash flow*-nya yang hasilnya merupakan satuan waktu. Suatu usulan investasi akan disetujui apabila *payback period*-nya lebih cepat atau lebih pendek dari *payback period* yang disyaratkan oleh perusahaan. Rumus-rumus yang digunakan dalam metode *payback period* adalah sebagai berikut :

- a) Rumus *payback period* jika arus kas dari suatu rencana investasi/proyek berbeda jumlahnya setiap tahun :

$$\text{Payback Period} = n + \frac{a-b}{c-b} \times 1 \text{ tahun} \quad (3.22)$$

Dimana :

n = tahun terakhir dimana arus kas masih belum bisa menutupi *initial investment*

a = jumlah *initial investment*

b = jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke-n

c = jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke-n+1

- b) Rumus *payback period* jika arus kas dari suatu rencana investasi / proyek sama jumlahnya setiap tahunnya.

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Initial Investment}}{\text{Cash Flow}} \times 1 \text{ tahun} \quad (3.23)$$

3.5.4 Metode Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah nilai *discount rate* i yang membuat *NPV* dari proyek sama dengan nol. *Discount rate* yang dipakai untuk mencari *present value* dari suatu *benefit* / biaya harus senilai dengan *opportunity cost of capital* seperti terlihat dari sudut pandangan si penilai proyek. Konsep dasar *opportunity cost* pada hakikatnya merupakan pengorbanan yang diberikan sebagai alternatif terbaik untuk dapat memperoleh suatu hasil dan manfaat atau dapat pula menyatakan harga yang harus dibayar untuk mendapatkannya.

Ada dua cara yang dapat digunakan untuk menghitung *IRR*, yaitu sebagai berikut :

- 1) Secara matematik rumus *internal rate of return (IRR)* dapat ditulis sebagai berikut :

$$COF = \sum_{t=1}^n \frac{CIf_t}{(1+IRR)^t}$$

Kriteria penilaian yang dilakukan adalah jika *IRR* yang diperoleh ternyata memiliki nilai lebih besar dari *rate of return* yang ditentukan, maka investasi dapat diterima.

- 2) Cara *Trial dan Error*

Menggunakan rumus sebagai berikut :

$$IRR = DR_1 - \frac{DR_2 - DR_1}{NPV_2 - NPV_1} \times NPV_1$$

Dimana :

DR_1 = Tingkat bunga ke-1

DR_2 = Tingkat bunga ke-2

NPV_1 = NPV yang dihitung berdasarkan DR_1

NPV_2 = NPV yang dihitung berdasarkan DR_2

Keputusan : Jika diketahui *COC* sebesar 12-15% maka investasi dapat dilaksanakan.

3.6 PELAT LANTAI

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak diatas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat lantai didukung oleh balok – balok yang bertumpu pada kolom – kolom bangunan. Ketebalan pelat lantai ditentukan oleh besar lendutan yang diinginkan, lebar bentang antar balok – balok pendukung, dan bahan konstruksi. Pelat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus, dan *waterpass* (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring). Pada pelat lantai yang dihitung hanya beban tetap saja, sedangkan beban tak terduga seperti beban gempa, angin, dan getaran tidak diperhitungkan.

3.6.1 Pelat Beton Konvensional

Pelat adalah elemen horizontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkannya ke rangka vertikal dari sistem struktur. Pelat merupakan struktur bidang (permukaan) yang lurus, (datar atau melengkung) yang tebalnya jauh lebih kecil dibanding dengan dimensi yang lain. Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum yang diisyaratkan dengan atau tanpa prategang dan direncanakan dengan asumsi bahwa ketika material bekerja bersama – sama dalam menahan gaya yang bekerja (SNI 03-2847-2002 ps. 3.13).

Pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur. Oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur (seperti pada kasus balok). (Asroni, 2010).

3.6.1.1 Sistem Penulangan Pelat

Menurut (Asroni, 2010), sistem penulangan pelat pada dasarnya dibagi menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut.

1. Penulangan pelat satu arah (*one way slab*)

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat kantilever dan pelat yang ditumpu oleh dua tumpuan sejajar.

Karena momen lentur bekerja hanya pada satu arah saja, yaitu searah bentang λ , maka tulangan pokok dipasang satu arah yang searah bentang λ tersebut. Untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok (pada saat pengecoran beton) tidak berubah dari tempat semula, maka dipasang pula tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan tambahan lazim disebut tulangan bagi.

Kedudukan tulangan pokok dan tulangan bagi selalu bersilangan tegak lurus, tulangan pokok dipasang dekat dengan tepi luar beton, sedangkan tulangan bagi dipasang dibagian dalam dan menempel pada tulangan pokok. Tepat pada lokasi persilangan tersebut, kedua tulangan diikat kuat dengan kawat *binddraad*. Fungsi tulangan bagi selain memperkuat kedudukan tulangan pokok, juga sebagai tulangan untuk penahan retak beton akibat susut dan perbedaan suhu pada beton.

2. Penulangan pelat dua arah (*two way slab*)

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh empat sisi yang saling sejajar.

Karena momen lentur bekerja pada dua arah, yaitu searah dengan bentang I_x dan bentang I_y , maka tulangan pokok juga dipasang pada dua tulangan bagi. Tetapi pada pelat di daerah tumpuan hanya bekerja momen lentur satu arah saja, sehingga untuk daerah tumpuan ini tetap dipasang tulangan pokok dan tulangan bagi. Bentang I_y selalu dipilih $\geq I_x$, tetapi momennya M_y selalu $\leq M_{I_x}$, sehingga tulangan arah I_x (momen yang besar) dipasang di dekat tepi luar.

3.6.1.2 Perencanaan Tulangan Pelat

Pada perencanaan pelat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan/ketentuan sebagai berikut :

1. Pada perhitungan pelat, lebar pelat diambil satu meter ($b = 1000\text{mm}$)
2. Panjang bentang (λ) (Pasal 10.7 SNI 03-2847-2002) :
 - a. Pelat yang tidak menyatu dengan struktur pendukung

$$\lambda = \lambda_n + h \text{ dan } \lambda \leq \lambda_{as-as}$$

- b. Pelat yang menyatu dengan struktur pendukung

Jika $\lambda_n \leq 3,0$ m, maka $\lambda = \lambda_n$

Jika $\lambda_n < 3,0$ m, maka $\lambda = \lambda_n + 2 \times 50$ mm (PBI-1971)

3. Tebal minimal pelat (h) (Pasal 11.5. SNI 03-2847-2002) :

- a. Untuk pelat satu arah (Pasal 11.5.2.3 SNI 03-2847-2002), tebal minimal pelat dapat dilihat pada Tabel III.1 pada Bab III.A.2.
- b. Untuk pelat dua arah (Pasal 11.5.2.3 SNI 03-2847-2002), tebal minimal pelat bergantung pada $\alpha_m = \alpha$ rata – rata, α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan rumus berikut :

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

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

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

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

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

- 3) Jika $\alpha_m > 2$

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

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

- 4) Tebal pelat tidak boleh kurang dari ketentuann Tabel 3.2 yang bergantung pada tegangan tulangan f_y . Nilai f_y pada tabel dapat diinterpolasi linier.

Tabel 3.1 Tabel Minimal Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh f_y (Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$\lambda_n/33$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/40$	$\lambda_n/40$
400	$\lambda_n/30$	$\lambda_n/33$	$\lambda_n/33$	$\lambda_n/33$	$\lambda_n/36$	$\lambda_n/36$
500	$\lambda_n/28$	$\lambda_n/31$	$\lambda_n/31$	$\lambda_n/31$	$\lambda_n/34$	$\lambda_n/34$

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

Untuk batang tulangan $D \leq 36$,

tebal selimut beton ≥ 20 mm

Untuk batang tulangan D44 – D56,

tebal selimut beton ≥ 40 mm

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

$s \geq D$ dan $s \geq 25$ mm (D adalah diameter tulangan)

Pasal 5.3.2.3: $s \geq 4/3 \times$ diameter maksimal agregat,

atau $s \geq 40$ mm

(Catatan: diameter nominal maksimal kerikil = 30 mm)

6. Jarak maksimal tulangan (as ke as) :

Tulangan pokok :

Pelat satu arah : $s \leq 3.h$ dan $s \leq 450$ mm (Pasal 12.5.4)

Pelat dua arah : $s \leq 2.h$ dan $s \leq 450$ mm (Pasal 15.3.2)

Tulangan bagi (Pasal 9.12.2.2) :

$s \leq 5.h$ dan $s \leq 450$ mm

7. Luas tulangan minimal pelat

a. Tulangan pokok (Pasal 12.5.1 SNI 03-2847-2002) :

$f_c \leq 31,36$ Mpa, $A_s \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b.d$ dan

$f_c > 31,36$ Mpa, $A_s \geq \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \cdot b.d$

b. Tulangan bagi/tulangan susut dan suhu (Pasal 9.12.2.1 SNI 03-2847-2002)

Untuk $f_y \leq 300$ Mpa, maka $A_{sb} \geq 0,0020.b.h$

Untuk $f_y = 400$ Mpa, maka $A_{sb} \geq 0,0018.b.h$

Untuk $f_y \geq 400$ Mpa, maka $A_{sb} \geq 0,0018.b.h (400/f_y)$

tetapi $A_{sb} \geq 0,0014.b.h$

3.6.1.3 Hitungan Pelat

Sebelumnya telah dijelaskan, bahwa sistem penulangan pelat dibagi menjadi dua macam, yaitu penulangan pelat satu arah dan penulangan pelat dua arah. Untuk penulangan pelat satu arah, harus direncanakan/dihitung tulangan pokok dan tulangan bagi (atau tulangan susut dan suhu). Sedangkan untuk penulangan pelat dua arah, masih dibedakan lagi antara penulangan di daerah tumpuan dan penulangan di daerah lapangan, yaitu : pada daerah tumpuan direncanakan/dihitung tulangan pokok serta tulangan bagi untuk kedua arah bentang (I_y dan I_x) dan pada daerah lapangan hanya dihitung tulangan pokok saja untuk kedua arah bentang, karena kedua tulangan pokok ini saling bersilangan.

Untuk mempermudah dalam perhitungan penulangan pelat, berikut ini dijelaskan tentang penulangan pelat, berikut ini dijelaskan tentang langkah hitungannya yang dilengkapi dengan rumus – rumus sebagai dasar perencanaan. Hitungan tersebut dibagi menjadi tiga macam, yaitu untuk hitungan penulangan, pembesaran dimensi dan hitungan momen rencana pelat.

1. Hitungan tulangan pelat

Menentukan dan mencari data dimensi pelat (h, d, d_s), mutu bahan (f'_c, f_y) dan beban (M_u) $\rightarrow \leq \phi.M_n$

$$K = \frac{M_u}{\phi.b.d^2} \quad (3.24)$$

$$\text{atau} = \frac{M_n}{b.d^2} \quad (3.25)$$

dengan $b = 1000$ mm

$$K_{maks} = \frac{382,5.\beta_1.f'_c.(600+f_y-225.\beta_1)}{(600+f_y)} \quad (3.26)$$

$K \leq K_{maks}$ apabila $K \geq K_{maks}$, maka ukuran pelat dipertebal (dilihat pada hitungan pembesaran dimensi pelat)

$$a = \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right] \cdot d \quad (3.27)$$

Dipilih luas tulangan pokok dengan memilih nilai yang paling besar dari $A_{s,u}$

$$a. \quad A_{s,u} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} \quad (3.28)$$

$$b. \quad \text{Jika } f_c' \leq 31,36 \text{ Mpa, } A_{s,u} = \frac{1,4}{F_y} \cdot b \cdot d \quad (3.29)$$

$$\text{Jika } f_c' \geq 31,36 \text{ Mpa, } A_{s,u} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \cdot b \cdot d \quad (3.30)$$

Dihitung jarak tulangan s :

$$s \leq \frac{1/4 \cdot \pi D^2 \cdot b}{A_{s,u}} \quad (3.31)$$

$$s \leq 450 \text{ mm} \quad (3.32)$$

$$s \leq 2 \cdot h \text{ (untuk pelat dua arah)} \quad (3.33)$$

$$s \leq 3 \cdot h \text{ (untuk pelat satu arah)} \quad (3.34)$$

Hitung luas tulangan bagi $A_{sb,u}$ (kalau ada) dengan memilih yang besar

$$a. \quad A_{sb,u} = 20\% A_{sb,u} \quad (3.35)$$

$$b. \quad f_y \leq 300 \text{ Mpa, } A_{s,u} = 0,0020 \cdot b \cdot h \quad (3.36)$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa, } A_{s,u} = 0,0018 \cdot b \cdot h \quad (3.37)$$

$$f_y > 400 \text{ Mpa, } A_{s,u} = 0,0018 \cdot b \cdot h \cdot (400/f_y) \quad (3.38)$$

$$c. \quad A_{sb,u} \geq 0,0014 \cdot b \cdot h \quad (3.39)$$

Dihitung jarak tulangan s :

$$s \leq \frac{1/4 \cdot \pi D^2 \cdot b}{A_{sb,u}} \quad (3.40)$$

$$s \leq 5 \cdot h \quad (3.41)$$

$$s \leq 450 \text{ mm} \quad (3.42)$$

2. Hitungan pembesaran dimensi pelat

Menentukan dan mencari data dimensi pelat (h, d, d_s), mutu bahan (f_c', f_y) dan beban (M_u) $\rightarrow \leq \phi \cdot M_n$

$$\text{Dihitung } K = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (3.43)$$

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)} \quad (3.44)$$

$K \leq K_{maks}$, jika dimensi diperbesar maka tentukan d :

$$d \geq \sqrt{\frac{M_n}{b \cdot K_{maks}}} \quad (3.45)$$

apabila $K \geq K_{maks}$, maka dilihat pada hitungan tulangan pelat

3. Hitungan momen rencana pelat

Menentukan dan mencari data dimensi pelat (h,d,d_s), mutu bahan (f_c' , f_y) dan tulangan pokok terpasang A_s

$$\text{Dikontrol nilai } \rho = A_s / (b \cdot d) \quad (3.46)$$

syarat : $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{maks}$

$$\text{dengan } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.47)$$

→ jika $f_c' \leq 31,36 \text{ Mpa}$

$$\text{atau } \rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \quad (3.48)$$

→ jika $f_c' > 31,36 \text{ Mpa}$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot P_b = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{(600 + f_y) \cdot f_y} \quad (3.49)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \quad (3.50)$$

dihitung :

$$M_n = A_s \cdot F_y \cdot (d - a/2) \quad (3.51)$$

$$M_r = \phi \cdot M_n \quad (3.52)$$

Catatan :

Jika $\rho < \rho_{min} \rightarrow$ pelat diperkecil

Jika $\rho > \rho_{maks} \rightarrow$ pelat diperbesar

Dimana :

h = tinggi

b = lebar

d = tinggi efektif atau jarak pusat berat tulangan tarik ke beton desak

ds = jarak pusat berat tulangan desak ke beton desak

F_y = mutu baja

F'_c = mutu beton

M_u = momen lentur ultimate akibat beban luar

M_n = momen nominal

ϕ = faktor reduksi kekuatan, diambil nilai 0,75

K = momen pikul

K_{maks} = momen pikul maks

a = luas penampang

s = jarak tulangan

A_{su} = luas tulangan tarik

$A_{sb,u}$ = luas tulangan desak

β = rasio bentang bersih pelat dalam arah memanjang dan arah memendek

ρ = rasio tulangan

ρ_b = rasio tulangan terhadap luasan beton efektif dalam keadaan seimbang

ρ_{min} = rasio tulangan minimum

ρ_{max} = rasio tulangan maximum

3.7 PERENCANAAN BALOK

Langkah-langkah perencanaan balok yang mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut ini.

1. Menentukan mutu beton dan baja tulangan.

Faktor pembentuk blok tegangan beton tekan persegi ekuivalen (β) menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK SNI 03-2847-2002 pasal 12.2 butir 7.3 apabila

$$\leq 30 \text{ MPa maka } \beta = 0,85$$

$$> 30 \text{ MPa maka } \beta = 0,8 - \frac{0,05}{7} (f'_c - 30) \geq 0,65$$

2. Menentukan tinggi efektif (d) dan lebar (b) penampang balok

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.53)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b \quad (3.54)$$

$$\rho_{min} = \frac{f_y}{E_s} \quad (3.55)$$

untuk perencanaan penampang balok dipakai nilai pendekatan

$$\rho_{rencana} = 0,5 \rho_{maks} > \rho_{min} \quad (3.56)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \quad (3.57)$$

$$R_n = \rho_{rencana} \cdot f_y \cdot (1 - 0,5 \cdot \rho_{rencana} \cdot m) \quad (3.58)$$

$$b \cdot d^2 = \frac{M_u / \phi}{R_n} \quad (3.59)$$

diamana :

ρ_b = rasio tulangan terhadap luasan beton efektif dalam keadaan seimbang

ρ_{maks} = rasio tulangan maksimum

ρ_{min} = rasio tulangan minimum

$\rho_{rencana}$ = rasio yang dipakai dalam perencanaan dimensi balok

m = perbandingan kuat tarik baja dan kuat desak beton efektif

R_n = koefisien tahanan untuk perencanaan kuat

M_u = momen lentur ultimate akibat beban luar

ϕ = faktor reduksi

Perhitungan jumlah tulangan pada balok dapat dihitung dengan cara tulangan sebelah atau tulangan rangkap. Pemilihan cara perhitungan tulangan ditentukan berdasarkan perbandingan nilai $d_{tersedia}$ dan nilai d_{perlu} . Apabila nilai $d_{tersedia} > d_{perlu}$, maka gunakan tulangan sebelah,

nilai $d_{tersedia} < d_{perlu}$, maka gunakan tulangan rangkap.

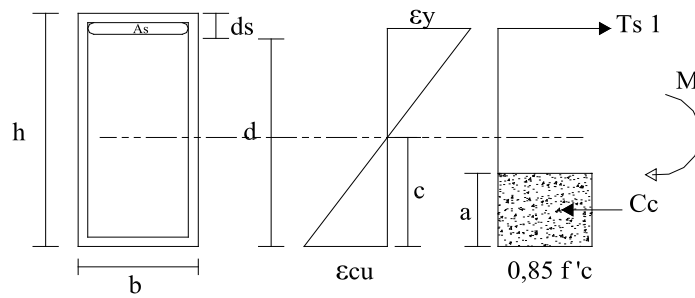
$d_{tersedia} = H_{diketahui} - \text{Penutup beton (Pb)} - \text{pusat berat tulangan tarik,}$

dimana (d) adalah tinggi efektif atau jarak pusat berat tulangan tarik ke beton desak.

3. Balok persegi tulangan sebelah

Balok persegi tulangan sebelah merupakan penampang balok yang pada bagian tarik ditahan oleh baja tulangan dan pada bagian desak ditahan oleh luasan beton. Pada balok persegi tulangan sebelah terjadi keseimbangan gaya antara tarik baja dan desak beton sehingga kebutuhan luas tulangan tarik dapat ditentukan berdasarkan luas beton desak.

Distribusi tegangan-regangan balok persegi tulangan sebelah dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Distribusi Tegangan-Regangan Balok Tulangan Sebelah

Balok tulangan lentur tulangan sebelah direncanakan jika nilai $d_{diketahui} > d_{perlu}$. Langkah perencanaan sebagai berikut.

- a. Menentukan koefisien tahanan dan rasio tulanga pakai

$$Rn = \frac{Mu / \phi}{b \cdot d^2 \text{ tersedia}} \quad (3.60)$$

$$\rho_{pakai} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) \quad (3.61)$$

- b. Menentukan luas tulangan

$$As = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d_{tersedia} \quad (3.62)$$

$$n = \frac{As}{As_{1\emptyset}}; \text{dibulatkan keatas} \quad (3.63)$$

- c. Kontrol kapasitas lentur yang terjadi

$$As_{ada} = n \cdot As_{1\emptyset} \quad (3.64)$$

$$a = \frac{As_{ada} \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \quad (3.65)$$

$$Mn = As_{ada} \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \geq \frac{Mu}{\phi} \quad (3.66)$$

dimana :

As = luas tulangan tarik

n = jumlah tulangan yang dipakai

ρ_{ada} = rasio tulangan berdasarkan perhitungan luas tulangan beton

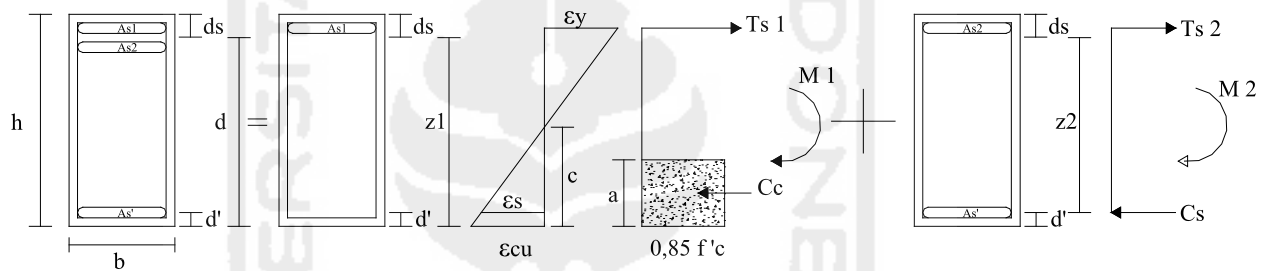
Rn_{ada} = koefisien tahanan

a = tinggi balok tegangan ekivalen

Mn_{ada} = kapasitas lentur nominal yang terjadi

4. Balok persegi tulangan rangkap

Balok persegi tulangan rangkap merupakan penampang balok yang pada bagian tarik ditahan oleh baja tulangan dan pada bagian desak ditahan oleh luasan beton dan tulangan desak. Pada balok persegi tulangan rangkap juga terjadi keseimbangan gaya antara tarik baja dan desak beton seperti balok tulangan sebelah. Pada desain balok tulangan rangkap sisa momen akan ditahan oleh tulangan tambahan pada sisi desak dan sisi tarik dengan jumlah seimbang. Penambahan tulangan tambahan tersebut dikarenakan desain tulangan sebelah belum mampu menahan keseluruhan momen yang terjadi sehingga diperlukan tulangan tambahan (tulangan rangkap). Distribusi tegangan-regangan balok persegi tulangan rangkap dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Distribusi Tegangan-Regangan Balok Tulangan Rangkap

Balok tulangan lentur tulangan rangkap direncanakan jika nilai $d_{tersedia} < d_{perlu}$. Langkah-langkah perencanaan sebagai berikut.

- a. Menentukan As_1 dan Mn_1

$$As_1 = \rho \cdot b \cdot d_{tersedia} \quad (3.66)$$

$$c = \frac{600}{600 + f_y} d \quad (3.67)$$

$$a = \beta \cdot c \quad (3.68)$$

$$T_1 = As_1 \cdot f_y \quad (3.69)$$

$$Mn_1 = T_1 \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.70)$$

- b. Menentukan Mn_2

Kelebihan yang ditahan oleh tulangan sebelah harus ditahan oleh tulangan rangkap

$$Mn_2 = Mn - Mn_1 \quad (3.71)$$

$$Mn_2 = T_2 \cdot (d - d') = Cs \cdot (d - d') \quad (3.72)$$

$$T_2 = Cs = \frac{Mn_2}{(d - d')} \quad (3.73)$$

c. Menentukan $As_2 = As'$ dan As

$$\epsilon_s = \frac{\sigma}{E} = 0,003 \quad (3.74)$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \quad (3.75)$$

Apabila $\epsilon_s' > \epsilon_y$, maka $f_s = f_y$

$\epsilon_s' < \epsilon_y$, maka $f_s = \epsilon_s' \cdot E_s$

$$As' = \frac{Cs}{f_s'} \quad (3.76)$$

$$As' = \frac{Mn_2}{f_s' \cdot (d - d')} \quad (3.77)$$

$$As_2 = As' \cdot \frac{f_s'}{f_y} \quad (3.78)$$

$$As = As_1 + As_2 \quad (3.79)$$

Untuk memenuhi daktilitas maka

$\frac{As'}{As}$ atau $\frac{Mn_2}{Mn}$ harus lebih besar atau sama dengan 0,5.

d. Kontrol kapasitas lentur yang terjadi

$$Mn_{ada} = Mn_1 + Mn_2 \quad (3.80)$$

$$Mn_{ada} = (As \cdot f_y - As' \cdot f_s') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + (As' \cdot f_s') \cdot (d - d') \geq \frac{Mu}{\phi} \quad (3.81)$$

Dimana :

As = luas tulangan tarik

As' = luas tulangan desak

d = tinggi efektif atau jarak pusat berat tulangan tarik ke beton desak

d' = jarak pusat berat tulangan desak ke beton desak

a = tinggi tegangan ekuivalen

Mn_{ada} = kapasitas lentur nominal yang terjadi

5. Gaya geser balok

Geser pada struktur balok persegi didasarkan pada anggapan bahwa beton mampu menahan sebagian gaya geser yang terjadi. Gaya geser yang terjadi dimungkinkan lebih besar dari pada kekuatan beton menahan geser sehingga apabila terjadi hal tersebut maka gaya geser sisa akan ditahan oleh sengkang. Dengan demikian perencanaan penampang akibat geser, harus didasarkan pada

$$V_u = \phi \cdot V_n \quad (3.82)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.83)$$

Apabila gaya geser terfaktor yang bekerja $V_u \leq \phi \cdot V_c$ maka tidak diperlukan tulangan geser karena beton sudah mampu menahan geser melainkan hanya perlu tulangan pembentuk, sedang bila $V_u \geq \phi \cdot V_c$ tetapi $V_u \leq \phi (V_c + V_s)$, maka diperlukan baja tulangan geser atau sengkang untuk menahan gaya geser yang terjadi. Jika $V_u \geq \phi (V_c + V_s)$, maka penampang dengan tulangan geser tidak mampu menahan geser yang terjadi, sehingga penampang harus diperbesar.

- a. Menentukan kekuatan beton menahan geser (V_c)

Tegangan geser beton biasanya dinyatakan dalam fungsi dari $\sqrt{f'_c}$ dan kapasitas beton dalam menerima geser menurut SNI 03-2847-2002 pasal 13.3 butir 1 dan 2 adalah sebagai berikut :

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) b \cdot d \quad (3.84)$$

Apabila ada beban tekan aksial,

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \cdot \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) b \cdot d \quad (3.85)$$

- b. Menentukan jarak sengkang

Menurut SNI-03-2847-2002 pasal 23.3 butir 3.2 untuk portal menahan gempa pada daerah 2 h dari tumpuan V_c dianggap 0 bila $V_e \geq V_u$ dan pemasangan sengkang pertama dipasang 50 mm dari tumpuan. Gaya geser balok penampang persegi pada daerah sendi plastis adalah

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (3.86)$$

dan jarak tulangan geser adalah

$$S \leq \left(\frac{A_v f_y d}{V_s} \right) \quad (3.87)$$

$$\leq \frac{d}{4} \quad (3.88)$$

$$\leq 300 \quad (3.89)$$

Pada pasal 23.3 butir 3.4 disebutkan bahwa daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup yaitu pada daerah luar sendi plastis yang diukur dari 2 h dari tumpuan sampai dengan tengah bentang, jarak sengkang tidak boleh lebih dari d/4. Gaya geser rencana pada daerah luar sendi plastis adalah gaya geser yang diukur sejauh 2 h dari tumpuan.

Jarak tulangan geser pada daerah luar sendi plastis adalah :

$$S \leq \left(\frac{A_v f_y d}{V_s} \right) \quad (3.90)$$

$$\leq \frac{d}{2} \quad (3.91)$$

$$\leq 600 \quad (3.92)$$

Dimana :

V_c = tegangan geser ijin beton

V_n = gaya geser nominal

V_u = gaya geser berfaktor akibat beban geser dari luar

ϕ = faktor reduksi kekuatan, diambil nilai 0,75

A_v = luas penampang tulangan geser

N_u = gaya aksial

A_g = luar bruto penampang

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 UMUM

Metode penelitian adalah langkah–langkah dan rencana dari proses berpikir dan memecahkan masalah, mulai dari penelitian pendahuluan, penemuan masalah, pengamatan, pengumpulan data baik dari observasi langsung di lapangan maupun dari referensi tertulis, kemudian pengolahan data sampai penarikan kesimpulan atas permasalahan yang diteliti.

Pada penelitian ini, data diperoleh dengan wawancara langsung kepada pihak pelaksana dan ada juga data yang diperoleh dari observasi langsung di lapangan. Data yang diperoleh berupa angka dan informasi yang kemudian akan diolah dalam penelitian ini. Data yang telah diolah tersebut kemudian akan ditabelkan, lalu dilakukan pembahasan.

4.2 SUBJEK DAN OBJEK PENELITIAN

Subjek dari penelitian ini adalah kelayakan investasi dan objek dari penelitian ini adalah Ruko Diponegoro di Kota Nganjuk, Jawa Timur.

4.3 DATA DAN CARA MENDAPATKAN DATA

Data adalah segala fakta dan angka yang dapat dijadikan bahan untuk menyusun suatu informasi. Data yang digunakan dalam penelitian dikelompokkan menjadi 2, yaitu :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui perantara). Data primer dapat berupa subjek secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda, kejadian atau kegiatan, dan hasil pengujian. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data primer yaitu metode eksperimen.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) yang dipublikasikan dan yang tidak dipublikasikan.

Dalam tugas akhir ini yang digunakan hanya data sekunder, yaitu berupa data yang diperoleh dari wawancara dengan beberapa developer yang telah melakukan pembangunan ruko. Dari wawancara tersebut data yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Luas dan Harga Tanah

Data luas dan harga tanah yang akan digunakan untuk pembangunan ruko didapatkan dari dokumen dan wawancara dengan pemilik proyek.

2. Gambar Bangunan

Gambar bangunan dalam proyek ini didapat dari pemilik proyek.

3. Biaya Pembangunan

Data berupa biaya pembangunan pada proyek pembangunan ruko ini diperoleh dari wawancara dengan pemilik proyek.

4. Pendapatan (*Cash In*)

Data pendapatan yang diperlukan untuk menghitung jumlah pendapatan proyek dalam tugas akhir ini di dapat dari perhitungan penjualan semua unit ruko.

5. Pengeluaran (*Cash Out*)

Data pengeluaran yang diperlukan untuk menghitung pengeluaran proyek ruko dalam tugas akhir ini adalah biaya pembangunan, biaya tanah, biaya operasional dan lain-lain.

6. Data-data lain yang berhubungan dengan penelitian ini didapat dari buku atau literatur yang ada, untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar penyusunan tugas akhir ini.

4.4 METODE ANALISIS DATA

Penelitian ini dimulai dengan mengkaji pustaka yang mengulas tentang analisis investasi ruko, dilanjutkan dengan pengumpulan data yang berupa gambar teknik dan biaya pembangunan ruko. Data yang dikumpulkan ini kemudian diolah dengan analisis investasi.

Dalam analisis ini, yang dihitung adalah sebagai berikut :

1. Analisis struktur balok dan pelat dengan menggunakan metode elastis.
2. Analisis efisiensi estimasi biaya dengan SNI.
3. Analisis kelayakan investasi dengan analisis finansial *Net Present Value (NPV)*, *Break Event Point (BEP)*, *Payback Period (PP)*, dan *Internal Rate of Return (IRR)*, sehingga dapat diketahui apakah proyek ruko ini layak atau tidak layak yang disempurnakan dengan saran-saran.

4.4.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

1. Memperoleh data.
Data-data dan literatur yang diperlukan dalam penelitian ini seperti data luas dan harga tanah, data gambar bangunan, data biaya pembangunan, data pendapatan, data pengeluaran.
2. Menghitung struktur dan keamanan bangunan.
Dalam penelitian ini struktur yang dihitung keamanan teknisnya adalah struktur balok dan pelat bangunan.
3. Estimasi biaya pembangunan.
4. Perhitungan investasi (*Cash Out*) dan perhitungan pendapatan (*Cash In*)
5. Perhitungan *cash flow*.
6. Analisis kelayakan investasi menggunakan analisis finansial *Net Present Value (NPV)*, *Break Event Point (BEP)*, *Payback Period (PP)*, dan *Internal Rate of Return (IRR)* dengan skenario sebagai berikut :

1) Skenario 1

Pemilik proyek membangun ruko dengan modal awal secara total didapat dari investasi mandiri, dengan kata lain pemilik

menggunakan uang pribadinya untuk membangun proyek tersebut. Sistem penjualan dari ruko adalah ruko sudah *ready stock* kemudian dijual. *Cash in* proyek didapatkan dari penjualan semua unit ruko. Harga jual untuk ruko tiap unit ruko 3 lantai sebesar Rp. 1.500.000.000,00. Setiap tahun ruko akan mengalami kenaikan harga sebesar Rp. 50.000.000,00, nilai ini didasarkan pada hasil survei kenaikan harga ruko di sekitar wilayah Kota Nganjuk. Target penjualan pengembangan ruko ini dibuat dengan berdasarkan asumsi yaitu ruko akan terjual dalam waktu 3 tahun (36 bulan) dengan presentase ditahun pertama akan terjual 40% dan pada tahun ke 2 dan ke 3 akan terjual masing-masing 30%.

2) Skenario 2

Pemilik ruko membangun ruko dengan modal awal didapat dari pinjaman Bank sebesar 50% dengan sistem angsuran pokok ditambah bunga. Sistem penjualan dari ruko adalah ruko sudah *ready stock* kemudian dijual. *Cash in* proyek didapatkan dari penjualan semua unit ruko. Harga jual untuk ruko tiap unit ruko 3 lantai sebesar Rp. 1.500.000.000,00. Setiap tahun ruko akan mengalami kenaikan harga sebesar Rp. 50.000.000,00, nilai ini didasarkan pada hasil survei kenaikan harga ruko di sekitar wilayah Kota Nganjuk.. Pada perhitungan angsuran, perhitungan dihitung setiap bulan dan besarnya bunga pertahun 12,5%. Target penjualan pengembangan ruko ini dibuat dengan berdasarkan asumsi yaitu ruko akan terjual dalam waktu 3 tahun (36 bulan) dengan presentase ditahun pertama akan terjual 40% dan pada tahun ke 2 dan ke 3 akan terjual masing-masing 30%.

3) Skenario 3

Pemilik ruko membangun ruko dengan modal awal diperoleh dari pinjaman Bank sebesar 70% dengan sistem angsuran pokok ditambah bunga. Sistem penjualan dari ruko adalah ruko sudah *ready stock* kemudian dijual. *Cash in* proyek didapatkan dari penjualan semua unit ruko. Harga jual untuk ruko tiap unit ruko 3 lantai sebesar Rp. 1.500.000.000,00. Setiap tahun ruko akan mengalami kenaikan

harga sebesar Rp. 50.000.000,00, nilai ini didasarkan pada hasil survei kenaikan harga ruko di sekitar wilayah Kota Nganjuk.. Pada perhitungan angsuran, perhitungan dihitung setiap bulan dan besarnya bunga pertahun 12,5%. Target penjualan pengembangan ruko ini dibuat dengan berdasarkan asumsi yaitu ruko akan terjual dalam waktu 3 tahun (36 bulan) dengan presentase ditahun pertama akan terjual 40% dan pada tahun ke 2 dan ke 3 akan terjual masing-masing 30%.

7. Pembahasan

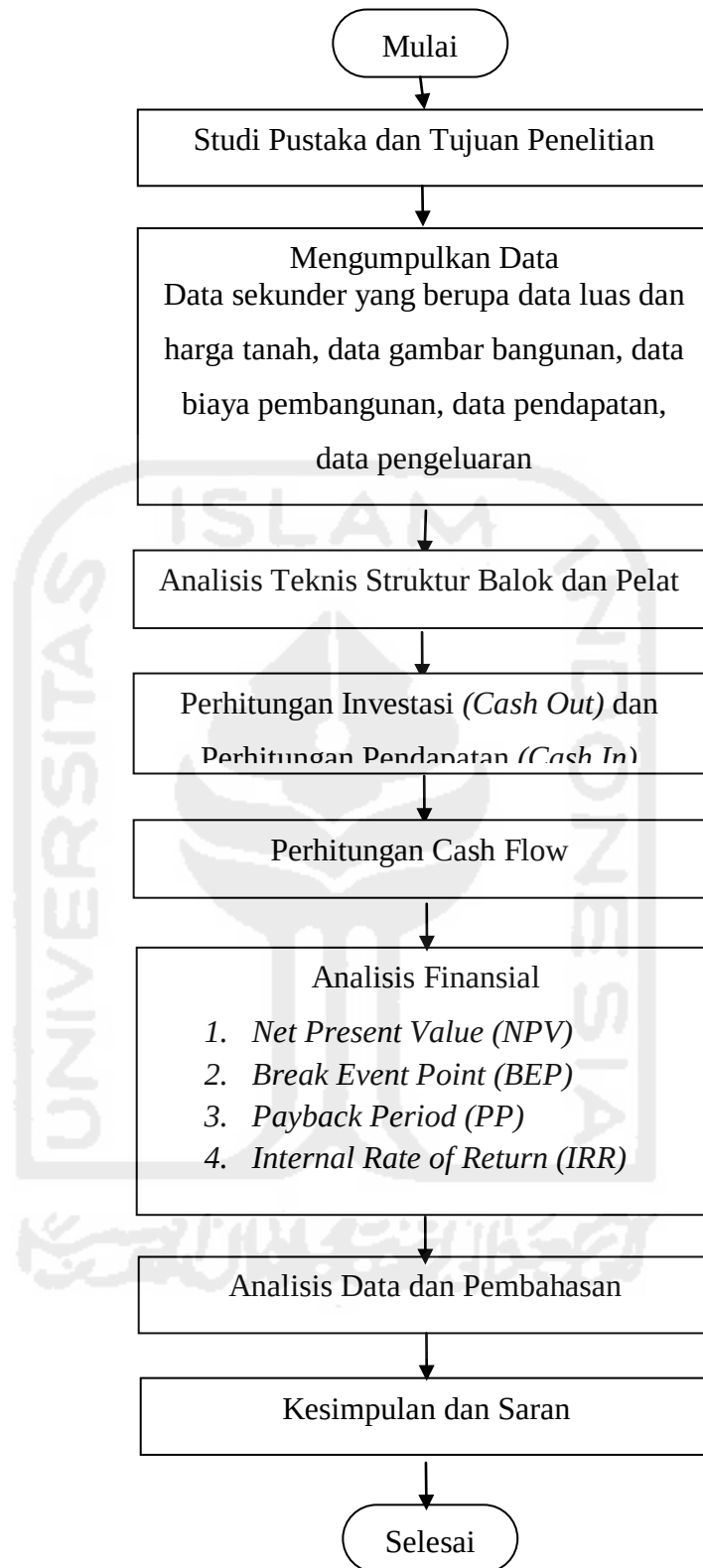
Pembahasan dilakukan setelah semua proses diatas selesai, hasil yang diperoleh dari proses analisis data akan dijabarkan dengan jelas.

8. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan tahapan akhir dari penelitian ini. kesimpulan berisi tentang ringkasan hasil pembahasan yang telah diperoleh dari semua tahap penelitian.

4.5 BAGAN ALIR PENELITIAN

Penelitian ilmiah harus dilaksanakan dalam sistematika yang jelas dan teratur, sehingga didapatkan hasil yang memuaskan serta dapat dipertanggungjawabkan. Prosedur penelitian dalam bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan *Flow Chart* Penelitian

BAB V

ANALISIS, HASIL, DAN PEMBAHASAN

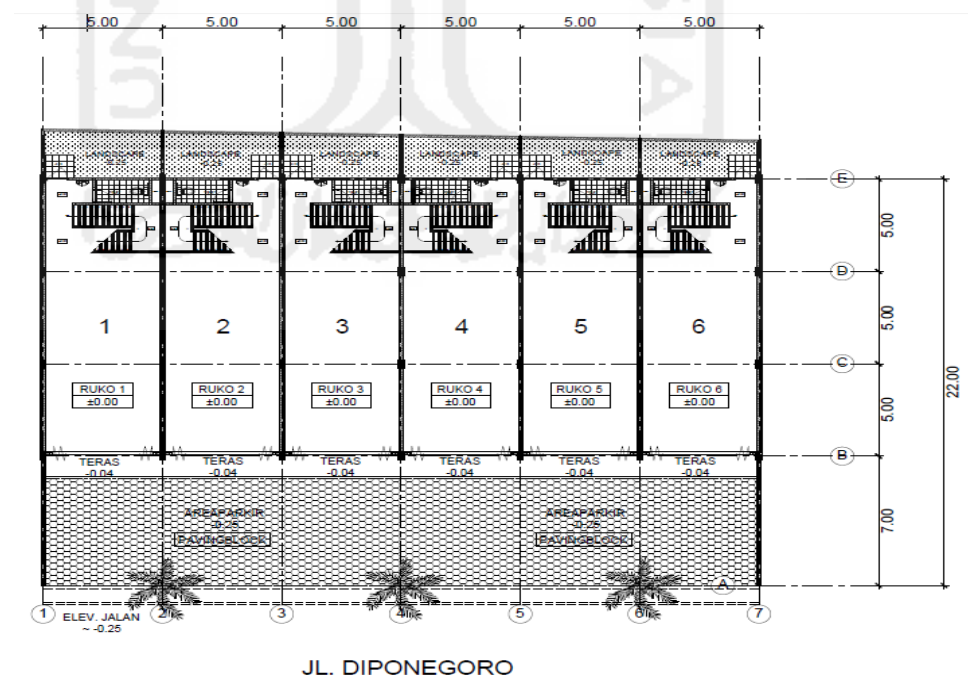
Pada bab ini akan menjelaskan hasil penelitian yang dilakukan, yaitu mendesain struktur pelat lantai dan balok yang aman secara teknis dan menganalisis kelayakan proyek ruko menggunakan analisis finansial *NPV*, *BEP*, *PP*, dan *IRR*.

Pada penelitian ini data yang diperoleh adalah desain struktur balok dan pelat yang aman, besarnya anggaran biaya untuk pembangunan proyek ruko, dan besarnya nilai kelayakan dengan analisis finansial *NPV*, *BEP*, *PP*, dan *IRR* pada 3 skenario asumsi modal awal pembiayaan proyek.

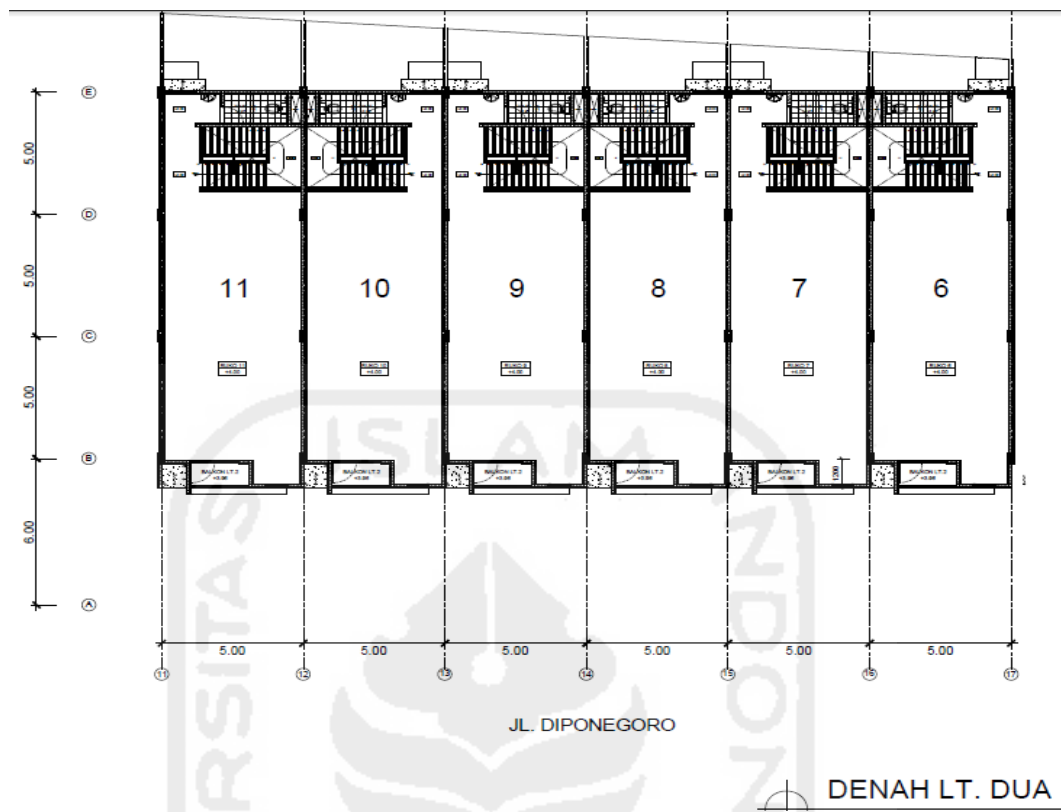
5.1 DATA BANGUNAN RUKO

5.1.1 GAMBAR DENAH RUKO

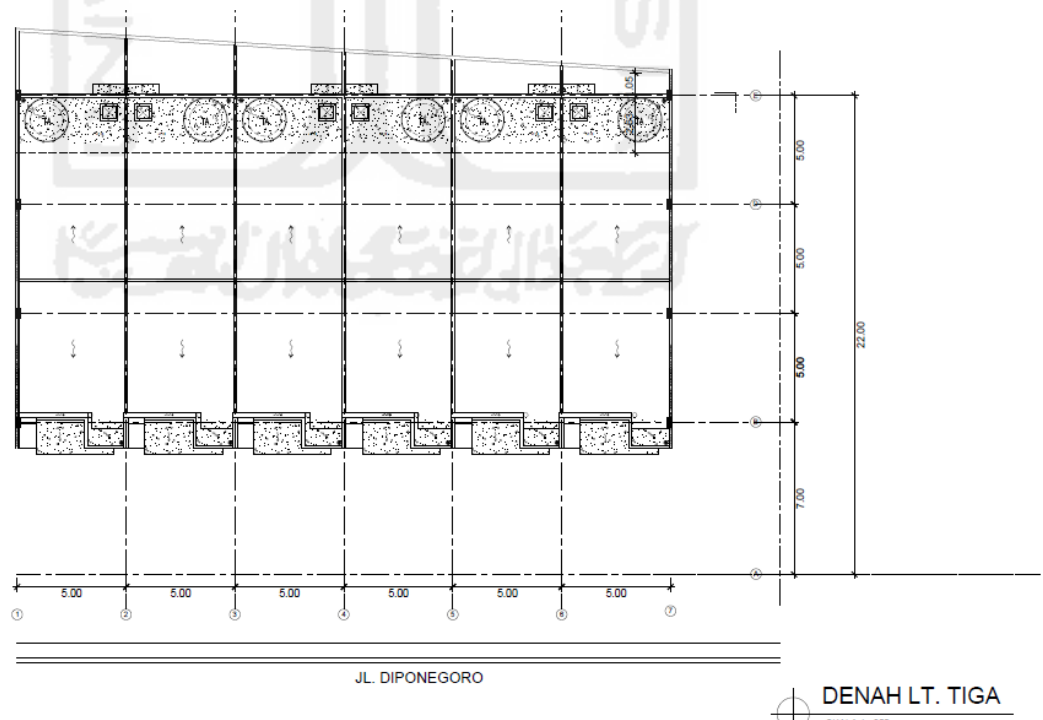
Gambar denah ruko lantai 1, lantai 2, dan lantai 3 dapat dilihat pada gambar 5.1, gambar 5.2, dan gambar 5.3.



Gambar 5.1 Denah Ruko Lantai 1



Gambar 5.2 Denah Ruko Lantai 2



Gambar 5.3 Denah Ruko Lantai 3

5.2 ANALISIS STRUKTUR PELAT DAN BALOK

5.2.1 BEBAN DAN MUTU BAHAN

A. Beban Pelat Lantai Atas

1. Beban mati pada pelat lantai atas (q_D) seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.1 Beban Mati Pada Pelat Lantai Atas

No.	Beban yang bekerja	h x berat jenis (kNm)	Hasil (kNm ²)
1	Berat pelat sendiri	0,12 x 24	2,88
2	Keramik		0,175
3	Spesi	0,025 x 18,5	0,463
4	Penggantung langit		0,07
5	Plafond		0,11
Σq_D			3,698

2. Beban hidup pada pelat lantai atas (q_L)
 Karena direncanakan bangunan rumah toko (ruko) maka beban hidup pada pelat lantai atas 2,5 kNm²
3. Beban terfaktor/beban ultimate pelat lantai atas (q_u)

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L$$

$$= (1,2 \times 3,698) + (1,6 \times 2,5) = 8,4376 \text{ kNm}^2$$

B. Beban Pelat Atap

1. Beban mati pada pelat atap (q_D) seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.2 Beban Mati Pada Pelat Atap

No.	Beban yang bekerja	h x berat jenis (kNm)	Hasil (kNm ²)
1	Berat pelat sendiri	0,1 x 24	2,4
2	Water proofing	0,025 x 19	0,475
Σq_D			2,875

2. Beban hidup pada pelat atap (q_L)
 Beban hidup berupa air hujan $q_L = 1 \text{ kNm}^2$

3. Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) yang bekerja :

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L$$

$$= (1,2 \times 2,875) + (1,6 \times 1) = 5,05 \text{ kNm}^2$$

C. Beban Pelat Luifel

1. Beban mati pada pelat luifel (q_D) seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.3 Beban Mati Pada Pelat Luifel

No.	Beban yang bekerja	h x berat jenis (kNm)	Hasil (kNm ²)
1	Berat plat sendiri	0,1 x 24	2,4
2	Water proofing	0,025 x 19	0,475
Σq_D			2,875

2. Beban hidup pada pelat luifel (q_L)

Beban hidup $q_L = 1 \text{ kNm}$

3. Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) yang bekerja :

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L$$

$$= (1,2 \times 2,875) + (1,6 \times 1) = 5,05 \text{ kNm}^2$$

D. Beban Hidup Pelat Tangga dan Bordes Tangga

Beban hidup pelat tangga dan bordes tangga sebesar 3 kN/m^2

E. Beban Dinding Tembok

Beban dinding pasangan bata merah sebesar $2,5 \text{ kN/m}^2$

F. Mutu Bahan Yang Dipakai

1. Mutu baja 300 MPa
2. Mutu beton 25 Mpa
3. Tulangan pelat D10
4. Tulangan geser yang tersedia Ø10 dan Ø8
5. Tulangan balok D13

6. Perhitungan ρ_{min} : $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{300} = 0,0047$

7. Perhitungan K_{max} :

$$K_{max} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2} = \frac{382,5 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot (600 + 300 - 225 \cdot 0,85)}{(600 + 300)^2}$$

$$= 7,1121 \text{ MPa}$$

ket : $\beta_1 = 0,85 \rightarrow f'_c \leq 31,36 \text{ MPa}$

5.2.2 DESAIN PELAT LANTAI

Contoh perhitungan pelat atap adalah sebagai berikut :

Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = 8,4376 kNm², kondisi tumpuan pelat terjepit penuh, dimensi 5x5 m ($L_y = 5000 \text{ mm} \times L_x = 5000 \text{ mm}$).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5000}{5000} = 1 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Tabel 5.4 Koefisien Momen (PBI-1971)

L_y / L_x	I
	1,0
C_{lx}	21
C_{ly}	21
C_{tx}	52
C_{ty}	52

Momen perlu :

$$M_{lx}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 21 \cdot 8,4376 \cdot 5^2 = 4,4297 \text{ kNm}$$

$$M_{ly}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 21 \cdot 8,4376 \cdot 5^2 = 4,4297 \text{ kNm}$$

$$M_{tx}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{tx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 52 \cdot 8,4376 \cdot 5^2 = 10,9689 \text{ kNm}$$

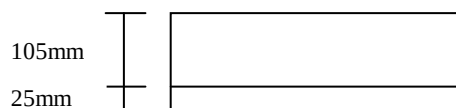
$$M_{ty}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{ty} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 52 \cdot 8,4376 \cdot 5^2 = 10,9689 \text{ kNm}$$

1. Tulangan lapangan arah X (M_{lx})

a. $M_{lx}^{(+)} = 4,4297 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 130 - 25 = 105 \text{ mm}$



$$d. K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{4,4297 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,5022 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$e. a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5022}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 2,5117 \text{ mm}$$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 2,5117 \cdot 1000}{300} = 177,9112 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 160 \text{ mm} (< 160,2853 \text{ mm})$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8738 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

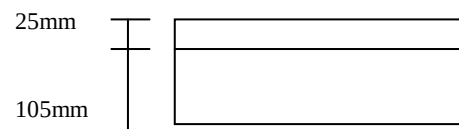
Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$

2. Tulangan tumpuan arah X (M_{tx})

$$a. M_{tx}^{(-)} = 10,9689 \text{ kNm}$$

$$b. d_s = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$$

$$c. d = h - d_s = 130 - 25 = 105 \text{ mm}$$



$$d. K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{10,9689 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 1,2436 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$e. a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,2436}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 6,3362 \text{ mm}$$

- f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 6,3362 \cdot 1000}{300} = 448.8142 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

- g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 160 \text{ mm} (< 160,2853 \text{ mm})$

- h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

- i. Luas tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 490 = 98 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 260 \text{ mm}^2$

- j. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{sb,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{260} = 302,0762 \text{ mm} > A_{s,u}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 130 = 650 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 300, \text{ mm} (< 302,0762 \text{ mm})$

- k. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 261,7994 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

- l. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8739 \text{ mm}^2$
 Tulangan bagi $A_{sb} = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$

3. Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.5 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I

Penulangan		Arah Y	
		Lapangan	Tumpuan
	M (kNm)	4,4297	10,9689
	ds (mm)	35	35
	d (mm)	95	95
	K maks (Mpa)	7,1121	7,1121
	K (Mpa)	0,6135	1,5192
		<Kmaks	<Kmaks
	a (mm)	2,7837	7,0537
Luas Tulangan Pokok	As (mm ²)	197,1756	499,6404
Luas Tulangan min	As,(mm ²)	443,3333	443,3333
	As, perlu (mm ²)	443,3333	499,6404
Jarak Tulangan Pokok	s (mm)	177,1575	157,1927
	s<	260	260
	s (mm)	177,1575	157,1927
Dipakai	s (mm)	175	155
		OK	OK
Luas Tulangan	(mm ²)	448,7990	506,7085
		OK	OK
Luas Tulangan Bagi	Asb		99,9281
	Asb min		260
	Asb pakai		260
Jarak Tulangan bagi	s (mm)		302,0762
	s<		650
	s (mm)		302,0762
Dipakai	s (mm)		300
			OK
Luas Tulangan	(mm ²)		261,7994
			OK
Asb Pakai > Asb,u (mm ²)		OK	OK
Jadi Dipakai Tulangan Pokok		175	155
Jadi Dipakai Tulangan Bagi			300

Hasil perhitungan tulangan pelat lantai pada semua tipe dapat dilihat pada tabel

5.6. Detail perhitungan tulangan pelat lantai dapat dilihat pada Lampiran-2.

Tabel 5.6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

No	Ukuran	Tipe	Arah	Tul. Lapangan	Tul. Tumpuan
1.	5m x 5m	2 arah	X	D10-160 = 490,8738 mm ²	As = D10-160 = 490,8738 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²
			Y	D10-175 = 448,7990 mm ²	As = D10-155 = 506,7085 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²
2.	2,35 m x 1,325 m	2 arah	X	D10-160 = 490,8738 mm ²	As = D10-160 = 490,8738 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²
			Y	D10-175 = 448,7990 mm ²	As = D10-175 = 448,7990 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²
3.	2,15 m x 1,325 m	2 arah	X	D10-160 = 490,8738 mm ²	As = D10-160 = 490,8738 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²
			Y	D10-175 = 448,7990 mm ²	As = D10-175 = 448,7990 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²
4.	3,675 m x 1,325 m	1 arah		As = D10-160 = 490,8738 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²	As = D10-160 = 490,8738 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²
5.	3,675 m x 0,95 m	1 arah		As = D10-160 = 490,8738 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²	As = D10-160 = 490,8738 mm ² Asb = D10-300 = 261,7994 mm ²

5.2.3 DESAIN PELAT ATAP

Contoh perhitungan pelat atap adalah sebagai berikut :

Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = 5,05 kNm², kondisi tumpuhan pelat terjepit penuh, dimensi 5 x 5 m (L_y = 5000 mm x L_x = 5000 mm).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5000}{5000} = 1 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Tabel 5.7 Koefisien Momen (PBI-1971)

L_y / L_x	I
	1,0
Clx	21
Cly	21
Ctx	52
Cty	52

Momen perlu :

$$M_{lx}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 21 \cdot 5,05 \cdot 5^2 = 2,6513 \text{ kNm}$$

$$M_{ly}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 21 \cdot 5,05 \cdot 5^2 = 2,6513 \text{ kNm}$$

$$M_{tx}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{tx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 52 \cdot 5,05 \cdot 5^2 = 6,5650 \text{ kNm}$$

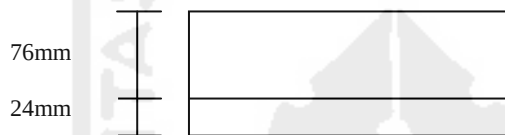
$$M_{ty}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{ty} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 52 \cdot 5,05 \cdot 5^2 = 6,5650 \text{ kNm}$$

1. Tulangan lapangan arah X (M_{lx})

a. $M_{lx}^{(+)} = 2,6513 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 100 - 24 = 76 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2,6513 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,5738 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5738}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 2,0805 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 2,0805 \cdot 1000}{300} = 147,3708 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi dipilih yang besar } A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm})$$

$$\text{Jadi dipilih yang kecil } s = 140 \text{ mm}$$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1}{4 \pi} \cdot D^2 \cdot S = \frac{1}{4 \pi} \cdot 8^2 \cdot 1000 = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

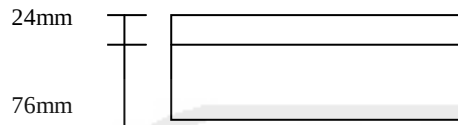
Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

2. Tulangan tumpuan arah X (M_{tx})

a. $M_{tx}^{(-)} = 6,5650 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 100 - 24 = 76 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{6,5650 \cdot 10^5}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 1,4207 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,4207}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 5,2635 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 5,2635 \cdot 1000}{300} = 372,8339 \text{ mm}^2$$

$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 372,8339 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{372,8339} = 134,8200 \text{ mm}$$

$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm})$

Jadi dipilih yang kecil $s = 130 \text{ mm}$

h. Luas Tulangan pokok :

$$A_s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{130} = 386,6576 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

i. Luas tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 372,8339 = 74,5668 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

j. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,b}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm}$ ($< 251,3274 \text{ mm}$)

k. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{s,b} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{s,b} \text{ (OK)}$$

l. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-130 = 386,6576 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{s,b} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

3. Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5.8 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I

Penulangan		Arah Y	
		Lapangan	Tumpuan
	M (kNm)	2,6513	6,5650
	ds (mm)	33	33
	d (mm)	67	67
	K maks (Mpa)	7,1121	7,1121
	K (Mpa)	0,7383	1,8281
		<Kmaks	<Kmaks
	a (mm)	2,3696	6,0357
Luas Tulangan Pokok	A_s (mm ²)	167,8469	427,5281
Luas Tulangan min	$A_{s,(mm^2)}$	312,6667	312,6667
	$A_{s, \text{perlu}}$ (mm ²)	312,6667	427,5281
Jarak Tulangan Pokok	s (mm)	160,7638	117,5724
	s <	200	200
	s (mm)	160,7638	117,5724
Dipakai	s (mm)	160	115
		OK	OK
Luas Tulangan	(mm ²)	314,1593	437,0912
		OK	OK
Luas Tulangan Bagi	$A_{s,b}$		85,5056
	$A_{s,b \text{ min}}$		200
	$A_{s,b \text{ pakai}}$		200
Jarak Tulangan bagi	s (mm)		251,3274

	$s <$		500
	s (mm)		251,3274
Dipakai	s (mm)		250
			OK
Luas Tulangan	(mm ²)		201,0619
			OK
Asb Pakai > Asb,u (mm ²)		OK	OK
Jadi Dipakai Tulangan Pokok		160	115
Jadi Dipakai Tulangan Bagi			250

Hasil perhitungan tulangan pelat atap pada semua tipe dapat dilihat pada tabel 5.9.

Detail perhitungan tulangan pelat atap dapat dilihat pada Lampiran-3.

Tabel 5.9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tulangan Pelat Atap

No	Ukuran	Tipe	Arah	Tul. Lapangan	Tul. Tumpuan
1.	5m x 5m	2 arah	X	$D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$	$As = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$
			Y	$D10-175 = 448,7990 \text{ mm}^2$	$As = D10-155 = 506,7085 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$
2.	2,35 m x 1,325 m	2 arah	X	$D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$	$As = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$
			Y	$D10-175 = 448,7990 \text{ mm}^2$	$As = D10-175 = 448,7990 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$
3.	2,15 m x 1,325 m	2 arah	X	$D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$	$As = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$
			Y	$D10-175 = 448,7990 \text{ mm}^2$	$As = D10-175 = 448,7990 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$
4.	3,675 m x 1,325 m	1 arah		$As = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$	$As = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$
5.	3,675 m x 0,95 m	1 arah		$As = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$	$As = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$ $Asb = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$

5.2.4 DESAIN PELAT LUIFEL

Hasil perhitungan tulangan pelat luifel dapat dilihat pada tabel 5.10. Detail perhitungan tulangan pelat luifel dapat dilihat pada Lampiran-4.

Tabel 5.10. Hasil Perhitungan Tulangan Pelat Luifel

No.	Tebal Pelat	f'_c (Mpa)	f_y (Mpa)	Q_u (kNm)	Tulangan Pakai
1.	100 mm	25	300	5,05	$A_s = \phi 8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$ $A_{sb} = \phi 8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

5.2.5 DESAIN PELAT TANGGA

Hasil perhitungan tulangan pelat tangga dapat dilihat pada tabel 5.11.

Detail perhitungan tulangan pelat tangga dapat dilihat pada Lampiran-5.

Tabel 5.11. Hasil Perhitungan Tulangan Pelat Tangga

No.	Ukuran Anak Tangga	Penulangan Bordes	Penulangan Badan Tangga
1.	$T = 19 \text{ mm}$ $I = 25 \text{ mm}$	$A_s = D16-350 = 574,463 \text{ mm}^2$ $A_{sb} = \phi 8-165 = 304,639 \text{ mm}^2$	$A_s = D16-230 = 577,097 \text{ mm}^2$ $A_{sb} = \phi 8-165 = 304,639 \text{ mm}^2$

5.2.6 DESAIN BALOK

5.2.6.1 Distribusi Beban Pelat ke Balok

Pada balok Ba, B1, B2, B3 di asumsikan berukuran seperti tabel di bawah ini, serta berat sendiri pada balok ($q_{d\text{-balok}}$) tersebut.

Tabel 5.12 Asumsi Ukuran Balok untuk Berat Sendiri

Balok	Ukuran (mm)	Berat sendiri (kNm)
B1	200 x 400	1,92
B2	200 x 400	1,92
B3	200 x 400	1,92
B4	200 x 400	1,92
Ba1	150 x 250	0,90
Ba2	200 x 400	1,92
Ba3	150 x 300	1,08
Ba4	200 x 400	1,92

Contoh perhitungan beban pelat ke balok adalah sebagai berikut :

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,475 \cdot 0,475 \cdot q = 0,1128q$$

$$P_2 = 2,025 \cdot 0,475 \cdot q = 0,9619q$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot q = 3,125q$$

$$R_A = P_1 + P_2 + P_3 = 0,1128q + 0,9619q + 3,125q$$

$$R_A = 4,1997q \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} Mt &= \left(R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \right) - P_1 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 0,475 \right) + 2,025 \right) - P_2 \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 2,025 \right) \right) - P_3 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 2,5 \right) \right) \\ &= 6,6749q \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{\max} = Mt$$

$$\frac{1}{8} q_{eq} L^2 = 6,6749q$$

$$q_{eq} = \frac{6,6749q \cdot 8}{5^2} = 2,1360q \text{ kNm}$$

$$Q_d = 2,1360 \cdot q_d = 2,1360 \cdot 3,698 = 7,8989 \text{ kNm}$$

$$Q_l = 2,1360 \cdot q_l = 2,1360 \cdot 2,875 = 6,1410 \text{ kNm}$$

Asumsi dimensi balok

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

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

$$q_{d\text{-balok anak}} = (200/1000) \cdot (400/1000) \cdot 24 = 1,92 \text{ kNm}$$

$$Q_{d\text{-total}} = Q_d + q_{d\text{-balok}} = 7,8989 + 1,92 = 9,8189 \text{ kNm}$$

jadi :

$$\begin{aligned} Q_U &= 1,2Q_d + 1,6 Q_l \\ &= (1,2 \cdot 9,8189) + (1,6 \cdot 6,1410) \end{aligned}$$

$$= 21,6083 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(+)} = \frac{1}{8} Q_u L^2 = \frac{1}{8} \cdot 21,6083 \cdot 5^2 = 67,5259 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} = \frac{1}{3} M_{\max} = \frac{1}{3} \cdot 67,5259 = 22,5086 \text{ kNm}$$

Hasil perhitungan momen pada semua tipe balok dapat dilihat pada tabel 5.13.

Detail perhitungan momen pada semua tipe balok dapat dilihat di Lampiran-6.

Tabel 5.13 Momen Pada Semua Balok

Balok	Qu (kNm)	Mu ⁽⁺⁾ (kNm)	Mu ⁽⁻⁾ (kNm)
B1	21,6083	67,5259	22,5086
B2	30,0952	94,0475	31,3492
B3	13,7592	23,2283	7,7427
B4	28,2112	88,1600	29,3867
Ba1	9,0611	1,9885	0,6650

1.1.1.1 5.2.6.2 Rencana Tulangan Longitudinal Balok

1.1.1.2 Contoh perhitungan tulangan longitudinal pada balok adalah sebagai berikut :

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

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

$$d_s = 60 \text{ mm}$$

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$S_n = 40 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 250 - 60 = 190 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan per baris :

$$m = \frac{b - 2 \cdot d_s}{D + S_n} + 1 = \frac{150 - 2 \cdot 60}{13 + 40} + 1 = 1,5660 \rightarrow \text{maksimal 2 batang}$$

Balok lapangan Mu⁽⁺⁾ = 1,9885 kNm tulangan tarik di bawah

$$K = \frac{M_u^+}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,9885 \cdot 10^5}{0,8 \cdot 150 \cdot 190^2} = 0,4590 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,4590}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 190$$

$$= 4,1493 \text{ mm}$$

Luas tulangan A_{s,u} :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 4,1493 \cdot 150}{300} = 44,0863 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 150 \cdot 190 = 133 \text{ mm}^2$$

Dipakai A_{s,u} = 133 mm²

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{133}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,0020 \rightarrow \text{pakai 2 batang (2D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

Balok ujung $M_u^{(c)} = 0,6650 \text{ kNm}$ tulangan tarik di atas.

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,6650 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 150 \cdot 190^2} = 0,1535 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1535}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 190$$

$$= 1,3775 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 1,3775 \cdot 150}{300} = 14,6359 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 150 \cdot 190 = 133 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 133 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{133}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,0020 \rightarrow \text{pakai 2 batang (2D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

Hasil perhitungan tulangan longitudinal pada semua tipe balok dapat dilihat pada tabel 5.14. Detail perhitungan tulangan longitudinal pada semua tipe balok dapat dilihat di Lampiran-7

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Tulangan Longitudinal Pada Semua Balok

No.	Ukuran Balok	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan
1.	B = 150 mm H = 250 mm	As = 2D13 = 265,4646 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²	As = 2D13 = 265,4646 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²
2.	B = 200 mm H = 400 mm	As = 7D13 = 929,1260 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²	As = 3D13 = 398,1969 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²
3.	B = 200 mm H = 400 mm	As = 11D13 = 1460,0552 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²	As = 4D13 = 530,9292 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²
4.	B = 200 mm H = 400 mm	As = 3D13 = 398,1969 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²	As = 3D13 = 398,1969 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²
5.	B = 200 mm H = 400 mm	As = 10D13 = 1327,3229 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²	As = 3D13 = 398,1969 mm ² As' = 2D13 = 265,4646 mm ²

5.2.6.3 Rencana Tulangan Geser Pada Balok

Contoh perhitungan tulangan geser pada balok adalah sebagai berikut :

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

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

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

$$d = h - d_s = 250 - 60 = 190 \text{ mm} = 0,19 \text{ m}$$

$$q_u = 9,0611 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{(q_u L)}{2} = \frac{(9,0611 \times 1,325)}{2} = 5,9909 \text{ kN} = 5990,9 \text{ N}$$

$$\phi.V_c = \phi. \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 150 \times 190 = 17812,5 \text{ N}$$

$$\phi.V_c / 2 = 17812,5 / 2 = 8906,25 \text{ N}$$

$$x = \frac{\frac{L}{2} (V_u - \phi.V_c / 2)}{V_u} = \frac{\frac{3}{2} (5990,9 - 8906,25)}{5990,9} = -0,7299 \text{ m}$$

Karena didaerah $\phi.V_c / 2 < V_u < \phi.V_c$

$$A_{v,u} = \frac{75 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot S}{1200 \cdot f_y} = \frac{75 \cdot \sqrt{20} \cdot 200 \cdot 1000}{1200 \cdot 350} = 159,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{b \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{200 \cdot 1000}{3 \cdot 350} = 190,48 \text{ mm}^2$$

Di pakai yang terbesar, yaitu 190.48 mm²

Di pilih begel 2 kaki berdiameter 8 mm

$$\text{Spasi begel, } s = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi d p^2 S}{A_{vu}} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{190.48} = 527.77 \text{ mm}$$

$$s \leq (d/2 = 240/2 = 120 \text{ mm})$$

$$s \leq (600 \text{ mm})$$

Di pilih s paling kecil, yaitu spasi begel $s = 120 \text{ mm}$.

Jadi untuk daerah $x = 0.711 \text{ m}$ digunakan begel $\phi 8 - 120$

Untuk daerah lebih dari $x = 0.711 \text{ m}$, karena gaya gesernya $< \phi.V_c / 2$ digunakan begel dengan diameter terkecil ($\phi 6$) dengan jaraknya ($d/2 = 240/2 = 120 \text{ mm}$) atau ditulis $\phi 6 - 120$.

Hasil perhitungan tulangan geser pada semua tipe balok dapat dilihat pada tabel 5.15. Detail perhitungan tulangan geser pada semua tipe balok dapat dilihat di Lampiran-8..

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Tulangan Geser Pada Semua Balok

No.	Ukuran Balok	f_y (Mpa)	f_c' (Mpa)	Tulangan Pakai
1.	B = 150 mm H = 250 mm	300	25	Daerah $x = 0.711 \text{ m}$, begel $\phi 8 - 120$ Daerah lebih dari $x = 0.711 \text{ m}$, begel $\phi 6 - 120$
2.	B = 200 mm H = 400 mm	300	25	Daerah $x = 2.3673 \text{ m}$, begel $\phi 8 - 170$ Daerah lebih dari $x = 2.3673 \text{ m}$, begel $\phi 6 - 170$
3.	B = 200 mm H = 400 mm	300	25	Daerah $x = 1.7939 \text{ m}$, $\phi 8 - 170$ Daerah lebih dari $x = 1.7939 \text{ m}$, begel $\phi 6 - 170$
4.	B = 200 mm H = 400 mm	300	25	Daerah $x = 1.7939 \text{ m}$, begel $\phi 8 - 170$ Daerah lebih dari $x = 1.7939 \text{ m}$, begel $\phi 6 - 170$
5.	B = 200 mm H = 400 mm	300	25	daerah $x = 0.9556 \text{ m}$, begel $\phi 8 - 170$ daerah lebih dari $x = 0.9556 \text{ m}$, begel $\phi 6 - 170$

5.3 RENCANA ANGGARAN BIAYA

Rencana anggaran biaya adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk mengetahui berapa besar dana yang harus disediakan untuk sebuah bangunan. Perhitungan rencana anggaran biaya dalam pembangunan proyek ruko ini dapat dilihat pada tabel 5.16.

Table 5.16 Rencana Anggaran Biaya Ruko 3 Lantai

NO.	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME		HARGA SATUAN	SUB TOTAL HARGA
I	PEKERJAAN STRUKTUR				
A	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pembersihan Lokasi	2.040,99	m ²	Rp 5.000	Rp 10.204.930
2	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	165,00	m'	Rp 15.000	Rp 2.475.000
3	Dereksi kit & Gudang	1,00	ls	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
4	Air kerja dan Listrik kerja	1,00	ls	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000
5	Pagar proyek	32,50	m'	Rp 75.000	Rp 2.437.500
6	Biaya keamanan	1,00	ls	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
				TOTAL PERSIAPAN	Rp 37.617.430
B	PEKERJAAN TANAH				
1	Urugan peninggian tanah existing, t=20 cm	96,46	m ³	Rp 38.500	Rp 3.713.858
2	Pemadatan tanah urugan dengan stamper	482,32	m ²	Rp 2.500	Rp 1.205.789
3	Galian tanah	314,74	m ³	Rp 25.000	Rp 7.868.391
4	Urugan tanah kembali	43,58	m ³	Rp 15.000	Rp 653.731
5	Urugan pasir bawah pondasi t=10 cm, Foot plat dan Batu Kali	15,46	m ³	Rp 105.000	Rp 1.622.828
				Sub total B	Rp 15.064.596
C	PEKERJAAN STRUKTUR				
C.1	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH				
1	Pondasi Foot Plat Type F220				
	- Beton sitemix 1:2:3	23,23	m ³	Rp 585.400	Rp 13.600.013
	- Bekisting Batako	42,24	m ²	Rp 55.000	Rp 2.323.200
	- Besi D13	1.087,24	Kg	Rp 9.500	Rp 10.328.806
	- Besi D16	1.646,95	Kg	Rp 9.500	Rp 15.646.002
2	Pondasi Foot Plat Type F200				
	- Beton sitemix 1:2:3	14,70	m ³	Rp 585.400	Rp 8.605.380
	- Bekisting Batako	29,40	m ²	Rp 55.000	Rp 1.617.000
	- Besi D13	796,06	Kg	Rp 9.500	Rp 7.562.586
	- Besi D16	1.205,87	Kg	Rp 9.500	Rp 11.455.751
3	Pondasi Foot Plat tangga Type FT (85x130cm)				
	- Beton sitemix 1:2:3	1,33	m ³	Rp 585.400	Rp 776.240

	- Bekisting Batako	5,16	m ²	Rp 55.000	Rp 283.800
	- Besi D10	73,76	Kg	Rp 9.500	Rp 700.740
	- Besi D13	69,87	Kg	Rp 9.500	Rp 663.786
4	Pas. pondasi batu kali 1:6	49,17	m ³	Rp 486.000	Rp 23.898.758
5	Pas. Rolak Bata	4,91	m ³	Rp 426.000	Rp 2.090.297
6	Cor Sloof uk. 15x25				
	- Beton sitemix 1:2:3	9,11	m ³	Rp 585.400	Rp 5.333.518
	- Bekisting Batako	121,48	m ²	Rp 55.000	Rp 6.681.323
	- Besi ϕ 8	435,42	Kg	Rp 9.500	Rp 4.136.479
	- Besi D13	1.195,25	Kg	Rp 9.500	Rp 11.354.848
				Sub Total C.1	Rp 127.058.528
C.2	PEKERJAAN STRUKTUR LT 1				
1	Cor kolom uk. 40x40				
	- Beton readymix K225	17,92	m ³	Rp 645000	Rp 11.558.400
	- Bekisting	179,20	m ²	Rp 75.000	Rp 13.440.000
	- Besi ϕ 8	524,75	Kg	Rp 9.500	Rp 4.985.140
	- Besi D16	3.931,47	Kg	Rp 9.500	Rp 37.348.985
2	Cor kolom Praktis uk. 15x15				
	- Beton sitemik 1:2:3	2,16	m ³	Rp 585.400	Rp 1.264.464
	- Bekisting	57,60	m ²	Rp 75.000	Rp 4.320.000
	- Besi ϕ 6	417,17	Kg	Rp 9.500	Rp 3.963.092
	- Besi ϕ 8	948,92	Kg	Rp 9.500	Rp 9.014.735
3	Cor balok Praktis uk. 15x25				
	- Beton sitemik 1:2:3	0,60	m ³	Rp 585.400	Rp 349.045
	- Bekisting	10,34	m ²	Rp 75.000	Rp 775.125
	- Besi ϕ 6	11,18	Kg	Rp 9.500	Rp 106.217
	- Besi ϕ 8	24,36	Kg	Rp 9.500	Rp 231.393
4	Cor balok Praktis uk. 15x30				
	- Beton sitemik 1:2:3	0,99	m ³	Rp 585.400	Rp 580.863
	- Bekisting	16,54	m ²	Rp 75.000	Rp 1.240.313
	- Besi ϕ 6	11,18	Kg	Rp 9.500	Rp 106.217
	- Besi ϕ 8	24,36	Kg	Rp 9.500	Rp 231.393
	- Besi D 13	623,69	Kg	Rp 9.500	Rp 5.925.015
5	Cor balok Praktis uk. 20x40				
	- Beton sitemik 1:2:3	22,16	m ³	Rp 585.400	Rp 12.974.806
	- Bekisting	111,42	m ²	Rp 75.000	Rp 8.356.500
	- Besi ϕ 8	65,04	Kg	Rp 9.500	Rp 617.897
	- Besi D 13	265,70	Kg	Rp 9.500	Rp 2.524.150
6	Cor rabat lantai beton sitemix 1:2:3 t. 5 cm				
	- Beton sitemix 1:2:3	23,60	m ³	Rp 332.900	Rp 7.855.482
7	Cor plat tangga beton t=15 cm				
	- Beton sitemix 1:2:3	9,61	m ³	Rp 645.000	Rp 6.196.867

	- Bekisting	92,24	m ²	Rp 75.000	Rp 6.917.963
	- Besi ϕ 8	988,82	Kg	Rp 9.500	Rp 9.393.783
	- Besi D13	169,78	Kg	Rp 9.500	Rp 1.612.877
8	Anak tangga Pasangan bata	3,59	m ³	Rp 291.500	Rp 1.046.777
				Sub Total C.2	Rp 152.937.497
C.3	PEKERJAAN STRUKTUR LT 2				
1	Cor kolom uk. 40x40				
	- Beton readymix K225	17,92	m ³	Rp 645.000	Rp 11.558.400
	- Bekisting	179,20	m ²	Rp 75.000	Rp 13.440.000
	- Besi ϕ 8	524,75	Kg	Rp 9.500	Rp 4.985.140
	- Besi D10	3.931,47	Kg	Rp 9.500	Rp 37.348.985
2	Cor kolom Praktis uk. 15x15				
	- Beton sitemik 1:2:3	2,16	m ³	Rp 585.400	Rp 1.264.464
	- Bekisting	57,60	m ²	Rp 75.000	Rp 4.320.000
	- Besi ϕ 6	417,17	Kg	Rp 9.500	Rp 3.963.092
	- Besi ϕ 8	948,92	Kg	Rp 9.500	Rp 9.014.735
3	Cor balok Praktis uk. 15x25	-			
	- Beton sitemik 1:2:3	0,60	m ³	Rp 585.400	Rp 349.045
	- Bekisting	10,34	m ²	Rp 75.000	Rp 775.125
	- Besi ϕ 6	11,18	Kg	Rp 9.500	Rp 106.217
	- Besi ϕ 8	24,36	Kg	Rp 9.500	Rp 231.393
4	Balok 15X30				
	- Beton readymix K225	0,99	m ³	Rp 645.000	Rp 640.001
	- Bekisting	16,54	m ²	Rp 75.000	Rp 1.240.313
	- Besi ϕ 8	11,18	Kg	Rp 9.500	Rp 106.217
	- Besi D13	24,36	Kg	Rp 9.500	Rp 231.393
5	Balok 20x40				
	- Beton readymix K225	22,16	m ³	Rp 645.000	Rp 14.295.780
	- Bekisting	111,42	m ²	Rp 75.000	Rp 8.356.500
	- Besi ϕ 8	65,04	Kg	Rp 9.500	Rp 617.897
	- Besi D13	265,70	Kg	Rp 9.500	Rp 2.524.150
6	Cor Plat lantai Type S13 t=12 cm				
	- Beton sitemix 1:2:3	50,84	m ³	Rp 645.000	Rp 32.791.284
	- Bekisting	423,66	m ²	Rp 75.000	Rp 31.774.500
	- Besi D10	12.883,59	Kg	Rp 9.500	Rp 122.394.129
7	Cor plat tangga beton t=15 cm				
	- Beton sitemix 1:2:3	2,51	m ³	Rp 645.000	Rp 1.619.618
	- Bekisting	22,38	m ²	Rp 75.000	Rp 1.678.410
	- Besi ϕ 8	259,27	Kg	Rp 9.500	Rp 2.463.046
	- Besi D16	166,83	Kg	Rp 9.500	Rp 1.584.858
8	Anak tangga Pasangan bata	0,84	m ³	Rp 291.500	Rp 245.350
				Sub Total C.3	Rp 309.920.043

C.4	PEKERJAAN STRUKTUR LT 3				
1	Cor kolom uk. 40x40				
	- Beton readymix K225	17,92	m ³	Rp 645.000	Rp 11.558.400
	- Bekisting	179,20	m ²	Rp 75.000	Rp 13.440.000
	- Besi ϕ 8	524,75	Kg	Rp 9.500	Rp 4.985.140
	- Besi D10	3.931,47	Kg	Rp 9.500	Rp 37.348.985
2	Cor kolom Praktis uk. 15x15				
	- Beton sitemik 1:2:3	2,16	m ³	Rp 585.400	Rp 1.264.464
	- Bekisting	57,60	m ²	Rp 75.000	Rp 4.320.000
	- Besi ϕ 6	417,17	Kg	Rp 9.500	Rp 3.963.092
	- Besi ϕ 8	948,92	Kg	Rp 9.500	Rp 9.014.735
3	Cor balok Praktis uk. 15x25				
	- Beton sitemik 1:2:3	0,60	m ³	Rp 585.400	Rp 349.045
	- Bekisting	10,34	m ²	Rp 75.000	Rp 775.125
	- Besi ϕ 6	11,18	Kg	Rp 9.500	Rp 106.217
	- Besi ϕ 8	24,36	Kg	Rp 9.500	Rp 231.393
4	Balok 15X30				
	- Beton readymix K225	0,99	m ³	Rp 645.000	Rp 640.001
	- Bekisting	16,54	m ²	Rp 75.000	Rp 1.240.313
	- Besi ϕ 8	11,18	Kg	Rp 9.500	Rp 106.217
	- Besi D13	24,36	Kg	Rp 9.500	Rp 231.393
5	Balok 20x40				
	- Beton readymix K225	22,16	m ³	Rp 645.000	Rp 14.295.780
	- Bekisting	111,42	m ²	Rp 75.000	Rp 8.356.500
	- Besi ϕ 8	65,04	Kg	Rp 9.500	Rp 617.897
	- Besi D13	265,70	Kg	Rp 9.500	Rp 2.524.150
6	Cor Plat lantai Type S13 t=12 cm				
	- Beton sitemix 1:2:3	50,84	m ³	Rp 645.000	Rp 32.791.284
	- Bekisting	423,66	m ²	Rp 75.000	Rp 31.774.500
	- Besi D10	12.883,59	Kg	Rp 9.500	Rp 122.394.129
7	Cor plat tangga beton t=15 cm				
	- Beton sitemix 1:2:3	2,51	m ³	Rp 645.000	Rp 1.619.618
	- Bekisting	22,38	m ²	Rp 75.000	Rp 1.678.410
	- Besi ϕ 8	259,27	Kg	Rp 9.500	Rp 2.463.046
	- Besi D16	166,83	Kg	Rp 9.500	Rp 1.584.858
8	Anak tangga Pasangan bata	0,84	m ³	Rp 291.500	Rp 245,350
				Sub Total C.4	Rp 309.920.043
C.5	PEKERJAAN STRUKTUR ATAP				
1	Balok 20x40				
	- Beton readymix K225	22,16	m ³	Rp 645.000	Rp 14.295.780
	- Bekisting	111,42	m ²	Rp 75.000	Rp 8.356.500
	- Besi ϕ 8	65,04	Kg	Rp 9.500	Rp 617.897

	- Besi D13	265,70	Kg	Rp 9.500	Rp 2.524.150
2	Plat lantai Atap Beton S10A				
	- Beton readymix K225	39,60	m ³	Rp 645.000	Rp 25.542.000
	- Bekisting	495,00	m ²	Rp 75.000	Rp 37.125.000
	- Besi ϕ 8	607,29	m ²	Rp 9.500	Rp 5.769.238
				Sub Total C.5	Rp 94.230.566
				TOTAL STRUKTUR	Rp 1.046.748.701,64
D	PEKERJAAN ARSITEKTUR				
I	LANTAI 1				
D.1	PEKERJAAN DINDING				
1	Pasangan dinding bata 75 mm	846,08	m ²	Rp 91.000	Rp 76.993.280
2	Pasangan dinding bata 100 mm luar	186,16	m ²	Rp 111.600	Rp 2.775.456
3	Plesteran dinding pasir : semen	2.064,48	m ²	Rp 34.600	Rp 71.431.008
4	Acian dinding pm 310	2.064,48	m ²	Rp 12.200	Rp 25.186.656
5	Benangan	266,42	m'	Rp 7.200	Rp 1.918.224
6	Tali air	55,85	m'	Rp 12.700	Rp 709.315
7	Waterproofing	186,16	m ²	Rp 81.000	Rp 15.078.960
8	Pekerjaan cat tembok interior Catylac	2.064,48	m ²	Rp 16.000	Rp 33.031.680
9	Pekerjaan cat tembok exterior dulux weathershield	372,32	m ²	Rp 24.000	Rp 8.935.680
10	Pas Andesit susun sirih 3x20 fin.Coating	6,14	m ²	Rp 285.000	Rp 1.749.216
				Sub Total	Rp 255.809.475
D.2	PEKERJAAN LANTAI				
1	Pekerjaan keramik teras belakang 30x30 ex Asiatile	6,34	m ²	Rp 97.300	Rp 616.493
2	Pas Keramik 60x60 Granite Tile RRT (Garuda)	458,71	m ²	Rp 144.400	Rp 66.238.078
3	Pas plint lantai Granite Tile RRT (Garuda) uk 10x60	280,30	m'	Rp 36.400	Rp 10.202.847
4	Pas keramik lantai kamar mandi 20x20 ex Roman antislip	13,23	m ²	Rp 112.000	Rp 1.481.760
5	Pas keramik dinding kamar mandi 20x25 ex Roman	86,40	m ²	Rp 119.000	Rp 10.281.600
				Sub Total	Rp 88.820.778
D.3	PEKERJAAN PLAFOND				
1	Plafon Gypsum 9 mm ex Jayaboard + rangka hollow	578,83	m ²	Rp 70.000	Rp 40.517.852
2	List Plafond	420,38	m'	Rp 18.500	Rp 7.776.993
3	Cat Plafond	578,83	m ²	Rp 16.000	Rp 9.261.223
				Sub Total	Rp 57.556.068

D.4	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA				
1	Pintu Harmonika 4.2x2.8 (P1)	6,00	unit	Rp 9.000.000	Rp 54.000.000
2	Pintu uk 0.9x2.2 (P2)	6,00	unit	Rp 1.250.000	Rp 7.500.000
3	Pintu KM/WC uk 0.7x2.1 (P3)	6,00	unit	Rp 850.000	Rp 5.100.000
				Sub Total	Rp 66.600.000
D.5	PEKERJAAN TANGGA LANTAI 1- LANTAI 2				
1	Railling Hollow 40X60 fin cat duco	84,36	m'	Rp 350.000	Rp 29.526.000
2	Stepnosing 10x30 Roman	138,60	m'	Rp 25.000	Rp 3.465.000
				Sub Total	Rp 32.991.000
D.6	PEKERJAAN SANITAIR				
1	Sanitair fixture				
	Pasang closed duduk ex Granada AMSTAD	6,00	bh	Rp 1.590.000	Rp 9.540.000
	Pasang sanitair fixture				
	- Jet Shower ex lokal	6,00	bh	Rp 360.000	Rp 2.160.000
	- Floor drain 3" ex lokal	6,00	bh	Rp 85.000	Rp 510.000
	- Kran Air, Kran Shower ex lokal	6,00	bh	Rp 156.000	Rp 936.000
	- Kran Air, Teras Belakang ex lokal	6,00	bh	Rp 141.000	Rp 846.000
	Pasang Wastafel ex Studio 50 AMSTAD	6,00	bh	Rp 290.000	Rp 1.740.000
2	Instalasi air & septictank				
	Instalasi pipa air bersih 1" PVC ex Maspion	111,15	m'	Rp 12.000	Rp 1.333.800
	Instalasi pipa air bersih 1/2" PVC ex Maspion	25,31	m'	Rp 8.000	Rp 202.512
	Instalasi pipa air kotor 4" PVC ex Maspion	142,07	m'	Rp 32.000	Rp 4.546.197
	Instalasi pipa air kotor 6" PVC ex Maspion	99,50	m'	Rp 51.500	Rp 5.124.456
	Buis beton U 30	41,00	m'	Rp 64.000	Rp 2.624.000
	Bak kontrol 60x60 cm	12,00	unit	Rp 300.000	Rp 3.600.000
	Grountank 250ltr	6,00	unit	Rp 3.000.000	Rp 18.000.000
	Septictank (lkp dg Rmbsn,bk ktrl,p. hawa) buis beton	6,00	unit	Rp 2.500.000	Rp 15.000.000
	Sumur Bor	6,00	unit	Rp 600.000	Rp 3.600.000
	Pompa ex Shimidzu	6,00	unit	Rp 300.000	Rp 1.800.000
				Sub Total	Rp 71.562.965
D.7	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK				
1	Biaya pemasangan titik lampu	42,00	ttk	Rp 125.000	Rp 5.250.000

2	Biaya pemasangan titik Sklar	12,00	ttk	Rp 125.000	Rp 1.500.000
3	Biaya pemasangan titik Stop Kontak	24,00	ttk	Rp 125.000	Rp 3.000.000
4	Biaya pemasangan titik Telepon	6,00	ttk	Rp 150.000	Rp 900.000
5	Kabel NYM 2x2,5 mm ex. Eterna	279,64	m'	Rp 22.000	Rp 6.151.992
6	Box MCB	6,00	ttk	Rp 200.000	Rp 1.200.000
				Sub Total	Rp 18.001.992
D.8	PEKERJAAN ARMATURE				
1	Lampu downlight 18 watt	18,00	bh	Rp 35.000	Rp 630.000
2	Lampu TL 18 watt	18,00	bh	Rp 55.000	Rp 990.000
3	Fitting + Lampu 18 watt	6,00	bh	Rp 25.000	Rp 150.000
4	Stop kontak ex.broco	24,00	bh	Rp 35.000	Rp 840.000
5	Skalar Ganda	12,00	bh	Rp 25.000	Rp 300.000
6	Sklar tunggal	1,00	bh	Rp 23.000	Rp 23.000
				Sub Total	Rp 2.933.000
II	LANTAI 2				
D.9	PEKERJAAN DINDING				
1	Pasangan dinding bata 75 mm	651,64	m2	Rp 91.000	Rp 59.299.240
2	Pasangan dinding bata 100 mm luar	178,14	m2	Rp 111.600	Rp 19.880.870
3	Plesteran dinding pasir : semen	1.112,39	m2	Rp 34.600	Rp 38.488.625
4	Acian dinding pm 310	1.112,39	m2	Rp 12.200	Rp 13.571.134
5	Benangan	240,08	m'	Rp 7.200	Rp 1.728.576
6	Tali air	60,70	m'	Rp 12.700	Rp 770.839
7	Waterproofing	86,40	m'	Rp 81.000	Rp 6.998.400
8	Pekerjaan cat tembok interior Catylac	866,32	m2	Rp 16.000	Rp 13.861.051
9	Pekerjaan cat tembok exterior Dulux Weathershield	197,38	m2	Rp 24.000	Rp 4.737.199
10	Pas Andesit susun sirih 3x20 fin.Coating	48,69	m2	Rp 285.000	Rp 13.876.365
				Sub Total	Rp 173.212.299
D.10	PEKERJAAN LANTAI				
1	Pas Keramik 60x60 ex Granite Tile RRT (Garuda)	413,27	m2	Rp 144.400	Rp 59.676.455
2	Pas plint lantai Granite Tile RRT (Garuda) uk 10x60	278,91	m'	Rp 36.400	Rp 10.152.311
3	Pas keramik lantai kamar mandi 20x20 ex Roman antislip	13,23	m2	Rp 112.000	Rp 1.481.760
4	Pas keramik dinding kamar mandi 20x25 ex Roman	86,40	m2	Rp 119.000	Rp 10.281.600
				Sub Total	Rp 81.592.126

D.11	PEKERJAAN PLAFOND				
1	Plafon Gypsum 9 mm ex Jayaboard + rangka hollow	301,06	m2	Rp 70.000	Rp 21.074.130
2	Plafon Gypsum exposed	124,56	m2	Rp 25.000	Rp 3.114.021
3	List Plafond	288,07	m'	Rp 18.500	Rp 5.329.288
4	Cat Plafond	301,06	m2	Rp 16.000	Rp 4.816.944
				Sub Total	Rp 34.334.384
D.12	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA				
1	Pintu KM/WC uk 0.7x2.1 (P3)	6,00	unit	Rp 850.000	Rp 5.100.000
2	Pintu Jendela uk 1.7x2.4 (P5)	6,00	unit	Rp 2.652.000	Rp 15.912.000
3	Jendela uk 0.75x2.7 (J1)	6,00	unit	Rp 810.000	Rp 4.860.000
4	Jendela 1.1x1.2 (J1')	6,00	unit	Rp 528.000	Rp 3.168.000
				Sub Total	Rp 29.040.000
D.13	PEKERJAAN TANGGA LANTAI 2- LANTAI 3				
1	Railling Hollow 40X60 fin cat duco	22,50	m'	Rp 350.000	Rp 7.873.600
2	Railling Hollow fin cat duco Balkon	13,36	m'	Rp 350.000	Rp 4.676.000
3	Stepnosing 10x30 Roman	36,96	m'	Rp 25.000	Rp 924.000
				Sub Total	Rp 13.473.600
D.14	PEKERJAAN SANITAIR				
1	Sanitair fixture				
	Pasang closed duduk ex Granada 6R AMSTAD	6,00	bh	Rp 1.590.000	Rp 9.540.000
	Pasang sanitair fixture				
	- Jet Shower ex lokal	6,00	bh	Rp 360.000	Rp 2.160.000
	- Floor drain 3" ex lokal	6,00	bh	Rp 85.000	Rp 510.000
	- Kran Air, Kran Shower ex lokal	6,00	bh	Rp 156.000	Rp 936.000
	- Roof drain ex lokal	12,00	bh	Rp 125.000	Rp 1.500.000
	Pasang Wastafel ex Studio 50 AMSTAD	1,00	bh	Rp 290.000	Rp 290.000
2	Instalasi air & septictank				
	Instalasi pipa air bersih 1" PVC ex Maspion	46,31	m'	Rp 12.000	Rp 555.768
	Instalasi pipa air kotor 4" PVC ex Maspion	32,94	m'	Rp 32.000	Rp 1.054.208
				Sub Total	Rp 16.545.976
D.15	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK				
1	Biaya pemasangan titik lampu	42,00	ttk	Rp 125.000	Rp 5.250.000
2	Biaya pemasangan titik Sklar	22,00	ttk	Rp 125.000	Rp 2.750.000
3	Biaya pemasangan titik Stop	24,00	ttk	Rp 125.000	Rp 3.000.000

	Kontak				
4	Biaya pemasangan titik Telepon	6,00	bh	Rp 150.000	Rp 900.000
5	Kabel NYM 2x2,5 mm ex. Eterna	266,84	m'	Rp 22.000	Rp 5.870.568
6	MCB	6,00	bh	Rp 200.000	Rp 1.200.000
				Sub Total	Rp 18.970.568
D.16	PEKERJAAN ARMATURE				
1	Lampu Downlight 18 watt	6,00	bh	Rp 35.000	Rp 210.000
2	Lampu TL 36 watt	6,00	bh	Rp 55.000	Rp 330.000
3	fitting + Lampu 18 Watt	6,00	bh	Rp 25.000	Rp 150.000
4	Stop kontak ex.broco	24,00	bh	Rp 25.000	Rp 600.000
5	Sklar ganda	18,00	bh	Rp 25.000	Rp 450.000
				Sub Total	Rp 1.740.000
III	LANTAI 3				
D.17	PEKERJAAN DINDING				
1	Pasangan dinding bata 75 mm	700,35	m2	Rp 91.000	Rp 63.731.850
2	Pasangan dinding bata 100 mm luar	385,80	m2	Rp 111.600	Rp 43.055.280
3	Plesteran dinding pasir : semen	1.575,00	m2	Rp 34.600	Rp 54.495.000
4	Acian dinding pm 310	1.575,00	m2	Rp 12.200	Rp 19.215.000
5	Benangan	528,90	m'	Rp 7.200	Rp 3.808.069
6	Tali air	101,37	m'	Rp 12.700	Rp 1.287.380
7	Waterproofing	86,40	m'	Rp 81.000	Rp 6.998.400
8	Pekerjaan cat tembok interior Catylac	1.179,05	m2	Rp 16.000	Rp 18.864.720
9	Pekerjaan cat tembok exterior dulux weathershield	268,67	m2	Rp 24.000	Rp 6.447.960
10	Pas Andesit susun sirih 3x20 fin.Coating	54,98	m2	Rp 285.000	Rp 15.667.875
11	Pekerjaan ACP	72,32	m2	Rp 250.000	Rp 18.078.750
				Sub Total	Rp 251.650.284
D.18	PEKERJAAN LANTAI				
1	Pas Keramik 60x60 ex Granite Tile RRT (Garuda)	409,57	m2	Rp 144.400	Rp 59.141.764
2	Pas plint lantai Granite Tile RRT (Garuda) uk 10x60	238,79	m'	Rp 36.400	Rp 8.692.021
3	Pas keramik lantai kamar mandi 20x20 ex Roman antislip	13,23	m2	Rp 112.000	Rp 1.481.760
4	Pas keramik dinding kamar mandi 20x25 ex Roman	86,40	m2	Rp 119.000	Rp 10.281.600
				Sub Total	Rp 79.597.144
D.19	PEKERJAAN PLAFOND				
1	Plafon Gypsum 9 mm ex	419,49	m2	Rp 70.000	Rp 29.364.405

	Jayaboard + rangka hollow				
2	List Plafond	273,14	m'	Rp 18.500	Rp 5.053.123
3	Cat Plafond Catylac	419,49	m2	Rp 16.000	Rp 6.711.864
				Sub Total	Rp 41.129.392
D.20	PEKERJAAN PINTU DAN JENDELA				
1	Pintu KM/WC uk 0.7x2.1 (P3)	6,00	unit	Rp 800.000	Rp 4.800.000
				Sub Total	Rp 4.800.000
D.21	PEKERJAAN SANITAIR				
1	Sanitair fixture				
	Pasang closed duduk ex CW 421JP	6,00	bh	Rp 2.090.000	Rp 12.540.000
	Pasang sanitair fixture				
	- Jet Shower	6,00	bh	Rp 560.000	Rp 3.360.000
	- Floor drain 3" ex Lokal	6,00	bh	Rp 135.000	Rp 810.000
	- Kran Air, Kran Shower ex Lokal	6,00	bh	Rp 186.000	Rp 1.116.000
	- Roof drain	12,00	bh	Rp 165.000	Rp 1.980.000
	Pasang Wastafel ex Toto L34	6,00	bh	Rp 368.000	Rp 2.208.000
2	Instalasi air & septictank				
	Instalasi pipa air bersih 1" PVC ex Maspion	96,90	m'	Rp 12.000	Rp 1.162.746
	Instalasi pipa air kotor 4" PVC ex Maspion	53,84	m'	Rp 32.000	Rp 1.723.008
	Tandon air 1000 L	6,00	unit	Rp 1.050.000	Rp 6.300.000
				Sub Total	Rp 31.199.754
D.22	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK				
1	Biaya pemasangan titik lampu	42,00	ttk	Rp 125.000	Rp 5.250.000
2	Biaya pemasangan titik Sklar	24,00	ttk	Rp 125.000	Rp 3.000.000
3	Biaya pemasangan titik Stop Kontak	24,00	ttk	Rp 125.000	Rp 3.000.000
4	Penangkal Petir	6,00	ttk	Rp 50.000	Rp 300.000
5	Biaya pemasangan titik Telepon	6,00	bh	Rp 150.000	Rp 900.000
6	Kabel NYM 2x2,5 mm ex. Eterna	264,40	m'	Rp 22.000	Rp 5.816.844
7	MCB	6,00	bh	Rp 200.000	Rp 1.200.000
				Sub Total	Rp 19.466.844
D.23	PEKERJAAN ARMATURE				
1	Lampu DownLight 18 Watt	42,00	bh	Rp 55.000	Rp 2.310.000
2	Stop kontak ex.broco	18,00	bh	Rp 25.000	Rp 450.000
3	Sklar ganda	18,00	bh	Rp 25.000	Rp 450.000
4	Sklar tunggal	6,00	bh	Rp 23.000	Rp 138.000
				Sub Total	Rp 3.348.000

D.24	PEKERJAAN ATAP				
1	Waterproofing	495,00	m2	Rp 81.000	Rp 40.095.000
				Sub Total	Rp 40.095.000
				TOTAL III	Rp 471.286.418,24
				TOTAL ARSITEKTUR	Rp 1.434.470.649
III	PEKERJAAN HALAMAN				
1	Paving block T. 6 cm ex. Lokal	264.00	m2	Rp 80.000	Rp 21.120.000
2	Grill saluran rangka siku 30.30.3 grill besi dia. 10 mm	33.00	m1	Rp 75.000	Rp 2.475.000
3	Galian tanah	51.77	m3	Rp 50.000	Rp 2.588.749,14
4	Urugan pasir bawah pondasi batu kali	2.58	m3	Rp 130.000	Rp 334.861,49
5	Cor footplate pagar uk. 60 x 60 x 25				
	- Beton sitemix 1:2:3	0.52	m3	Rp 548.400	Rp 286.786,53
	- Bekisting	3.47	m2	Rp 90.000	Rp 312.389,35
	- Besi	57.50	kg	Rp 9.800	Rp 563.530,82
6	Cor sloof pagar uk. 15 x 25				
	- Beton sitemix 1:2:3	2.14	m3	Rp 548.400	Rp 1.173.667,95
	- Bekisting	28.10	m2	Rp 90.000	Rp 2.529.241,55
	- Besi	379.12	kg	Rp 9.800	Rp 3.715.340,56
7	Pas. Batu kali 1:6 dinding pagar	24.53	m3	Rp 403.000	Rp 9.886.294,77
8	Pas. Rollag batu kali saluran	9.19	m3	Rp 384.000	Rp 3.527.961,35
9	Urugan tanah kembali	18.20	m3	Rp 25.000	Rp 454.926,97
10	Kolom pagar uk. 20 x 20				
	- Beton sitemix 1:2:3	1.49	m3	Rp 548.400	Rp 816.451,66
	- Bekisting	28.98	m2	Rp 9.000	Rp 2.608.614,13
	- Besi	231.69	kg	Rp 9.800	Rp 2.270.533,60
11	Kolom praktis uk. 12 x 12	48.46	m1	Rp 67.000	Rp 3.246.978,30
12	Ring praktis uk. 12 x 12	63.34	m1	Rp 67.000	Rp 4.243.767,11
13	Pasangan dinding 1/2 bata 1:6 pagar	157.50	m2	Rp 70.700	Rp 11.135.250
14	Plesteran 1:6 & acian dinding pagar	315.00	m2	Rp 44.200	Rp 13.923.000
15	Cat dinding pagar	315.00	m2	Rp 23.000	Rp 7.245.000
16	Benangan	78.08	m1	Rp 8.200	Rp 640.271,40
				TOTAL HALAMAN	Rp 95.098.616,69
TOTAL PEKERJAAN				Rp 2.570.985.537,63	
PPN 10%				Rp 257.098.553,76	
GRAND TOTAL				Rp 2.828.084.091,40	

5.4 ANALISIS INVESTASI

5.4.1 INVESTASI

Investasi diasumsikan sebagai pengeluaran awal dari sebuah proyek. Investasi dalam penelitian ini dihitung berdasarkan literatur-literatur yang ada. Yang termasuk dalam investasi diantaranya adalah biaya konstruksi bangunan, biaya lahan, dan biaya lainnya seperti perizinan, administrasi, IMB, dan kontribusi daerah.

5.4.1.1 Biaya Konstruksi Bangunan

Biaya konstruksi diestimasi dengan menghitung biaya konstruksi bangunan menjadi beberapa elemen seperti pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur bangunan, pekerjaan arsitektur, dll. Estimasi biaya elemen bangunan dihitung dengan mengalikan luas per elemen bangunan dengan biaya per meter persegi. Dari perhitungan rencana anggaran biaya yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan biaya konstruksi bangunan dengan rekap seperti pada table 5.17.

Table 5.17 Rekap Rencana Anggaran Biaya

No.	Jenis Pekerjaan	Biaya
1.	Pekerjaan Persiapan	Rp 32.285.000,00
2.	Pekerjaan Tanah	Rp 15.064.596,00
2.	Pekerjaan Struktur	Rp 994.066.675,30
3.	Pekerjaan Arsitektur	Rp 1.434.470.649,30
4.	Pekerjaan Halaman	Rp 95.098.616,69
	Total Biaya	Rp 2.570.985.537,63
	PPN 10%	Rp 257.098.553,76
	Total Biaya Konstruksi	Rp 2.828.084.091,40

Dari table 5.17 dapat diketahui bahwa besarnya biaya konstruksi bangunan yang dibutuhkan dalam investasi ini adalah Rp 2.828.084.091,40.

5.4.1.2 Biaya Lahan

Perhitungan biaya lahan digunakan dengan membandingkan harga lahan yang berada disekitar proyek ruko, yaitu didapatkan harga lahan per meter persegi adalah sebesar Rp. 3.000.000,00. Sehingga biaya lahan yang dibutuhkan untuk pembangunan proyek ruko dapat dihitung dengan mengalikan luas lahan dengan harga per meter persegi seperti perhitungan berikut ini :

$$\begin{aligned}\text{Biaya lahan} &= \text{luas lahan} \times \text{harga per meter persegi} \\ &= 967 \text{ m}^2 \times \text{Rp } 3.000.000,00 / \text{m}^2 \\ &= \text{Rp } 2.901.000.000,00\end{aligned}$$

5.4.1.3 Biaya Lain-lain

Biaya lain-lain mencakup biaya perizinan, administrasi, IMB, dan kontribusi daerah. Biaya lain-lain didapatkan sebesar 5%-15%, maka biaya lain-lain diasumsikan sebesar 15% dari biaya konstruksi bangunan. Perhitungan biaya lain-lain adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Biaya lain-lain} &= 15\% \times \text{biaya konstruksi bangunan} \\ &= 15\% \times \text{Rp } 2.828.084.091,40 \\ &= \text{Rp } 424.212.613,71\end{aligned}$$

5.4.1.4 Total Investasi

Total investasi untuk pembangunan ruko yang diasumsikan sebagai pengeluaran awal proyek dapat dilihat pada table 5.18.

Table 5.18 Total Investasi

No.	Keterangan	Biaya
1.	Biaya Konstruksi Bangunan	Rp. 2.828.084.091,40
2.	Biaya Lahan	Rp. 2.901.000.000,00
3.	Biaya Lain-lain	Rp. 424.212.613,71
	Total Investasi	Rp. 6.153.296.705,11

5.4.2 PENDAPATAN

Pendapatan dalam penelitian ini didapatkan dari asumsi penjualan 6 unit ruko dalam waktu 3 tahun. Harga penjualan ruko setiap tahunnya akan mengalami kenaikan.

5.4.2.1 Pendapatan Skenario Pertama

Pada skenario pertama ini pemilik proyek mendapatkan modal dari dana pribadinya untuk biaya investasi awal, sehingga pendapatan skenario pertama hanya didapatkan dari penjualan 6 unit ruko. Diasumsikan bahwa di tahun pertama akan terjual 3 unit ruko dengan harga per unitnya Rp. 1.500.000.000. Di tahun kedua akan terjual 2 unit ruko dengan harga jual per unitnya Rp. 1.550.000.000. Di tahun ketiga akan terjual 1 unit ruko dengan harga Rp. 1.600.000.000. Perhitungan pendapatan dari tahun pertama hingga ketiga adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan tahun pertama} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 3 \text{ unit} \times \text{Rp } 1.500.000.000 \\
 &= \text{Rp } 4.500.000.000 \\
 \text{Pendapatan tahun kedua} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 2 \text{ unit} \times \text{Rp } 1.550.000.000 \\
 &= \text{Rp } 3.100.000.000 \\
 \text{Pendapatan tahun ketiga} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 1 \text{ unit} \times \text{Rp } 1.600.000.000 \\
 &= \text{Rp } 1.600.000.000 \\
 \text{Total pendapatan} &= \text{Rp } 4.500.000.000 + \text{Rp } 3.100.000.000 \\
 &\quad + \text{Rp } 1.600.000.000 \\
 &= \text{Rp } 9.200.000.000
 \end{aligned}$$

5.4.2.2 Pendapatan Skenario Kedua

Pada skenario kedua ini pemilik proyek mendapatkan pinjaman Bank untuk biaya investasi awal yaitu pinjaman 50% dengan bunga pinjaman 12,5%. Pendapatan skenario kedua ini didapatkan dari pinjaman Bank ditahun ke 0, yaitu

sebelum dilakukan pembangunan ruko. Diasumsikan bahwa di tahun pertama akan terjual 3 unit ruko dengan harga per unitnya Rp. 1.500.000.000. Di tahun kedua akan terjual 2 unit ruko dengan harga jual per unitnya Rp. 1.550.000.000. Di tahun ketiga akan terjual 1 unit ruko dengan harga Rp. 1.600.000.000. Perhitungan pendapatan dari tahun pertama hingga ketiga adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan tahun ke 0} &= 50\% \times \text{biaya investasi awal} \\
 &= 50\% \times \text{Rp. 6.153.296.705,11} \\
 &= \text{Rp 3.076.648.352,56} \\
 \text{Pendapatan tahun pertama} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 3 \text{ unit} \times \text{Rp 1.500.000.000} \\
 &= \text{Rp 4.500.000.000} \\
 \text{Pendapatan tahun kedua} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 2 \text{ unit} \times \text{Rp 1.550.000.000} \\
 &= \text{Rp 3.100.000.000} \\
 \text{Pendapatan tahun ketiga} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 1 \text{ unit} \times \text{Rp 1.600.000.000} \\
 &= \text{Rp 1.600.000.000} \\
 \text{Total pendapatan :} &= \text{Rp 3.076.648.352,56} + \text{Rp 4.500.000.000} \\
 &\quad + \text{Rp 3.100.000.000} + \text{Rp 1.600.000.000} \\
 &= \text{Rp 12.276.648.352,56}
 \end{aligned}$$

5.4.2.3 Pendapatan Skenario Ketiga

Pada skenario ketiga ini pemilik proyek mendapatkan pinjaman Bank untuk biaya investasi awal yaitu pinjaman 70% dengan bunga pinjaman 12,5%. Pendapatan skenario ketiga ini didapatkan dari pinjaman Bank ditahun ke 0, yaitu sebelum dilakukan pembangunan ruko. Pendapatan di tahun pertama hingga ketiga didapatkan dari penjualan 6 unit ruko. Diasumsikan bahwa di tahun pertama akan terjual 3 unit ruko dengan harga per unitnya Rp. 1.500.000.000. Di tahun kedua akan terjual 2 unit ruko dengan harga jual per unitnya Rp. 1.550.000.000. Di tahun ketiga akan terjual 1 unit ruko dengan harga Rp.

1.600.000.000. Perhitungan pendapatan dari tahun pertama hingga ketiga adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan tahun ke 0} &= 70\% \times \text{biaya investasi awal} \\
 &= 70\% \times \text{Rp. 6.153.296.705,11} \\
 &= \text{Rp 4.307.307.693,58} \\
 \text{Pendapatan tahun pertama} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 3 \text{ unit} \times \text{Rp 1.500.000.000} \\
 &= \text{Rp 4.500.000.000} \\
 \text{Pendapatan tahun kedua} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 2 \text{ unit} \times \text{Rp 1.550.000.000} \\
 &= \text{Rp 3.100.000.000} \\
 \text{Pendapatan tahun ketiga} &= \text{jumlah unit terjual} \times \text{harga jual} \\
 &= 1 \text{ unit} \times \text{Rp 1.600.000.000} \\
 &= \text{Rp 1.600.000.000} \\
 \text{Total pendapatan :} &= \text{Rp 4.307.307.693,58} + \text{Rp 4.500.000.000} \\
 &\quad + \text{Rp 3.100.000.000} + \text{Rp 1.600.000.000} \\
 &= \text{Rp 13.507.307.693,58}
 \end{aligned}$$

5.4.3 PENGELUARAN

Pengeluaran dalam penelitian ini adalah biaya yang dikeluarkan untuk operasional dan pemeliharaan.

5.4.3.1 Pengeluaran Skenario Pertama

1. Biaya Operasional

a. Inventaris Kantor

Biaya yang dikeluarkan untuk inventaris kantor dihitung selama satu tahun sekali. Biaya inventaris kantor diasumsikan sebesar Rp 10.000.000,00 per tahun.

b. Pemasaran dan Promosi

Biaya untuk pemasaran dan promosi diasumsikan dikeluarkan setiap bulan, yaitu sebesar Rp 1.500.000,00. Jadi biaya pemasaran dan promosi yang dikeluarkan selama satu tahun adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pemasaran dan promosi} &= \text{biaya per bulan} \times 12 \\
 &= \text{Rp } 1.500.000,00 \times 12 \\
 &= \text{Rp } 18.000.000,00
 \end{aligned}$$

c. Gaji Karyawan

Gaji karyawan diasumsikan dikeluarkan setiap bulan untuk 2 orang karyawan yaitu sebesar Rp 750.000,00 untuk masing-masing karyawan tiap bulannya.

$$\begin{aligned}
 \text{Gaji karyawan per bulan} &= \text{jumlah karyawan} \times \text{gaji} \\
 &= 2 \times \text{Rp } 750.000,00 \\
 &= \text{Rp } 1.500.000,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaji karyawan per tahun} &= \text{gaji karyawan per bulan} \times 12 \\
 &= \text{Rp } 1.500.000,00 \times 12 \\
 &= \text{Rp } 18.000.000,00
 \end{aligned}$$

d. Biaya Telp

Biaya yang dikeluarkan untuk membayar telp diasumsikan tiap bulannya adalah Rp 100.000,00.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya telp per tahun} &= \text{biaya telp per bulan} \times 12 \\
 &= \text{Rp } 100.000,00 \times 12 \\
 &= \text{Rp } 1.200.000,00
 \end{aligned}$$

e. Listrik dan Air

Biaya yang dikeluarkan untuk pembayaran listrik dan air tiap bulannya diasumsikan sebesar Rp 3.000.000,00.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya listrik dan air per tahun} &= \text{biaya listrik dan air per bulan} \times 12 \\
 &= \text{Rp } 3.000.000,00 \times 12 \\
 &= \text{Rp } 36.000.000,00
 \end{aligned}$$

2. Biaya Pemeliharaan

Biaya untuk pemeliharaan ruko diasumsikan setiap bulannya adalah Rp 3.500.000,00.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pemeliharaan per tahun} &= \text{biaya pemeliharaan per bulan} \times 12 \\
 &= \text{Rp } 3.500.000,00 \times 12 \\
 &= \text{Rp } 42.000.000,00
 \end{aligned}$$

3. Total Pengeluaran

Total pengeluaran yang dikeluarkan selama satu tahun dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Total Biaya Pengeluaran Skenario Pertama

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya
1.	Biaya Operasional	
	a. Inventaris Kantor	Rp 10.000.000,00
	b. Pemasaran dan Promosi	Rp 18.000.000,00
	c. Gaji Karyawan	Rp 18.000.000,00
	d. Biaya Telp	Rp 1.200.000,00
	e. Listrik dan Air	Rp 36.000.000,00
2.	Biaya Pemeliharaan	Rp 42.000.000,00
Total Pengeluaran per Tahun		Rp 125.200.000,00

Pengeluaran untuk tahun kedua dan tahun ketiga diasumsikan sama dengan tahun pertama, jadi total pengeluaran selama 3 tahun adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Total pengeluaran selama tiga tahun} &= 3 \times \text{Rp } 125.200.000,00 \\
 &= \text{Rp } 375.600.000,00
 \end{aligned}$$

5.4.3.2 Pengeluaran Skenario Kedua

1. Biaya Operasional

a. Inventaris Kantor

Biaya yang dikeluarkan untuk inventaris kantor dihitung selama satu tahun sekali. Biaya inventaris kantor diasumsikan sebesar Rp 10.000.000,00 per tahun.

b. Pemasaran dan Promosi

Biaya untuk pemasaran dan promosi diasumsikan dikeluarkan setiap bulan, yaitu sebesar Rp 1.500.000,00. Jadi biaya pemasaran dan promosi yang dikeluarkan selama satu tahun adalah :

$$\begin{aligned}\text{Biaya pemasaran dan promosi} &= \text{biaya per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 1.500.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 18.000.000,00\end{aligned}$$

c. Gaji Karyawan

Gaji karyawan diasumsikan dikeluarkan setiap bulan untuk 2 orang karyawan yaitu sebesar Rp 750.000,00 untuk masing-masing karyawan tiap bulannya.

$$\begin{aligned}\text{Gaji karyawan per bulan} &= \text{jumlah karyawan} \times \text{gaji} \\ &= 2 \times \text{Rp } 750.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.500.000,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gaji karyawan per tahun} &= \text{gaji karyawan per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 1.500.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 18.000.000,00\end{aligned}$$

d. Biaya Telp

Biaya yang dikeluarkan untuk membayar telp diasumsikan tiap bulannya adalah Rp 100.000,00.

$$\begin{aligned}\text{Biaya telp per tahun} &= \text{biaya telp per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 100.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 1.200.000,00\end{aligned}$$

e. Listrik dan Air

Biaya yang dikeluarkan untuk pembayaran listrik dan air tiap bulannya diasumsikan sebesar Rp 3.000.000,00.

$$\begin{aligned}\text{Biaya listrik dan air per tahun} &= \text{biaya listrik dan air per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 3.000.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 36.000.000,00\end{aligned}$$

2. Biaya Pemeliharaan

Biaya untuk pemeliharaan ruko diasumsikan setiap bulannya adalah Rp 3.500.000,00.

$$\begin{aligned}\text{Biaya pemeliharaan per tahun} &= \text{biaya pemeliharaan per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 3.500.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 42.000.000,00\end{aligned}$$

3. Pengembalian Pinjaman Pokok dan Bunga

Pada skenario kedua ini, modal untuk investasi awal diperoleh dari pinjaman bank sebesar 50% dengan bunga pinjaman sebesar 12.5% per tahun, sehingga dalam pengeluaran juga perlu dihitung biaya pengembalian pinjaman pokok dan bunga dari pinjaman tersebut. Biaya pengembalian pinjaman pokok diasumsikan dikembalikan dalam waktu tiga tahun sesuai dengan umur investasi. Perhitungan bunga menggunakan metode bunga flat, yaitu pengembalian pinjaman dihitung besarnya pada setiap tahun.

$$\begin{aligned}\text{Pengembalian pinjaman pokok per tahun} &= \text{biaya investasi pinjaman} / 3 \\ &= \text{Rp } 3.076.648.352,56 / 3 \\ &= \text{Rp } 1.025.549.450,85 \\ \text{Bunga pinjaman per tahun} &= 12.5\% \times \text{biaya investasi pinjaman} \\ &= 12.5\% \times \text{Rp } 3.076.648.352,56 \\ &= \text{Rp } 384.581.044,07\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total pengembalian pinjaman per tahun} &= \text{pinjaman pokok} + \text{bunga} \\ &= \text{Rp } 1.025.549.450,85 + \text{Rp } 384.581.044,07 \\ &= \text{Rp } 1.410.130.494,92\end{aligned}$$

4. Total Pengeluaran

Total pengeluaran yang dikeluarkan selama satu tahun dapat dilihat pada Tabel 5.20 sebagai berikut :

Tabel 5.20 Total Biaya Pengeluaran Skenario Kedua

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya
1.	Biaya Operasional	
	a. Inventaris Kantor	Rp 10.000.000,00
	b. Pemasaran dan Promosi	Rp 18.000.000,00
	c. Gaji Karyawan	Rp 18.000.000,00
	d. Biaya Telp	Rp 1.200.000,00
	e. Listrik dan Air	Rp 36.000.000,00
2.	Biaya Pemeliharaan	Rp 42.000.000,00
3.	Pengembalian Pinjaman Pokok dan Bunga	Rp 1.410.130.494,92
Total Pengeluaran per Tahun		Rp 1.535.330.494,92

Pengeluaran untuk tahun kedua dan tahun ketiga diasumsikan sama dengan tahun pertama, jadi total pengeluaran selama 3 tahun adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Total pengeluaran selama tiga tahun} &= 3 \times \text{Rp } 1.535.330.494,92 \\
 &= \text{Rp } 4.605.991.484,76
 \end{aligned}$$

5.4.3.3 Pengeluaran Skenario Ketiga

1. Biaya Operasional

a. Inventaris Kantor

Biaya yang dikeluarkan untuk inventaris kantor dihitung selama satu tahun sekali. Biaya inventaris kantor diasumsikan sebesar Rp 10.000.000,00 per tahun.

b. Pemasaran dan Promosi

Biaya untuk pemasaran dan promosi diasumsikan dikeluarkan setiap bulan, yaitu sebesar Rp 1.500.000,00. Jadi biaya pemasaran dan promosi yang dikeluarkan selama satu tahun adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pemasaran dan promosi} &= \text{biaya per bulan} \times 12 \\
 &= \text{Rp } 1.500.000,00 \times 12 \\
 &= \text{Rp } 18.000.000,00
 \end{aligned}$$

c. Gaji Karyawan

Gaji karyawan diasumsikan dikeluarkan setiap bulan untuk 2 orang karyawan yaitu sebesar Rp 750.000,00 untuk masing-masing karyawan tiap bulannya.

$$\begin{aligned}\text{Gaji karyawan per bulan} &= \text{jumlah karyawan} \times \text{gaji} \\ &= 2 \times \text{Rp } 750.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.500.000,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gaji karyawan per tahun} &= \text{gaji karyawan per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 1.500.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 18.000.000,00\end{aligned}$$

d. Biaya Telp

Biaya yang dikeluarkan untuk membayar telp diasumsikan tiap bulannya adalah Rp 100.000,00.

$$\begin{aligned}\text{Biaya telp per tahun} &= \text{biaya telp per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 100.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 1.200.000,00\end{aligned}$$

e. Listrik dan Air

Biaya yang dikeluarkan untuk pembayaran listrik dan air tiap bulannya diasumsikan sebesar Rp 3.000.000,00.

$$\begin{aligned}\text{Biaya listrik dan air per tahun} &= \text{biaya listrik dan air per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 3.000.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 36.000.000,00\end{aligned}$$

2. Biaya Pemeliharaan

Biaya untuk pemeliharaan ruko diasumsikan setiap bulannya adalah Rp 3.500.000,00.

$$\begin{aligned}\text{Biaya pemeliharaan per tahun} &= \text{biaya pemeliharaan per bulan} \times 12 \\ &= \text{Rp } 3.500.000,00 \times 12 \\ &= \text{Rp } 42.000.000,00\end{aligned}$$

3. Pengembalian Pinjaman Pokok dan Bunga

Pada skenario ketiga ini, modal untuk investasi awal diperoleh dari pinjaman bank sebesar 70% dengan bunga pinjaman sebesar 12.5% per tahun, sehingga dalam pengeluaran juga perlu dihitung biaya pengembalian pinjaman pokok dan bunga dari pinjaman tersebut. Biaya pengembalian pinjaman pokok diasumsikan dikembalikan dalam waktu tiga tahun sesuai dengan umur investasi.

$$\begin{aligned}
 \text{Pengembalian pinjaman pokok per tahun} &= \text{biaya investasi pinjaman} / 3 \\
 &= \text{Rp } 4.307.307.693,58 / 3 \\
 &= \text{Rp } 1.435.769.231,19 \\
 \text{Bunga pinjaman per tahun} &= 12.5\% \times \text{biaya investasi pinjaman} \\
 &= 12.5\% \times \text{Rp } 4.307.307.693,58 \\
 &= \text{Rp } 538.413.461,70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total pengembalian pinjaman per tahun} \\
 &= \text{pinjaman pokok} + \text{bunga} \\
 &= \text{Rp } 1.435.769.231,19 + \text{Rp } 538.413.461,70 \\
 &= \text{Rp } 1.974.182.692,89
 \end{aligned}$$

4. Total Pengeluaran

Total pengeluaran yang dikeluarkan selama satu tahun dapat dilihat pada Tabel 5.21 Sebagai berikut :

Tabel 5.21 Total Biaya Pengeluaran Skenario Ketiga

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya
1.	Biaya Operasional	
	a. Inventaris Kantor	Rp 10.000.000,00
	b. Pemasaran dan Promosi	Rp 18.000.000,00
	c. Gaji Karyawan	Rp 18.000.000,00
	d. Biaya Telp	Rp 1.200.000,00
	e. Listrik dan Air	Rp 36.000.000,00
2.	Biaya Pemeliharaan	Rp 42.000.000,00
3.	Pengembalian Pinjaman Pokok dan Bunga	Rp 1.974.182.692,89
Total Pengeluaran per Tahun		Rp 2.099.382.692,89

Pengeluaran untuk tahun kedua dan tahun ketiga diasumsikan sama dengan tahun pertama, jadi total pengeluaran selama 3 tahun adalah :

$$\begin{aligned}\text{Total pengeluaran selama tiga tahun} &= 3 \times \text{Rp } 2.099.382.692,89 \\ &= \text{Rp } 6.298.148.078,67\end{aligned}$$

5.4.4 ALIRAN KAS (*CASH FLOW*)

Aliran kas (*cash flow*) adalah selisish antara aliran kas masuk (*cash in*) dengan aliran kas keluar (*cash out*). Pada aliran kas masuk (*cash in*) terdapat pendapatan dari penjualan ruko, sedangkan pada aliran kas keluar (*cash out*) terdapat biaya investasi, biaya operasional, biaya pemeliharaan, profit, dan pengembalian biaya dan bunga. *Cash flow* skenario pertama, skenario kedua, dan skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.22, Tabel 5.23, dan Tabel 5.24.

Tabel 5.22 *Cash Flow* Skenario Pertama Berdasarkan Modal Mandiri 100%

Tahun	Pendapatan (Rp)	Pengeluaran (Rp)			
		Investasi	Operasional	Pemeliharaan	Total
a	b	c	d	e	g = c+d+e
0	0	6.153.296.705,11	0	0	6.153.296.705,11
1	4.500.000.000		83.200.000	42.000.000	125.200.000,00
2	3.100.000.000		83.200.000	42.000.000	125.200.000,00
3	1.600.000.000		83.200.000	42.000.000	125.200.000,00
Total	9.200.000.000				6.528.896.705,11

Tabel 5.23 *Cash Flow* Skenario Kedua Berdasarkan Modal Pinjaman Bank 50% dengan Bunga 12.5%

Tahun	Pendapatan (Rp)	Pengeluaran (Rp)			
		Investasi	Operasional	Pemeliharaan	Pengembalian pinjaman
a	b	c	d	e	f
0	3.076.648.352,56	6.153.296.705,11	0	0	
1	4.500.000.000		83.200.000	42.000.000	1.410.130.494,92
2	3.100.000.000		83.200.000	42.000.000	1.410.130.494,92
3	1.600.000.000		83.200.000	42.000.000	1.410.130.494,92
Total	12.276.648.352,56				10.759.288.189,87

Tabel 5.24 *Cash Flow* Skenario Ketiga Berdasarkan Modal Pinjaman Bank 70% dengan Bunga 12.5%

Tahun	Pendapatan (Rp)	Pengeluaran (Rp)			
		Investasi	Operasional	Pemeliharaan	Pengembalian pinjaman
a	b	c	d	e	f
0	4.307.307.693,58	6.153.296.705,11	0	0	
1	4.500.000.000		83.200.000	42.000.000	1.974.182.692,89
2	3.100.000.000		83.200.000	42.000.000	1.974.182.692,89
3	1.600.000.000		83.200.000	42.000.000	1.974.182.692,89
Total	13.507.307.693,58				12.451.444.783,78

5.4.5 ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL

5.4.5.1 Net Present Value (NPV)

NPV merupakan selisih antara benefit (penerimaan) dengan cost (pengeluaran) yang telah dipresent valuekan. *NPV* dihitung berdasarkan pada konsep mendiskontokan dengan faktor diskonto (tingkat suku bunga). Tingkat suku bunga yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 12,5%.

5.4.5.1.1 Net Present Value Skenario Pertama

Pada skenario pertama ini pembiayaan investasi didapatkan dari modal sendiri, sehingga tidak ada hutang yang harus dikembalikan. Untuk menghitung *NPV*, perlu diketahui nilai faktor diskonto. Perhitungan faktor diskonto adalah sebagai berikut :

Faktor Diskonto = $\frac{1}{(1+i)^n}$, dimana *i* = tingkat suku bunga dan *n* = tahun ke

$$\text{Tahun ke 0} = \frac{1}{(1+0,125)^0} = 1$$

$$\text{Tahun ke 1} = \frac{1}{(1+0,125)^1} = 0,888889$$

$$\text{Tahun ke 2} = \frac{1}{(1+0,125)^2} = 0,790123$$

$$\text{Tahun ke 3} = \frac{1}{(1+0,125)^3} = 0,702232$$

Perincian perhitungan *NPV* skenario pertama dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 *NPV* Skenario Pertama

Tahun	Pendapatan (Rp)			Pengeluaran (Rp)		
	Total Pendapatan	Faktor Diskonto	PV Pendapatan	Total Pengeluaran	Faktor Diskonto	PV Pengeluaran
a	b	c	d = bxc	e	f	g = exf
0	0	1	0	6.153.296.705,11	1	6.153.296.705,11
1	4.500.000.000	0,888889	4.000.000.000,00	125.200.000,00	0,888889	111.288.888,89
2	3.100.000.000	0,790123	2.449.382.716,05	125.200.000,00	0,790123	98.923.456,79
3	1.600.000.000	0,702232	1.123.731.138,55	125.200.000,00	0,702232	87.931.961,59
Total PV Pendapatan			7.573.113.854,60	Total PV Pengeluaran		6.451.441.012,38

$$\begin{aligned}
 NPV &= PV \text{ Pendapatan} - PV \text{ pengeluaran} \\
 &= \text{Rp } 7.573.113.854,60 - \text{Rp } 6.451.441.012,38 \\
 &= \text{Rp } 1.121.672.842,22
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai *NPV* sebesar Rp 1.121.672.842,22, maka dapat dikatakan layak karena nilai *NPV* bernilai positif.

5.4.5.1.2 Net Present Value Skenario Kedua

Pada skenario kedua ini pembiayaan investasi didapatkan dari 50% modal sendiri dan 50% pinjaman Bank dengan bunga pengembalian 12.5%, sehingga ada hutang yang harus dikembalikan. Untuk menghitung *NPV*, perlu diketahui nilai faktor diskonto. Perhitungan faktor diskonto adalah sebagai berikut :

Faktor Diskonto = $\frac{1}{(1+i)^n}$, dimana *i* = tingkat suku bunga dan *n* = tahun ke

$$\text{Tahun ke 0} = \frac{1}{(1+0,125)^0} = 1$$

$$\text{Tahun ke 1} = \frac{1}{(1+0,125)^1} = 0,888889$$

$$\text{Tahun ke 2} = \frac{1}{(1+0,125)^2} = 0,790123$$

$$\text{Tahun ke 3} = \frac{1}{(1+0,125)^3} = 0,702232$$

Perincian perhitungan *NPV* skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 *NPV* Skenario Kedua

Tahun	Pendapatan (Rp)			Pengeluaran (Rp)		
	Total Pendapatan	Faktor Diskonto	PV Pendapatan	Total Pengeluaran	Faktor Diskonto	PV Pengeluaran
a	b	c	d = bxc	e	f	g = exf
0	3.076.648.352,56	1	3.076.648.352,56	6.153.296.705,11	1	6.153.296.705,11
1	4.500.000.000	0,888889	4.000.000.000,00	1.535.330.494,92	0,888889	1.364.738.217,71
2	3.100.000.000	0,790123	2.449.382.716,05	1.535.330.494,92	0,790123	1.213.100.637,96
3	1.600.000.000	0,702232	1.123.731.138,55	1.535.330.494,92	0,702232	1.078.311.678,19
Total PV Pendapatan			10.649.762.207,15	Total PV Pengeluaran		9.809.447.238,97

$$\begin{aligned}
 NPV &= \text{PV Pendapatan} - \text{PV pengeluaran} \\
 &= \text{Rp } 10.649.762.207,15 - \text{Rp } 9.809.447.238,97 \\
 &= \text{Rp } 840.314.968,18
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai *NPV* sebesar Rp 840.314.968,18, maka dapat dikatakan layak karena nilai *NPV* bernilai positif.

5.4.5.1.3 Net Present Value Skenario Ketiga

Pada skenario ketiga ini pembiayaan investasi didapatkan dari 30% modal sendiri dan 70% pinjaman Bank dengan bunga pengembalian 12.5%, sehingga ada hutang yang harus dikembalikan. Untuk menghitung *NPV*, perlu diketahui nilai faktor diskonto. Perhitungan faktor diskonto adalah sebagai berikut :

Faktor Diskonto = $\frac{1}{(1+i)^n}$, dimana *i* = tingkat suku bunga dan *n* = tahun ke

$$\text{Tahun ke 0} = \frac{1}{(1+0,125)^0} = 1$$

$$\text{Tahun ke 1} = \frac{1}{(1+0,125)^1} = 0,888889$$

$$\text{Tahun ke 2} = \frac{1}{(1+0,125)^2} = 0,790123$$

$$\text{Tahun ke 3} = \frac{1}{(1+0,125)^3} = 0,702232$$

Perincian perhitungan *NPV* skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 *NPV* Skenario Ketiga

Tahun	Pendapatan (Rp)			Pengeluaran (Rp)		
	Total Pendapatan	Faktor Diskonto	PV Pendapatan	Total Pengeluaran	Faktor Diskonto	PV Pengeluaran
a	b	c	d = bxc	e	f	g = exf
0	4.307.307.693,58	1	4.307.307.693,58	6.153.296.705,11	1	6.153.296.705,11
1	4.500.000.000	0,888889	4.000.000.000,00	2.099.382.692,89	0,888889	1.866.117.949,24
2	3.100.000.000	0,790123	2.449.382.716,05	2.099.382.692,89	0,790123	1.658.771.510,43
3	1.600.000.000	0,702332	1.123.731.138,55	2.099.382.692,89	0,702332	1.474.463.564,83
Total PV Pendapatan			11.880.421.548,17	Total PV Pengeluaran		11.152.649.729,60

$$\begin{aligned}
 NPV &= PV \text{ Pendapatan} - PV \text{ pengeluaran} \\
 &= \text{Rp } 11.880.421.548,17 - \text{Rp } 11.152.649.729,60 \\
 &= \text{Rp } 727.771.818,57
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapatkan nilai *NPV* sebesar Rp 727.771.818,57, maka dapat dikatakan layak karena nilai *NPV* bernilai positif.

5.4.5.2 **BREAK EVEN POINT (BEP)**

BEP adalah suatu keadaan atau titik dimana kumulatif pengeluaran sama dengan kumulatif pendapatan atau laba = 0, metode ini dapat dijelaskan dengan cara sebagai berikut :

Kumulatif pendapatan = kumulatif pengeluaran

Kumulatif pendapatan – kumulatif pengeluaran = 0

Dengan kata lain suatu proyek atau investasi dikatakan dalam kondisi *break even* bila total pendapatan sama persis dengan total pengeluaran atau proyek tersebut tidak mendapatkan keuntungan ataupun mengalami kerugian.

5.4.5.2.1 **Break Even Point Skenario Pertama**

Contoh perhitungan BEP pada skenario pertama adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{PV pendapatan tahun ke-1} &= \text{Rp } 4.000.000.000,00 \\
 \text{Kumulatif pendapatan} &= \text{Rp } 4.000.000.000,00 \\
 \text{PV pengeluaran tahun ke-1} &= \text{Rp } 111.288.888,89 \\
 \text{Kumulatif pengeluaran} &= \text{Rp } 6.264.585.594,00 \\
 \text{Net Cash Flow} &= \text{kumulatif pendapatan} - \text{kumulatif pengeluaran} \\
 &= \text{Rp } 4.000.000.000,00 - \text{Rp } 6.264.585.594,00 \\
 &= - \text{Rp } 2.264.585.594,00
 \end{aligned}$$

Perincian perhitungan BEP skenario pertama dapat dilihat pada Tabel 5.28.

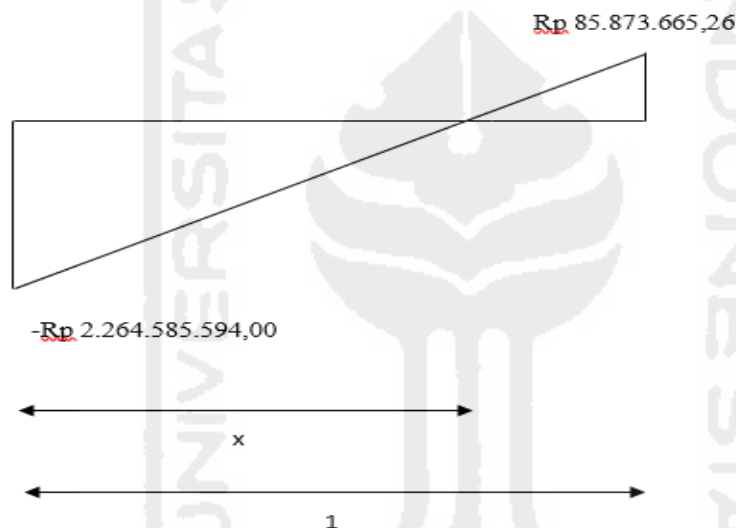
Tabel 5.28 BEP Skenario Pertama

Tahun	Cash In (Rp)		Cash Out (Rp)		Net Cash Flow (Rp)
	PV Pendapatan	Kumulatif	PV Pengeluaran	Kumulatif	
a	b	c	d	e	f = c-e
0	0	0	6.153.296.705,11	6.153.296.705,11	- 6.153.296.705,11
1	4.000.000.000,00	4.000.000.000,00	111.288.888,89	6.264.585.594,00	- 2. 264.585.594,00
2	2.449.382.716,05	6.449.382.716,05	98.923.456,79	6.363.509.050,79	85.873.665,26
3	1.123.731.138,55	7.573.113.854,60	87.931.961,59	6.451.441.012,38	1.121.672.842,11

Besarnya BEP dihitung dengan interpolasi sebagai berikut :

NCF tahun ke-1 = - Rp 2.264.585.594,00

NCF tahun ke-2 = Rp 85.873.665,26



$$\frac{\text{Rp } 2.264.585.594,00}{\text{Rp } 85.873.665,26} = \frac{x}{1-x}$$

$$\text{Rp } 2.264.585.594,00 - \text{Rp } 2.264.585.594,00 \times x = \text{Rp } 85.873.665,26 \times x$$

$$\text{Rp } 2.264.585.594,00 \times x + \text{Rp } 85.873.665,26 \times x = \text{Rp } 2.264.585.594,00$$

$$\text{Rp } 2.350.459.259,26 \times x = \text{Rp } 2.264.585.594,00$$

$$x = 0,96$$

Untuk mengetahui BEP digunakan PV kumulatif pendapatan

PV pendapatan tahun ke-1 = Rp 4.000.000.000,00

PV pendapatan tahun ke-2 = Rp 6.449.382.716,05

$$\begin{aligned}
\text{Selisish PV pendapatan} &= \text{Rp } 2.449.382.716,05 \\
\text{Pendapatan titik (c)} &= 0,96 \times \text{Rp } 2.449.382.716,05 \\
&= \text{Rp } 2.359.894.897,61 \\
\text{Total pendapatan titik (c)} &= \text{Rp } 4.000.000.000,00 + \text{Rp } 2.359.894.897,61 \\
&= \text{Rp } 6.359.894.897,61 \\
\text{Tahun terjadi BEP} &= 2 + 0,96 \\
&= 2,96 \text{ tahun}
\end{aligned}$$

Jadi nilai BEP skenario pertama berdasarkan pembiayaan modal mandiri 100% adalah sebesar Rp 6.359.894.897,61 dan terjadi pada tahun ke- 2,96.

5.4.5.2.2 Break Even Point Skenario Kedua

Contoh perhitungan BEP pada skenario kedua adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{PV pendapatan tahun ke-1} &= \text{Rp } 4.000.000.000,00 \\
\text{Kumulatif pendapatan} &= \text{Rp } 7.076.648.352,56 \\
\text{PV pengeluaran tahun ke-1} &= \text{Rp } 1.364.738.217,71 \\
\text{Kumulatif pengeluaran} &= \text{Rp } 7.518.034.922,82 \\
\text{Net Cash Flow} &= \text{kumulatif pendapatan} - \text{kumulatif pengeluaran} \\
&= \text{Rp } 7.076.648.352,56 - \text{Rp } 7.518.034.922,82 \\
&= - \text{Rp } 441.386.507,82
\end{aligned}$$

Perincian perhitungan BEP skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 5.29.

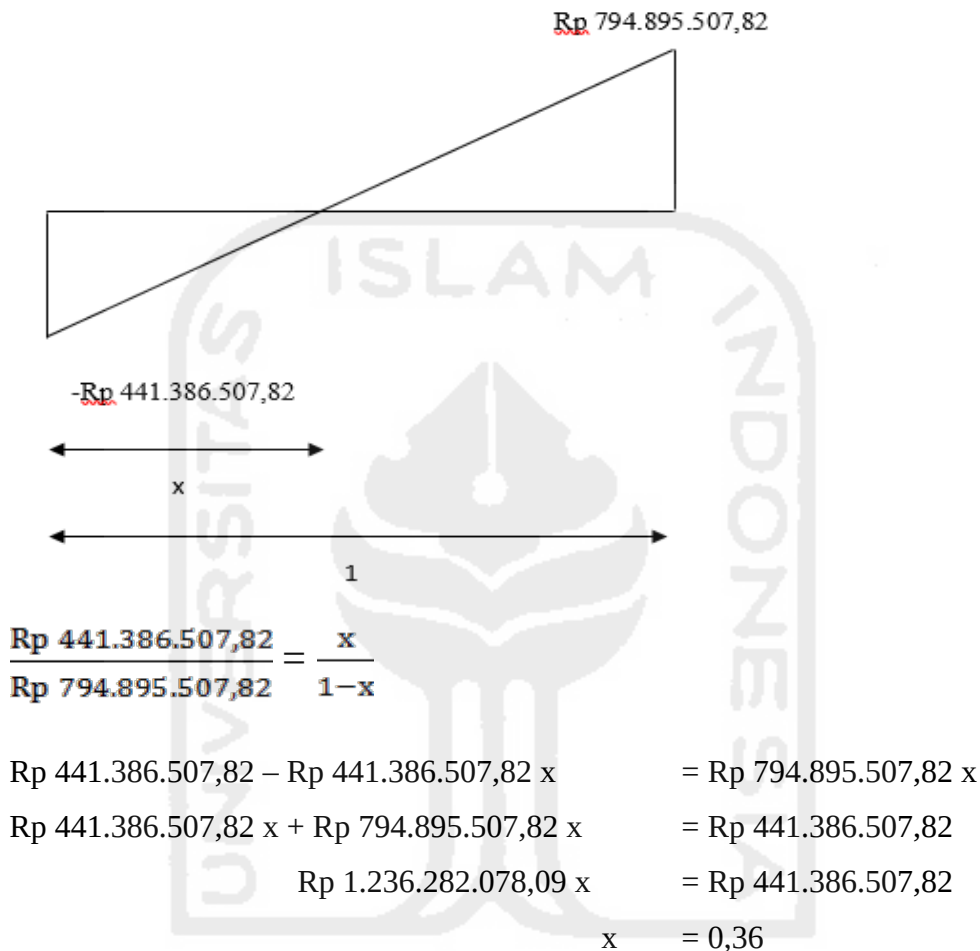
Tabel 5.29 BEP Skenario Kedua

Tahun	Cash In (Rp)		Cash Out (Rp)		Net Cash Flow (Rp)
	PV Pendapatan	Kumulatif	PV Pengeluaran	Kumulatif	
a	b	c	d	e	f = c-e
0	3.076.648.352,56	3.076.648.352,56	6.153.296.705,11	6.153.296.705,11	- 3.076.648.352,56
1	4.000.000.000,00	7.076.648.352,56	1.364.738.217,71	7.518.034.922,82	- 441.386.570,26
2	2.449.382.716,05	9.526.031.068,60	1.213.100.637,96	8.731.135.560,78	794.895.507,82
3	1.123.731.138,55	10.649.762.207,15	1.078.311.678,19	9.809.447.238,97	840.314.968,18

Besarnya BEP dihitung dengan interpolasi sebagai berikut :

NCF tahun ke-1 = - Rp 441.386.507,82

NCF tahun ke-2 = Rp 794.895.507,82



Untuk mengetahui BEP digunakan PV kumulatif pendapatan

PV pendapatan tahun ke-1 = Rp 7.076.648.352,56

PV pendapatan tahun ke-2 = Rp 9.526.031.068,60

Selisish PV pendapatan = Rp 2.449.382.716,05

Pendapatan titik (c) = 0,36 x Rp 2.449.382.716,05

= Rp 874.496.731,34

Total pendapatan titik (c) = Rp 7.076.648.352,56+ Rp 874.496.731,34

= Rp 7.951.145.083,89

Tahun terjadi BEP = 1 + 0,36

= 1,36 tahun

Jadi nilai BEP skenario kedua berdasarkan pembiayaan modal mandiri 50% dan modal pinjaman Bank 50% dengan bunga 12.5% adalah sebesar Rp 7.951.145.083,89 dan terjadi pada tahun ke- 1,36.

5.4.5.2.3 Break Even Point Skenario Ketiga

Contoh perhitungan BEP pada skenario ketiga adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{PV pendapatan tahun ke-1} &= \text{Rp } 4.000.000.000,00 \\
 \text{Kumulatif pendapatan} &= \text{Rp } 8.307.307.693,58 \\
 \text{PV pengeluaran tahun ke-1} &= \text{Rp } 1.866.117.949,24 \\
 \text{Kumulatif pengeluaran} &= \text{Rp } 8.019.414.654,35 \\
 \text{Net Cash Flow} &= \text{kumulatif pendapatan} - \text{kumulatif pengeluaran} \\
 &= \text{Rp } 8.307.307.693,58 - \text{Rp } 8.019.414.654,35 \\
 &= \text{Rp } 208.893.039,23
 \end{aligned}$$

Perincian perhitungan BEP skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.30.

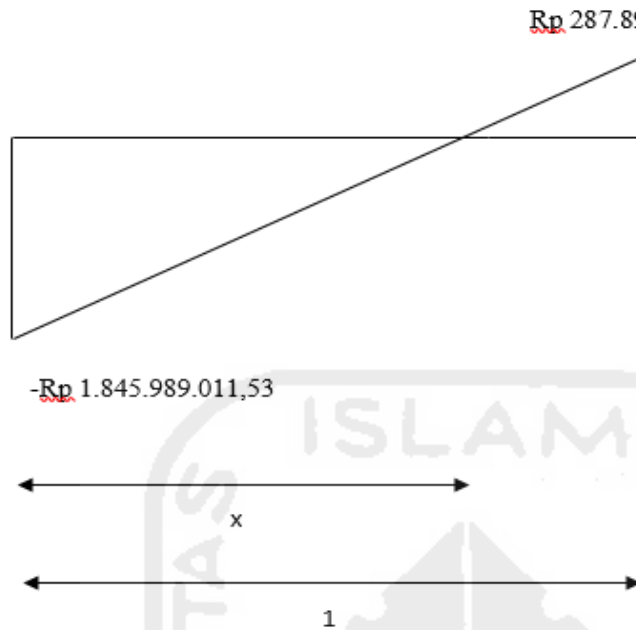
Tabel 5.30 BEP Skenario Ketiga

Tahun	Cash In (Rp)		Cash Out (Rp)		Net Cash Flow (Rp)
	PV Pendapatan	Kumulatif	PV Pengeluaran	Kumulatif	
a	b	c	d	e	f = c-e
0	4.307.307.693,58	4.307.307.693,58	6.153.296.705,11	6.153.296.705,11	- 1.845.989.011,53
1	4.000.000.000,00	8.307.307.693,58	1.866.117.949,24	8.019.414.654,35	287.893.039,23
2	2.449.382.716,05	10.756.690.409,63	1.658.771.510,43	9.678.186.164,78	1.078.504.244,85
3	1.123.731.138,55	11.880.421.548,17	1.474.463.564,83	11.152.649.729,60	727.771.818,57

Besarnya BEP dihitung dengan interpolasi sebagai berikut :

$$\text{NCF tahun ke-0} = - \text{Rp } 1.845.989.011,53$$

$$\text{NCF tahun ke-1} = \text{Rp } 287.893.039,23$$



$$\frac{\text{Rp } 1.845.989.011,53}{\text{Rp } 287.893.039,23} = \frac{x}{1-x}$$

$$\begin{aligned} \text{Rp } 1.845.989.011,53 - \text{Rp } 1.845.989.011,53 x &= \text{Rp } 287.893.039,23 x \\ \text{Rp } 1.845.989.011,53 x + \text{Rp } 287.893.039,23 x &= \text{Rp } 1.845.989.011,53 \\ \text{Rp } 2.133.882.050,76 x &= \text{Rp } 1.845.989.011,53 \\ x &= 0,87 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui BEP digunakan PV kumulatif pendapatan

PV pendapatan tahun ke-0 = Rp 4.307.307.693,58

PV pendapatan tahun ke-1 = Rp 8. 307.307.693,58

Selisish PV pendapatan = Rp 4.000.000.000,00

Pendapatan titik (c) = 0,87 x Rp 4.000.000.000,00

= Rp 3.460.339.358,25

Total pendapatan titik (c) = Rp 4.000.000.000,00 + Rp 3.460.339.358,25

= Rp 7.460.339.358,25

Tahun terjadi BEP = 0 + 0,87

= 0,87 tahun

Jadi nilai BEP skenario ketiga berdasarkan pembiayaan modal mandiri 30% dan modal pinjaman Bank 70% dengan bunga 12.5% adalah sebesar Rp 7.460.339.358,25 dan terjadi pada tahun ke- 0,87.

5.4.5.3 PAYBACK PERIOD (PP)

Payback period dapat diartikan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi. Semakin pendek *payback period* dari periode yang disyaratkan maka proyek investasi tersebut semakin baik dan dapat diterima. Sama seperti BEP, *payback period* terjadi pada saat ada perubahan nilai dari negatif menjadi positif pada *net cash flow*. Perbedaannya adalah pada BEP, *net cash flow* merupakan *net cash flow* dari selisih antara pendapatan dengan pengeluaran yang sudah dipresentvaluekan sedangkan pada *payback periode*, *net cash flow* belum dipresentvaluekan. Hal ini dikarenakan pada *payback period* tidak memperhitungkan nilai waktu akan uang (*time value of money*).

5.4.5.3.1 Payback Period Skenario Pertama

Perincian perhitungan *payback period* skenario pertama dapat dilihat pada Tabel 5.31.

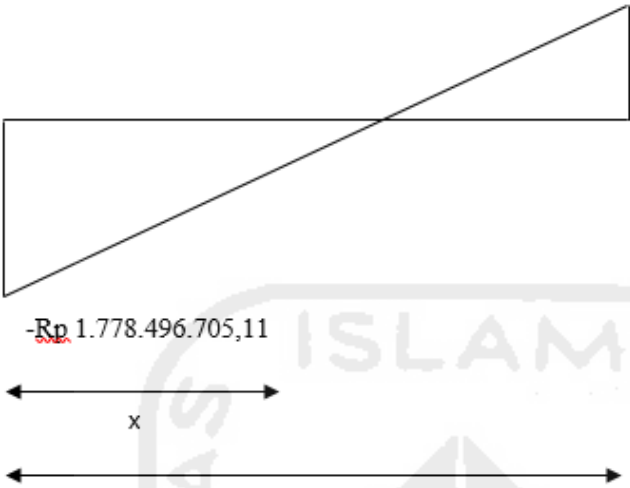
Tabel 5.31 *Payback Period* Skenario Pertama

Tahun	Cash In (Rp)		Cash Out (Rp)		Net Cash Flow (Rp)
	Pendapatan	Kumulatif	Pengeluaran	Kumulatif	
a	b	c	d	e	f = c-e
0	0	0	6.153.296.705,11	6.153.296.705,11	- 6.153.296.705,11
1	4.500.000.000	4.500.000.000	125.200.000,00	6.278.496.705,11	- 1.778.496.705,11
2	3.100.000.000	7.600.000.000	125.200.000,00	6.403.696.705,11	1.196.303.294,89
3	1.600.000.000	9.200.000.000	125.200.000,00	6.528.896.705,11	2.671.103.294,89

Perhitungan *payback period* pada skenario pertama berdasarkan pembiayaan modal mandiri 100% adalah sebagai berikut :

NCF tahun ke-1 = - Rp 1.778.496.705,11

NCF tahun ke-2 = Rp 1.196.303.294,89



$$\frac{\text{Rp } 1.778.496.705,11}{\text{Rp } 1.196.303.294,89} = \frac{x}{1-x}$$

$$\begin{aligned} \text{Rp } 1.778.496.705,11 - \text{Rp } 1.778.496.705,11 x &= \text{Rp } 1.196.303.294,89 x \\ \text{Rp } 1.778.496.705,11 x + \text{Rp } 1.196.303.294,89 x &= \text{Rp } 1.778.496.705,11 \\ \text{Rp } 2.974.800.000,00 x &= \text{Rp } 1.778.496.705,11 \\ x &= 0,60 \end{aligned}$$

Payback period terjadi pada tahun $= 1 + 0,60$
 $= 1,60$ tahun

Jadi *payback period* skenario pertama berdasarkan pembiayaan modal mandiri 100% adalah 1,60 tahun.

5.4.5.3.2 *Payback Period* Skenario Kedua

Perincian perhitungan *payback period* skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 5.32.

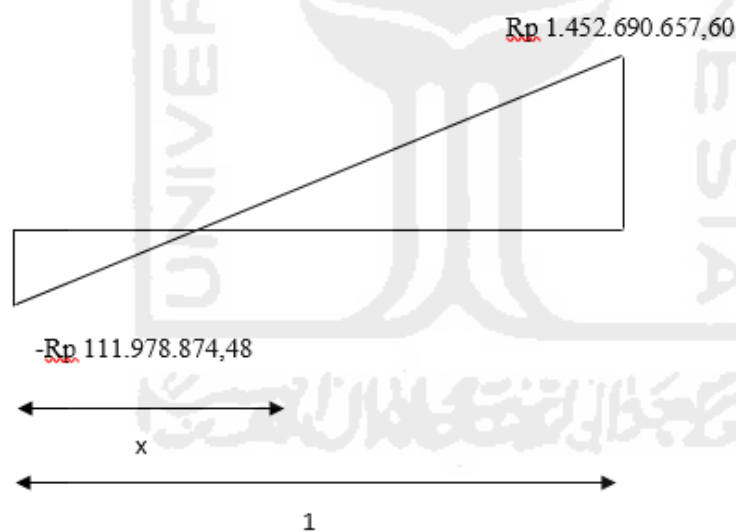
Tabel 5.32 *Payback Period* Skenario Kedua

Tahun	Cash In (Rp)		Cash Out (Rp)		Net Cash Flow (Rp)
	Pendapatan	Kumulatif	Pengeluaran	Kumulatif	
a	b	c	d	e	f = c-e
0	3.076.648.352,56	3.076.648.352,56	6.153.296.705,11	6.153.296.705,11	- 3.076.648.352,56
1	4.500.000.000	7.576.648.352,56	1.535.330.494,92	7.688.627.200,03	- 111.978.847,48
2	3.100.000.000	10.676. 648.352,56	1.535.330.494,92	9.223.957.694,95	1.452.690.657,60
3	1.600.000.000	12.276. 648.352,56	1.535.330.494,92	10.759.288.189,87	1.517.360.162,68

Perhitungan *payback period* pada skenario kedua berdasarkan pembiayaan modal mandiri 50% adalah sebagai berikut :

NCF tahun ke-1 = - Rp 111.978.847,48

NCF tahun ke-2 = Rp 1.452.690.657,60



$$\frac{\text{Rp } 111.978.847,48}{\text{Rp } 1.452.690.657,60} = \frac{x}{1-x}$$

$$\text{Rp } 111.978.847,48 - \text{Rp } 111.978.847,48 x = \text{Rp } 1.452.690.657,60 x$$

$$\text{Rp } 111.978.847,48 x + \text{Rp } 1.452.690.657,60 x = \text{Rp } 111.978.847,48$$

$$\text{Rp } 1.564.669.505,08 x = \text{Rp } 111.978.847,48$$

$$x = 0,07$$

Payback period terjadi pada tahun = 1 + 0,07
= 1,07 tahun

Jadi *payback period* skenario kedua berdasarkan pembiayaan modal mandiri 50% dan modal pinjaman Bank 50% dengan bunga 12.5% adalah 1,07 tahun.

5.4.5.3 *Payback Period* Skenario Ketiga

Perincian perhitungan *payback period* skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.33.

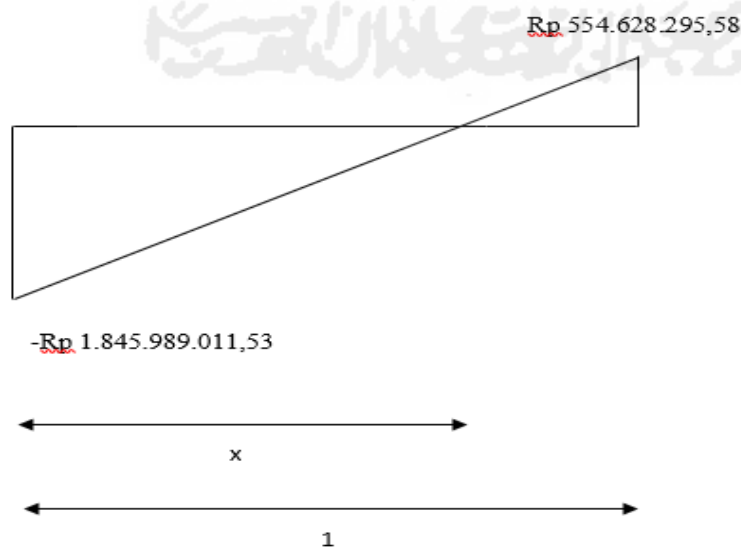
Tabel 5.33 *Payback Period* Skenario Ketiga

Tahun	Cash In (Rp)		Cash Out (Rp)		Net Cash Flow (Rp)
	Pendapatan	Kumulatif	Pengeluaran	Kumulatif	
a	b	c	d	e	f = c-e
0	4.307.307.693,58	4.307.307.693,58	6.153.296.705,11	6.153.296.705,11	- 1.845.989.011,53
1	4.500.000.000	8.807.307.693,58	2.099.382.692,89	8.252.679.398,00	554.628.295,58
2	3.100.000.000	11.907.307.693,58	2.099.382.692,89	10.352.062.090,89	1.555.245.602,69
3	1.600.000.000	13.507.307.693,58	2.099.382.692,89	12.451.444.783,78	1.055.862.909,80

Perhitungan *payback period* pada skenario ketiga berdasarkan pembiayaan modal mandiri 70% adalah sebagai berikut :

NCF tahun ke-0 = - Rp 1.845.989.011,53

NCF tahun ke-1 = Rp 554.628.295,58



$$\frac{\text{Rp } 1.845.989.011,53}{\text{Rp } 554.628.295,58} = \frac{x}{1-x}$$

$$\begin{aligned} \text{Rp } 1.845.989.011,53 - \text{Rp } 1.845.989.011,53 \times x &= \text{Rp } 554.628.295,58 \times x \\ \text{Rp } 1.845.989.011,53 \times x + \text{Rp } 554.628.295,58 \times x &= \text{Rp } 1.845.989.011,53 \\ \text{Rp } 2.400.617.307,11 \times x &= \text{Rp } 1.845.989.011,53 \\ x &= 0,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Payback period terjadi pada tahun} &= 0 + 0,77 \\ &= 0,77 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Jadi *payback period* skenario ketiga berdasarkan pembiayaan modal mandiri 30% dan modal pinjaman Bank 70% dengan bunga 12.5% adalah 0,77 tahun.

5.4.5.4 INTERNAL RATE OF RETURN (IRR)

5.4.5.4.1 Internal Rate of Return Skenario Pertama

Untuk menghitung *Internal Rate of Return*, terlebih dahulu harus menghitung *NPV* secara *trial and error* atau coba-coba. Dalam hal ini karena telah didapatkan hasil perhitungan *NPV* yang positif untuk skenario pertama yaitu sebesar Rp. 1.121.672.842,22 dari perhitungan dengan tingkat suku bunga 12.5%, maka digunakan tingkat suku bunga 30% dengan umur investasi 3 tahun untuk mencari *NPV* yang negatif. Perincian perhitungan *NPV* negatif (*NPV 2*) skenario pertama dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34 *NPV 2* Skenario Pertama

Tahun	Pendapatan (Rp)			Pengeluaran (Rp)		
	Total Pendapatan	Faktor Diskonto	PV Pendapatan	Total Pengeluaran	Faktor Diskonto	PV Pengeluaran
a	b	c	d = bxc	e	f	g = exf
0	0	1	0	6.153.296.705,11	1	6.153.296.705,11
1	4.500.000.000	0,769231	3.461.538.461,54	125.200.000,00	0,769231	96.307.692,31
2	3.100.000.000	0,591716	1.834.319.526,63	125.200.000,00	0,591716	74.082.840,24
3	1.600.000.000	0,455166	728.265.817,02	125.200.000,00	0,455166	56.986.800,18
Total PV Pendapatan			6.024.123.805,19	Total PV Pengeluaran		6.380.674.037,84

$$\begin{aligned} \text{NPV 2} &= \text{PV Pendapatan} - \text{PV pengeluaran} \\ &= \text{Rp } 6.024.123.805,19 - \text{Rp } 6.380.674.037,84 \end{aligned}$$

$$= - \text{Rp } 356.550.232,65$$

Perhitungan IRR adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{IRR} &= \text{DF1} + \frac{\text{NPV 1}}{\text{NPV 1} - \text{NPV 2}} \times (\text{DF2} - \text{DF1}) \\ &= 12,5\% + \frac{1.121.672.842,22}{1.121.672.842,22 - (-356.550.232,65)} \times (30\% - 12,5\%) \\ &= 12,5\% + \frac{1.121.672.842,22}{1.478.223.074,86} \times 17,5\% \\ &= 25,78\% \end{aligned}$$

Dengan didapatkannya hasil perhitungan IRR sebesar 25,78% maka dapat dikatakan investasi ini layak karena nilai IRR lebih besar dari tingkat bunga yang diisyaratkan yaitu 12.5%.

5.4.5.4.2 Internal Rate of Return Skenario Kedua

Untuk menghitung *Internal Rate of Return*, terlebih dahulu harus menghitung NPV secara *trial and error* atau coba-coba. Dalam hal ini karena telah didapatkan hasil perhitungan NPV yang positif untuk skenario kedua yaitu sebesar Rp 840.314.968,18 dari perhitungan dengan tingkat suku bunga 12.5%, maka digunakan tingkat suku bunga 40% dengan umur investasi 3 tahun untuk mencari NPV yang negatif. Perincian perhitungan NPV negatif (NPV 2) skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35 NPV 2 Skenario Kedua

Tahun	Pendapatan (Rp)			Pengeluaran (Rp)		
	Total Pendapatan	Faktor Diskonto	PV Pendapatan	Total Pengeluaran	Faktor Diskonto	PV Pengeluaran
a	b	c	d = bxc	e	f	g = exf
0	3.076.648.352,56	1	3.076.648.352,56	6.153.296.705,11	1	6.153.296.705,11
1	4.500.000.000	0,714286	3.214.285.714,29	1.535.330.494,92	0,714286	1.096.664.639,23
2	3.100.000.000	0,510204	1.581.632.653,06	1.535.330.494,92	0,510204	783.331.885,16
3	1.600.000.000	0,364431	583.090.379,01	1.535.330.494,92	0,364431	559.522.775,12
Total PV Pendapatan			8.455.657.098,91	Total PV Pengeluaran		8.592.816.004,62

$$\text{NPV 2} = \text{PV Pendapatan} - \text{PV pengeluaran}$$

$$= \text{Rp } 8.455.657.098,91 - \text{Rp } 8.592.816.004,62$$

$$= - \text{Rp } 137.158.905,71$$

Perhitungan IRR adalah sebagai berikut :

$$\text{IRR} = \text{DF1} + \frac{\text{NPV 1}}{\text{NPV 1} - \text{NPV 2}} \times (\text{DF2} - \text{DF1})$$

$$= 12,5\% + \frac{840.314.968,18}{840.314.968,18 - (-137.158.905,71)} \times (40\% - 12,5\%)$$

$$= 12,5\% + \frac{840.314.968,18}{977.473.873,89} \times 27,5\%$$

$$= 36,14\%$$

Dengan didapatkannya hasil perhitungan IRR sebesar 36,14% maka dapat dikatakan investasi ini layak karena nilai IRR lebih besar dari tingkat bunga yang diisyaratkan yaitu 12.5%.

5.4.5.4.3 Internal Rate of Return Skenario Ketiga

Untuk menghitung *Internal Rate of Return*, terlebih dahulu harus menghitung *NPV* secara *trial and error* atau coba-coba. Dalam hal ini karena telah didapatkan hasil perhitungan *NPV* yang positif untuk skenario ketiga yaitu sebesar Rp 727.771.818,57 dari perhitungan dengan tingkat suku bunga 12.5%, maka digunakan tingkat suku bunga 55% dengan umur investasi 3 tahun untuk mencari *NPV* yang negatif. Perincian perhitungan *NPV* negatif (*NPV 2*) skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36 *NPV 2* Skenario Ketiga

Tahun	Pendapatan (Rp)			Pengeluaran (Rp)		
	Total Pendapatan	Faktor Diskonto	PV Pendapatan	Total Pengeluaran	Faktor Diskonto	PV Pengeluaran
a	b	c	d = bxc	e	f	g = exf
0	4.307.307.693,58	1	4.307.307.693,58	6.153.296.705,11	1	6.153.296.705,11
1	4.500.000.000	0,645161	2.903.225.806,45	2.099.382.692,89	0,645161	1.354.440.447,03
2	3.100.000.000	0,416233	1.290.322.580,65	2.099.382.692,89	0,416233	873.832.546,47
3	1.600.000.000	0,268537	429.659.964,42	2.099.382.692,89	0,268537	563.762.933,21
Total PV Pendapatan			8.930.516.045,09	Total PV Pengeluaran		8.945.332.631,81

NPV 2 = PV Pendapatan – PV pengeluaran

$$= \text{Rp } 8.930.516.045,09 - \text{Rp } 8.945.332.631,81$$

$$= - \text{Rp } 14.816.586,72$$

Perhitungan IRR adalah sebagai berikut :

$$\text{IRR} = \text{DF1} + \frac{\text{NPV 1}}{\text{NPV 1} - \text{NPV 2}} \times (\text{DF2} - \text{DF1})$$

$$= 12,5\% + \frac{727.771.818,57}{727.771.818,57 - (-14.816.586,72)} \times (55\% - 12,5\%)$$

$$= 12,5\% + \frac{727.771.818,57}{742.588.405,28} \times 42,5\%$$

$$= 54,15\%$$

Dengan didapatkannya hasil perhitungan IRR sebesar 54,15% maka dapat dikatakan investasi ini layak karena nilai IRR lebih besar dari tingkat bunga yang diisyaratkan yaitu 12.5%.

5.5 PEMBAHASAN

Suatu proyek memiliki nilai ekonomis dan layak untuk dilaksanakan apabila parameter dalam analisis ekonominya terpenuhi. Dalam penelitian ini, parameter analisis yang digunakan adalah *Net Present Value (NPV)*, *Break Even Point (BEP)*, *Payback Period (PP)*, dan *Internal Rate of Return (IRR)*. Rekapitulasi hasil analisis finansial untuk ketiga skenario dapat dilihat pada tabel 5.37.

Tabel 5.37 Rekap Hasil Analisis Finansial

Skenario ke-	NPV (Rp)	BEP		PP (Tahun)	IRR (%)
		Nilai (Rp)	Tahun ke-		
1	1.121.672.842,22	6.359.894.897,61	2,96	1,60	25,78
2	840.314.968,18	7.951.145.083,89	1,36	1,07	36,14
3	727.771.818,57	7.460.339.358,25	0,87	0,77	54,15

Berdasarkan tabel 5.37, dapat dilihat bahwa pada hasil perhitungan NPV adalah sebesar Rp 1.121.672.842,22 untuk skenario pertama, Rp 840.314.968,18 untuk skenario kedua, dan Rp 727.771.818,57 untuk skenario ketiga. Dari ketiga

skenario tersebut, NPV untuk skenario pertama menunjukkan nilai terbesar, kemudian diikuti oleh skenario kedua, dan skenario ketiga memiliki nilai NPV terkecil. Nilai NPV yang terjadi dari skenario pertama, skenario kedua, dan skenario ketiga adalah NPV positif sehingga proyek ruko dengan ketiga skenario dapat dikatakan layak secara analisis financial NPV.

Pada perhitungan BEP skenario pertama terjadi perubahan nilai dari negatif di tahun ke-2 menjadi positif di tahun ke-3 (dapat dilihat pada Tabel 5.28). Berdasarkan Tabel 5.37, besarnya nilai BEP skenario pertama adalah sebesar Rp 6.359.894.897,61 yang terjadi pada tahun ke- 2,96. Pada skenario kedua perhitungan BEP terjadi perubahan nilai dari negatif di tahun ke-1 menjadi positif di tahun ke-2 (dapat dilihat pada Tabel 5.29). Besarnya nilai BEP skenario kedua adalah sebesar Rp 7.951.145.083,89 yang terjadi pada tahun ke- 1,36. Untuk skenario ketiga perhitungan BEP terjadi perubahan nilai dari negatif di tahun ke-0 menjadi positif di tahun ke-1 (dapat dilihat pada Tabel 5.30). Besarnya nilai BEP skenario ketiga adalah sebesar Rp 7.460.339.358,25 yang terjadi pada tahun ke-0,87.

Berdasarkan Tabel 5.37, dapat dilihat bahwa *Payback Period* skenario pertama terjadi pada tahun ke 1,60. Untuk *Payback Period* skenario kedua terjadi pada tahun ke 1,07, dan pada skenario ketiga terjadi pada tahun 0,77. Dari ketiga skenario tersebut *Payback Period* skenario ketiga adalah yang paling cepat, kemudian diikuti oleh skenario kedua, dan *Payback Period* skenario pertama adalah yang paling lama. *Payback Period* terjadi lebih cepat dibandingkan dengan BEP karena pada PP tidak diperhitungkan nilai waktu akan uang (*time value for money*).

Pada perhitungan IRR, berdasarkan Tabel 5.37 dapat dilihat bahwa IRR pada skenario pertama adalah IRR yang paling kecil yaitu sebesar 25,78%, IRR pada skenario kedua adalah sebesar 36,14%, dan pada skenario ketiga memiliki IRR sebesar 54,15%. Ketiga skenario dapat dikatakan layak karena hasil IRR telah melebihi tingkat bunga yang diisyaratkan yaitu 12,5%.

Dari hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap tiga skenario tersebut, skenario pertama memberikan keuntungan paling besar selama umur

ekonomis bangunan yang dianalisis selama 3 tahun, namun pada skenario pertama ini tingkat pengembalian modal investasi adalah yang paling lama. Skenario ketiga dapat dikatakan kebalikan dari skenario pertama, keuntungan pada skenario ketiga adalah yang paling kecil selama umur ekonomis bangunan yang dianalisis selama 3 tahun, namun tingkat pengembalian modal investasi adalah yang paling cepat. Sedangkan besarnya keuntungan dan tingkat pembalian skenario kedua adalah ditengah-tengah antara skenario pertama dan ketiga.

Berdasarkan hasil perhitungan analisis-analisis yang telah dilakukan, yaitu *Nett Present Value (NPV)*, *Break Even Point (BEP)*, *Payback Period (PP)*, dan *Internal Rate of Return (IRR)*, maka dapat disimpulkan bahwa proyek pembangunan ruko di Kota Nganjuk dengan skenario pertama, skenario kedua, dan skenario ketiga telah memenuhi parameter analisis financial dan menguntungkan selama umur bangunan yang dianalisis sehingga proyek ini dapat dikatakan layak untuk dilaksanakan.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan baik secara teknis maupun analisis finansial pada proyek pembangunan ruko di Kota Nganjuk, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Proyek ruko dapat dikatakan aman secara analisis struktur pelat dan balok.
2. Investasi pada proyek pembangunan ruko di Kota Nganjuk layak untuk dilaksanakan berdasarkan aspek finansial. Dari ketiga skenario yang dirancang, skenario kedua memiliki kelayakan paling baik dari nilai keuntungan dan tingkat pengembalian modal dengan hasil perhitungan *Net Present Value (NPV)* adalah sebesar Rp 840.314.968,18. Besarnya *Break Even Point (BEP)* skenario kedua adalah Rp 7.951.145.083,89 dan terjadi pada tahun ke- 1,36. *Payback Period (PP)* terjadi pada tahun 1,07 dari umur analisis 3 tahun. Sedangkan besarnya *Internal Rate of Return (IRR)* adalah 36,14%.

6.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang diharapkan mampu melengkapi penelitian lebih lanjut, diantaranya :

1. Pada penelitian ini nilai pengeluaran dari tahun ke-1 hingga tahun ke-3 diasumsikan sama besar, maka untuk penelitian selanjutnya dapat dihitung besarnya pengeluaran setiap tahun karena kemungkinan terjadi kenaikan harga pada setiap item pengeluaran pada setiap tahunnya.

2. Pada penelitian ini bunga yang digunakan untuk tahun ke-1, tahun ke-2, dan tahun ke-3 adalah sama besar yaitu 12,5%, maka untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan bunga yang berbeda pada setiap tahunnya karena kemungkinan adanya perubahan nilai besarnya bunga pinjaman.



DAFTAR PUSTAKA

- Fairuzabady, 2011. *Analisis Studi Kelayakan Berdasarkan Investasi Perumahan Kelas Menengah Berdasarkan Aspek Finansial*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Gunawan, 2010. *Penelitian Kelayakan Investasi pada Perumahan Real Estate di Kabupaten Sleman*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Halim, Abdul, 2005. *Analisa Investasi*, Salemba Empat, Jakarta.
- Kuswadi, 2007. *Analisa Keekonomian Proyek*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Maria, 2013. *Studi Kelayakan Bisnis*, Fakultas Ekonomi, Universitas Negeri Medan, Medan.
- Mulyadi, 2001. *Akutansi Manajemen : Konsep, Manfaat, dan Rekayasa*, STIE YKPN, Yogyakarta.
- Putri, 2013, *Analisis Kelayakan Investasi Pembangunan Ruko Aurelia dari Aspek Keuangan pada PT. Bahtera Mitra Sejahtera di Samarinda*, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, SNI 03-2847-2002 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton*, Badan Standar Nasional, Bandung.
- Warsika, 2009. *Studi Kelayakan Investasi Bisnis Properti (Studi Kasus : Ciater Riung Rangga)*, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Perhitungan Pelat Lantai

A. Pelat Lantai Dua Arah Tipe I

Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = 8,4376 kNm², kondisi tumpuhan pelat terjepit penuh, dimensi 5x5 m ($L_y = 5000$ mm x $L_x = 5000$ mm).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5000}{5000} = 1 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Tabel 7.1 Koefisien Momen (PBI-1971)

L_y / L_x	I
	1,0
C_{lx}	21
C_{ly}	21
C_{tx}	52
C_{ty}	52

Momen perlu :

$$M_{lx}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 21 \cdot 8,4376 \cdot 5^2 = 4,4297 \text{ kNm}$$

$$M_{ly}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 21 \cdot 8,4376 \cdot 5^2 = 4,4297 \text{ kNm}$$

$$M_{tx}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{tx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 52 \cdot 8,4376 \cdot 5^2 = 10,9689 \text{ kNm}$$

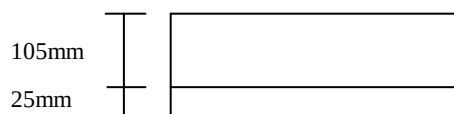
$$M_{ty}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{ty} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 52 \cdot 8,4376 \cdot 5^2 = 10,9689 \text{ kNm}$$

1. Tulangan lapangan arah X (M_{lx})

a. $M_{lx}^{(+)} = 4,4297 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 130 - 25 = 105 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{4,4297 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,5022 \text{ MPa} < K_{maks}$

$$e. \ a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5022}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 2,5117 \text{ mm}$$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 2,5117 \cdot 1000}{300} = 177,9112 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 160 \text{ mm} (< 160,2853 \text{ mm})$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8738 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

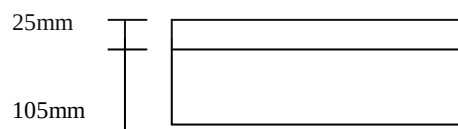
Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8738 \text{ mm}^2$

2. Tulangan tumpuan arah X (M_{tx})

a. $M_{tx}^{(-)} = 10,9689 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 130 - 25 = 105 \text{ mm}$



$$d. \ K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{10,9689 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 1,2436 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$e. \ a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,2436}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 6,3362 \text{ mm}$$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 6,3362 \cdot 1000}{300} = 448,8142 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 160 \text{ mm}$ ($< 160,2853 \text{ mm}$)

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

i. Luas tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 490 = 98 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 260 \text{ mm}^2$

j. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{sb,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{260} = 302,0762 \text{ mm} > A_{s,u}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 130 = 650 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 300 \text{ mm}$ ($< 302,0762 \text{ mm}$)

k. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 261,7994 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

l. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$

3. Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.2 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I

Penulangan		Arah Y	
		Lapangan	Tumpuan
	M (kNm)	4,4297	10,9689
	ds (mm)	35	35
	d (mm)	95	95
	K maks (Mpa)	7,1121	7,1121
	K (Mpa)	0,6135	1,5192
		<Kmaks	<Kmaks
	a (mm)	2,7837	7,0537
Luas Tulangan Pokok	As (mm ²)	197,1756	499,6404
Luas Tulangan min	As, (mm ²)	443,3333	443,3333
	As, perlu (mm ²)	443,3333	499,6404
Jarak Tulangan Pokok	s (mm)	177,1575	157,1927
	s<	260	260
	s (mm)	177,1575	157,1927
Dipakai	s (mm)	175	155
		OK	OK
Luas Tulangan	(mm ²)	448,7990	506,7085
		OK	OK
Luas Tulangan Bagi	Asb		99,9281
	Asb min		260
	Asb pakai		260
Jarak Tulangan bagi	s (mm)		302,0762
	s<		650
	s (mm)		302,0762
Dipakai	s (mm)		300
			OK
Luas Tulangan	(mm ²)		261,7994
			OK
Asb Pakai > Asb,u (mm ²)		OK	OK
Jadi Dipakai Tulangan Pokok		175	155
Jadi Dipakai Tulangan Bagi			300

B. Pelat Lantai Dua Arah Tipe II

Beban terfaktor/beban ultimate (q_U) = 8,4376 kNm², kondisi tumpuan pelat terjepit penuh, dimensi 2,35x1,325 m (L_y = 2350 mm x L_x = 1325 mm).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{2350}{1325} = 1,77 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Tabel 7.3 Koefisien Momen (PBI-1971)

L_y / L_x	I	II	Interpolasi
	1,7	1,8	1,77
C_{lx}	40	40	40
C_{ly}	14	13	13,26
C_{tx}	81	82	81,74
C_{ty}	57	57	57

Momen perlu :

$$M_{lx}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 40 \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 0,5925 \text{ kNm}$$

$$M_{ly}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 13,26 \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 0,1965 \text{ kNm}$$

$$M_{tx}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{tx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 81,74 \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 1,2108 \text{ kNm}$$

$$M_{ty}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{ty} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 57 \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 0,8444 \text{ kNm}$$

1. Tulangan lapangan arah X (M_{lx})

a. $M_{lx}^{(+)} = 0,5925 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 130 - 25 = 105 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,5925 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,0672 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0672}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 0,3325 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,3325 \cdot 1000}{300} = 23,5504 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 160 \text{ mm} (< 160,2853 \text{ mm})$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

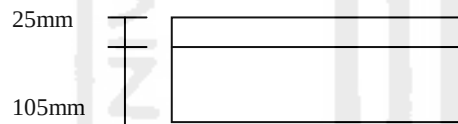
Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8739 \text{ mm}^2$

2. Tulangan tumpuan arah X (M_{tx})

a. $M_{tx}^{(-)} = 1,2108 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 130 - 25 = 105 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,2102 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,1373 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1373}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 0,6805 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,6805 \cdot 1000}{300} = 48,2028 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 160 \text{ mm}$ ($< 160,2853 \text{ mm}$)

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

i. Luas tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 490 = 98 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 260 \text{ mm}^2$

j. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{sb,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{260} = 302,0762 \text{ mm} > A_{s,u}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 130 = 650 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 300, \text{ mm}$ ($< 302,0762 \text{ mm}$)

k. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 261,7994 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

l. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$

3. Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.4 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I

Penulangan		Arah Y	
		Lapangan	Tumpuan
	M (kNm)	0,1965	0,8444
	ds (mm)	35	35
	d (mm)	95	95
	K maks (Mpa)	7,1121	7,1121
	K (Mpa)	0,0272	0,1169
		<Kmaks	<Kmaks

	a (mm)	0,1217	0,5243
Luas Tulangan Pokok	As (mm ²)	8,6233	37,1356
Luas Tulangan min	As,(mm ²)	443,3333	443,3333
	As, perlu (mm ²)	443,3333	443,3333
Jarak Tulangan Pokok	s (mm)	177,1575	177,1575
	s<	260	260
	s (mm)	177,1575	177,1575
Dipakai	s (mm)	175	175
		OK	OK
Luas Tulangan	(mm ²)	448,7990	448,7990
		OK	OK
Luas Tulangan Bagi	Asb		88,6667
	Asb min		260
	Asb pakai		260
Jarak Tulangan bagi	s (mm)		302,0762
	s<		650
	s (mm)		302,0762
Dipakai	s (mm)		300
			OK
Luas Tulangan	(mm ²)		261,7994
			OK
Asb Pakai > Asb,u (mm ²)		OK	OK
Jadi Dipakai Tulangan Pokok		175	175
Jadi Dipakai Tulangan Bagi			300

C. Pelat Lantai Dua Arah Tipe III

Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = 8,4376 kNm², kondisi tumpuhan pelat terjepit penuh, dimensi 2,15x1,325 m (L_y = 2150 mm x L_x = 1325 mm).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{2150}{1325} = 1,62 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Tabel 7.5 Koefisien Momen (PBI-1971)

L_y / L_x	I	II	Interpolasi
	1,6	1,7	1,62
Clx	37	40	37,68
Cly	16	14	15,55
Ctx	79	81	79,45
Cty	57	57	57

Momen perlu :

$$M_{lx}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 37,68 \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 0,5582 \text{ kNm}$$

$$M_{ly}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 15,55 \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 0,2303 \text{ kNm}$$

$$M_{tx}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{tx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 79,45 \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 1,1770 \text{ kNm}$$

$$M_{ty}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{ty} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 57 \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 0,8444 \text{ kNm}$$

1. Tulangan lapangan arah X (M_{lx})

a. $M_{lx}^{(+)} = 0,5582 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 130 - 25 = 105 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,5582 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,0633 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0633}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 0,3132 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,3132 \cdot 1000}{300} = 22,1820 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 160 \text{ mm} (< 160,2853 \text{ mm})$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8739 \text{ mm}^2$

2. Tulangan tumpuan arah X (M_{tx})

a. $M_{tx}^{(-)} = 1,1770 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 10/2 = 25 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 130 - 25 = 105 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,1770 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,1334 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1334}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 0,6614 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,6614 \cdot 1000}{300} = 46,8522 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 160 \text{ mm} (< 160,2853 \text{ mm})$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

i. Luas tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 490 = 98 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 260 \text{ mm}^2$

j. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{sb,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{260} = 302,0762 \text{ mm} > A_{s,u}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 130 = 650 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 300, \text{ mm} (< 302,0762 \text{ mm})$

k. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 261,7994 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

l. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D10-300 = 261,7994 \text{ mm}^2$

3. Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.6 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat lantai dua arah tipe I

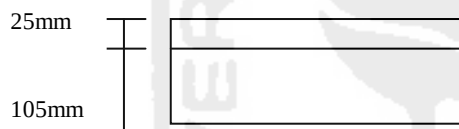
Penulangan		Arah Y	
		Lapangan	Tumpuan
	M (kNm)	0,2303	0,8444
	ds (mm)	35	35
	d (mm)	95	95
	K maks (Mpa)	7,1121	7,1121
	K (Mpa)	0,0319	0,1169
		<Kmaks	<Kmaks
	a (mm)	0,1427	0,5243
Luas Tulangan Pokok	A_s (mm ²)	10,1087	37,1356
Luas Tulangan min	$A_{s,}$ (mm ²)	443,333	443,333
	$A_{s,}$ perlu (mm ²)	443,333	443,333
Jarak Tulangan Pokok	s (mm)	177,1575	177,1575
	s<	260	260
	s (mm)	177,1575	177,1575
Dipakai	s (mm)	175	175
		OK	OK
Luas Tulangan	(mm ²)	448,7990	448,7990
		OK	OK
Luas Tulangan Bagi	A_{sb}		88,6667
	A_{sb} min		260

	Asb pakai		260
Jarak Tulangan bagi	s (mm)		302,0762
	s <		650
	s (mm)		302,0762
Dipakai	s (mm)		300
			OK
Luas Tulangan	(mm ²)		261,7994
			OK
Asb Pakai > Asb,u (mm ²)		OK	OK
Jadi Dipakai Tulangan Pokok		175	175
Jadi Dipakai Tulangan Bagi			300

D. Pelat Lantai Satu Arah Tipe VI

Beban terfaktor (q_u) = 8,4376 kNm

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3675}{1325} = 2,77 > 2 \text{ pelat 1 arah}$$



1. momen lapangan, $M_u^{(+)}$

$$M_u^{(+)} = \frac{1}{24} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{24} \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 0,6172 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,6172 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105} = 0,0700 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,070}{0,85 \cdot 25}} \right) 105 = 0,3464 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,3464 \cdot 1000}{300} = 24,5333 \text{ mm}^2$$

$$f_c' < 31,36 \text{ MPa}, \text{ jadi } A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm}),$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai $s = 160 \text{ mm}$ ($< 160,2853 \text{ mm}$)

Luas Tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

jadi pakai tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% A_{s,u} = 20\% \cdot 490 = 98 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002bh = 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, jadi $A_{sb,u} = 260 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{260} = 302,0762 \text{ mm}$$

$$s \leq (5h = 5 \cdot 130 = 650)$$

Dipilih yang kecil, jadi $s = 300 \text{ mm}$ ($< 302,0762 \text{ mm}$)

Luas tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 261,7994 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai :

Tulangan pokok $A_s = \mathbf{D10-160} = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = \mathbf{D10-300} = 261,7994 \text{ mm}^2$

2. momen tumpuan, $M_U^{(-)}$

$$M_U^{(-)} = \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 8,4376 \cdot 1,325^2 = 1,2344 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,2344 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,1400 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f_c'}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1400}{0,85 \cdot 25}}\right) 105 = 0,6939 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,6939 \cdot 1000}{300} = 49,1480 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}, \text{ jadi } A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}^2$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm}),$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai $s = 160 \text{ mm} (< 160,2853 \text{ mm})$

Luas Tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

jadi pakai tulangan pokok $A_s = \text{D10-160} = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% A_{s,u} = 20\% \cdot 490 = 98 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002bh = 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, jadi $A_{sb,u} = 260 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{260} = 302,0762 \text{ mm}$$

$$s \leq (5h = 5 \cdot 130 = 650)$$

Dipilih yang kecil, jadi $s = 300 \text{ mm}$

Luas tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 261,7994 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai :

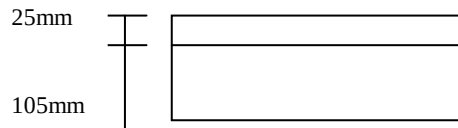
Tulangan pokok $A_s = \text{D10-160} = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = \text{D10-300} = 261,7994 \text{ mm}^2$

E. Pelat Lantai Satu Arah Tipe V

Beban terfaktor (q_u) = 8,4376 kNm

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3675}{950} = 3,87 > 2 \text{ pelat 1 arah}$$



1. momen lapangan, $M_u^{(+)}$

$$M_u^{(+)} = \frac{1}{24} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{24} \cdot 8,4376 \cdot 0,95^2 = 0,3173 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,3173 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105} = 0,0360 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}} \right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0360}{0,85 \cdot 25}} \right) 105 = 0,1779 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,1779 \cdot 1000}{300} = 12,6015 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa, jadi } A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}^1$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm}),$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai $s = 160 \text{ mm} (< 160,2853 \text{ mm})$

Luas Tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

jadi pakai tulangan pokok $A_s = D10-160 = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% A_{s,u} = 20\% \cdot 490 = 98 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002bh = 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, jadi $A_{sb,u} = 260 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{260} = 302,0762 \text{ mm}$$

$$s \leq (5h = 5 \cdot 130 = 650)$$

Dipilih yang kecil, jadi $s = 300 \text{ mm}$ ($< 302,0762 \text{ mm}$)

Luas tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 261,7994 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai :

$$\text{Tulangan pokok } A_s = \text{D10-160} = 490,8738 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bagi } A_{sb} = \text{D10-300} = 261,7994 \text{ mm}^2$$

2. momen tumpuan, $M_U^{(-)}$

$$M_U^{(-)} = \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 8,4376 \cdot 0,95^2 = 0,6346 \text{ kNm}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,6346 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,0719 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0719}{0,85 \cdot 25}} \right) 105 = 0,3561 \text{ mm}$$

Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,3561 \cdot 1000}{300} = 25,2244 \text{ mm}^2$$

$$f_c' < 31,36 \text{ MPa}, \text{ jadi } A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 105 = 490 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 490 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{490} = 160,2853 \text{ mm}^2$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm}),$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai $s = 160 \text{ mm}$ ($< 160,2853 \text{ mm}$)

Luas Tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{160} = 490,8739 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

jadi pakai tulangan pokok $A_s = \mathbf{D10-160} = 490,8739 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% A_{s,u} = 20\% \cdot 490 = 98 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002bh = 0,002 \cdot 1000 \cdot 130 = 260 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, jadi $A_{sb,u} = 260 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{260} = 302,0762 \text{ mm}$$

$$s \leq (5h = 5 \cdot 130 = 650)$$

Dipilih yang kecil, jadi $s = 300 \text{ mm}$

Luas tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{300} = 261,7994 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai :

$$\text{Tulangan pokok } A_s = \mathbf{D10-160} = 490,8739 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bagi } A_{sb} = \mathbf{D10-300} = 261,7994 \text{ mm}^2$$

Lampiran 2. Perhitungan Pelat Atap

A. Pelat Atap Dua Arah Tipe I

Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = $5,05 \text{ kNm}^2$, kondisi tumpuhan pelat terjepit penuh, dimensi $5 \times 5 \text{ m}$ ($L_y = 5000 \text{ mm} \times L_x = 5000 \text{ mm}$).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5000}{5000} = 1 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Tabel 7.7 Koefisien Momen (PBI-1971)

L_y / L_x	I
	1,0
C_{lx}	21
C_{ly}	21
C_{tx}	52
C_{ty}	52

Momen perlu :

$$M_{lx}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 21 \cdot 5,05 \cdot 5^2 = 2,6513 \text{ kNm}$$

$$M_{ly}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 21 \cdot 5,05 \cdot 5^2 = 2,6513 \text{ kNm}$$

$$M_{tx}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{tx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 52 \cdot 5,05 \cdot 5^2 = 6,5650 \text{ kNm}$$

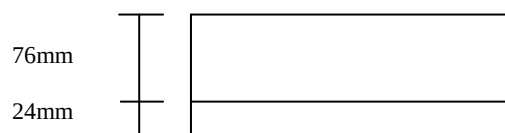
$$M_{ty}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{ty} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 52 \cdot 5,05 \cdot 5^2 = 6,5650 \text{ kNm}$$

1. Tulangan lapangan arah X (M_{lx})

a. $M_{lx}^{(+)} = 2,6513 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 100 - 24 = 76 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2,6513 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,5738 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f_c'}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,5738}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 2,0805 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 2,0805 \cdot 1000}{300} = 147,3708 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 140 \text{ mm}$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

2. Tulangan tumpuan arah X (M_{tx})

a. $M_{tx}^{(-)} = 6,5650 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 100 - 24 = 76 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{6,5650 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 1,4207 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,4207}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 5,2635 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 5,2635 \cdot 1000}{300} = 372,8339 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1.4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1.4}{300} 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 372,8339 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{372,8339} = 134,8200 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 130 \text{ mm}$

h. Luas Tulangan pokok :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{130} = 386,6576 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

i. Luas tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 372,8339 = 74,5668 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

j. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,b}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm} (< 251,3274 \text{ mm})$

k. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{s,b} \text{ (OK)}$$

l. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-130 = 386,6576 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

3. Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.8 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I

Penulangan		Arah Y	
		Lapangan	Tumpuan
	M (kNm)	2,6513	6,5650
	ds (mm)	33	33
	d (mm)	67	67

	K maks (Mpa)	7,1121	7,1121
	K (Mpa)	0,7383	1,8281
		<Kmaks	<Kmaks
	a (mm)	2,3696	6,0357
Luas Tulangan Pokok	As (mm ²)	167,8469	427,5281
Luas Tulangan min	As,(mm ²)	312,6667	312,6667
	As, perlu (mm ²)	312,6667	427,5281
Jarak Tulangan Pokok	s (mm)	160,7638	117,5724
	s<	200	200
	s (mm)	160,7638	117,5724
Dipakai	s (mm)	160	115
		OK	OK
Luas Tulangan	(mm ²)	314,1593	437,0912
		OK	OK
Luas Tulangan Bagi	Asb		85,5056
	Asb min		200
	Asb pakai		200
Jarak Tulangan bagi	s (mm)		251,3274
	s<		500
	s (mm)		251,3274
Dipakai	s (mm)		250
			OK
Luas Tulangan	(mm ²)		201,0619
			OK
Asb Pakai > Asb,u (mm ²)		OK	OK
Jadi Dipakai Tulangan Pokok		160	115
Jadi Dipakai Tulangan Bagi			250

B. Pelat Atap Dua Arah Tipe II

Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = 5,05 kNm², kondisi tumpuhan pelat terjepit penuh, dimensi 2,35 x 1,325 m (L_y = 2350 mm x L_x = 1325 mm).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{2350}{1325} = 1,77 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Tabel 7.9 Koefisien Momen (PBI-1971)

L_y / L_x	I	II	Interpolasi
	1,7	1,8	1,77
Clx	40	40	40
Cly	14	13	13,26

Ctx	81	82	81,74
Cty	57	57	57

Momen perlu :

$$M_{lx}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 40 \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,3546 \text{ kNm}$$

$$M_{ly}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 13,26 \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,1176 \text{ kNm}$$

$$M_{tx}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{tx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 81,74 \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,7247 \text{ kNm}$$

$$M_{ty}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{ty} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 57 \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,5054 \text{ kNm}$$

1. Tulangan lapangan arah X (M_{lx})

a. $M_{lx}^{(+)} = 0,3546 \text{ kNm}$

b. $D_s = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 100 - 24 = 76 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,3546 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,0767 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f_c'}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0767}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 0,2750 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,2750 \cdot 1000}{300} = 19,4780 \text{ mm}^2$$

$$f_c' < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 140 \text{ mm}$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{\frac{1}{4\pi} \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{\frac{1}{4\pi} \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

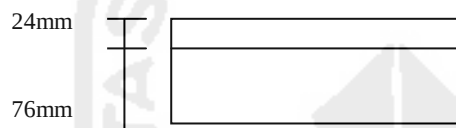
Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

2. Tulangan tumpuan arah X (M_{tx})

a. $M_{tx}^{(-)} = 0,7247 \text{ kNm}$

b. $ds = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$

c. $d = h - ds = 100 - 24 = 76 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,7247 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,1568 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1568}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 0,5630 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,5630 \cdot 1000}{300} = 39,8770 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 140 \text{ mm}$

h. Luas Tulangan pokok :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

i. Luas tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 354,6667 = 70,9333 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

j. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,b}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm} (< 251,3274 \text{ mm})$

k. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{s,b} \text{ (OK)}$$

l. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

3. Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.10 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I

Penulangan		Arah Y	
		Lapangan	Tumpuan
	M (kNm)	0,1176	0,5054
	ds (mm)	33	33
	d (mm)	67	67
	K maks (Mpa)	7,1121	7,1121
	K (Mpa)	0,0327	0,1407
		<Kmaks	<Kmaks
	a (mm)	0,1033	0,4452
Luas Tulangan Pokok	A_s (mm ²)	7,3190	31,5324
Luas Tulangan min	$A_{s,(mm^2)}$	312,6667	312,6667
	$A_{s, perlu}$ (mm ²)	312,6667	312,6667
Jarak Tulangan Pokok	s (mm)	160,7638	160,7638
	s<	200	200
	s (mm)	160,7638	160,7638
Dipakai	s (mm)	160	160
		OK	OK
Luas Tulangan	(mm ²)	314,1593	314,1593

		OK	OK
Luas Tulangan Bagi	Asb		62,5333
	Asb min		200
	Asb pakai		200
Jarak Tulangan bagi	s (mm)		251,3274
	s<		500
	s (mm)		251,3274
Dipakai	s (mm)		250
			OK
Luas Tulangan	(mm2)		201,0619
			OK
Asb Pakai > Asb,u (mm2)		OK	OK
Jadi Dipakai Tulangan Pokok		160	160
Jadi Dipakai Tulangan Bagi			250

C. Pelat Atap Dua Arah Tipe III

Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = 5,05 kNm², kondisi tumpuhan pelat terjepit penuh, dimensi 2,15 x 1,3255 m ($L_y = 2150$ mm x $L_x = 1325$ mm).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{2150}{1325} = 1,62 < 2 \text{ (pelat 2 arah)}$$

Tabel 7.11 Koefisien Momen (PBI-1971)

L_y / L_x	I	II	Interpolasi
	1,6	1,7	1,62
C_{lx}	37	40	37,60
C_{ly}	16	14	15,60
C_{tx}	79	81	79,40
C_{ty}	57	57	57

Momen perlu :

$$M_{lx}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{lx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 37,60 \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,3334 \text{ kNm}$$

$$M_{ly}^{(+)} = 0,001 \cdot C_{ly} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 15,60 \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,1383 \text{ kNm}$$

$$M_{tx}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{tx} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 79,40 \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,7040 \text{ kNm}$$

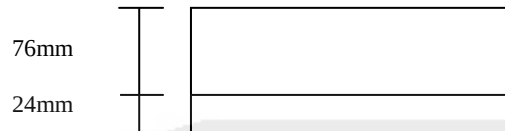
$$M_{ty}^{(-)} = 0,001 \cdot C_{ty} \cdot q_u \cdot l_x^2 = 0,001 \cdot 57 \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,5054 \text{ kNm}$$

1. Tulangan lapangan arah X (M_{lx})

a. $M_{lx}^{(+)} = 0,3334 \text{ kNm}$

b. $D_s = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 100 - 24 = 76 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,3334 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,0721 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0721}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 0,2585 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,2585 \cdot 1000}{300} = 18,3073 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 140 \text{ mm}$

h. Luas tulangan pokok yang digunakan :

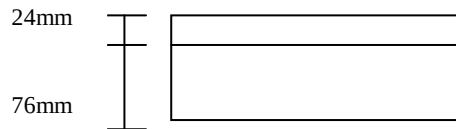
$$A_s = \frac{1}{4 \pi} \cdot \frac{D^2 \cdot S}{s} = \frac{1}{4 \pi} \cdot \frac{8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$ 2. Tulangan tumpuan arah X (M_{tx})

a. $M_{tx}^{(-)} = 0,7040 \text{ kNm}$

b. $d_s = 20 + 8/2 = 24 \text{ mm}$

c. $d = h - d_s = 100 - 24 = 76 \text{ mm}$



d. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,7040 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,1523 \text{ MPa} < K_{maks}$

e. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1523}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 0,5468 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,5468 \cdot 1000}{300} = 38,7333 \text{ mm}^2$$

$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

g. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (2 \cdot h = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 140 \text{ mm}$

h. Luas Tulangan pokok :

$$A_s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

i. Luas tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 354,6667 = 70,9333 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

j. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,b}} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm} (< 251,3274 \text{ mm})$

k. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{s,b} \text{ (OK)}$$

l. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

3. Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 7.12 Kebutuhan tulangan arah bentang Y pelat atap dua arah tipe I

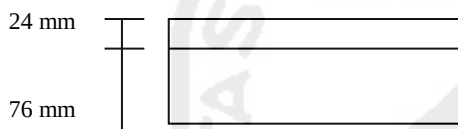
Penulangan		Arah Y	
		Lapangan	Tumpuan
	M (kNm)	0,1383	0,5054
	ds (mm)	33	33
	d (mm)	67	67
	K maks (Mpa)	7,1121	7,1121
	K (Mpa)	0,0385	0,1407
		<Kmaks	<Kmaks
	a (mm)	0,1215	0,4452
Luas Tulangan Pokok	A_s (mm ²)	8,6091	31,5324
Luas Tulangan min	$A_{s,min}$ (mm ²)	312,6667	312,6667
	$A_{s,perlu}$ (mm ²)	312,6667	312,6667
Jarak Tulangan Pokok	s (mm)	160,7638	160,7638
	s <	200	200
	s (mm)	160,7638	160,7638
Dipakai	s (mm)	160	160
		OK	OK
Luas Tulangan	(mm ²)	314,1593	314,1593
		OK	OK
Luas Tulangan Bagi	A_{sb}		62,5333
	$A_{sb,min}$		200
	$A_{sb,pakai}$		200
Jarak Tulangan bagi	s (mm)		251,3274
	s <		500
	s (mm)		251,3274
Dipakai	s (mm)		250
			OK

Luas Tulangan	(mm ²)		201,0619
			OK
Asb Pakai > Asb,u (mm ²)		OK	OK
Jadi Dipakai Tulangan Pokok		160	160
Jadi Dipakai Tulangan Bagi			250

D. Pelat Atap Satu Arah Tipe I

Beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = 5,05 kNm dengan dimensi 3,675 x 1,325 m (L_y = 3675 mm dan L_x = 1325 mm).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,675}{1,325} = 2,7736 > 2 \text{ pelat 1 arah}$$



1. Momen lapangan

$$a. M_U^{(+)} = \frac{1}{24} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{24} \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,3694 \text{ kNm}$$

$$b. K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,3694 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,0799 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$c. a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}} \right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0799}{0,85 \cdot 25}} \right) 76 = 0,2865 \text{ mm}$$

d. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,2865 \cdot 1000}{300} = 20,2911 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

e. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 100 = 300 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 141,7260 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

g. Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 354,6667 = 70,9333 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

h. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{sb,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$$

$$s \leq (5h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm} (< 251,3274 \text{ mm})$

i. Luas tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

j. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

2. Momen tumpuan

$$a. M_U^{(-)} = \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 5,05 \cdot 1,325^2 = 0,7388 \text{ kNm}$$

$$b. K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,7388 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,1599 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$c. a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1599}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 0,5740 \text{ mm}$$

d. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,5740 \cdot 1000}{300} = 40,6593 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

e. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 100 = 300 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 140 \text{ mm}$

- f. Luas Tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

- g. Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 354,6667 = 70,9333 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

- h. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{sb,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm} (< 251,3274 \text{ mm})$

- i. Luas tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

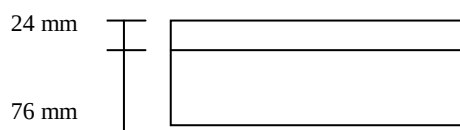
- j. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

E. Pelat Atap Satu Arah Tipe II

Beban terfaktor/beban ultimate (q_U) = 5,05 kNm dengan dimensi 3,675 x 0,95 m ($L_y = 3675 \text{ mm}$ dan $L_x = 950 \text{ mm}$).

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3,675}{0,95} = 3,8684 > 2 \text{ pelat 1 arah}$$



1. Momen lapangan

$$a. M_U^{(+)} = \frac{1}{24} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{24} \cdot 5,05 \cdot 0,95^2 = 0,1899 \text{ kNm}$$

$$b. K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,1899 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,0411 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$c. a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f_c'}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,411}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 0,1471 \text{ mm}$$

d. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 20 \cdot 0,1471 \cdot 1000}{300} = 10,4213 \text{ mm}^2$$

$$f_c' < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

e. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 100 = 300 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 140 \text{ mm}$

f. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

g. Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 354,6667 = 70,9333 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

h. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{sb,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$$

$$s \leq (5h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm} (< 251,3274 \text{ mm})$

- i. Luas tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

- j. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359, \text{ mm}^2$
 Tulangan bagi $A_{sb} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

2. Momen tumpuan

a. $M_U^{(-)} = \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{12} \cdot 5,05 \cdot 0,95^2 = 0,3798 \text{ kNm}$

b. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,3798 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 0,0822 \text{ MPa} < K_{maks}$

c. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,0822}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 0,2945 \text{ mm}$

- d. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,2945 \cdot 1000}{300} = 20,8629 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa}$$

$$A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} 1000 \cdot 76 = 354,6667 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667 \text{ mm}^2$

- e. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260 \text{ mm}$$

$$s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 100 = 300 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 140 \text{ mm}$

- f. Luas Tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

- g. Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% \cdot A_{s,u} = 20\% \cdot 354,6667 = 70,9333 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

h. Jarak tulangan bagi :

$$s = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot D^2 \cdot s}{A_{sb,u}} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500 \text{ mm})$$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm}$ ($< 251,3274 \text{ mm}$)

i. Luas tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot D^2 \cdot s}{s} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

j. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

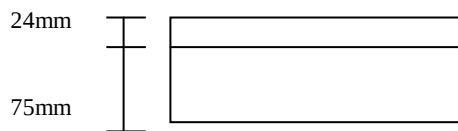
Tulangan bagi $A_{sb} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$



Lampiran 3. Perhitungan Pelat Lufel

Desain Pelat Lufel

Tebal beton bertulang 100 mm, mutu beton $f'_c = 25$ MPa, mutu baja $f_y = 300$ MPa, beban terfaktor/beban ultimate (q_u) = 5,05 kNm



1. $d_s = 20 + 8/2 = 24$ mm
2. $d = h - d_s = 100 - 24 = 76$ mm
3. $M_u^{(-)} = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2 = \frac{1}{2} \cdot 5,05 \cdot 1,5^2 = 5,6812$ kNm
4. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{5,6812 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 76^2} = 1,2295$ MPa $< K_{maks}$
5. $a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,2295}{0,85 \cdot 25}}\right) 76 = 4,5324$ mm
6. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 4,5324 \cdot 1000}{300} = 321,045$$
 mm²
 $f'_c < 31,36$ MPa
 $A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 1000 \cdot 76 = 354,6667$ mm²
 Jadi dipilih yang besar $A_{s,u} = 354,6667$ mm²
7. Jarak tulangan pokok :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{354,6667} = 141,7260$$
 mm²
 $s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 100 = 300$ mm)
 Jadi dipilih yang kecil $s = 140$ mm ($< 141,7260$ mm)
8. Luas Tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4 \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{140} = 359,0392$$
 mm² $> A_{s,u}$ (OK)
 Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392$ mm²
9. Tulangan bagi :

a. $A_{sb} = 20\% A_{s,u} = 20\% \cdot 354,6667 = 70,9333 \text{ mm}^2$

b. $A_{sb} = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000 \cdot 100 = 200 \text{ mm}^2$

Jadi dipilih yang terbesar $A_{sb,u} = 200 \text{ mm}^2$

10. Jarak tulangan bagi :

a. $s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{sb,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{200} = 251,3274 \text{ mm}$

b. $s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 100 = 500)$

Jadi dipilih yang kecil $s = 250 \text{ mm} (< 251,3274 \text{ mm})$

11. Luas tulangan bagi yang digunakan :

a. $A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{250} = 201,0619 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$

12. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D8-140 = 359,0392 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D8-250 = 201,0619 \text{ mm}^2$

Lampiran 4. Perhitungan Pelat Tangga

Desain Pelat Beton Tangga

Diketahui data-data tangga yang akan direncanakan :

1. Beban hidup tangga = $q_L = 3 \text{ kN/m}^2$
2. Tebal bordes = 150 mm
3. Tebal badan tangga = 100 mm

A. Ukuran Anak Tangga

$$\tan \alpha = \frac{T}{I} = \frac{2}{2,760} = 0,725 \rightarrow \text{jadi } T = 0,725 I$$

$$2T + I = 61 \text{ cm} \rightarrow 2 \cdot 0,725 I + I = 61 \text{ cm}$$

$$2,45 \cdot I = 61 \text{ cm}$$

Diperoleh :

$$I = \frac{61}{2,45} = 24,898 \text{ cm} \rightarrow \text{pakai } I = 25 \text{ cm}$$

$$T = 0,725 \cdot 24,898 \text{ cm} = 18,05 \text{ cm} \rightarrow \text{pakai } I = 19 \text{ cm}$$

Kontrol : $2T + I = 2 \cdot 19 + 25 = 63 \text{ cm}$ (Ok)

Jadi ukuran anak tangga : $T = 19 \text{ cm} = 190 \text{ mm}$

$I = 25 \text{ cm} = 250 \text{ mm}$

B. Diagram Bidang Momen BMD

1. Beban bordes : $h_{\text{bordes}} = 150 \text{ mm}$

$$q_D = 0,10 \cdot 25 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_{u1} &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 2,5 + 1,6 \cdot 3 = 7,8 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2. Beban tangga ;

$$\text{Berat pelat } h_{\text{pelat}} = 100 \text{ mm} = 0,10 \cdot 25 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat anak tangga } T/2 &= (0,19/2) \cdot 25 = 2,375 \text{ kN/m}^2 + \\ q_D &= 4,875 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3. $q_{u2} = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$

$$= 1,2 \cdot 4,875 + 1,6 \cdot 3 = 10,65 \text{ kN/m}^2$$

4. $\sum M_c = 0 \rightarrow R_B \cdot 4 - q_{u1} \cdot 1,375 \cdot 4 - q_{u2} \cdot 4 \cdot 2$

$$4R_B - 7,8 \cdot 1,375 \cdot 4 - 10,65 \cdot 4 \cdot 2$$

$$5. R_B = \frac{128,1}{4} = 32,025 \text{ kN}$$

$$6. R_C = q_{u1} \cdot 1,375 + q_{u2} \cdot 4 - R_B \\ = 7,8 \cdot 1,375 + 10,65 \cdot 4 - 32,025 = 21,3 \text{ kN}$$

$$7. SF_x = 0 \rightarrow -q_{u1} \cdot 1,375 + R_B - q_{u2} \cdot x = 0 \\ -7,8 \cdot 1,375 + 32,025 - 10,65 \cdot x = 0 \\ -10,725 + 32,025 - 10,6 \cdot x = 0$$

Diperoleh $x = 2 \text{ m}$

$$8. M_{\max} = -q_{u1} \cdot 1,375 \cdot (0,6875 + x) + R_B \cdot x - 1/2 \cdot q_{u2} \cdot x^2 \\ = -7,8 \cdot 1,375 \cdot (0,6875 + 2) + 32,025 \cdot 2 - 1/2 \cdot 10,65 \cdot 2^2 \\ = 13,927 \text{ kNm}$$

$$9. M_y = -q_{u1} \cdot 1,375 \cdot (0,6875 + y) + R_B \cdot y - 1/2 \cdot q_{u2} \cdot y^2 \\ = -7,8 \cdot 1,375 \cdot (0,6875 + y) + 32,025 \cdot y - 1/2 \cdot 10,65 \cdot y^2 \\ = 5,325 \cdot y^2 - 21,3 \cdot y + 7,371$$

$$10. y_{1,2} = \frac{21,3 \pm \sqrt{(-21,3)^2 - 4 \cdot 5,325 \cdot 7,371}}{2 \cdot 5,325} \\ = \frac{16,825 \pm 17,225}{10,65}$$

11. Maka diperoleh :

$$y_1 = 3,617 \text{ m}$$

$$y_2 = 0,383 \text{ m}$$

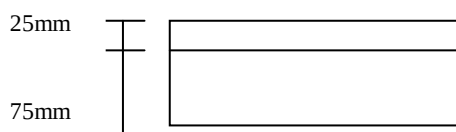
$$MB = -1/2 \cdot q_{u1} \cdot 1,2 = -1/2 \cdot 7,8 \cdot 1,375^2 = -7,373 \text{ kNm}$$

C. Penulangan Bordes

Terjadi momen negatif pada bordes $M_U^{(-)} = M_B^{(-)} = 7,373 \text{ kNm}$

$$1. d_s = 20 + D/2 = 20 + 16/2 \\ = 28 \text{ mm.}$$

$$2. d = h - d_s = 150 - 28 = 122 \text{ mm}$$



$$3. K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{7,373 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 122^2} = 0,619 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$4. \ a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}}\right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,619}{0,85 \cdot 25}}\right) 122 = 3,607 \text{ mm}$$

5. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 3,607 \cdot 1000}{300} = 255,496 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa,}$$

$$\text{Jadi } A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{350} 1000 \cdot 122 = 569,333 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 569,333 \text{ mm}^2$

6. Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{569,333} = 353,153 \text{ mm}$$

$$s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm})$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai $s = 350 \text{ mm}$

7. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{350} = 574,463 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (Ok)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D16-350 = 574,463 \text{ mm}^2$

8. Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% A_{s,u} = 20\% \cdot 569,333 = 113,867 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002bh = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, jadi $A_{sb,u} = 300 \text{ mm}^2$

9. Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{300} = 167,552 \text{ mm}$$

$$s \leq (5 \cdot h = 5 \cdot 150 = 750 \text{ mm})$$

Dipilih yang kecil, jadi $s = 165 \text{ mm}$

10. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{165} = 304,639 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (OK)}$$

11. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D16-350 = 574,463 \text{ mm}^2$

$$\text{Tulangan bagi } A_{sb} = D8-165 = 304,639 \text{ mm}^2$$

D. Penulangan Badan Tangga

Penulangan ujung atas badan tangga = penulangan bordes

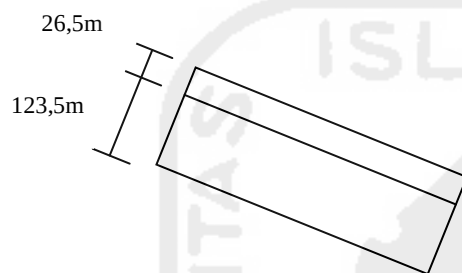
1. Penulangan ujung atas badan tangga $M_U^{(+)} = 13,927 \text{ kNm}$

Terjadi momen negatif pada bordes $M_U^{(+)} = M_B^{(+)} = 13,927 \text{ kNm}$

2. $d_s = 20 + D/2 = 20 + 13/2$

$$= 26,5 \text{ mm.}$$

3. $d = h - d_s = 150 - 26,5 = 123,5 \text{ mm}$



$$4. K = \frac{M_U}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{13,927 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1000 \cdot 123,5^2} = 1,1414 \text{ MPa} < K_{maks}$$

$$5. a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f'_c}} \right) d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,1414}{0,85 \cdot 25}} \right) 123,5 = 6,821 \text{ mm}$$

6. Luas tulangan pokok :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 6,821 \cdot 1000}{300} = 483,154 \text{ mm}^2$$

$$f'_c < 31,36 \text{ MPa,}$$

$$\text{Jadi } A_{s,u} \geq \frac{1,4}{f_y} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{350} 1000 \cdot 123,5 = 576,333 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang besar, jadi $A_{s,u} = 576,333 \text{ mm}^2$

7. Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4 \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{576,333} = 230,305 \text{ mm}$$

$$s \leq (3 \cdot h = 3 \cdot 150 = 450 \text{ mm}),$$

Dipilih yang kecil, jadi dipakai $s = 230 \text{ mm}$

8. Luas tulangan pokok yang digunakan :

$$A_s = \frac{1/4 \pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4 \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{230} = 577,097 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (Ok)}$$

Jadi pakai tulangan pokok $A_s = D10-155 = 577,097 \text{ mm}^2$

9. Tulangan bagi :

$$A_{sb} = 20\% A_{s,u} = 20\% \cdot 576,333 = 115,267 \text{ mm}^2$$

$$A_{sb} = 0,002bh = 0,002 \cdot 1000 \cdot 150 = 300 \text{ mm}^2$$

Dipilih yang terbesar, jadi $A_{sb,u} = 300 \text{ mm}^2$

10. Jarak tulangan :

$$s = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_{s,u}} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{300} = 167,552 \text{ mm}$$

$s \leq (5h = 5 \cdot 150 = 750)$ Dipilih yang kecil, jadi $s = 165 \text{ mm}$

11. Luas Tulangan bagi yang digunakan :

$$A_{sb} = \frac{1/4\pi \cdot D^2 \cdot S}{s} = \frac{1/4\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{165} = 304,639 \text{ mm}^2 > A_{sb,u} \text{ (Ok)}$$

12. Jadi pakai : Tulangan pokok $A_s = D13-230 = 577,097 \text{ mm}^2$

Tulangan bagi $A_{sb} = D8-165 = 304,639 \text{ mm}^2$

Lampiran 5. Perhitungan Momen Pada Balok

A. Beban pelat ke Balok B1

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,475 \cdot 0,475 \cdot q = 0,1128q$$

$$P_2 = 2,025 \cdot 0,475 \cdot q = 0,9619q$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot q = 3,125q$$

$$R_A = P_1 + P_2 + P_3 = 0,1128q + 0,9619q + 3,125q$$

$$R_A = 4,1997q \text{ kNm}$$

$$M_t = \left(R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \right) - P_1 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 0,475 \right) + 2,025 \right) - P_2 \left(\left(\frac{1}{2} \cdot 2,025 \right) \right) - P_3 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 2,5 \right) \right)$$

$$= 6,6749q \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = M_t$$

$$\frac{1}{8} q_{eq} L^2 = 6,6749q$$

$$q_{eq} = \frac{6,6749q \cdot 8}{5^2} = 2,1360q \text{ kNm}$$

$$Q_d = 2,1360 \cdot q_d = 2,1360 \cdot 3,698 = 7,8989 \text{ kNm}$$

$$Q_l = 2,1360 \cdot q_l = 2,1360 \cdot 2,875 = 6,1410 \text{ kNm}$$

Asumsi dimensi balok

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

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

$$q_{d-\text{balok anak}} = (200/1000) \cdot (400/1000) \cdot 24 = 1,92 \text{ kNm}$$

$$Q_{d-\text{total}} = Q_d + q_{d-\text{balok}} = 7,8989 + 1,92 = 9,8189 \text{ kNm}$$

jadi :

$$Q_u = 1,2Q_d + 1,6 Q_l$$

$$= (1,2 \cdot 9,8189) + (1,6 \cdot 6,1410)$$

$$= 21,6083 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(+)} = \frac{1}{8} Q_u L^2 = \frac{1}{8} \cdot 21,6083 \cdot 5^2 = 67,5259 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} = \frac{1}{3} M_{max} = \frac{1}{3} \cdot 67,5259 = 22,5086 \text{ kNm}$$

B. Beban Pelat ke Balok B2

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot q = 3,125q$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot q = 3,125q$$

$$R_A = P_1 + P_2 = 3,125q + 3,125q = 6,25q \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} Mt &= \left(R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \right) - P_1 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 2,5 \right) \right) - P_2 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 2,5 \right) \right) \\ &= 10,42q \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{max} = Mt$$

$$\frac{1}{8} q_{eq} L^2 = 10,42q$$

$$q_{eq} = \frac{10,42q \cdot 8}{5^2} = 3,33q \text{ kNm}$$

$$Q_d = 3,33 \cdot q_d = 3,33 \cdot 3,698 = 12,3143 \text{ kNm}$$

$$Q_l = 3,33 \cdot q_l = 3,33 \cdot 2,875 = 9,5738 \text{ kNm}$$

Asumsi dimensi balok

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

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

$$q_{d\text{-balok anak}} = (200/1000) \cdot (400/1000) \cdot 24 = 1,92 \text{ kNm}$$

$$Q_{d\text{-total}} = Q_d + q_{d\text{-balok}} = 12,3143 + 1,92 = 14,2343 \text{ kNm}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Q_U &= 1,2Q_d + 1,6Q_l \\ &= (1,2 \cdot 12,3143) + (1,6 \cdot 9,5738) \end{aligned}$$

$$= 30,0952 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(+)} = \frac{1}{8} Q_u L^2 = \frac{1}{8} \cdot 30,0952 \cdot 5^2 = 94,0475 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} = \frac{1}{3} M_{max} = \frac{1}{3} \cdot 94,0475 = 31,3492 \text{ kNm}$$

C. Beban pelat ke Balok B3

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,6625 \cdot 0,6625 \cdot q = 0,2194q$$

$$P_2 = 1,175 \cdot 0,6625 \cdot q = 0,7784q$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot 0,6625 \cdot 0,6625 \cdot q = 0,2194q$$

$$P_4 = 1,175 \cdot 0,6625 \cdot q = 0,7784q$$

$$R_A = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0,2194q + 0,7784q + 0,2194q + 0,7784q$$

$$R_A = 1,9956q \text{ kNm}$$

$$Mt =$$

$$\begin{aligned} & \left(R_A \cdot \frac{1}{2} 3,675 \right) - P_1 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 0,6625 \right) + 1,175 \right) - P_2 \left(\frac{1}{2} 1,175 \right) - P_3 \left(\frac{1}{3} 0,6625 + \right. \\ & \left. 1,175 \right) - P_4 \left(\frac{1}{2} 1,175 \right) \\ & = 2,1398q \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{\max} = Mt$$

$$\frac{1}{8} q_{eq} L^2 = 2,1398q$$

$$q_{eq} = \frac{2,1398q \cdot 8}{3,675^2} = 1,2675q \text{ kNm}$$

$$Q_d = 1,2675 \cdot q_d = 1,2675 \cdot 3,698 = 4,6872 \text{ kNm}$$

$$Q_l = 1,2675 \cdot q_l = 1,2675 \cdot 2,875 = 3,6441 \text{ kNm}$$

Asumsi dimensi balok

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

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

$$q_{d\text{-balok anak}} = (200/1000) \cdot (400/1000) \cdot 24 = 1,92 \text{ kNm}$$

$$Q_{d\text{-total}} = Q_d + q_{d\text{-balok}} = 4,6872 + 1,92 = 6,6072 \text{ kNm}$$

jadi :

$$\begin{aligned} Q_U &= 1,2Q_d + 1,6 Q_l \\ &= (1,2 \cdot 6,6072) + (1,6 \cdot 3,6441) \\ &= 13,7592 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_u^{(+)} = \frac{1}{8} Q_u L^2 = \frac{1}{8} 13,7592 \cdot 3,675^2 = 23,2283 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} = \frac{1}{3} M_{max} = \frac{1}{3} 23,2283 = 7,7427 \text{ kNm}$$

D. Beban Pelat ke Balok B4

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot q = 3,125q \text{ kNm}$$

$$P_2 = 2,5 \cdot 1,2 \cdot q = 3q \text{ kNm}$$

$$R_A = P_1 + P_2 = 3,125q + 3q = 6,125q \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} Mt &= \left(R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 5 \right) - P_1 \left(\frac{1}{3} \cdot 2,5 \right) - P_2 \left(\frac{1}{2} \cdot 2,5 \right) \\ &= 8,9583q \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{max} = Mt$$

$$\frac{1}{8} q L^2 = 8,9583q$$

$$q = \frac{8,9583q \cdot 8}{5^2} = 2,8666q \text{ kNm}$$

$$Q_d = 2,8666 \cdot q_d = 2,8666 \cdot 3,698 = 10,6007 \text{ kNm}$$

$$Q_l = 2,8666 \cdot q_l = 2,8666 \cdot 2,875 = 8,2415 \text{ kNm}$$

Asumsi dimensi balok

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

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

$$q_{d\text{-balok}} = (200/1000) \cdot (400/1000) \cdot 24 = 1,92 \text{ kNm}$$

$$Q_{d\text{-total}} = Q_d + q_{d\text{-balok}} = 10,6007 + 1,92 = 12,5207 \text{ kNm}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2Q_d + 1,6Q_l \\ &= (1,2 \cdot 12,5207) + (1,6 \cdot 8,2415) \\ &= 28,2112 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_u^{(+)} = \frac{1}{8} Q_u L^2 = \frac{1}{8} 28,2112 \cdot 5^2 = 88,1600 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} = \frac{1}{3} M_{max} = \frac{1}{3} 88,16 = 29,3867 \text{ kNm}$$

E. Beban Pelat ke Balok Ba1

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,6625 \cdot 0,6625 \cdot q = 0,2194q$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,6625 \cdot 0,6625 \cdot q = 0,2194q$$

$$R_A = P_1 + P_2 = 0,2194q + 0,2194q = 0,4388q \text{ kNm}$$

$$M_t = \left(R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,325 \right) - P_1 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 0,6625 \right) \right) - P_2 \left(\left(\frac{1}{3} \cdot 0,6625 \right) \right) \\ = 0,1938q \text{ kNm}$$

$$M_{max} = M_t$$

$$\frac{1}{8} q_{sq} L^2 = 0,1938q$$

$$q_{sq} = \frac{0,1938q \cdot 8}{1,325^2} = 0,8831q \text{ kNm}$$

$$Q_d = 0,8831 \cdot q_d = 0,8831 \cdot 3,698 = 3,2657 \text{ kNm}$$

$$Q_l = 0,8831 \cdot q_l = 0,8831 \cdot 2,875 = 2,5389 \text{ kNm}$$

Asumsi dimensi balok

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

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

$$q_{d\text{-balok anak}} = (150/1000) \cdot (250/1000) \cdot 24 = 0,9 \text{ kNm}$$

$$Q_{d\text{-total}} = Q_d + q_{d\text{-balok}} = 3,2657 + 0,9 = 4,1657 \text{ kNm}$$

Jadi :

$$Q_U = 1,2Q_d + 1,6Q_l \\ = (1,2 \cdot 4,1657) + (1,6 \cdot 2,5389) \\ = 9,0611 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(+)} = \frac{1}{8} Q_u L^2 = \frac{1}{8} \cdot 9,0611 \cdot 1,325^2 = 1,9885 \text{ kNm}$$

$$M_u^{(-)} = \frac{1}{3} M_{max} = \frac{1}{3} 1,9885 = 0,6628 \text{ kNm}$$

Lampiran 6. Perhitungan Tulangan Longitudinal Balok

A. Tulangan Longitudinal Ba (Balok Anak)

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

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

$$d_s = 60 \text{ mm}$$

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$S_n = 40 \text{ mm}$$

$$d = h - d_s = 250 - 60 = 190 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan per baris :

$$m = \frac{b - 2 \cdot d_s}{D + S_n} + 1 = \frac{150 - 2 \cdot 60}{13 + 40} + 1 = 1,5660 \rightarrow \text{maksimal 2 batang}$$

Balok lapangan $M_u^{(+)} = 1,9885 \text{ kNm}$ tulangan tarik di bawah

$$K = \frac{M_u^{+}}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1,9885 \cdot 10^5}{0,8 \cdot 150 \cdot 190^2} = 0,4590 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,4590}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 190 \\ &= 4,1493 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 4,1493 \cdot 150}{300} = 44,0863 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 150 \cdot 190 = 133 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 133 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{1/4 \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{133}{1/4 \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,0020 \rightarrow \text{pakai 2 batang (2D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2 \text{ (ditambahkan)}$

Balok ujung $M_u^{(-)} = 0,6650 \text{ kNm}$ tulangan tarik di atas.

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{0,6650 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 150 \cdot 190^2} = 0,1535 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,1535}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 190 \\ = 1,3775 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 1,3775 \cdot 150}{300} = 14,6359 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 150 \cdot 190 = 133 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 133 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{133}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 1,0020 \rightarrow \text{pakai 2 batang (2D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

B. Tulangan Longitudinal Balok 1 (B1)

b = 200 mm

h = 400 mm

ds = 60 mm

D = 13 mm

Sn = 40 mm

d = h - ds = 400 - 60 = 340 mm

Jumlah tulangan per baris :

$$m = \frac{b - 2 \cdot ds}{D + Sn} + 1 = \frac{200 - 2 \cdot 60}{13 + 40} + 1 = 2,5094 \rightarrow \text{maksimal 3 batang}$$

Balok lapangan $M_u^{(+)} = 67,5259 \text{ kNm}$ tulangan tarik di bawah

$$K = \frac{M_u^+}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{67,5259 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 340^2} = 3,6508 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 3,6508}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 340$$

$$= 64,5380 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 64,5380 \cdot 200}{300} = 914,2883 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 200 \cdot 340 = 317,3333 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 914,2883 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{914,2883}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 6,8882 \rightarrow 7 \text{ pakai batang (7D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 7D13 = 929,1260 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

Balok ujung $M_u^{(-)} = 22,5086 \text{ kNm}$ tulangan tarik di atas.

$$K = \frac{M_u^-}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{22,5086 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 340^2} = 1,2169 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,2169}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 340$$

$$= 20,0623 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 20,0623 \cdot 200}{300} = 284,2159 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 200 \cdot 340 = 317,3333 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 317,3333 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{317,3333}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 2,3908 \rightarrow \text{pakai 3 batang (3D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 3D13 = 398,1969 \text{ mm}^2 > A_{s,u} \text{ (OK)}$

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

C. Tulangan Longitudinal Balok 2 (B2)

$b = 200 \text{ mm}$

$h = 400 \text{ mm}$

$d_s = 60 \text{ mm}$

$D = 13 \text{ mm}$

$S_n = 40 \text{ mm}$

$d = h - d_s = 400 - 60 = 340 \text{ mm}$

Jumlah tulangan per baris :

$$m = \frac{b - 2 \cdot d_s}{D + S_n} + 1 = \frac{200 - 2 \cdot 60}{13 + 40} + 1 = 2,5094 \rightarrow \text{maksimal 3 batang}$$

Balok lapangan $M_u^{(+)} = 94,0475 \text{ kNm}$ tulangan tarik di bawah

$$K = \frac{M_u^{+}}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{94,0475 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 340^2} = 5,0847 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 5,0847}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 340$$

$$= 94,4833 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 94,4833 \cdot 200}{300} = 1338,5134 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 200 \cdot 340 = 317,3333 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 1338,5134 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{1338,5134}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 10,0843 \rightarrow 11 \text{ pakai batang (11D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 11D13 = 1460,0552 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

Balok ujung $M_u^{(-)} = 31,3492 \text{ kNm}$ tulangan tarik di atas.

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{31,3492 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 340^2} = 1,6949 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,6949}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 340$$

$$= 28,2958 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 28,2958 \cdot 200}{300} = 400,8572 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 200 \cdot 340 = 317,3333 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 400,8572 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{400,8572}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 3,0200 \rightarrow \text{pakai 4 batang (4D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 4D13 = 530,9292 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

D. Tulangan Longitudinal Balok 3 (B3)

b = 200 mm

h = 400 mm

ds = 60 mm

D = 13 mm

Sn = 40 mm

$$d = h - d_s = 400 - 60 = 340 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan per baris :

$$m = \frac{b - 2 \cdot d_s}{D + S_n} + 1 = \frac{200 - 2 \cdot 60}{13 + 40} + 1 = 2,5094 \rightarrow \text{maksimal 3 batang}$$

Balok lapangan $M_u^{(+)} = 23,2283 \text{ kNm}$ tulangan tarik di bawah

$$K = \frac{M_u^{+}}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{23,2283 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 340^2} = 1,2559 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,2559}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 340$$

$$= 20,7261 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \alpha \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 20,7261 \cdot 200}{300} = 293,6198 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 200 \cdot 340 = 317,3333 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 317,3333 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{317,3333}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 2,3908 \rightarrow 3 \text{ pakai batang (3D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 3D13 = 398,1969 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

Balok ujung $M_u^{(-)} = 7,7427 \text{ kNm}$ tulangan tarik di atas.

$$K = \frac{M_u^{-}}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{7,7427 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 340^2} = 0,4186 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,4186}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 340$$

$$= 6,7649 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25,6,7649 \cdot 200}{300} = 95,8361 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 200 \cdot 340 = 317,3333 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 317,3333 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{317,3333}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 2,3908 \rightarrow \text{pakai 3 batang (3D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 3D13 = 398,1969 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

E. Tulangan Longitudinal Balok 4 (B4)

b = 200 mm

h = 400 mm

ds = 60 mm

D = 13 mm

Sn = 40 mm

d = h - ds = 400 - 60 = 340 mm

Jumlah tulangan per baris :

$$m = \frac{b - 2 \cdot ds}{D + S_n} + 1 = \frac{200 - 2 \cdot 60}{13 + 40} + 1 = 2,5094 \rightarrow \text{maksimal 3 batang}$$

Balok lapangan $M_u^{(+)} = 88,1600 \text{ kNm}$ tulangan tarik di bawah

$$K = \frac{M_u^{+}}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{88,1600 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 340^2} = 4,7664 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 4,7664}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 340$$

$$= 87,5291 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 87,5291 \cdot 200}{300} = 1239,9956 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 200 \cdot 340 = 317,3333 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 1239,9956 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{1239,9956}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 9,3421 \rightarrow 10 \text{ pakai batang (10D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 10D13 = 1327,3229 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

Balok ujung $M_u^{(-)} = 29,3867 \text{ kNm}$ tulangan tarik di atas.

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{29,3867 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 200 \cdot 340^2} = 1,5888 \text{ MPa} < K_{maks} \text{ (pakai tul. tunggal)}$$

$$\alpha = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f'_c}} \right) \cdot d = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,5888}{0,85 \cdot 25}} \right) \cdot 340$$

$$= 26,4496 \text{ mm}$$

Luas tulangan $A_{s,u}$:

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 26,4496 \cdot 200}{300} = 374,7027 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d = \frac{1,4}{300} \cdot 200 \cdot 340 = 317,3333 \text{ mm}^2$$

Dipakai $A_{s,u} = 374,7027 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan (n) :

$$n = \frac{A_{s,u}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2} = \frac{374,7027}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2} = 2,8230 \rightarrow 3 \text{ pakai 3 batang (3D13)}.$$

Jadi dipasang :

Tul. tarik $A_s = 3D13 = 398,1969 \text{ mm}^2 > A_{s,u}$ (OK)

Tul. tekan $A_s' = 2D13 = 265,4646 \text{ mm}^2$ (ditambahkan)

Lampiran 7. Perhitungan Tulangan Geser Balok

A. Perencanaan Geser Balok Anak (Ba)

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

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

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

$$d = h - d_s = 250 - 60 = 190 \text{ mm} = 0,19 \text{ m}$$

$$q_u = 9,0611 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{(q_u L)}{2} = \frac{(9,0611 \times 1,325)}{2} = 5,9909 \text{ kN} = 5990,9 \text{ N}$$

$$\phi.V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 150 \times 190 = 17812,5 \text{ N}$$

$$\phi.V_c / 2 = 17812,5 / 2 = 8906,25 \text{ N}$$

$$x = \frac{\frac{L}{2} (V_u - \phi.V_c / 2)}{V_u} = \frac{\frac{3}{2} (5990,9 - 8906,25)}{5990,9} = -0,7299 \text{ m}$$

Karena didaerah $\phi.V_c / 2 < V_u < \phi.V_c$

$$A_{v,u} = \frac{75 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot s}{1200 \cdot f_y} = \frac{75 \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 1000}{1200 \cdot 350} = 159,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{b \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{200 \cdot 1000}{3 \cdot 350} = 190,48 \text{ mm}^2$$

Di pakai yang terbesar, yaitu $190,48 \text{ mm}^2$

Di pilih begel 2 kaki berdiameter 8 mm

$$\text{Spasi begel, } s = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi d_p^2 \cdot S}{A_{vu}} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{190,48} = 527,77 \text{ mm}$$

$$s \leq (d/2 = 240/2 = 120 \text{ mm})$$

$$s \leq (600 \text{ mm})$$

Di pilih s paling kecil, yaitu spasi begel $s = 120 \text{ mm}$.

Jadi untuk daerah $x = 0,711 \text{ m}$ digunakan begel $\phi 8 - 120$

Untuk daerah lebih dari $x = 0,711 \text{ m}$, karena gaya gesernya $< \phi.V_c / 2$ digunakan begel dengan diameter terkecil ($\phi 6$) dengan jaraknya ($d/2 = 240/2 = 120 \text{ mm}$) atau ditulis $\phi 6 - 120$.

B. Perencanaan Geser Balok 1 (B1)

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

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

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

$$d = h - d_s = 400 - 60 = 340 \text{ mm}$$

$$q_u = 21,6083 \text{ kN/m}$$

$$q_L = 7,8989 \text{ kNm}$$

$$q_D = 6,1410 \text{ kNm}$$

$$P_D = \frac{1}{2} q_D \cdot L_{\text{balok}} = \frac{1}{2} 6,1410 \cdot 3,675 = 11,2841 \text{ kNm}$$

$$P_L = \frac{1}{2} q_L \cdot L_{\text{balok}} = \frac{1}{2} 7,8989 \cdot 3,675 = 14,5142 \text{ kNm}$$

$$P_u \text{ balok anak} = 1,2P_D + 1,6P_L = 36,7636 \text{ kNm}$$

$$V_u = \frac{(q_u L + P_u)}{2} = \frac{((21,6083 \times 5) + 36,7636)}{2} = 72,4026 \text{ kN} = 72402,6 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 200 \times 340 = 42500 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c / 2 = 42500 / 2 = 21250 \text{ N}$$

$$V_{ut} = V_u - \left(q_u \cdot \frac{L}{2} \right) = 72,4026 - \left(21,6083 \cdot \frac{5}{2} \right) = 18,3819 \text{ kN} = 18381,9 \text{ N}$$

$$V_{ud} = V_{ut} + \frac{x_1}{y} (V_u - V_{ut}) = 18,3819 + \frac{2,16}{2,5} (72,4026 - 18,3819) =$$

$$65055,8 \text{ N}$$

$$x = \frac{\frac{L}{2} (V_u - \phi \cdot V_c / 2)}{V_u - V_{ut}} = \frac{\frac{5}{2} (72402,6 - 21250)}{72402,6 - 18381,9} = 2,3673 \text{ m}$$

Karena didaerah $V_u > \phi \cdot V_c$

$$V_s = \frac{(V_u - \phi \cdot V_c)}{\phi} = \frac{(72402,6 - 42500)}{0,75} = 39870,1$$

$$A_{v,u} = \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d} = \frac{39870,1 \cdot 1000}{300 \cdot 340} = 390,8833 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{75 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot S}{1200 \cdot f_y} = \frac{75 \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 1000}{1200 \cdot 300} = 208,3333 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{b \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{200 \cdot 1000}{3 \cdot 300} = 222,2222 \text{ mm}^2$$

Di pakai yang terbesar, yaitu 390,8833 mm²

Karena $V_s < \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

$$39870,1 < \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 340$$

$$39870,1 < 113333,3$$

Maka, Di pilih begel 2 kaki berdiameter 8 mm

$$\text{Spasi begel, } s = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 S}{A_{vu}} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{390,8833} = 257,1892 \text{ mm}$$

$$s \leq (d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm})$$

$$s \leq (600 \text{ mm})$$

Di pilih s paling kecil, yaitu spasi begel s = 170 mm.

Jadi untuk daerah x = 2,3673 m digunakan begel ϕ 8 – 170

Untuk daerah lebih dari x = 2,3673 m, karena gaya gesernya $< \phi \cdot V_c / 2$ digunakan begel dengan diameter terkecil (ϕ 6) dengan jaraknya ($d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm}$) atau ditulis ϕ 6 – 170.

C. Perencanaan Geser Balok 2 (B2)

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$f'c = 25 \text{ Mpa}$$

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

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

$$d = h - d_s = 400 - 60 = 340 \text{ mm} = 0,34 \text{ m}$$

$$q_u = 30,0952 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{(q_u \cdot L)}{2} = \frac{(30,0952 \times 5)}{2} = 75,2380 \text{ kN} = 75238 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d = 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 200 \times 340 = 42500 \text{ N}$$

$$\phi.V_c / 2 = 42500 / 2 = 21250 \text{ N}$$

$$x = \frac{\frac{L}{2} (V_u - \phi.V_c / 2)}{V_u} = \frac{\frac{5}{2} (75238 - 21250)}{75238} = 1,7939 \text{ m}$$

Karena didaerah $V_u > \phi.V_c$

$$V_s = \frac{(V_u - \phi.V_c)}{\phi} = \frac{(75238 - 42500)}{0.75} = 43650,6667$$

$$A_{v,u} = \frac{V_s.S}{f_y . d} = \frac{43650,6667 . 1000}{300 . 340} = 427,9477 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{75 \cdot \sqrt{f'c} . b . S}{1200 . f_y} = \frac{75 \cdot \sqrt{25} . 200 . 1000}{1200 . 300} = 208,3333 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{b . S}{3 . f_y} = \frac{200 . 1000}{3 . 300} = 222,2222 \text{ mm}^2$$

Di pakai yang terbesar, yaitu $427,9477 \text{ mm}^2$

Karena $V_s < \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$

$$43650,6667 < \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 340$$

$$43650,6667 < 113333,3$$

Maka, Di pilih begel 2 kaki berdiameter 8 mm

$$\text{Spasi begel, } s = \frac{\frac{n \cdot \pi d^2}{4} S}{A_{vu}} = \frac{2 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{4}}{427,9477} = 234,9141 \text{ mm}$$

$$s \leq (d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm})$$

$$s \leq (600 \text{ mm})$$

Di pilih s paling kecil, yaitu spasi begel $s = 170 \text{ mm}$.

Jadi untuk daerah $x = 1,7939 \text{ m}$ digunakan begel $\phi 8 - 170$

Untuk daerah lebih dari $x = 1,7939 \text{ m}$, karena gaya gesernya $< \phi.V_c / 2$ digunakan begel dengan diameter terkecil ($\phi 6$) dengan jaraknya ($d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm}$) atau ditulis $\phi 6 - 170$.

D. Perencanaan Geser Balok 3 (B3)

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

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

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

$$d = h - d_s = 400 - 60 = 340 \text{ mm} = 0,34 \text{ m}$$

$$q_u = 13,7592 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{(q_u L)}{2} = \frac{(13,7592 \times 5)}{2} = 34,3980 \text{ kN} = 34398 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 200 \times 340 = 42500 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c / 2 = 42500 / 2 = 21250 \text{ N}$$

$$x = \frac{\frac{L}{2} (V_u - \phi \cdot V_c / 2)}{V_u} = \frac{\frac{5}{2} (34398 - 21250)}{34398} = 0,9556 \text{ m}$$

Karena didaerah $\phi \cdot V_c / 2 < V_u < \phi \cdot V_c$

$$A_{v,u} = \frac{75 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot s}{1200 \cdot f_y} = \frac{75 \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 1000}{1200 \cdot 300} = 208,3333 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{b \cdot s}{3 \cdot f_y} = \frac{200 \cdot 1000}{3 \cdot 300} = 222,2222 \text{ mm}^2$$

Di pakai yang terbesar, yaitu $222,2222 \text{ mm}^2$

Di pilih begel 2 kaki berdiameter 8 mm

$$\text{Spasi begel, } s = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi d_p^2 \cdot S}{A_{vu}} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{222,2222} = 452,3894 \text{ mm}$$

$$s \leq (d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm})$$

$$s \leq (600 \text{ mm})$$

Di pilih s paling kecil, yaitu spasi begel $s = 170 \text{ mm}$.

Jadi untuk daerah $x = 0,9556 \text{ m}$ digunakan begel $\phi 8 - 170$

Untuk daerah lebih dari $x = 0,9556 \text{ m}$, karena gaya gesernya $< \phi \cdot V_c / 2$ digunakan begel dengan diameter terkecil ($\phi 6$) dengan jaraknya ($d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm}$) atau ditulis $\phi 6 - 170$.

E. Perencanaan Geser Balok 4 (B4)

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

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

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

$$d = h - d_s = 400 - 60 = 340 \text{ mm} = 0,34 \text{ m}$$

$$q_u = 28,2112 \text{ kN/m}$$

$$V_u = \frac{(q_u L)}{2} = \frac{(28,2112 \times 5)}{2} = 70,5280 \text{ kN} = 70528 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d = 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 200 \times 340 = 42500 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c / 2 = 42500 / 2 = 21250 \text{ N}$$

$$x = \frac{\frac{L}{2} (V_u - \phi \cdot V_c / 2)}{V_u} = \frac{\frac{5}{2} (70528 - 21250)}{70528} = 1,7468 \text{ m}$$

Karena didaerah $V_u > \phi \cdot V_c$

$$V_s = \frac{(V_u - \phi \cdot V_c)}{\phi} = \frac{(70528 - 42500)}{0,75} = 37370,6667$$

$$A_{v,u} = \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d} = \frac{37370,6667 \cdot 1000}{300 \cdot 340} = 366,3791 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{75 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot S}{1200 \cdot f_y} = \frac{75 \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 1000}{1200 \cdot 300} = 208,3333 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,u} = \frac{b \cdot S}{3 \cdot f_y} = \frac{200 \cdot 1000}{3 \cdot 300} = 222,2222 \text{ mm}^2$$

Di pakai yang terbesar, yaitu $366,3791 \text{ mm}^2$

$$\text{Karena } V_s < \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$37370,6667 < \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot 200 \cdot 340$$

$$37370,6667 < 113333,3$$

Maka, Di pilih begel 2 kaki berdiameter 8 mm

$$\text{Spasi begel, } s = \frac{\frac{n}{4} \pi d_p^2 S}{A_{vu}} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \cdot 1000}{366,3791} = 274,3906 \text{ mm}$$

$$s \leq (d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm})$$

$$s \leq (600 \text{ mm})$$

Di pilih s paling kecil, yaitu spasi begel $s = 170 \text{ mm}$.

Jadi untuk daerah $x = 1,7468 \text{ m}$ digunakan begel $\phi 8 - 170$

Untuk daerah lebih dari $x = 1,7468 \text{ m}$, karena gaya gesernya $< \phi \cdot V_c / 2$ digunakan begel dengan diameter terkecil ($\phi 6$) dengan jaraknya ($d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm}$) atau ditulis $\phi 6 - 170$.