



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC146599

**DESAIN GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI
SISTEM GANDA DI WILAYAH GEMPA TINGGI
SESUAI SNI 1726:2012 DAN PERHITUNGAN RAB
LANTAI 12**

**Mahasiswa
Ery Febrianza
NRP 3113 041 085**

**Dosen Pembimbing I
Ir. Srie Subekti, MT.
NIP .19560520 198903 2 001**

**Dosen Pembimbing II
Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP .19840919 201504 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



PROYEK AKHIR TERAPAN – RC146599

**DESAIN GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI SISTEM
GANDA DI WILAYAH GEMPA TINGGI SESUAI SNI
1726:2012 DAN PERHITUNGAN RAB LANTAI 12**

**Mahasiswa
Ery Febrianza
NRP 3113 041 085**

**Dosen Pembimbing I
Ir. Srie Subekti, MT.
NIP .19560520 198903 2 001**

**Dosen Pembimbing II
Afif Navir Refani, ST. MT.
NIP .19840919 201504 1 001**

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT - RC146599

**DESIGN OF 15-STOREY APARTMENT USING
DUAL SYSTEM METHOD IN HIGH RISK
EARTHQUAKE AREA BASED ON SNI 1726:2012
AND ESTIMATE COST OF THE 12TH FLOOR**

Student

Ery Febrianza

NRP 3113 041 085

Supervisor I

Ir. Srie Subekti, MT.

NIP .19560520 198903 2 001

Supervisor II

Afif Navir Refani, ST. MT.

NIP .19840919 201504 1 001

**DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**



FINAL PROJECT – RC146599

DESIGN OF 15-STOREY APARTMENT USING DUAL SYSTEM METHOD IN HIGH RISK EARTHQUAKE AREA BASED ON SNI 1726:2012 AND ESTIMATE COST OF THE 12TH FLOOR

Student

Ery Febrianza

NRP 3113 041 085

Supervisor I

Ir. Srie Subekti, MT.

NIP .19560520 198903 2 001

Supervisor II

Afif Navir Refani, ST., MT.

NIP . 19840919 201504 1 001

**DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI SISTEM
GANDA DI WILAYAH GEMPA TINGGI SESUAI SNI
1726:2012 DAN PERHITUNGAN RAB LANTAI 12**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada

Program Studi D-IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
Surabaya, Juli 2017

Disusun oleh :

Mahasiswa :



Ery Febrianza

NRP. 3113 041 085

Disetujui Oleh,

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Ir. Srie Subekti, MT.

NIP 19560520 198903 2 001






Afif Navir Refani, ST MT

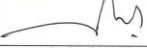
NIP 19840919 201504 1 001



31 JUL 2017

	BERITA ACARA TUGAS AKHIR TERAPAN PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL FAKULTAS VOKASI ITS	No. Agenda : 037713/IT2.VI.8.1/PP.06.00/2017
		Tanggal : 7/18/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Gedung Apartemen 15 Lantai Sistem Ganda di Wilayah Gempa Tinggi Sesuai Sni 17 27-2012 dan Perhitungan RAB Lantai 12		
Nama Mahasiswa	Ery Febrianza	NRP	3113041085
Dosen Pembimbing 1	Ir. Srie Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
.....	Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001
<i>cek gambar Plat. Rata-rata gambar.</i>	 Ir. Sukobar, MT. NIP 19720115 199802 1 001
.....	- NIP 19571201 198601 1 002
.....	- NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
			
Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001	Ir. Sukobar, MT. NIP 19720115 199802 1 001	- NIP 19571201 198601 1 002	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Ir. Srie Subekti, MT. NIP 19560520 198903 2 001	 Afif Navir Refani, ST., MT. NIP 19840919 201504 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 ERY FEBRIANZA 2
NRP : 1 3113 04 085 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI SISTEM GANDA D
 WILAYAH GEMPA TINGGI SESUAI SNI 1727-2012
Dosen Pembimbing : A.Fif Navir R, S.T. M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	29-05-2017	Sengking Sld pakai sengkang terdip - untuk kanti lever ditukuk ke atas e bawah		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	02-06-2017	- Keterangan pada tangga - lengkapi elap		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	08-06-2017	- Format lembar halaman - Portal dipotong jika tidak cukup - Detail panjang penyaluran		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	16-06-2017	- Rapihan gambar detail penulangan - lampiran brosur-brosur		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : IERY FEBRIANZA 2
NRP : 1313 041 086 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI SISTEM GANDA DI WILAYAH
 GEMPA TINGGI SESUAI SNI 1727-202 DAN PERHITUNGAN
 RAB LANTAI 12
Dosen Pembimbing : Afiq Navir R. S.T. M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	20 Feb 2017	Bag. struktural sesuai kebutuhan balek				
		Permodelan tidak harus sesuai, namun bisa memiliki kondisi terburuk		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Bawa printout TA saat asistensi				
2.	23 Mar 2017	Pelat 2 arah tetap dihitung sesuai peraturan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Kontrol open frame dilakukan sesuai prelim.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Beban dinding dimasukkan ke bebani area di pelat lantai		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	14-5-2017	- Bedakan balek jika diperda kan disain penulangan ber beda, tul torsi diteliti kbm		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Semakung tala balok usiring, tul. lantai yg di pindah.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- M lip minimal 1/4 M terbesar dan dari sap.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 IERY FEBRIANZA 2
NRP : 1 3113 041 085 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI SISTEM GANDA
 DI WILAYAH GEMPA TINGGI SESUAI SNI 03-1726-2012 DAN
 PERHITUNGAN RAB LANTAI 12
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti, M.T

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	14-7-17	Detail Sederhana Revers Sangat baik				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	2-3-2017	Panjang pelat, lengkapi gambar Potongan tangga, beban railing tangga				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	21-1-2017	Beri notasi pada rumus-rumus (keterangan notasi) Samakan diameter tulangan tumpuan dan lapangan				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	18-5-2017	Tul sengkang balok disoba f_y 350, f_y sengkang lebih kecil dari lentur				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan-jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir terapan dengan judul **“Desain Gedung Apartemen 15 Lantai Sistem Ganda di Wilayah Gempa Tinggi Sesuai SNI 1726:2012 Dan Perhitungan RAB Lantai 12”** sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan. Pada program Diploma IV Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan proyek akhir terapan ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan, dan dukungan moral serta materiil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua serta keluarga yang tiada hentinya memberikan doa dan semangat serta dukungan kepada penulis.
2. Ibu Ir. Srie Subekti, MT & Bapak Afif Navir Refani ST, MT. Selaku dosen pembimbing
3. Teman-teman yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan tuas akhir ini tak lepas dari banyak kesalahan. Oleh karenanya penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan selanjutnya.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DESAIN GEDUNG APARTEMEN 15 LANTAI SISTEM GANDA DI WILAYAH GEMPA TINGGI SESUAI SNI 1726:2012 DAN PERHITUNGAN RAB LANTAI 12

Nama Mahasiswa : Ery Febrianza
NRP : 3113 041 085
Departemen : Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil,
Fakultas Vokasi - ITS
Dosen Pembimbing I : Ir. Srie Subekti, MT
Dosen Pembimbing II : Afif Navir Revani, ST MT

Abstrak

Perencanaan gedung dapat menggunakan beberapa sistem penahan gaya gempa, diantaranya yaitu sistem ganda Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Geser. Dalam penulisan tugas akhir ini sebagai acuan contoh desain gedung sistem ganda untuk diadopsi adalah Caspian Tower proyek Grand Sungkono Lagoon yang terletak di Surabaya, namun pada penulisan tugas akhir ini gedung yang di rencanakan akan ditempatkan di daerah gempa tinggi yaitu Serui dan memiliki 15 lantai (tinggi ± 51 m), pada perencanaan gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

Pada perencanaan sebuah gedung harus memenuhi syarat SNI tentang pemilihan jenis sistem yang berdasar kategori desain seismik dari gedung tersebut, untuk gedung dengan tinggi ± 51 meter yang terletak di serui termasuk kategori desain seismik D Sehingga untuk rangka pemikul momen yang dipakai harus SRPMK dan SDSK. Program bantu yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu Structur Analysis Program (SAP2000 V18) untuk permodelan struktur, SPColumn 4.81 dan Autocad 2015 untuk penggambaran teknik.

Dari hasil analisa dan perhitungan struktur didapatkan tebal pelat lantai 12 cm, tebal pelat bordes dan tangga 15 cm,

dimensi balok lift 30/40, balok Induk B1 40/70, B2 40/60, B3 30/40, B4 30/50. kolom K1 80/80, K2 70/70, dan tebal dinding geser 30cm. Hasil perhitungan RAB untuk lantai 12 didapatkan perkiraan volume pekerjaan beton sebesar 266,87 m³, pekerjaan besi 40828 kg, dan pekerjaan bekisting 2122,64 m² dengan estimasi harga total lantai tersebut Rp 2.609.752.960,- .

Kata Kunci: Desain Apartemen, Gempa, Sistem Ganda,
Respon Spektrum, Rencana Anggaran Biaya

DESIGN OF 15-STOREY APARTMENT USING DUAL SYSTEM METHOD IN HIGH RISK EARTHQUAKE AREA BASED ON SNI 1726:2012 AND ESTIMATE COST OF THE 12TH FLOOR

Student Name : Ery Febrianza
NRP : 3113 041 085
Departement : Diploma IV Civil Infrastructure Engineering
Faculty of Vocational - ITS
Supervisor I : Ir. Srie Subekti, MT
Supervisor II : Afif Navir Revani, ST MT

Abstract

Building planning can use several earthquake resistance systems, such as the dual system of Moment Resisting Frame and Shear Wall. As an example of a dual system building design to be adopted is the Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon project located in Surabaya, but on this final project, the planned building will be placed in the high risk earthquake area at Serui and has 15 floors (± 51 m height). In the planning of this building refers to the SNI 1726: 2012 Earthquake Resistance Planning Procedures for Building Structure and Non Building.

In the planning of a building must meet the SNI requirements on the selection of system types based on the seismic design category of the building, for the building with a height of ± 51 meters located in Serui categorized as the seismic design category D. So for the Moment Resisting Frame used must be SRPMK and SDSK. Software used in this final project are Structur Analysis Program (SAP2000 V18) for structural modeling, SPColumn 4.81 and Autocad 2015 for engineering drawings.

From the analysis result and structure calculation obtained 12 cm thickness of floor slab, 15 cm thickness of stair slab, beam dimension B1 40/70, B2 40/60, B3 30/40, B4 30/50, Column K1 dimensiona 80/80, K2 80/80, and 30 cm thickness of shearwall,

The result RAB calculation for 12th floor is estimated the volume of concrete work is 266,87 m³, iron work 40828 kg, and formwork 2122,64 m² with total estimated floor price is Rp 2.609.752.960,-.

Keywords: Apartment Design, Earthquake, Dual System, Spectrum Response, Estimate Cost

DAFTAR ISI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	v
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perencanaan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Peraturan Perencanaan	5
2.3 Jenis Jenis Struktur	6
2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen	6
2.3.2 Sistem Dinding Penumpu	6
2.3.3 Sistem Ganda	6
2.4 Dinding Geser (Shear Wall)	7
2.4.1 Perilaku Struktur Dinding Geser dan Rangka Pemikul Momen	8
2.4.2 Persyaratan Penulangan Dinding Geser	9

2.5	Tinjauan Struktur Terhadap Gempa.....	10
2.5.1	Faktor Keutamaan Gempa	10
2.5.2	Kelas Situs	11
2.5.3	Respon Spektrum.....	11
2.5.4	Parameter Percepatan Spektrum Desain	13
2.5.5	Kategori Desain Seismik	14
2.5.6	Kontrol Desain Struktur.....	17
2.6	Konsep Desain Struktur.....	20
2.6.1	Balok	20
2.6.2	Kolom.....	28
2.6.3	Shearwall.....	31
BAB III		33
METODOLOGI.....		33
3.1	Umum.....	33
3.2	Diagram Alir	34
3.3	Pengumpulan Data.....	35
3.4	Studi Literatur.....	36
3.5	Pembebanan	36
3.6	Preliminary Design	44
3.7	Analisa Gaya Dalam dan Permodelan Struktur.....	46
3.8	Perencanaan Struktur Sekunder	46
3.9	Perencanaan Struktur Utama	47
3.10	Gambar Output	48
BAB IV		49

PRELIMINARY DESIGN	49
4.1 Data Bahan	49
4.2 Preliminary Design Balok	49
4.3 Preliminary Design Plat.....	52
4.4 Preliminary Dimensi Kolom.....	61
4.5 Preliminary Dinding Geser	65
BAB V	67
ANALISA STRUKTUR	67
5.1 Pembebanan Struktur	67
5.2 Kontrol Open Frame.....	75
5.3 Kontrol Struktur Utama.....	79
5.4 Verifikasi Permodelan Struktur	84
BAB VI.....	87
DESAIN STRUKTUR SEKUNDER	87
6.1 Pembebanan Struktur Pelat Lantai.....	87
6.2 Analisis Struktur Pelat Lantai.....	87
6.3 Pembebanan Struktur Pelat Tangga	98
6.4 Analisis Struktur Tangga	99
6.5 Desain Balok Lift	110
BAB VII.....	119
DESAIN STRUKTUR UTAMA.....	119
7.1 Desain Balok	119
7.2 Desain Kolom.....	133
7.3 Desain Dinding Geser.....	146

BAB VIII	155
PERHITUNGAN RAB LANTAI 12.....	155
BAB IX.....	161
PENUTUP.....	161
Kesimpulan	161
Saran	163

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Resiko	10
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa	10
Tabel 2.3 Kelas Situs.....	11
Tabel 2.4 Koefisien Situs F_a dan F_v untuk periode pendek 0.2 detik dan 1 detik	14
Tabel 2.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}	14
Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}	15
Tabel 2.7 Sistem Penahan Gaya Seismik.....	16
Tabel 2.8 Koefisien untuk batas atas perioda yang dihitung (Tabel 14 SNI).....	17
Tabel 2.9 Nilai Parameter perioda pendekatan C dan x	17
Tabel 2.10 Simpangan Ijin Antar Lantai	18
Tabel 3.1 Beban Hidup.....	37
Tabel 3.2 Tebal Minimum Komponen Struktur Balok dan Pelat	46
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Desain Balok	51
Tabel 4. 2 Hasil Preliminary Desain Balok	52
Tabel 4. 3 Tebal Minimum Pelat 1 Arah	52
Tabel 5. 1 Hasil Perhitungan Tulangan 1 arah.....	93
Tabel 6. 1 Base Shear	81
Tabel 6. 2 Rekapitulasi Kontrol Sistem Ganda	82
Tabel 6. 3 Simpangan Arah Sumbu X	83
Tabel 6. 4 Simpangan Arah Sumbu Y	83

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bearing Walls (A), Frame Walls (B), Core Wall (C)7	
Gambar 2. 2 Peta percepatan gempa untuk perioda pendek 0,2 detik (SS)	11
Gambar 2. 3 Peta percepatan gempa untuk perioda 1 detik (S1)	12
Gambar 2. 4 Program Desain Spektra Indonesia	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir	34
Gambar 3. 2 Respons Spektrum Serui	35
Gambar 3. 3 Lokasi Serui	36
Gambar 3. 4 Situs Resmi bmgk.co.id	40
Gambar 4. 1 Lebar Efektif Balok Tengah.....	54
Gambar 4. 2 Lebar Efektif Balok Tepi	54
Gambar 4. 3 Pelat tipe 3900/4200	56
Gambar 4. 4 Kolom K1	62
Gambar 5. 1 Tebal Efektif Pelat	88
Gambar 5. 2 Pelat 1 arah 2600/6700	88
Gambar 5. 3 Pelat 2 arah 5300/4200	94
Gambar 5. 4 Denah Awal Desain Tangga	97
Gambar 5. 5 Gambar Penulangan Tangga	109
Gambar 7. 1 Diagram Interaksi K1	134
Gambar 7. 2 Gaya Geser Terfaktor K1	140
Gambar 7. 3 Detail Tulangan K1.....	142
Gambar 7. 4 Diagram Interaksi SW1	149
Gambar 7. 5 Detail Penulangan Shearwall	153

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara terpadat keempat di dunia dengan jumlah penduduk sekitar 258 juta jiwa atau 3.5% jumlah penduduk dunia. Banyaknya jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan jumlah kebutuhan akan hunian semakin meningkat. Oleh karena itu perlu adanya hunian yang tidak membutuhkan lahan luas tetapi bisa digunakan oleh banyak orang yaitu dengan adanya gedung tinggi seperti apartemen.

Pertumbuhan apartemen di Indonesia semakin pesat, tingginya kebutuhan akan apartemen di Indonesia juga disebabkan karena harga tanah yang semakin meningkat dari waktu ke waktu.

Pada perencanaan tugas akhir ini, akan berfokus pada gedung apartemen 15 lantai sistem ganda yang akan di rencanakan untuk mampu diterapkan di wilayah gempa yang tinggi, seperti kota Aceh, Padang, Jogjakarta, Serui dan lain-lain. Dalam perencanaan apartemen ini akan mengadopsi dari desain gedung apartemen Caspian Tower proyek Grand Sungkono Lagoon Surabaya sebagai salah satu gedung sistem ganda.

Teori-teori yang digunakan sesuai dengan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012), Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam perencanaan gedung apartemen adalah:

- 1) Bagaimana merencanakan struktur sistem ganda yang efisien untuk menahan beban-beban yang terjadi ?
- 2) Bagaimana melakukan perhitungan struktur sekunder dan struktur utama ?
- 3) Bagaimana menentukan RAB pada salah satu lantai gedung tersebut ?

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

- 1) Dapat merencanakan struktur sistem ganda sesuai peraturan yang ada, sehingga mampu diterapkan pada wilayah dengan gempa tinggi.
- 2) Menganalisa dan menghitung struktur sekunder dan struktur utama
- 3) Dapat menentukan perhitungan RAB pada salah satu lantai.

1.4 Batasan Masalah

Dikarenakan banyaknya elemen struktur yang ditinjau dan waktu yang terbatas dalam penyusunan Tugas Akhir ini maka penulis memberi batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Tidak meninjau analisa dampak lingkungan, biaya, manajemen konstruksi, utilitas, dan arsitektural.
- 2) Analisis beban gempa dilakukan dengan metode respon spektrum.
- 3) Tidak menganalisa struktur pondasi.

1.5 Manfaat

Manfaat penyusunan tugas akhir ini adalah:

- 1) Dapat mengetahui konsep perencanaan gedung tinggi pada wilayah gempa tinggi
- 2) Mengetahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perencanaan sehingga menghasilkan kesimpulan yang rasional dan mampu diterapkan
- 3) Dapat memberikan referensi dalam perencanaan gedung *Dual-System* tepatnya untuk daerah dengan gempa tinggi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Indonesia adalah negara dengan potensi gempa yang besar. Hal ini disebabkan lokasi Indonesia yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Philipine. Pertemuan empat lempeng tersebut mengakibatkan mekanisme tektonik dan geologi Indonesia menjadi lebih rumit dan sering terjadi gempa seperti contoh Gempa Bumi Samudera Hindia pada tanggal 26 Desember 2004 dengan skala 9.1 Skala Richter, Gempa Bumi Sumatra Barat tahun 2009 dengan skala 7.6 Skala Richter, dan lain sebagainya.

Karena kondisi Gempa Bumi di Indonesia yang rawan, perlu adanya penerapan peraturan mengenai perancangan bangunan khususnya untuk bangunan yang ditempatkan di daerah yang memiliki beban gempa tinggi. Dengan adanya penerapan tersebut diharapkan dapat meminimalisir dampak dari gempa bumi yang terjadi.

Dalam merencanakan gedung, ada beberapa sistem penahan gempa diantaranya yaitu sistem ganda (Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Geser). Pada sistem ini, terdapat rangka yang memikul beban gravitasi, sedangkan beban lateral dipikul oleh dinding struktural atau Dinding Geser.

2.2 Peraturan Perencanaan

Berikut adalah acuan yang digunakan untuk persyaratan perencanaan gedung apartment, antara lain:

1. SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung,

2. SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung,
3. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013)
4. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang – Iswandi Imran & Fajar Hendrik, 2014
5. Reinforced Concrete: A Fundamental Approach (6th Edition) - Edward G. Nawy, 2005

2.3 Jenis Jenis Struktur

Berdasar SNI 03-1726-2012 beberapa jenis sistem struktur adalah sebagai berikut :

2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur, sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Pemikul Rangka Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). (SNI 1726 Pasal 3.53)

2.3.2 Sistem Dinding Penumpu

Sistem Struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, yang beban gravitasinya dipikul oleh dinding penumpu dan sistem bresing, sedangkan beban lateral akibat gaya gempa dipikul oleh dinding geser atau rangka bresing. (SNI 1726 Pasal 3.48)

2.3.3 Sistem Ganda

Sistem Struktur dengan rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing (SNI 1726 Pasal 3.49).

2.4 Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser dibagi menjadi tiga berdasarkan fungsinya yaitu :

1. Bearing Walls

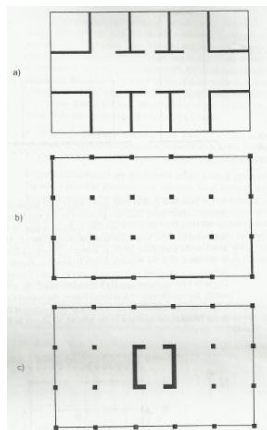
Dinding geser yang memiliki fungsi untuk menahan beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.

2. Frame Walls

Dinding geser yang berfungsi menahan gaya lateral , geser dan beban gravitasi yang letaknya berdampingan dengan rangka bangunan seperti balok dan kolom.

3. Core Walls

Dinding geser yang berada pada inti / pusat bangunan. Fungsi bangunan ini selain menahan gaya lateral , geser dan gravitasi adalah menjadi tempat bagi utilitas bangunan seperti lift maupun pelengkapanya yaitu tangga sebagai tumpuan



Gambar 2. 1 Bearing Walls (A), Frame Walls (B), Core Wall (C)

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 14.2 dinding geser harus direncanakan untuk mampu menahan beban lateral gempa. Oleh karena itu, pada pasal 14.5.3.1, tebal minimum dinding geser (t_d) tidak boleh kurang dari 100mm atau $1/25$ tinggi.

2.4.1 Perilaku Struktur Dinding Geser dan Rangka Pemikul Momen

Konstruksi bangunan tinggi tahan gempa membutuhkan struktur yang mampu menahan gaya lateral akibat gempa. Oleh karena itu dibutuhkan suatu elemen struktur yang bersifat kaku dan kuat terhadap gaya lateral. Kekakuan dinding geser merupakan kunci utama kekuatan dari struktur. Sistem rangka pemikul momen (SRPM) dan dinding geser memiliki karakteristik struktur yang berbeda. Sistem rangka pemikul momen lebih ekonomis untuk gedung dengan jumlah 20 lantai. Namun penggunaan SRPM kemungkinan bisa menjadi lebih boros apabila gedung memiliki jumlah lantai yang lebih banyak karena faktor gaya lateral yang diterima semakin besar.

2.4.2 Persyaratan Penulangan Dinding Geser

Sesuai persyaratan SNI 2847-2013 Pasal 14.3 mengenai penulangan dinding geser, ditentukan:

1. Rasio minimum luas tulangan vertikal terhadap luas bruto beton, harus:
 - a. 0,0012 untuk batang tulangan ulir yang tidak lebih besar dari D-16 dengan f_y tidak kurang dari 420 MPa; atau
 - b. 0,0015 untuk batang tulangan ulir lainnya; atau
 - c. 0,0012 untuk tulangan kawat las yang tidak lebih besar dari \emptyset -16 atau D-16.
2. Rasio minimum luas tulangan horisontal terhadap luas beton bruto, harus:
 - a. 0,0020 untuk batang tulangan ulir yang tidak lebih besar dari D-16 dengan f_y tidak kurang dari 420 MPa; atau
 - b. 0,0025 untuk batang tulangan ulir lainnya; atau
 - c. 0,0020 untuk tulangan kawat las yang tidak lebih besar dari \emptyset -16 atau D16.

2.5 Tinjauan Struktur Terhadap Gempa

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 4.1.1, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %.

2.5.1 Faktor Keutamaan Gempa

Fungsi pada gedung merupakan penentu faktor keutamaan gempa sesuai kategori resiko pada peraturan SNI 1726 pasal 4.1.2. Kategori resiko untuk gedung apartemen atau rumah susun masuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa (I) 1,0.

Tabel 2.1 Kategori Resiko

	RISIKO
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2.5.2 Kelas Situs

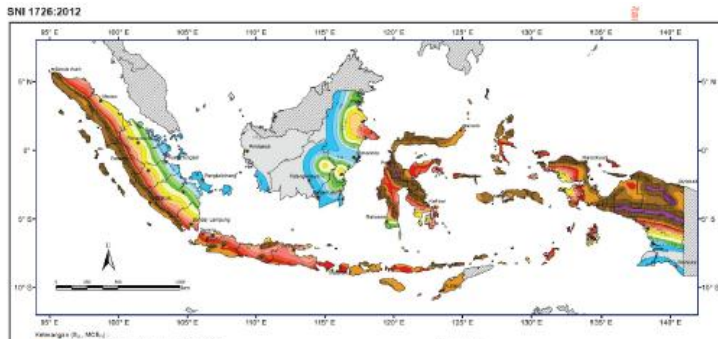
Menurut SNI 1726 pasal 5.3, dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan besaran gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diidentifikasi berdasarkan lapisan tanah 30 m paling atas.

Tabel 2.3 Kelas Situs

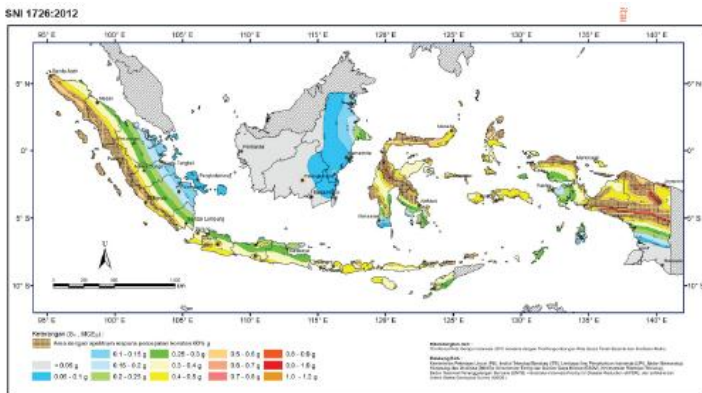
Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	$\bar{\sigma}_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

2.5.3 Respon Spektrum

Daerah dengan wilayah gempa di Indonesia menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 14 ditunjukkan melalui respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode 0.2 detik dan respons spektral percepatan gempa terpetakan untuk periode 0.1 detik.



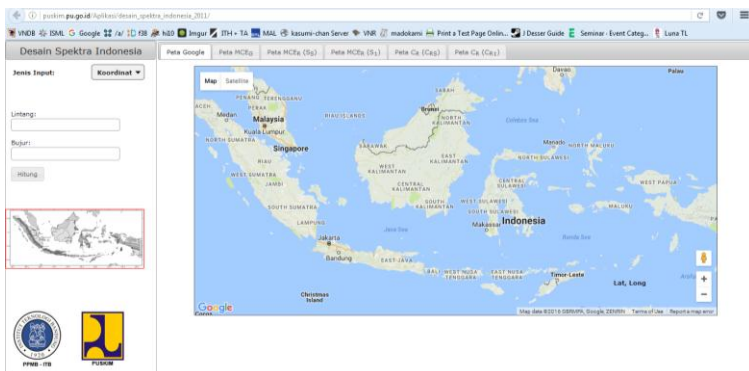
Gambar 2. 2 Peta percepatan gempa untuk periode pendek 0,2 detik (SS)(SNI Gambar 9)



Gambar 2. 3 Peta percepatan gempa untuk perioda 1 detik (S₁) (SNI Gambar 10)

Selain dengan peta gempa di atas, penentuan parameter percepatan gempa dapat dilakukan melalui program Desain Spektra Indonesia di situs :

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/



Gambar 2. 4 Program Desain Spektra Indonesia

2.5.4 Parameter Percepatan Spektrum Desain

Parameter percepatan spektra desain untuk periode pendek 0,2 detik (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

(2-1)

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

(2-2)

Dimana S_{MS} dan S_{M1} didapat dari tabel berikut

$$S_{MS} = F_a S_s$$

(2-3)

$$S_{M1} = F_v S_1$$

(2-4)

Tabel 2.4 Koefisien Situs Fa dan Fv untuk periode pendek 0.2 detik dan 1 detik

Fa dan Fv didapat dari tabel 2.4 Koefisien Situs

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S ₂				
	S ₂ ≤ 0,25	S ₂ = 0,5	S ₂ = 0,75	S ₂ = 1,0	S ₂ ≥ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE _R terpetakan pada periode 1 detik, S ₁				
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Dengan mengetahui nilai Fa dan Fv, maka perhitungan S_{DS} dan S_{D1} dapat dilakukan.

2.5.5 Kategori Desain Seismik

Menurut SNI 03-1726-2012 kategori desain seismik dibagi berdasarkan tabel 2.5 dan 2.6 dibawah ini

Tabel 2.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{DS}

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan S_{D1}

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Tabel 2.7 Sistem Penahan Gaya Seismik

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^f	TI ^f	TI ^f
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^f	TI ^f	TI ^f
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3 ^g	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI

Penentuan kategori desain seismik didapat dengan menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1} sehingga didapat nilai kategori resiko yang selanjutnya digunakan dalam perencanaan sistem penahan gaya seismik. Menentukan sistem penahan gaya seismik perlu adanya penentuan nilai modifikasi respon yang sesuai (R), koefisien amplifikasi defleksi (C_d) dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω_0).

2.5.6 Kontrol Desain Struktur

Hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan struktur tersebut, adapun hal hal yang harus dikontrol meliputi:

1. Kontrol Periode Fundamental Gedung

Pada SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2, periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi (C_u) koefisien untuk batas atas dikalikan (T_a) periode fundamental pendekatan.

Menurut pasal 7.8.2.1, periode pendekatan fundamental (T_a) dalam detik, harus ditentukan melalui persamaan berikut;

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (2-6)$$

Dimana:

h_n : Ketinggian Struktur (m),

koefisien nilai C_t dan x ditentukan melalui tabel berikut

Tabel 2.8 Koefisien untuk batas atas periode yang dihitung (Tabel 14 SNI)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_t
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 2.9 Nilai Parameter periode pendekatan C dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

2. Kontrol Simpangan Antar Struktur

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur, seperti dinding,

plafon, dan lain sebagainya. Menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.6, Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_D x \delta_{xe}}{I_e} \quad (2-7)$$

Dimana:

C_D : Faktor Amplifikasi Defleksi, Tabel 9 SNI 03-1726-2012

δ_{xe} : Defleksi pada lokasi yang diisyaratkan

I_e : Faktor keutamaan gempa, sesuai pasal 4.1.2 SNI 03-1726-2012

Tabel 2.10 Simpangan Ijin Antar Lantai

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{zx} ^c	0,020 h_{zx}	0,015 h_{zx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{zx}	0,010 h_{zx}	0,010 h_{zx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{zx}	0,007 h_{zx}	0,007 h_{zx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{zx}	0,015 h_{zx}	0,010 h_{zx}

^a h_{zx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

^b Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan **Pasal 7.12.1.1**.

^c Tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dari **Pasal 7.12.3** tidak diabaikan.

^d Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

3. Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Pada SNI 1726 pasal 7.9.4.1 bila hasil perhitungan periode fundamental melebihi $(C_u)(T_a)$, maka $(C_u)(T_a)$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Kombinasi respon untuk geser dasar ragam (V_i) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung ($V = (C_s)(W)$) maka gaya harus dikalikan dengan $0,85V/V_i$. Kontrol gaya geser dinamis digunakan untuk meninjau apakah gaya gempa yang dimasukkan menggunakan respon spectrum sudah sesuai dengan ketentuan. Nilai C_s dapat ditentukan dengan persamaan pada pasal 7.8.1.1 ;

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \quad (2-8)$$

Namun nilai C_s tidak perlu melebihi nilai dari

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{T}\right)} \quad (2-9)$$

Harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I \geq 0,01 \quad (2-10)$$

4. Kontrol Sistem-Ganda

Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen khusus harus mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari gaya gempa desain, tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser, dengan distribusi proporsional terhadap kekakuannya (SNI 1726 Pasal 7.2.5.1).

2.6 Konsep Desain Struktur

2.6.1 Balok

Balok merupakan salah satu komponen rangka pada sistem rangka pemikul momen yang terkena beban gravitasi mati dan hidup. Tata cara perhitungan komponen balok harus memenuhi ketentuan SRPMK yang tercantum dalam SNI 2847 : 2013 Pasal 21. Batasan dimensional untuk struktur balok ditentukan oleh SNI 2847 – 2013 pasal 21.5 sebagai berikut :

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi $0,1 A_g f_c'$
- Bentang bersih untuk komponen struktur (l_n) tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya
- Lebar komponen (b_w) tidak boleh kurang dari $0,3 h$ dan 250 mm

Perencanaan penulangan lentur dihitung berdasarkan persyaratan pada SNI 2847 – 2013 pasal 10 dan pasal 21.5.2. Batasan dalam perencanaan penulangan lentur antara lain :

- Pada setiap penampang komponen lentur, tulangan tarik tidak boleh kurang dari :

$$A_{s,min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w \cdot d$$

Dan tidak boleh lebih kecil dari $1,4 b_w \cdot d / f_y$

- Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur, sekurang-kurangnya harus ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang menerus
- Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya
- Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari

seperempat kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut

- Sambungan lewatan tidak boleh digunakan
 - Pada daerah hubungan balok kolom
 - Pada daerah hingga jarak dua kali tinggi balok dari muka kolom
 - Pada tempat-tempat yang berdasarkan analisis memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastis struktur rangka
- Tulangan Lentur Balok

Setelah diketahui pembebanan dan gaya dalam yang terjadi dalam struktur balok yang dianalisis. Komponen-komponen yang diperhitungkan saat perencanaan lentur antara lain :

1. Menentukan harga β_1 berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.2.7.3

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f_c - 7 \text{ mpa}}{28 \text{ mpa}} \right)$$

2. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

SNI 03-2847-2013 lampiran B (8.4.2) $\rho_{\max} = 0.025$

SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1) $\rho_{\max} = 0.75\rho_b$

SNI 03-2847-2013 lampiran B (10.3.3) $\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'_c}}{f_y}$

$$SNI\ 03-2847-2013\ pasal\ (10.5.1)\ \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$SNI\ 03-2847-2013\ pasal\ (10.5.1)$$

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

3. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'}$$

4. Menentukan R_n

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

Diketahui harga $\phi = 0,9$, *SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.1*

5. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m x R_n}{f_y}} \right)$$

Dimana : $\rho_{\min} \leq \rho_{pakai} \leq \rho_{\max}$

6. Menentukan luas tulangan (A_s) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b x d} \qquad A_s = \rho x b x d$$

7. Tulangan minimum pada komponen struktur lentur perlu dilakukan kontrol agar tulangan lentur yang terpasang memenuhi persyaratan dalam peraturan yang ada. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.5.1 pada setiap penampang komponen lentur, tulangan tarik tidak boleh kurang dari :

$$A_{s,\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b w . d$$

Dan tidak boleh lebih kecil dari $1,4 b w . d / f_y$

8. Menentukan jumlah dan jarak tulangan

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{A_s \text{ perlu}}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$\text{Jarak Tulangan} = \frac{b - 2 \times \text{decking} - 2 \times D \text{ sengkang} - n \times D \text{ lentur}}{(n - 1)}$$

9. Cek momen aktual

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

Dimana,

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

• Tulangan Torsi Balok

Perencanaan tulangan torsi harus memenuhi persyaratan SNI 2847 : 2013 pasal 11.5.1 pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u :

$$T_u \leq \phi \cdot 0,083 \cdot \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{A^2 c_p}{\rho_{cp}} \right)$$

dimana,

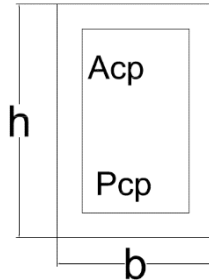
$$\phi = 0.75$$

$$T_n = \text{Kekuatan torsi nominal}$$

T_u = Kekuatan torsi terfaktor

A_{cp} = Luas bruto penampang beton = $b \times h$

P_{cp} = Keliling luar penampang beton = $2 \times (b + h)$



Gambar luas dan keliling bruto balok

Cek kecukupan penampang balok :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times A^2_{oh}}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \times d} + 0,66\sqrt{fc'}\right)$$

Dimana :

A_{oh} = Luasan penampang dibatasi tulangan sengkang

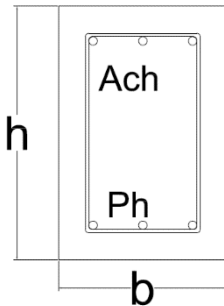
$$= b_h \times h_h$$

P_{oh} = Keliling penampang dibatasi tulangan sengkang

$$= 2 \times (b_h + h_h)$$

b_h = $(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - D_{geser})$

h_h = $(h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - D_{geser})$



Gambar Luas Bersih Balok

Tulangan Transversal Penahan Torsi

- $$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

Tulangan Longitudinal Penahan Torsi

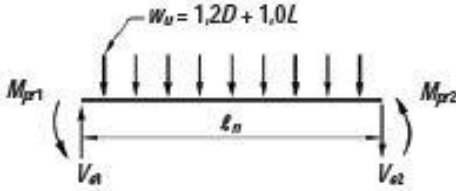
- $$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

• Tulangan Geser Balok

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.4.1 bahwa perencanaan geser rencana V_u harus ditentukan dari peninjauan geser statik pada bagian komponen struktur antara dua muka-muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur yang mungkin, M_{pr} bekerja pada muka-muka joint dan komponen tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor sepanjang bentangnya.

M_{pr} adalah kuat momen lentur mungkin komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan property komponen struktur lentur pada muka joint yang mengansumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan

longitudinal sebesar paling sedikit 1,25 f_y dan factor reduksi kekuatan, ϕ sebesar 1.



Gambar Gaya Geser Pada Balok

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser balok adalah :

1. Tentukan data-data f_c' , f_y , b , h dan D sengkang
2. Hitung momen tumpuan (M_{pr})
3. Hitung gaya geser total

$$V_1 = \frac{M_{pr-} + M_{pr+}}{l_n} \pm \frac{W_u \cdot l_n}{2}$$

4. Hitung nilai V_s (kuat geser yang disediakan oleh tulangan geser)

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Dimana :

$$\phi = 0.75 \quad (\text{SNI 2847 - 2013 pasal 9.3.2.3})$$

$$V_c = 0, \text{ Jika memenuhi SNI 2847 - 2013 pasal 21.5.4.2}$$

Jika tidak, maka V_c diperhitungkan sebesar :

$$V_c = 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

5. Hitung kebutuhan tulangan geser

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d_{aktual}}$$

6. Kebutuhan total dengan tulangan transversal penahan torsi :

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + \frac{At}{s}$$

Dimana untuk penulangan geser daerah tumpuan, SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.3.2 mengatur :

$$\begin{aligned} Av &= \text{Luas sengkang (mm}^2 \text{)} \\ S_{max} &\leq \frac{1}{4} d \\ &\leq 6 \text{ kali diameter terkecil tulangan lentur} \\ &\leq 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pada daerah lapangan, syarat maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847 – 2013 pasal 21.5.3.4

$$S_{max} \leq \frac{1}{2} d$$

- Panjang Penyaluran Balok

Pada SNI 2847 – 2013 pasal 12.12.1 Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik, l_d harus ditentukan berdasarkan pasal 12.2.2 atau 12.2.3 dan factor modifikasi dari 12.2.4 dan 12.2.5, tetapi l_d tidak boleh kurang dari 300 mm. Dan pada pasal 12.2.2 untuk batang ulir atau kawat ulir, l_d harus diambil sebagai berikut :

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_s \Psi_e}{1.1 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$

Tabel Panjang Penyaluran

2.6.2 Kolom

Perencanaan kolom meliputi penulangan lentur dan penulangan geser kolom. Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6. Batasan dimensional untuk struktur balok ditentukan oleh SNI 2847 – 2013 pasal 21.6 sebagai berikut :

- Gaya Aksial terfaktor minimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$.
- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4.

- Tulangan Lentur Kolom

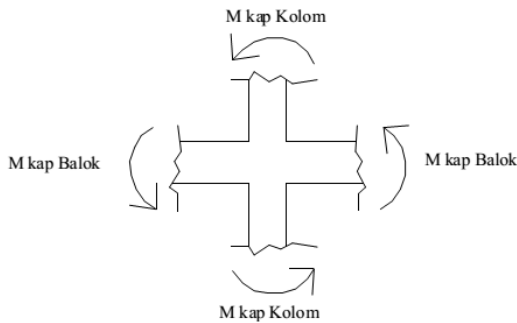
Tulangan longitudinal kolom akan dicari dengan diagram interaksi menggunakan program bantu Spcolumn. Adapun gaya yang terjadi dianalisis menggunakan program bantu SAP 2000.

Selanjutnya persyaratan “strong column weak beam” harus dipenuhi sesuai SNI – 2847 pasal 21.6.2.2 :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

Dimana :

$\sum M_{nc}$ adalah Jumlah momen pada muka joint, yang berhubungan dengan kuat lentur nominal balok (termasuk pelat yang berada pada kondisi tarik) yang merangka pada joint tersebut. $\sum M_{nb}$ jumlah momen pada muka joint, yang berhubungan dengan kuat lentur nominal kolom yang merangka pada joint tersebut yang dihitung untuk beban aksial terfaktor konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau dan menghasilkan kuat lentur terendah.



Ilustrasi Kuat momen yang terjadi di HBK

- Tulangan Geser Kolom

Langkah-langkah perencanaan tulangan transversal kolom :

1. Tentukan daerah pemasangan penulangan transversal berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.1. Diambil yang terbesar diantara :
 - $l_o \geq h_{balok}$
 - $l_o \geq 1/6 l_n \text{ kolom}$
 - $l_o \geq 450 \text{ mm}$
2. Tentukan spasi maksimum yang diijinkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.3
 - $S_{max} = \text{seperempat dimensi komponen struktur minimum}$
 - $S_{max} = 6 \times db$
 - $S_{max} = s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$, dimana nilai s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm
3. Hitung luasan penampang minimum tulangan transversal sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 21.6.4.4 :

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{sbc f'c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{sb c f c'}{f_y t}$$

Sedangkan, perencanaan tulangan transversal untuk beban geser kolom. Gaya geser rencana V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom ditentukan dari kuat momen maksimum M_{pr} dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di hubungan balok kolom yang bersangkutan.

Langkah-langkah menentukan tulangan transversal untuk beban geser :

1. Tentukan harga M_{pr} akibat tulangan terpasang pada kolom.
2. Hitung nilai V_e dari M_{pr}^- dan M_{pr}^+ yang terjadi akibat tulangan terpasang balok :

$$V_e = \left(\frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{l_u} \right)$$

Dimana : l_u = tinggi kolom

3. Cek apakah $V_e > \frac{1}{2} V_u$ analisis. Apabila V_e lebih besar dari V_u hasil analisis maka V_c (kuat geser penampang beton) dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui $0,05 A_g f_c$ maka V_c dapat diambil = 0. Jika tidak, maka V_c dapat diperhitungkan.
4. Hitung kuat geser penampang beton bila V_c diperhitungkan. Diatur dalam SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.2 dan pasal 21.6.4.2

Kuat geser beton bersamaan dengan adanya aksial tekan adalah :

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b w d$$

5. Hitung V_s berdasarkan tulangan transversal kolom terpasang.

$$V_s = \frac{A_v f_y t d}{s}$$

6. Cek kondisi geser

$$\emptyset (V_s + V_c) > V_u \text{ yang diterima kolom}$$

2.6.3 Shearwall

Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tulangan dinding geser :

1. Menentukan kebutuhan baja tulangan vertikal dan horizontal minimum
 - a. Cek kebutuhan tulangan dua lapis
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.2 apabila gaya geser bidang terfaktor (V_u) $> 0,17 A_{cv} \lambda \sqrt{f_c}$ maka baja tulangan vertikal dan horizontal masing-masing dipasang dua lapis
 - b. Perhitungan kebutuhan baja tulangan longitudinal dan transversal
Berdasarkan SNI 2847 – 2013 pasal 21.9.2.1 mengharuskan bahwa untuk dinding transversal ρ_t dan longitudinal ρ_l minimum adalah 0,0025 dan spasi maksimum masing-masing arah tulangan = 450 m.
Kecuali $V_u \leq 0,083 A_{cv} \lambda \sqrt{f_c}$, ρ_t dan ρ_l boleh direduksi sesuai pasal 14.3
2. Menentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1 kuat geser beton harus memenuhi persamaan berikut :

$$\phi V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f_c} + \rho_t f_y) > V_u$$

Dimana :

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0$$

= variatif secara linier antara 0,25 dan 0,17 untuk nilai h_w/l_w antara 1,5 - 2,0

3. Perencanaan dinding terhadap kombinasi aksial dan lentur
Perencanaan kombinasi aksial dan lentur dilakukan dari proses trial and error menggunakan program bantu SPcolumn.

4. Cek apakah diperlukan komponen batas khusus
komponen batas khusus diperlukan jika $\frac{Pu}{Ag} + \frac{Mu y}{I} > 0.2 f'c'$
dan $c > \frac{Iw}{600 \left(\frac{\sigma_u}{hw}\right)}$
5. Menentukan tulangan longitudinal dan transversal yang diperlukan di daerah komponen batas khusus
- Tulangan longitudinal
Tulangan longitudinal pada daerah batas khusus perlu direncanakan tulangan dengan $\rho > 0.005$
 - spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang terkecil diantara :
 - $S_{max} = \text{seperempat dimensi komponen struktur minimum}$
 - $S_{max} = 6 \times db$
 - $S_{max} = s_o = 100 + \left(\frac{350-hx}{3}\right)$, dimana nilai s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm
 - Tulangan Confinement pada badan penampang dinding geser
 - $S_{max} = \text{seperempat dimensi komponen struktur minimum}$
 - $S_{max} = 6 \times db$
 - $S_{max} = s_o = 100 + \left(\frac{350-hx}{3}\right)$, dimana nilai s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm

Hitung luasan tulangan hoop yang dibutuhkan :

$$A_{sh} = 0,09 \frac{sbc f'c'}{f_{yt}}$$

BAB III

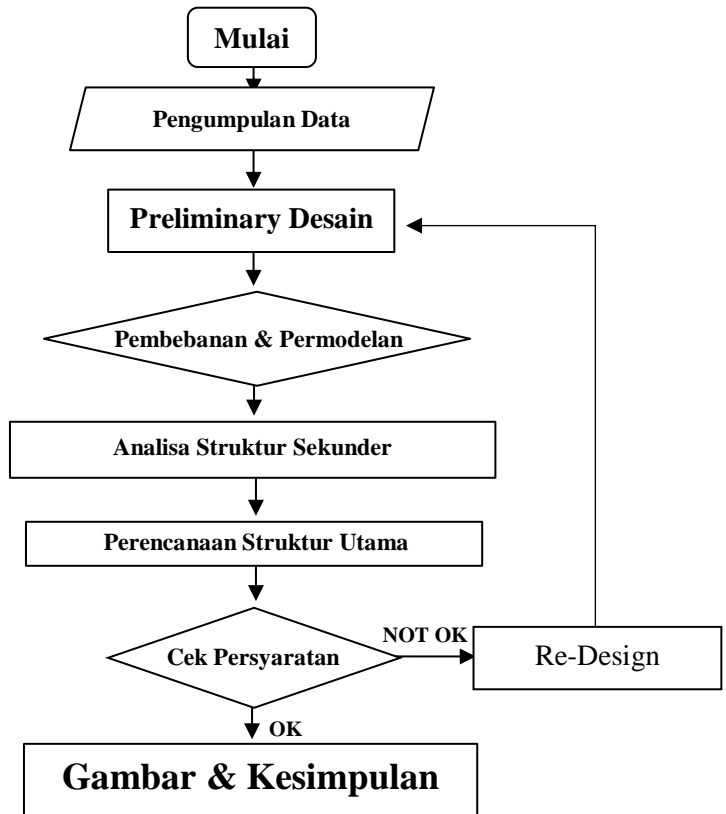
METODOLOGI

3.1 Umum

Sebelum mengerjakan tugas akhir ini, maka perlu disusun langkah-langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan :

- a. Pengumpulan data
- b. Preliminary
- c. Permodelan struktur
- d. Analisis Pembebanan
 - a. Beban – beban
 - b. Kombinasi pembebanan
- e. Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Struktur
 - a. Pelat
 - b. Tangga
 - c. Balok
 - d. Kolom
 - e. Dinding Geser
- f. Cek Desain
 - g. Gambar Rencana
 - b. Gambar Arsitektur
 - c. Gambar Potongan
 - d. Gambar Penulangan
 - e. Gambar Struktur Atap
 - f. Gambar Detail

3.2 Diagram Alir



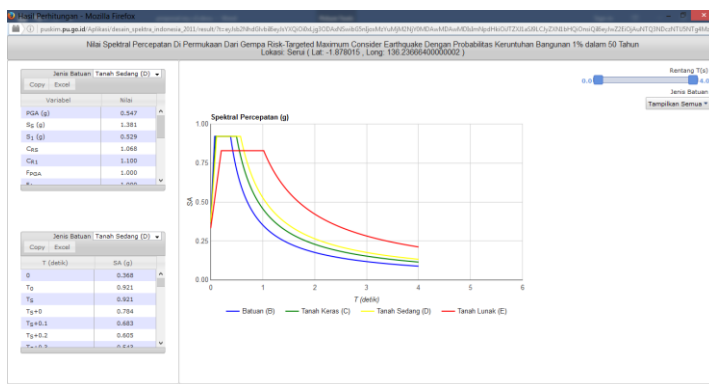
Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.3 Pengumpulan Data

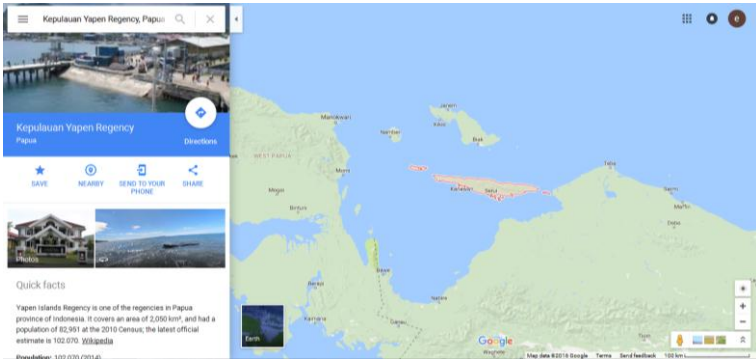
Data bangunan yang akan digunakan sebagai acuan perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Data umum
 - Fungsi : Apartemen
 - Lokasi : Kabupaten Serui
 - Jumlah lantai : 15
 - Tinggi bangunan : $\pm 51\text{m}$
 - Total luas area : $\pm 981.75\text{m}^2$
 - Struktur utama : Struktur beton bertulang
2. Data bahan
 - Mutu beton : $f_c'30$
 - Mutu baja : $f_y 390$
3. Data tanah : Terlampir
4. Data Gambar : Terlampir
 - Gambar struktur : Terlampir

Bangunan tersebut akan dianalisa perencanaan strukturnya terhadap wilayah gempa tinggi yaitu di Serui ($SS = 1.381$) dan ($S1 = 0.529$) :



Gambar 3. 2 Respons Spektrum Serui



Gambar 3. 3 Lokasi Serui

3.4 Studi Literatur

Studi Literatur yang dilakukan menggunakan beberapa buku pustaka mengenai perancangan struktur gedung secara umum, studi literatur dilakukan untuk memilih dasar dasar teori dalam pelaksanaan tugas akhir. Untuk judul-judul referensi yang dipakai dapat dilihat pada daftar pustaka.

3.5 Pembebanan

Pembebanan perencanaan ini dihitung berdasarkan ketentuan pada SNI 1727-2013 pasal 2.3, yang mengatur kombinasi mengenai pembebanan,

1. Kombinasi Ultimate
 - $U = 1,4D$
 - $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
 - $U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (Lr \text{ atau } 0,5W)$
 - $U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
 - $U = 1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
 - $U = 0,9D + 1,0W$
 - $U = 0,9D + 1,0E$

Kombinasi Layan

- $U = D$
- $U = D + L$
- $U = D + L_r$ atau S atau R
- $U = D + 0,75L + 0,75 (L_r$ atau S atau $R)$
- $U = D + (0,6W$ atau $0,7E)$
- $U = D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75 (L_r$ atau S atau $R)$
- $U = D + 0,75L + 0,75(0,7E) + 0,75S$
- $U = 0,6D + 0,6W$
- $U = 0,6D + 0,7E$

Dimana,

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

W = beban angin

L_r = beban hidup atap

R = beban hujan

S = beban salju

Beban Hidup Apartemen dari SNI 1727 tabel 4-1 yang dipakai:

Tabel 4-1 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300'

Tabel 3.1 Beban Hidup

- **Beban Hujan**

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air diatas lubang masuk sistem drainase sekunder dengan aliran rencananya. Perhitungan beban air hujan rencana berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 8 adalah :

$$R = 5,2 (d_s + d_h)$$

Dalam SI :

$$R = 0,0098 (d_s + d_h)$$

Dimana :

R = beban air hujan pada atap yang tidak melendut, dalam lb/ft² (KN/m²)

d_s = kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. (mm)

d_h = tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut diatas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolis), dalam in. (mm)

- **Beban Angin**

Prosedur perencanaan angin untuk bangunan dari semua ketinggian dilakukan berdasarkan SNI 1727 - 2013 pasal 27 dimana perencanaan menggunakan presedur bagian 1 yaitu bangunan gedung dari semua ketinggian dimana perlu untuk

memisahkan beban angin yang diterapkan ke dinding di sisi angin datang, di sisi angin pergi, dan sisi bangunan gedung untuk memperhitungkan gaya – gaya internal dalam komponen struktur.

Langkah-langkah dalam menentukan beban angin adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain seperti tercantum pada tabel berikut :

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.	III
Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.	
Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.	
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.	IV
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.	
Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis*.	
Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.	

Tabel 3.2 Kategori risiko bangunan gedung dan struktur lainnya

2. Menentukan kecepatan angin dasar, V untuk kategori risiko yang sesuai. Penentuan kecepatan angin ini menggunakan

data dari <http://www.bmkg.go.id>
Serui (Kab. Kep Yapen)



Gambar 3. 4 Situs Resmi [bmkg.co.id](http://www.bmkg.co.id)

3. Menentukan parameter beban angin diantaranya :
 - Faktor arah angina, K_d berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.6
 - Kategori eksposur berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.7
 - Faktor topografi, K_{zt} berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.8
 - Faktor efek tiupan angina berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.9
 - Klasifikasi tertutupan berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.10
 - Koefisien tekanan internal (GC_{pi}), berdasarkan SNI 1727 – 2013 pasal 26.11

4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
ft	(m)	B	C	D
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Catatan:

- Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut:
Untuk $15 \text{ ft.} \leq z \leq z_g$ Untuk $z < 15 \text{ ft.}$

$$K_z = 2,01(z/z_g)^{\alpha} \quad K_z = 2,01(15/z_g)^{\alpha}$$

- α dan Z_g ditabulasi dalam Tabel 26.9.1.
- Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang sesuai.
- Kategori eksposur yang ditetapkan dalam Pasal 26.7

Tabel 3.3 koefisien eksposur tekanan velositas

5. Menentukan tekanan velositas q, atau qh berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad ; V \text{ dalam m/s} \quad (1)$$

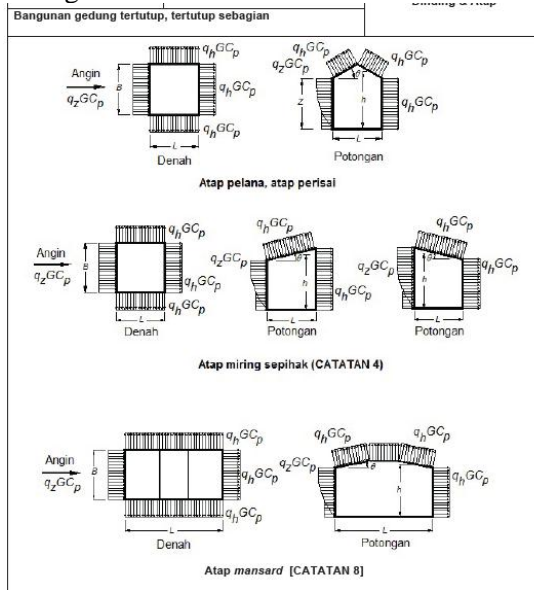
Dimana :

 K_d = faktor arah angin K_z = koefisien eksposur tekanan velositas K_{zt} = faktor topografi tertentu

V = Kecepatan angin dasar

 q_z = tekanan velositas dihitung menggunakan persamaan 1 pada ketinggian z q_h = tekanan velositas dihitung menggunakan persamaan 1 pada ketinggian atap rata – rata h

6. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N berdasarkan gambar berikut :



Gambar 3.5 koefisien tekanan eksternal

7. Menghitung tekanan angin p , pada setiap permukaan bangunan gedung berdasarkan persamaan berikut :

$$p = q G C_p - q_i (G C_{pi}) \text{ (lb/ft}^2 \text{) (N/m}^2 \text{)}$$

Dimana :

$q = q_z$ untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z diatas permukaan tanah

$q = q_h$ untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h

$q_i = q_h$ untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup

untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = qz$ untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan

gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif.

G = faktor efek tiupan angin

C_p = koefisien tekanan eksternal

$G C_{pi}$ = koefisien tekanan internal

8. Cek beban angin minimum untuk bangunan gedung tertutup yaitu tidak boleh lebih kecil dari $0,77 \text{ KN/m}^2$ dikalikan dengan luas dinding bangunan

- Reduksi Beban Hidup

SNI 1727 – 2013 pasal 4.7.2 , komponen struktur yang memiliki nilai $K_{LL}A_T = 400 \text{ ft}^2$ ($37,16 \text{ m}^2$) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sesuai dengan rumus berikut :

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right)$$

Dimana :

L = beban hidup tereduksi per m^2 dari luasan yang didukung komponen struktur

L_o = beban hidup rencana tanpa reduksi per m^2 dari luasan yang didukung oleh komponen struktur

K_{LL} = faktor elemen beban hidup

A_T = luas tributary dalam m^2

Elemen	K_{LL}^a
Kolom-kolom interior	4
Kolom-kolom eksterior tanpa pelat kantilever	4
Kolom-kolom tepi dengan pelat kantilever	3
Kolom-kolom sudut dengan pelat kantilever	2
Balok-balok tepi tanpa pelat-pelat kantilever	2
Balok-balok interior	2
Semua komponen struktur yang tidak disebut diatas: Balok-balok tepi dengan pelat-pelat kantilever Balok-balok kantilever Pelat-pelat satu arah Pelat-pelat dua arah Komponen struktur tanpa ketentuan-ketentuan untuk penyaluran Geser menerus tegak lurus terhadap bentangnya	1

Tabel 3.4 faktor elemen beban hidup

3.6 Preliminary Design

Penentuan Tipe pelat :

$$\beta = \frac{l_n}{s_n}$$

dimana,

S_n = Panjang bentang bersih terpendek pelat

l_n = Panjang bentang bersih terpanjang pelat

β = Rasio bentang bersih terpanjang terhadap bentang bersih

dimana, $2 \geq l_n / s_n$, bentang satu arah

$2 \leq l_n / s_n$, bentang dua arah

Perhitungan preliminary pelat 2 arah menurut SNI 2847 : 2013, pasal 9.5.3.3 adalah

$$1. \alpha_{fm} \leq 0.2$$

Tebal pelat tanpa penebalan = 125mm

Tebal pelat dengan penebalan = 100mm

$$2. 0.2 \leq \alpha_{fm} \leq 2.0$$

$$h_{\min} = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0.2)} \geq 125 \text{mm}$$

$$3. \alpha_{fm} > 2.0$$

$$h_{\min} = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta} \geq 90 \text{mm}$$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{h_f}{h_w} \right) \left(4 - 6 \left(\frac{h_f}{h_w} \right) + 4 \left(\frac{h_f}{h_w} \right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{h_f}{h_w} \right)^3 \right)}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left(\frac{h_f}{h_w} \right)}$$

dimana,

h = Tebal pelat total

l_n = Panjang bentang bersih terpanjang
pelat

α_f = Rasio kekuatan lentur

α_{fm} = Nilai rata-rata α_f untuk ke empat sisi
pelat

Sedangkan untuk perhitungan preliminary pelat 1 arah menggunakan tabel 9.5 (a)

3.7 Analisa Gaya Dalam dan Permodelan Struktur

Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000. Data yang didapat dari SAP 2000 berupaya reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada rangka utama. Pembebanan menggunakan beban gempa dinamik respons spektrum agar memenuhi ketentuan SNI 03-1726-2012.

3.8 Perencanaan Struktur Sekunder

Struktur sekunder dianggap sebagai penyalur beban yang ada menuju struktur utama. Desain struktur sekunder meliputi:

1. Perencanaan pelat

Dimensi pelat dihitung dengan memperhitungkan pembebanan dan penulangan pelat terlebih dahulu. Perencanaan tebal pelat mengikuti SNI 2847-2013 tabel 9.5(a).

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	ℓ/20	ℓ/24	ℓ/28	ℓ/10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ/16	ℓ/18,5	ℓ/21	ℓ/8
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

Tabel 3.2 Tebal Minimum Komponen Struktur Balok dan Pelat

2. Perencanaan Tangga

Perhitungan dimensi, pembebanan dan penulangan dilakukan dahulu untuk perancangan tangga. Kemiringan dan Perbandingan injakkan harus memenuhi syarat sebagai berikut;

$$25^{\circ} < \alpha < 40^{\circ}$$

$$60 < (2t + i) \leq 65 \quad (3-1)$$

Dimana;

α : Sudut kemiringan tangga

t : tinggi tanjakan

i : lebar injakan

3.9 Perencanaan Struktur Utama

Perhitungan struktur utama balok, kolom dan shear wall dilakukan setelah mendapatkan analisa gaya menggunakan program SAP 2000 sesuai dengan kriteria gempa wilayah yang dituju. Desain yang dilakukan berupa pengecekan :

- kontrol geser ($V_n > V_{ult.}$)
- kontrol lentur ($M_n > M_{ult.}$)
- aksial ($P_n > P_{ult.}$)

3.10 Gambar Output

Hasil analisa struktur sekunder dan struktur utama dituangkan dalam bentuk gambar teknik yang dapat menjelaskan hasil perhitungan. Gambar dikerjakan dengan menggunakan program bantu sipil AutoCAD meliputi:

Gambar Arsitektur

- a. Gambar denah
- b. Gambar tampak

Gambar Potongan

- a. Potongan memanjang
- b. Potongan melintang

Gambar Penulangan

- a. Gambar penulangan tangga
- b. Gambar penulangan balok
- c. Gambar penulangan pelat

Gambar Detail

- Gambar detail panjang penyaluran

Gambar Struktur

- a. Gambar Shear Wall
- b. Gambar balok
- c. Gambar kolom

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Data Bahan

Bahan yang digunakan untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut :

Tipe Bangunan	: Apartemen
Lokasi	: Kabupaten Serui
Jumlah Lantai	: 15
Tinggi Bangunan	: ±51 m
Total Luas Area	: ±956.8 m ²
Mutu Beton	: $f_c' 30$
Mutu Baja	: $f_y 240$
	: $f_y 390$

4.2 Preliminary Design Balok

Preliminary Design Balok bertujuan untuk mendapatkan dimensi penampang yang efektif sesuai dengan peraturan yang ada. Untuk tugas akhir ini balok direncanakan menggunakan baja $f_y = 390$ Mpa dan beton mutu $f_c = 30$ Mpa.

Tinggi balok minimum (h_{min}) tanpa memperhitungkan lendutan diatur berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2. Tabel 9.5(a). Sedangkan untuk lebar balok dapat diestimasikan antara $1/2 - 2/3$ tinggi balok .

$$h_{min} = \frac{l}{16}$$

dimana:

l = panjang bentang

Untuk f_y selain 420 Mpa maka nilainya harus dikalikan dengan $(0.4 + f_y/700)$. Karena f_y yang digunakan 390 Mpa maka hasil perhitungan sebagai berikut.

Balok induk melintang 1 ($L=8400\text{mm}$)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{840}{12} \times \left(0.4 + \frac{390}{700}\right) = 67 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 70 cm

Lebar balok

$$b = \frac{1}{2} \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 70 = 35 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 40 cm. jadi dimensi balok melintang bentang 8400mm digunakan balok berdimensi 40/70 cm.

Balok induk melintang 2 ($L=7350\text{mm}$)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{735}{12} \times \left(0.4 + \frac{390}{700}\right) = 58.62 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 60 cm

Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 50cm. jadi dimensi balok memanjang bentang 7350mm digunakan balok berdimensi 40/60 cm.

Balok induk memanjang 1 ($L=7000\text{mm}$)

Tinggi balok

$$h_{min} = \frac{700}{12} \times \left(0.4 + \frac{390}{700}\right) = 55.83 \text{ cm}$$

maka digunakan h balok setinggi 60 cm

Lebar balok

$$b = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ cm}$$

Maka digunakan b balok selebar 40cm. jadi dimensi balok memanjang bentang 7000mm digunakan balok berdimensi 40/60 cm.

Bentang balok melintang memiliki panjang 8,4 m dan 7,35m, sedangkan pada balok memanjang memiliki panjang masing masing 7m, 6m, 5,5m, 2,8m dan 2,5m.

NO.	PANJANG	Hmin	Bmin	H	B
	(cm)	(cm)	(cm)	(mm)	(mm)
1	840	67.000	44.667	700	400
2	735	58.625	39.083	600	400
3	700	55.833	37.222	600	400
4	600	47.857	31.905	500	300
5	550	43.869	29.246	400	300
6	280	22.333	14.889	200	200
7	250	19.940	13.294	200	200

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Desain Balok

TIPE	Tinggi	Lebar
BALOK	(cm)	(cm)
B1	70	40
B2	60	40
B3	50	30
B4	40	30

Tabel 4. 2 Hasil Preliminary Desain Balok

4.3 Preliminary Design Plat

Untuk pelat 1 arah tebal minimum pelat ditentukan berdasar SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a)

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar				
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_c selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_c/700)$.

Tabel 4. 3 Tebal Minimum Pelat 1 Arah

Untuk pelat 2 arah estimasi ketebalan plat lantai awal diperkirakan

$$t = \frac{l}{35}$$

Dimana:

l = panjang bentang

t = tebal plat

Tetapi untuk memenuhi syarat lendutan maka perhitungan dimensi plat harus berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3* .
tebal plat sebagai berikut :

a. Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ menggunakan pasal 9.5(3(2))

b. Untuk $0,2 < \alpha_m < 2$ ketebalan minimum plat harus memenuhi .

$$h = \frac{L_n \times \left[0.8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0.2]}$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

c, Untuk $\alpha_m \geq 2$ ketebalan minimum plat harus memenuhi

$$h = \frac{L_n \times \left[0.8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

keterangan :

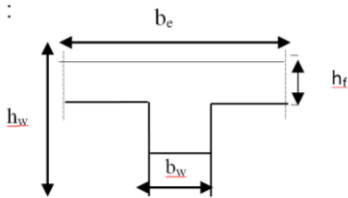
L_n = Panjang bentang bersih

S_n = Lebar bentang bersih

f_y = Tegangan Leleh Baja

α_m = Nilai rata-rata $\square\square$ untuk semua balok pada tepi – tepi
dari suatu panel

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 8.12 disebutkan beberapa kriteria penentuan lebar efektif dari balok T (b_e). Nilai lebar efektif (b_e) diambil nilai terkecil dari hasil perhitungan berikut

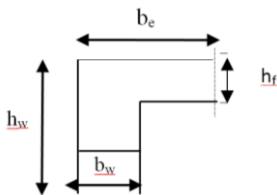


Gambar 4. 1 Lebar Efektif Balok Tengah

Interior

$$b_{e1} = 1/4 L_b$$

$$b_{e2} = b_w + 8t$$



Gambar 4. 2 Lebar Efektif Balok Tepi

Eksterior

$$b_{e1} = 1/12 L_b$$

$$b_{e2} = b_w + 6t$$

berdasarkan buku “Desain Beton Bertulang, oleh Chu-Kia Wang dan Charles G Salmon” menyatakan bahwa : momen inersia dari penampang balok dengan flens terhadap sumbu putarnya senilai

$$I_b = k \times \frac{bw \times h^3}{12}$$

Dengan nilai k sebagai berikut

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

Dimana :

be = lebar efektif (cm)

bw = lebar balok (cm)

t = tebal rencana pelat (cm)

h = tinggi balok (cm)

sedangkan untuk momen inersia pelat:

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

Setelah nilai inersia balok dan plat diketahui maka kita bisa menghitung nilai alpha dengan rumus sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{E_{balok} \times I_b}{E_{pelat} \times I_p}$$

Dimana :

Ebalok = modulus elastis balok

Epelat = modulus elastis pelat

Ib = Inersia balok

Ip = Inersia pelat

- Perhitungan tebal minimum Plat dua arah 5300/4200

$$Ln = 420 - \left(\frac{40}{2} + \frac{30}{2} \right) = 385$$

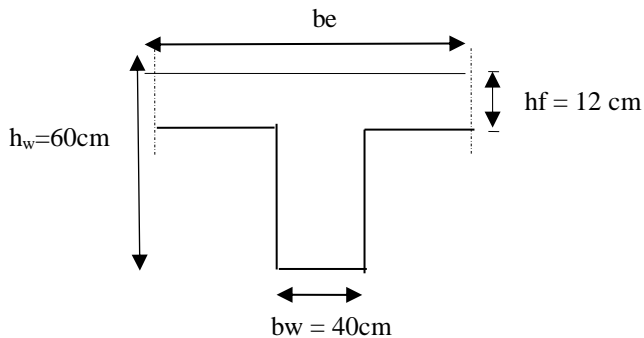
$$Sn = 530 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 490$$

$$\beta = \frac{490}{385} = 1.27 \text{ (plat 2 arah)}$$

$$t_{min} = \frac{l}{35} = \frac{420}{35} = 12 \text{ cm}$$

tebal rencana dicoba pakai = 12 cm

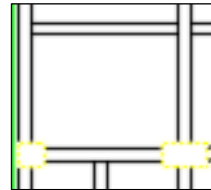
- Balok B2 40/60cm (Lb = 8400)



$$be_1 = 1/4 Lb = 210 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8t = 150 \text{ cm}$$

maka diambil $be = 150 \text{ cm}$



Gambar 4.3 Plat tipe 5300/4200

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = 1.703$$

Setelah nilai k didapat kita dapat menentukan inersia balok dan plat

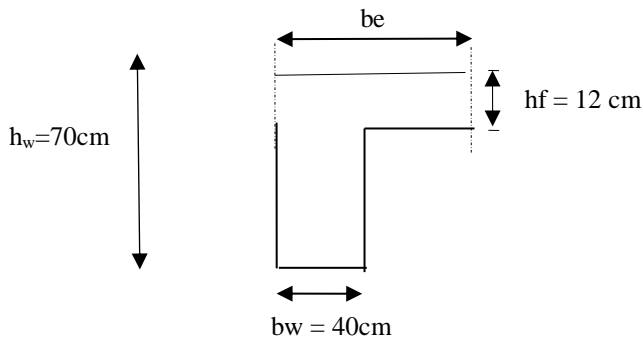
$$I_b = k \times \frac{bw \times h^3}{12} = 1226369 \text{ cm}^4$$

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12} = 55440 \text{ cm}^4$$

Karena Ebalok = Epelat maka:

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1226369}{55440} = 22,12$$

- Balok B1 40/70cm (Lb = 8400)



$$be_1 = 1/12 L_b = 70 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 6t = 112 \text{ cm}$$

maka diambil $be = 70 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = 1.238$$

Setelah nilai k didapat kita dapat menentukan inersia balok dan plat

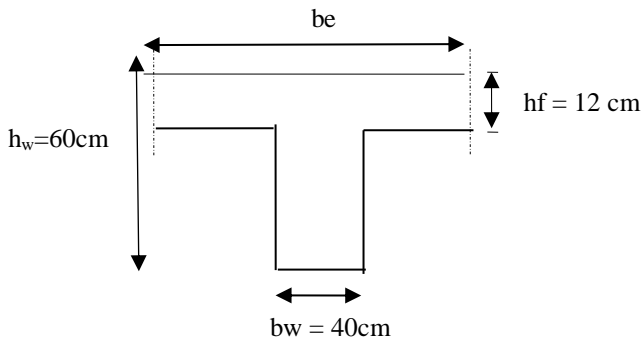
$$I_b = k \times \frac{bw \times h^3}{12} = 1415922 \text{ cm}^4$$

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12} = 55440 \text{ cm}^4$$

Karena Ebalok = Epelat maka:

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1415922}{55440} = 25.53$$

- Balok B2 60/40cm (Lb = 3900)



$$be_1 = 1/4 L_b = 97,5 \text{ cm}$$

$$be_2 = b_w + 8t = 136 \text{ cm}$$

maka diambil $be = 97,5 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = 1.522$$

Setelah nilai k didapat kita dapat menentukan inersia balok dan plat

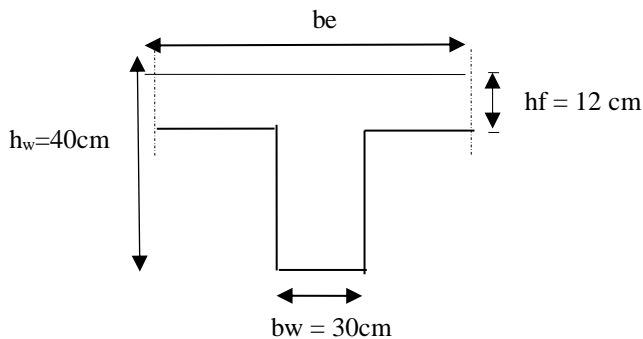
$$I_b = k \times \frac{bw \times h^3}{12} = 1036917 \text{ cm}^4$$

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12} = 50400 \text{ cm}^4$$

Karena Ebalok = Epelat maka:

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1036917}{50400} = 20.57$$

- Balok B4 30/40cm (Lb = 3900)



$$be1 = 1/4 Lb = 97.5 \text{ cm}$$

$$be2 = bw + 8t = 126 \text{ cm}$$

maka diambil $be = 97.5 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = 1.653$$

Setelah nilai k didapat kita dapat menentukan inersia balok dan plat

$$I_b = k \times \frac{bw \times h^3}{12} = 264502 \text{ cm}^4$$

$$I_p = b_p \times \frac{t^3}{12} = 50400 \text{ cm}^4$$

Karena Ebalok = Epelat maka:

$$\alpha = \frac{I_b}{I_p} = \frac{264502}{50400} = 5.240$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} = \frac{22.12 + 25.53 + 20.57 + 5.24}{4} = 18.37$$

Karena $\alpha_m = 18.37 > 2$ maka syarat h_{min} plat pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5(3(3)) :

$$h_{min} = \frac{L_n \times \left[0.8 + \frac{f_y}{1500}\right]}{36 + 9\beta} = 9.04 \text{ cm}$$

maka h plat rencana $12 \text{ cm} > h_{min} 9,04 \text{ cm}$ dapat dipakai

4.4 Preliminary Dimensi Kolom (SNI 03-2847-2013 Pasal 13.7.4)

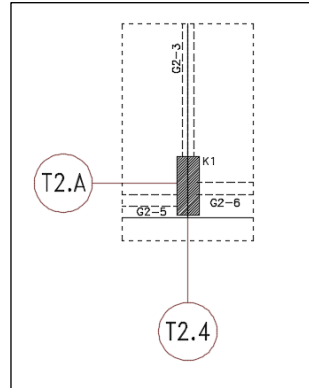
Preliminary design kolom dilakukan dengan menghitung kebutuhan dimensi kolom terhadap beban aksial yang dipikulnya. Pada gedung ini beban aksial yang bekerja adalah :

- Beban Mati
- Beban lapisan waterproofing : 0.05 kN/m^2 (ASCE 2002 Table C3-1, *Waterproofing Membranes Liquid Applied*)
- Beban keramik + spesi : 1.10 kN/m^2 (ASCE 2002 Table C3-1, *Ceramic, or quarry tile (19mm) on 25 mm mortar bed*)
- Beban ducting mekanikal : 0.191 kN/m^2 (ASCE 2002 Table C3-1, *Mechanical Duct Allowance*)
- Beban penggantung langit-langit : 0.1 kN/m^2 (ASCE 2002 Table C3-1, *Suspended Steel Channel System*)
- Beban plafon : 0.05 kN/m^2 (ASCE 2002 Table C3-1, *Acoustical fiberboard*)
- Bata ringan : 1.53 kN/m^2 (ASCE 2002 Table C3-1, *Solid Concrete Masonry units incl. Wythe thickness (in mm)*)

- Beban Hidup
- Apartemen : 1.92 kN/m^2 (SNI 1727:2013 tabel 4-1)
- Atap datar : 0.96 kN/m^2 (SNI 1727:2013 tabel 4-1)

Direncanakan dimensi kolom persegi pada lantai dasar. Pada perencanaan kolom yang memikul bentang 575 cm x 335 cm terdapat pada gambar 4.4 .

- Perhitungan Beban yang terjadi pada kolom K1 lantai dasar



Gambar 4. 4 Kolom K1

objek	panjang	lebar	berat	tinggi	beban aksial
	m	m	kN/m ³	m	kN
beban mati lantai					
Pelat lantai	5.75	3.35	23.52	0.12	54.36
Balok Melintang	20.4	0.7	23.52	0.4	134.346
Balok memanjang	13	0.7	23.52	0.3	64.209
plafond	5.75	3.35	0.005		0.096
penggantung plafond	5.75	3.35	0.1		1.926
keramik + spesi	5.75	3.35	1.1		21.18
bata ringan	17		1.96	3.4	113.288
ducting mekanikal	5.75	3.35	0.19		3.65
				total =	393.05

beban mati atap					
objek	panjang g	lebar	berat	tinggi	beban aksial
	m	m	kN/m ³	m	kN
Pelat lantai	5.75	3.35	23.52	0.15	92.61
Balok Melintang	20.4	0.7	23.52	0.4	134.346
Balok memanjang	13	0.7	23.52	0.3	64.210
plafond	5.75	3.35	0.005		0.131
penggantung plafond	5.75	3.35	0.1		2.625
lap. waterproof	5.75	3.35	0.005		0.159
ducting mekanikal	5.75	3.35	0.19		6.052
				total =	333.039

	panjang g	lebar	berat	tinggi	beban aksial
beban hidup	m	m	kN/m ²	m	kN
beban apartemen	5.75	3.35	1.92		36.98
Beban atap	5.75	3.35	0.96		18.49
beban sendiri kolom	m	m	kN/m ³	m	kN
asumsi	0.8	0.8	23.52	3.4	51.17

*berat dalam satuan kN/m²

$$\begin{aligned}\text{Jadi berat total : } W_{\text{tot}} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (14 \times 393 + 333 + 51) + 1,6 \\ &\quad (14 \times 36.98 + 18.5) \\ &= 6743.95 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton } f'_c \text{ 30 MPa} = 30 \text{ N/mm}^2 = 30.000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Dimensi : } A = \frac{3 \times P}{f'_c} = \frac{3 \times 6743,95}{30000} = 0.624 \text{ m}^2$$

direncanakan kolom K1 80 cm x 80 cm, $A = 0.64 \text{ m}^2 > A_{\text{min}}$

4.5 Preliminary Dinding Geser

Menurut SNI 03-2847-2012 Pasal 16.5.3.1, ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau penampang bagian dinding secara lateral, diambil yang terkecil dan tidak kurang dari 100mm.

Direncanakan :

$$\text{Tebal dinding geser} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang bentang} = 6150 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi per lantai} = 3.4 \text{ m}$$

Syarat :

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{300}{25} = 12 \text{ cm}$$

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{615\text{cm}}{25} = 24.6 \text{ cm}$$

$$30 \text{ cm} > \frac{H}{25} = \frac{340\text{cm}}{25} = 13.6 \text{ cm}$$

Tebal dinding geser tidak boleh kurang dari 100 mm

Jadi dinding geser sebesar 30 cm dapat digunakan untuk dinding struktural.

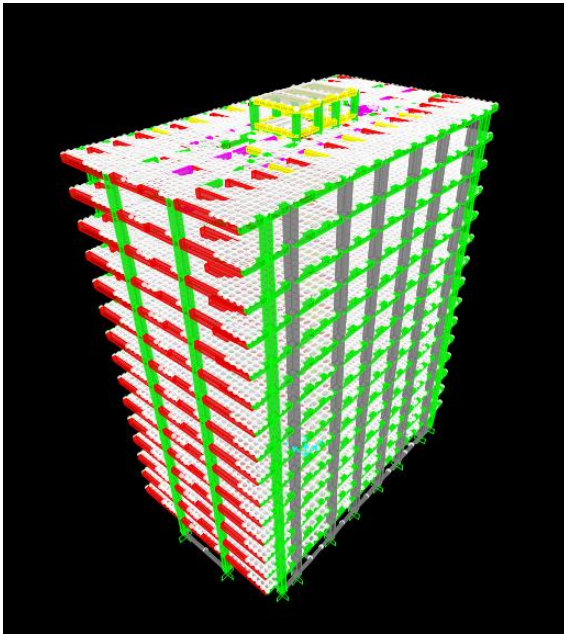
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V

ANALISA STRUKTUR

5.1 Pembebanan Struktur

Pada analisa struktur diperlukan perhitungan beban yang nan yang hasilnya akan digunakan sebagai data input ke program bantu SAP2000. Beban-beban yang diinput tersebut meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa.



Gambar 5. 1 Permodelan Struktur Apartemen Caspian 15 Lantai dengan program bantu SAP2000.

5.1.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri elemen struktur dan berat sendiri tambahan. Berat sendiri dari elemen struktur (Self Weight) dihitung secara otomatis oleh program bantu analisa struktur. Sementara untuk berat sendiri tambahan (Superimposed Dead Load) terdiri atas beban merata pada pelat serta beban akibat dinding, rinciannya adalah :

a. Lantai Atap

- Ducting Mekanikal : **0,015 kN/m²** (TDduct, Pre-insulated Alumunium Duct(1,46 kg/m²))
- Lapisan Waterproofing : **0,01 kN/m²** (Aquaproof Cat Pelapis Anti Bocor (1kg/m²))
- Beban Penggantung + Plafond : **0,08 kN/m²** (Plafond Jayaboard (8kg/m²))
- Total : 0,28 kN/m²**

b. Lantai Gedung

- Ducting Mekanikal : **0,015 kN/m²** (TDduct, Pre-insulated Alumunium Duct(1,46 kg/m²))
- Beban Penggantung + Plafond : **0,065 kN/m²** (Plafond Jayaboard tipe CS20 (6,5kg/m²))
- Beban Keramik + Spesi : **0,255 kN/m²** (Keramik Roman RCI 50x50 (5kg/m²) + Mortar Utama MU420 tebal 3mm (5kg/m²))
- Total : 0,525 kN/m²**

5.1.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan adalah :

- Lantai Atap
Beban hidup atap datar : **0,96 kN/m²** (SNI 1727:2013 tabel 4-1)
- Lantai Gedung
Beban hidup apartemen : **1,92 kN/m²** (SNI 1727:2013 tabel 4-1)

5.1.3 Beban Gempa

- Kategori Resiko Bangunan Gedung
Gedung Apartemen/Rumah Susun termasuk kategori resiko **II** (SNI 1727:2013 tabel 1)
- Faktor Keutamaan Gempa
Kategori resiko II termasuk faktor keutamaan gempa $I_e = 1,0$
- Parameter Percepatan Gempa
Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa pada gambar 3.2 dan gambar 3.3, untuk kabupaten Serui didapat nilai $S_s = 1,5 g$ dan $S_1 = 0,6 g$
- Klasifikasi Situs
Pada SNI 1727:2013 pasal 5.3 ,salah satu cara penentuan klasifikasi situs dapat ditentukan berdasar nilai N data hasil SPT $\bar{N} = 15$ s/d 50 ,termasuk **Tanah Sedang (SD)**
- Koefisien Situs
Menurut tabel 4 dan tabel 5 SNI didapat kan $F_a = 1$ dan $F_v = 1,5$
- Parameter Percepatan Desain Spektral

$$\begin{aligned} SMS &= F_a \times S_s = 1 \times 1,5g = 1,5 g \\ SM1 &= F_v \times S1 = 1,5 \times 0,6g = 0,9 g \\ SDS &= 2/3 SMS = 2/3 \times 1,5g = 1,0 g \\ SD1 &= 2/3 SM1 = 2/3 \times 0,9g = 0,6 g \end{aligned}$$

- Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,6}{1} = 0,11 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{0,55}{1} = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,55 \text{ detik}$$

- Respon Spektrum Percepatan Desain saat $T < T_0$

$$S_a = 1 \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$\text{Asumsi, } T = 0, S_a = 1 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,11} \right) = 0,4 g$$

- Respon Spektrum Percepatan Desain saat $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} = 1 g$$

- Respon Spektrum Saat Desain saat $T \geq T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

- Karena $T_s = 0,55$ detik , misalnya T yang diambil $0,65$ detik. Maka :

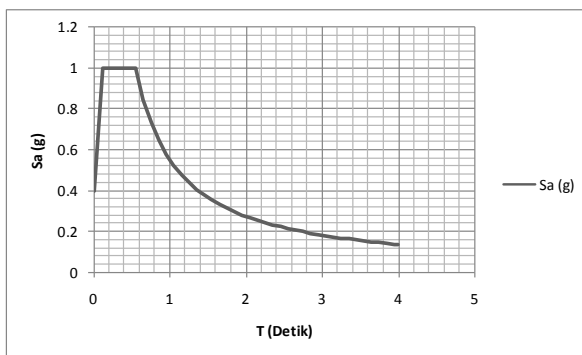
$$S_a = \frac{0,55}{0,65} = 0,8462 g$$

- Selanjutnya ditabelkan

T	Sa
(detik)	(g)
0	0.4000
0.110	1.0000

0.550	1.0000
0.650	0.8462
0.750	0.7333
0.850	0.6471
0.950	0.5789
1.050	0.5238
1.150	0.4783
1.250	0.4400
1.350	0.4074
1.450	0.3793
1.550	0.3548
1.650	0.3333
1.750	0.3143
1.850	0.2973
1.950	0.2821
2.050	0.2683
2.150	0.2558
2.250	0.2444
2.350	0.2340
2.450	0.2245
2.550	0.2157

2.650	0.2075
2.750	0.2000
2.850	0.1930
2.950	0.1864
3.050	0.1803
3.150	0.1746
3.250	0.1692
3.350	0.1642
3.450	0.1594
3.550	0.1549
3.650	0.1507
3.750	0.1467
3.850	0.1429
3.950	0.1392
4	0.1375



- **Kategori Desain Seismik**
Berdasar tabel 3.8 dan tabel 3.9, maka bangunan termasuk **kategori seismik D** untuk kedua parameter SDS dan SD1
- **Parameter Struktur R, Cd, dan Ω_0**
Berdasar tabel 9 SNI 1726:2012, untuk gedung sistem ganda SRPMK dan Dinding geser kategori desain seismic D didapat
 $R = 6$, $C_d = 5$, $\Omega_0 = 2,5$
Dimana :
R = factor modifikasi respons
Cd = Faktor pembesaran defleksi
 Ω_0 = faktor kuat lebih sistem

5.1.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 4.2.2 :

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6L(Lr \text{ atau } R) + 0,5(L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,0E + L$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$

Keterangan :

D : Beban Mati

L : Beban Hidup

Lr atau R : Beban Hujan

W : Beban Angin

E : Beban Gempa

Selain kombinasi diatas juga digunakan kombinasi beban berdasar pasal 7.4.2.3

- $(1.2 + 0.2 \text{ SDS})D + \rho E + L$
- $(0.9 - 0.2 \text{ SDS})D + \rho E$

Karena Serui termasuk $\text{SDS} = 1$, $\rho = 1,3$ maka menjadi

- $1.4D + 1.3E + L$
- $0.7D + 1.3E$

Sehingga dipakai 9 kombinasi pembebanan diatas.

5.2 Kontrol Open Frame

Karena gedung akan direncanakan untuk dibangun di kota serui. Maka perlu dilakukan kontrol untuk meninjau apakah sistem struktur yang didesain awal sudah memenuhi. Kontrol open frame yang ditinjau adalah sebagai berikut :

Kontrol Periode

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dimana:

h_n : Ketinggian Struktur (m),

koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 15 SNI 1727,

$$T_a = 0,0466 \times 51^{0,9} = 1,60 \text{ detik}$$

Batas Atas Perioda Struktur

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 1,60 = 2,245 \text{ detik}$$

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1	2.366984	0.42247850...	2.65451072...	7.04642720...
MODAL	Mode	2	2.076702	0.48153275...	3.02555952...	9.15401044...
MODAL	Mode	3	1.893056	0.52824643...	3.31907025...	11.0162273...
MODAL	Mode	4	0.763904	1.30906535...	8.22510021...	67.6522735...
MODAL	Mode	5	0.614721	1.62675456...	10.2212003...	104.472937...
MODAL	Mode	6	0.430939	2.32051152...	14.5802038...	212.582345...
MODAL	Mode	7	0.34918	2.86385222...	17.9941142...	323.788146...
MODAL	Mode	8	0.289672	3.45218580...	21.6907231...	470.487470...
MODAL	Mode	9	0.231449	4.32059760...	27.1471154...	736.965875...
MODAL	Mode	10	0.198775	5.03081483...	31.6095418...	999.163137...
MODAL	Mode	11	0.123582	8.09178129...	50.8421613...	2584.92536...
MODAL	Mode	12	0.103315	9.67917712...	60.8160634...	3698.59357...

Perioda gedung = 2,366 detik < 2,245 detik (Tidak Ok)

Kontrol Gaya Geser Dasar

Menentukan Koefisien Respons Seismik (C_s), menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 :

$$C_s = \frac{S_d s}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.125$$

Tetapi tidak perlu melebihi

$$C_s = \frac{S_d 1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.6}{2.366\left(\frac{8}{1}\right)} = 0.0316$$

Harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044.S_d.s.I \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044.1.1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \geq 0,01$$

Dari ketiga hasil perhitungan diatas maka dipakai $C_s = 0.044$

$T = 2.366$ detik (waktu getar)

$R =$ koef. Modifikasi respons (tabel 9 SNI 1726, SRPMK = 8)

$I_e =$ faktor keutamaan gedung (tabel 2 SNI 1726, Apartemen = 1)

$C_s = 0.044$ (koefisien respons seismik-Serui)

$W_t = 155997$ kN (Dead, Live, SDead)

$$V_{static} = C_s W_t = 0,044 \cdot 155997 = 6863,86 \text{ kN}$$

$$0,85 V_{static} = 0,85 \cdot 6863,86 = 5834,28 \text{ kN}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP2000 didapatkan

OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
RS-X	LinRespSpec	Max	8757.55	2072.655	0.059
RS-Y	LinRespSpec	Max	2627.347	6908.535	0.191
1D + 1L	Combination		1.833E-13	-2.167E-10	155997.517

$$F_y = 6908 \text{ kN} > 5834,28 \text{ kN}$$

$$F_x = 8757 \text{ kN} > 5834,28 \text{ kN}$$

$$V_{\text{baseshear}} > 0,85 V_{\text{static}} \text{ (terpenuhi)}$$

Kontrol Simpangan

Simpangan antar lantai dapat dihitung dengan persamaan 7.8-14 SNI 1726:2012 yaitu :

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e}, \text{ dengan kombinasi beban yang paling besar yaitu } 1.4D + 1.3E + L$$

δ_x = simpangan antar lantai

C_d = faktor perbesaran defleksi (5,5)

δ_{xe} = defleksi yang terjadi di lantai x

I_e = faktor keutamaan gedung (1 untuk apartemen)

Dan batas simpangan didapat dari tabel 9 SNI, didapat $\delta_a = 0,020 h/\rho$, ($\rho = 1,3$ untuk KDS D) perhitungan simpangan disajikan dalam tabel berikut :

Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	δ_e	δ_{xe}	δ_x	δ_a	Ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
atap	51	3.4	104.5833	2.2	12.1	52.3	Aman
15	47.6	3.4	102.3824	3.1	17.0	52.3	Aman
14	44.2	3.4	99.29332	4.1	22.6	52.3	Aman
13	40.8	3.4	95.18336	5.0	27.6	52.3	Aman
12	37.4	3.4	90.17335	5.8	32.0	52.3	Aman
11	34	3.4	84.36186	6.5	35.9	52.3	Aman
10	30.6	3.4	77.83114	7.2	39.6	52.3	Aman
9	27.2	3.4	70.6381	7.8	43.0	52.3	Aman
8	23.8	3.4	62.815	8.4	46.4	52.3	Aman
7	20.4	3.4	54.37991	9.0	49.7	52.3	Aman
6	17	3.4	45.34989	9.6	52.8	52.3	Tidak Aman
5	13.6	3.4	35.75579	10.1	55.4	52.3	Tidak Aman
4	10.2	3.4	25.67858	10.3	56.8	52.3	Tidak Aman
3	6.8	3.4	15.34708	9.8	53.7	52.3	Tidak Aman
2	3.4	3.4	5.586461	5.6	30.7	52.3	Aman

Karena syarat SNI 1726 Pasal 7.8.6 tidak terpenuhi maka untuk sumbu lemah gedung (arah melintang) perlu didesain ulang untuk diperkuat, diantaranya yaitu dengan menambah dinding geser terhadap arah tersebut.

5.3 Kontrol Struktur Utama

Setelah didesain menggunakan sistem ganda, Struktur harus di cek ulang terhadap syarat-syarat pada peraturan yang berlaku, yaitu :

1) Kontrol Periode Fundamental Gedung

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dimana:

h_n : Ketinggian Struktur (m),

koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 15 SNI 1727,

$$T_a = 0,0488 \times 51^{0,75} = 0,931 \text{ detik}$$

Batas Atas Perioda Struktur

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 0,931 = 1,303 \text{ detik}$$

koefisien C_u ditentukan dari tabel 14 SNI 1727:2012

Perioda struktur yang diperoleh dari analisa struktur adalah $T_c = 1,523 \text{ detik}$ untuk ke arah memanjang

$T_c = 1,302 \text{ detik}$ untuk ke arah melintang

Tabel Modal Period and Frequencies

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless
MODAL	Mode	1	1.523736	0.787	9.326E-06	6.586E-17	0.787	9.326E-06	6.586E-17
MODAL	Mode	2	1.302342	1.018E-05	0.756	2.885E-13	0.787	0.756	2.886E-13
MODAL	Mode	3	1.296195	3.66E-11	2.107E-10	1.21E-08	0.787	0.756	1.21E-08
MODAL	Mode	4	0.494262	0.107	7.431E-07	8.941E-15	0.893	0.756	1.21E-08
MODAL	Mode	5	0.400589	6.23E-07	0.117	5.451E-11	0.893	0.873	1.215E-08
MODAL	Mode	6	0.279996	0.037	2.05E-07	1.961E-11	0.931	0.873	1.217E-08
MODAL	Mode	7	0.211769	2.321E-06	0.046	2.203E-09	0.931	0.919	1.437E-08
MODAL	Mode	8	0.189001	0.023	3.322E-05	4.359E-09	0.953	0.919	1.873E-08
MODAL	Mode	9	0.139071	0.002129	0.023	6.019E-08	0.955	0.942	7.892E-08
MODAL	Mode	10	0.121792	0.015	0.00959	5.71E-08	0.97	0.951	1.36E-07
MODAL	Mode	11	0.084591	0.016	0.015	9.698E-08	0.986	0.967	2.33E-07
MODAL	Mode	12	0.06496	0.005585	0.025	5.836E-08	0.992	0.992	2.914E-07

Sehingga :

$$0,953 < 1,302 < 1,303$$

$$T_a < T_c < C_u \times T_a \text{ (OK)}$$

Dalam hal ini T_c yang digunakan dari modal no 2 karena modal no 1 gedung bergoyang ke arah memanjang (sistem SRPMK), sedangkan shearwall yang didesain hanya menahan ke arah melintang gedung yaitu sesuai pada modal no 2

2) Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Menentukan Koefisien Respons Seismik (C_s), menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1 :

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0.1428$$

Tetapi tidak perlu melebihi

$$C_s = \frac{S_{d1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.6}{1.298\left(\frac{7}{1}\right)} = 0.0658$$

Harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044.S_{ds}.I \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044.1.1 \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \geq 0,01$$

Dari ketiga hasil perhitungan diatas maka dipakai $C_s = 0.044$

$T = 1.298$ detik (waktu getar)

$R =$ koef. Modifikasi respons (tabel 9 SNI 1726, Dual System = 7)

$I_e =$ faktor keutamaan gedung (tabel 2 SNI 1726, Apartemen = 1)

$C_s = 0.044$ (koefisien respons seismik-Serui)

$W_t = 163761,387$ kN (Dead, Live, SDead)

$$V_{\text{static}} = C_s W_t = 0,044 \cdot 158150,731 = 7205,50 \text{ kN}$$

$$0,85 V_{\text{static}} = 0,85 \cdot 7205,50 = 6124,67 \text{ kN}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP2000 didapatkan sebesar 7692,06 kN untuk arah x dan 7602,04 kN untuk arah y sehingga untuk ketentuan

$$V_{\text{baseshear}} > 0,85 V_{\text{static}} \text{ (terpenuhi)}$$

Tabel 5. 1 Base Shear



OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ	GlobalRX	GlobalRY
Total	Total	Total	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m	m	m
05-V	LinearElastic	Max	8445.836	25445.854	0.004438	82203.8622	274288.7121	2.2418	0	0
05-V	LinearElastic	Max	25445.829	8445.832	0.001748	273725.7962	82204.8548	0.7881	0	0
D + L	Combination		-8.8028E-11	-3.4086E-10	158160.731	0.8336	-0.1282	2.4126E-10	0	0

3) Kontrol Sistem Ganda

Menurut SNI 1726:2012 bahwa Sistem Rangka Pemikul Momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan.

Perhitungan presentase antara SRPM dan Shearwall dari masing-masing kombinasi pembebanan gempa didapatkan dari total penjumlahan reaksi perletakan kedua sistem tersebut. Presentasenya dihitung dan disajikan dalam tabel dibawah ini

Tabel 5.2 Rekapitulasi Kontrol Sistem Ganda

OutputCase	SW		%SW		Frame		%Frame	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Load Comb.	KN	KN	%	%	KN	KN	%	%
0.7D + 1.3 Eqx	1324.43	2018.00	13.12%	66.99%	8871.15	1042.96	87.86%	34.62%
0.7D + 1.3 Eqy	-1324.45	-2018.02	13.12%	66.99%	-8871.15	-1075.26	87.86%	35.70%
0.7D + 1.3Eqy	433.04	6687.11	14.24%	66.90%	2700.39	3303.17	88.77%	33.05%
0.7D + 1.3Eqy	-433.05	-6687.12	14.24%	66.90%	-2700.39	-3303.17	88.77%	33.05%
0.9D + Eqx	1018.80	1552.31	13.12%	66.99%	6823.96	827.12	87.86%	35.70%
0.9D + Eqx	-1018.81	-1552.32	13.12%	66.99%	-6823.96	-827.12	87.86%	35.70%
0.9D + Eqy	333.10	5143.93	14.24%	66.90%	2077.22	2540.90	88.77%	33.05%
0.9D + Eqy	-333.12	-5143.94	14.24%	66.90%	-2077.22	-2540.90	88.77%	33.05%
1.2D + Eqx + L	1018.81	1552.31	13.12%	66.99%	6823.96	827.12	87.86%	35.70%
1.2D + Eqx + L	-1018.80	-1552.32	13.12%	66.99%	-6823.96	-827.13	87.86%	35.70%
1.2D + Eqy + L	333.12	5143.92	14.24%	66.90%	2077.22	2540.90	88.77%	33.05%
1.2D + Eqy + L	-333.11	-5143.94	14.24%	66.90%	-2077.22	-2540.91	88.77%	33.05%
1.4D + 1.3 Eqx + 1L	1324.44	2018.00	13.12%	66.99%	8871.15	1075.25	87.86%	35.70%
1.4D + 1.3 Eqx + 1L	-1324.44	-2018.02	13.12%	66.99%	-8871.14	-1075.26	87.86%	35.70%
1.4D + 1.3 Eqy + 1L	433.05	6687.10	14.24%	66.90%	2700.39	3303.16	88.77%	33.05%
1.4D + 1.3 Eqy + 1L	-433.04	-6687.13	14.24%	66.90%	-2700.39	-3303.18	88.77%	33.05%

Dari Hasil diatas,dapat dilihat bahwa presentase SRPM untuk semua kombinasi pembebanan gempa telah memenuhi syarat 25% menahan beban,sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai Struktur Sistem Ganda menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.2.1

4) Kontrol Simpangan Struktur

Simpangan antar lantai dapat dihitung dengan persamaan 7.8-14 SNI 1726:2012 yaitu :

$$\delta_x = \frac{Cd \times \delta_{xe}}{I_e}, \text{ dengan kombinasi beban yang paling besar yaitu } 1.4D + 1.3E + L$$

Dan batas simpangan didapat dari tabel 9 SNI, didapat $\delta_a = 0,020 h$, perhitungan simpangan disajikan dalam tabel berikut

Tabel 5.3 Simpangan Arah Sumbu X

Sumbu x							
Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	δe	δxe	δx	δa	Ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
atap	51	3.4	55.78	1.3	7.0	52.3	Safe
15	47.6	3.4	54.50	1.7	9.4	52.3	Safe
14	44.2	3.4	52.80	2.2	12.3	52.3	Safe
13	40.8	3.4	50.57	2.7	15.0	52.3	Safe
12	37.4	3.4	47.85	3.2	17.4	52.3	Safe
11	34	3.4	44.68	3.6	19.7	52.3	Safe
10	30.6	3.4	41.09	4.0	21.8	52.3	Safe
9	27.2	3.4	37.13	4.3	23.7	52.3	Safe
8	23.8	3.4	32.83	4.6	25.4	52.3	Safe
7	20.4	3.4	28.22	4.9	26.8	52.3	Safe
6	17	3.4	23.35	5.1	28.0	52.3	Safe
5	13.6	3.4	18.25	5.2	28.9	52.3	Safe
4	10.2	3.4	13.01	5.3	28.9	52.3	Safe
3	6.8	3.4	7.75	4.8	26.7	52.3	Safe
2	3.4	3.4	2.90	2.9	16.0	52.3	Safe

Tabel 5.4 Simpangan Arah Sumbu Y

Sumbu Y							
Lantai	Elevasi	Tinggi antar tingkat	δe	δye	δy	δa	Ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
atap	51	3.4	56.68	2.4	13.2	52.3	Safe
15	47.6	3.4	54.28	2.9	15.7	52.3	Safe
14	44.2	3.4	51.43	3.2	17.6	52.3	Safe
13	40.8	3.4	48.23	3.5	19.4	52.3	Safe
12	37.4	3.4	44.70	3.9	21.3	52.3	Safe
11	34	3.4	40.83	4.2	23.1	52.3	Safe
10	30.6	3.4	36.63	4.5	24.6	52.3	Safe
9	27.2	3.4	32.16	4.7	25.8	52.3	Safe
8	23.8	3.4	27.46	4.8	26.6	52.3	Safe
7	20.4	3.4	22.62	4.9	26.8	52.3	Safe
6	17	3.4	17.74	4.8	26.3	52.3	Safe
5	13.6	3.4	12.97	4.5	24.5	52.3	Safe
4	10.2	3.4	8.51	3.9	21.5	52.3	Safe
3	6.8	3.4	4.60	3.1	16.9	52.3	Safe
2	3.4	3.4	1.53	1.5	8.4	52.3	Safe

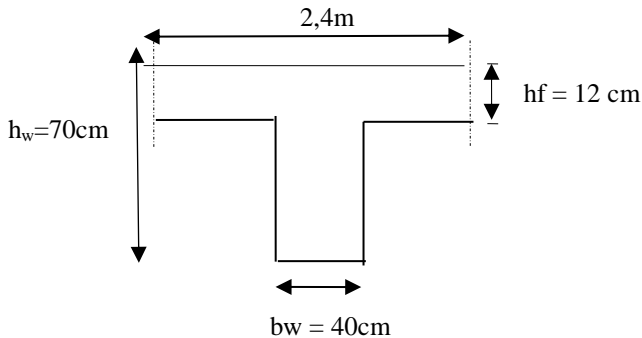
5.4 Verifikasi Permodelan Struktur

Untuk memastikan bahwa permodelan telah mendekati kondisi gedung yang akan didesain dapat dibandingkan perhitungan manual terhadap perhitungan dari SAP2000, dalam hal ini yang dibahas adalah perhitungan balok induk B1 dengan dimensi 400/700

Lebar = 2,4 m

Panjang = 6,7 m

Tebal pelat = 12 cm

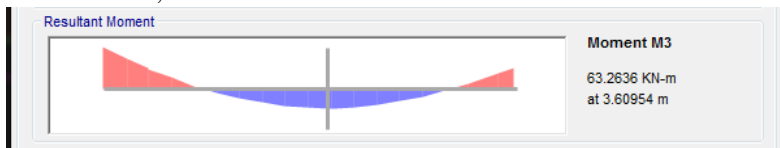


$$Q_d = (2,4 - 0,7 \times 0,12) + (0,4 \times 0,7) \times 24 \text{ kN/m}^3 = 10,94 \text{ kN/m}$$

$$Q_l = (1,92 \text{ kN/m} + 0,525 \text{ kN/m} + 0,72 \text{ kN/m}) = 3,165 \text{ kN/m}$$

$$Q_{\text{total}} = 10,94 + 3,165 = 14,105 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1/11 \times Q_{\text{total}} \times L^2 \\ &= 1/11 \times 14,105 \times 6,7^2 \\ &= 57,56 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Selisih = 7,4%

Berat Sendiri Struktur Lantai Tipikal

Objek		Panjang m3	Volume m3	Berat KN
B1	$(20.8+5.3+4.9+8.5)*4$	158	44.24	1061.76
B2	$(10.4+7.3+10.4+6.7+6.7+6.7+2.775+2.1+2.1+1.5)*4$	226.7	63.476	1523.424
B3	$(6.7+6.7+2.775+1.39+3.35)*4$	30.965	3.7158	89.1792
B4	$(4.2+5.5+3+8.075)*4$	83.1	12.465	299.16
Total				2973.5232

Objek	tinggi	jumlah	dimensi	volume	berat
	m	buah	mm	m3	kN
K1	3.4	16	800	34.816	835.584
K2	3.4	8	700	13.328	319.872
SW	3.4	2	6150/300	12.546	301.104
Total					1456.56

Objek		Luas	Volume	Berat
		m2	m3	kN
Pelat	41.6*23	956.8	114.816	2755.584
Void	$(2,3 \times 5,5 + 2,35 \times 2,775)*2$	38.3425	4.6011	110.4264
Total				2645.1576

	berat kN/m2	Luas m2	jumlah kN
Beban mati			7401.6408
Beban Hidup	1.92	918.4575	1763.4384
Beban Mati Tambah			
keramik + spesi	0.255	918.4575	234.2066625
ducting ME	0.19	918.4575	174.506925
plafon	0.05	918.4575	45.922875
Penggantung plafon	0.1	918.4575	91.84575
Total			9711.561413

Total berat gedung manual = 9711.56 x 15 Lantai = 145673.4 KN

Berat dari SAP 2000

	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN
▶	1D + 1L	Combination	-6.408E-12	1.795E-10	157128.286

$$\text{Selisih} = \frac{157128 - 145673}{157128} \times 100\% = 7,2 \%$$

Dari dua perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa permodelan dapat diterima dengan selisih dari perhitungan manual < 10%

BAB VI

DESAIN STRUKTUR SEKUNDER

6.1 Pembebanan Struktur Pelat Lantai

Beban yang dominan bekerja pada struktur pelat lantai adalah beban mati dan beban hidup. Besarnya beban yang berkerja diambil dengan data-data sebagai berikut :

Beban Mati

- Berat sendiri pelat = t. pelat x γ beton
 $= 0.12\text{m} \times 23.52 \text{ kN/m}^3 = 2.822 \text{ kN/m}^2$
- Beban keramik + spesi $= 0.255 \text{ kN/m}^2$
- Beban ducting mekanikal $= 0.19 \text{ kN/m}^2$
- Beban plafon $= 0.05 \text{ kN/m}^2$
- Beban penggantung plafon $= \underline{0.10 \text{ kN/m}^2}$

$$Q_{DL} = 4.262 \text{ kN/m}^2$$

Beban Hidup

- Apartemen : 1.92 kN/m^2 (SNI 1727:2013 tabel 4-1)
 $q_{LL} = 1.92 \text{ kN/m}^2$

Beban Ultimit

$$q_{u1} = 1.4 D = 1.4 (4.262) = 5.967$$

$$q_{u2} = 1.2 D + 1.6 L = 1.2 (4.262) + 1.6 (1.92) = 8.186$$

maka dipakai beban kombinasi $q_{u2} = 8.186 \text{ kN/m}^2$

6.2 Analisis Struktur Pelat Lantai

Analisis struktur pelat lantai bertujuan untuk menghitung momen lentur yang bekerja pada pelat lantai dan kemudian untuk dihitung kebutuhan tulangan utama dan tulangan susut pelat lantai tersebut.

Pada pelat satu arah momen dihitung sesuai ketentuan SNI 2847-2013 pasal 8.3.3. Sementara untuk pelat dua arah perhitungannya menggunakan bantuan Tabel Koef. Momen.

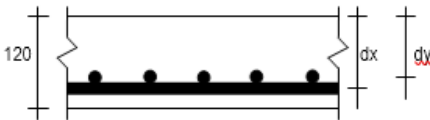
Perhitungan Plat 1 arah

Data Umum Pelat :

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85 - \left(\frac{28-30}{28-35}\right)(0.85-0.8) = 0.836 \quad (\text{SNI Ps. 10.2.7.3})$$

Tulangan BJTD 40 ($f_y = 390 \text{ Mpa}$), $\phi 10$ tebal selimut 20mm



Gambar 5. 1 Tebal Efektif Pelat

$$dx = 120 - 20 - 0.5 \times 10 = 95$$

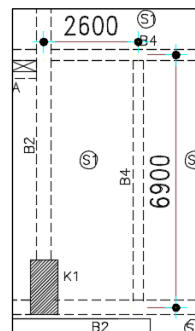
$$dy = dx - 0.5 \times 10 = 90$$

- Contoh Perhitungan pd plat 2600/6700 :

$$L_x = 670 - \left(\frac{30 + 40}{2}\right) = 635 \text{ cm}$$

$$L_y = 260 - \left(\frac{30 + 40}{2}\right) = 225 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_x}{L_y} = \frac{635}{225} = 2.82 \approx 2.4 > 2$$



Gambar 6.2 Pelat 1 arah 2600/6700

Termasuk pelat 1 arah

Momen yg terjadi dihitung berdasar SNI 2847 Ps. 8.3.3

$$M_{lapangan} = \frac{1}{14} Qu Lx^2 = \frac{1}{14} 8.186 \cdot 2.25^2 = 2.96 \text{ kNm}$$

$$M_{tumpuan} = \frac{1}{10} Qu Lx^2 = \frac{1}{10} 8.186 \cdot 2.25^2 = 4.14 \text{ kNm}$$

Perhitungan penulangan tumpuan :

$$M_u = 4.14 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{4.14 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 4.6 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \cdot 30} = 15.29$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \beta_1 x f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.836 \times 30}{390} \frac{600}{600 + 390} = 0.033 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.033 = 0.0247$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{4.6 \times 10^6}{1000 \times 95^2} = 0.50 \quad 4.51$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.29 \times 0.50}{390}} \right) = 0.0013 < \rho_{min} = 0.002 \end{aligned}$$

Berdasar SNI 2847 pasal 10.5 bila $\rho < \rho_{min}$ maka

$$\rho = 0.0013 \times 1.3 = 0.00169 < \rho_{min} = 0.002$$

Maka dipakai $\rho = 0.002$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 95 = 190 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{A_{D10}} = \frac{190}{78.54} = 2.5 \approx 3$$

Maka pakai tulangan utama $\emptyset 10 - 300$

Kontrol Jarak tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Ps. 10.5.4 spasi maksimum antar tulangan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari 3x tebal slab, atau 450 mm, dan pada Ps. 13.3.2 spasi tulangan maksimum tidak boleh melebihi 2x tebal slab,

- Smaks 1 = 3 x tp = 3 x 120mm = 360 mm
- Smaks 2 = 2 x tp = 2 x 120mm = 240 mm (menentukan)
- Smaks 3 = 450 mm

Karena S rencana 300 mm > Smaks 240 mm, maka direvisi menjadi $\emptyset 10 - 200$.

Perhitungan Tulangan susut dan suhu

Pada SNI 2847-2013 Ps. 7.12 disebutkan bahwa rasio tulangan terhadap luas bruto penampang beton minimal 0.002 dan jarak maksimum 5x tebal slab atau 450 mm,

Dengan syarat diatas maka didapat $\rho = 0.002$, sehingga

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 85 = 170 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{A_{D10}} = \frac{170}{78.54} = 2.1 \approx 3$$

$$Smaks = 5 \times tp = 5 \times 120\text{mm} = 600 \text{ mm atau } Smaks = 450 \text{ mm}$$

Jadi direncanakan tulangan susut $\emptyset 10 - 300$.

Kontrol terhadap Retak

Pengecekan jarak tulangan lentur terhadap retak pada balok dan pelat satu arah diatur dalam SNI 2847 Ps. 10.6.4 ,dimana jarak tidak boleh melebihi

- $smaks = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c$
- $smaks = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

f_s = jarak terdekat ke muka tarik, f_s boleh diambil sebesar $2/3f_y$

c_c = jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik

$$f_s = 2/3 f_y = 2/3 (390) = 260 \text{ MPa}$$

$$c_c = 20 \text{ mm}$$

- $smaks = 380 \left(\frac{280}{260} \right) - 2.5 (20) = 273.07 \text{ mm}$
- $smaks = 300 \left(\frac{280}{260} \right) = 323.07 \text{ mm}$

Jarak tulangan yang dipakai adalah $200 \text{ mm} < Smaks \ 273.03 \text{ mm}$

Kontrol terhadap Geser

Kontrol terhadap geser dilakukan berdasar SNI 2847 Ps. 8.3.3

$$V_u = \frac{Q_u l_x}{2} = \frac{8.186 \times 2.83}{2} = 11.583 \text{ kN} = 11583 \text{ N}$$

$$V_c = 0.17\lambda \sqrt{f_c} b_w d$$

$$= 0.17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 95 = 88457.19 \text{ N}$$

Ket: $\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$$\phi V_c = 0.75 V_c = 66342 \text{ N}$$

$V_u < \phi V_c$, syarat terpenuhi (Ok)

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat 1 arah

tipe pelat	2600/6700	3000/6700	2900/6700	2100/6700	2800/6700	2500/6700	1700/6000	1700/5500	1700/4200
Tebal Pelat (mm)	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Mn (kNm)	6.149	8.186	7.649	4.011	7.131	5.685	2.629	2.629	2.629
ρ	0.0013	0.0023	0.0022	0.0011	0.002	0.0016	0.0007	0.0007	0.0007
ρ_{min}	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
ρ_{pakai}	0.00169	0.0023	0.0022	0.00143	0.002	0.002	0.00091	0.00091	0.00091
As perlu (mm)	160.55	218.5	209	135.85	190	190	86.45	86.45	86.45
As pakai (mm)	314.16	314.16	314.16	314.16	314.16	314.16	314.16	314.16	314.16
Smax (Ps. 10.5.4) (mm)	240	240	240	240	240	240	240	240	240
Smax (thdp retak) (mm)	273.07	273.07	273.07	273.07	273.07	273.07	273.07	273.07	273.07
Vu (N)	10641.8	12279	11869.7	8595.3	11460.4	10232.5	6958.1	6958.1	6958.1
ϕVc (N)	66342	66342	66342	66342	66342	66342	66342	66342	66342
Tul Utama	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200
Tul Pembagi	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300	D10-300

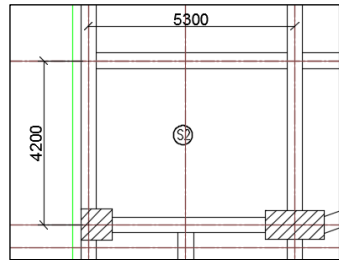
Tabel 6.1 Hasil Perhitungan Tulangan 1 arah

Perhitungan Plat 2 arah

$$L_x = 5300 - \left(\frac{40 + 40}{2} \right) = 4900 \text{ cm}$$

$$L_y = 4200 - \left(\frac{40 + 40}{2} \right) = 3800 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_x}{L_y} = \frac{4900}{3800} = 1,28 < 2$$



Gambar 6.3 Plat 2 arah 5300/4200

Plat 2 arah (5300 x 4200)

Analisa momen pada pelat lantai 2 arah mengikuti perencanaan dan kaidah sesuai dengan PBI 1971. Namun, hasil dari kalkulasi manual menggunakan PBI 71 selanjutnya akan dibandingkan dengan momen pada SAP 2000, dan akan diambil momen yang paling terbesar.

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut: ($L_y/L_x = 1,28$)

$$M_{lx} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{tx} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ly} = 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

$$M_{ty} = -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X$$

Dimana :

M_{lx} = Momen lapangan arah x

M_{ly} = Momen lapangan arah y

M_{tx} = Momen tumpuan arah x

M_{ty} = Momen tumpuan arah y

X = Konstanta perbandingan L_x/L_y

$\beta = 1,28$ (pelat dianggap terjepit penuh)

Penentuan nilai konstanta X,

$$X (Mlx) = 28$$

$$X (Mtx) = 64$$

$$X (Mly) = 20$$

$$X (Mty) = 56$$

Penentuan besarnya momen pada pelat

- $Mlx = 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$
 $= 0,001 \times 8,186 \times (3,8)^2 \times 28$
 $= 3,309 \text{ kNm}$
- $Mtx = -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$
 $= -0,001 \times 8,186 \times (3,8)^2 \times 64$
 $= -7,56 \text{ kNm}$
- $Mly = 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$
 $= 0,001 \times 8,186 \times (3,8)^2 \times 20$
 $= 2,364 \text{ kNm}$
- $Mty = -0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X$
 $= -0,001 \times 8,186 \times (3,8)^2 \times 56$
 $= -6,619 \text{ kNm}$

Sedangkan momen dari SAP2000 adalah

$$Mt22 = -11,38 \text{ kNm}$$

$$Ml22 = 4,96 \text{ kNm}$$

$$Mt11 = -8,11 \text{ kNm}$$

$$Ml11 = 3,95 \text{ kNm}$$

Karena selisih yang cukup besar, maka untuk perhitungan pelat selanjutnya yang memiliki bentang berbeda, momen yang terjadi diambil dari SAP2000

Kebutuhan penulangan dan pengecekan syarat dilaksanakan seperti pada pelat 1 arah, berikut adalah hasil rekapitulasi perhitungannya :

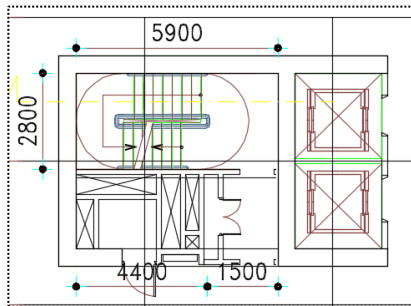
5300/4200	Arah X		Arah Y	
	tumpuan	lapangan	tumpuan	lapangan
tebal pelat	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm
Mu	11.38 kN	4.96 kN	8.11 kN	3.95 kN
ρ perlu	0.0033	0.0014	0.0023	0.0011
ρ min	0.002	0.002	0.002	0.002
As	392.69	259.18	392.69	259.18
tul pakai	d10 - 200		d10 - 200	

4700/4200	Arah X		Arah Y	
	tumpuan	lapangan	tumpuan	lapangan
tebal pelat	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm
Mu	9.792 kN	3.288 kN	5.428 kN	2.322 kN
ρ perlu	0.0028	0.0009	0.0015	0.0006
ρ min	0.002	0.002	0.002	0.002
As	392.69	259.18	392.69	259.18
tul utama	d10 - 200		d10 - 200	

4.7 Desain Struktur Tangga

Spesifikasi pelat tangga dan pelat bordes yang didesain adalah:

Beton	$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
Tulangan	D13 $f_y 390 \text{ MPa}$, dan
Tulangan	$\emptyset 10 f_y 240 \text{ Mpa}$
Tebal pelat tangga	= 150 mm
Tebal pelat bordes	= 150 mm
Tinggi Injakan	= 170 mm
Lebar injakan (i)	= 290 cm



Gambar 6.4 Denah Awal Desain Tangga

- ❖ Tebal plat rata-rata anak tangga : $(i/2) \sin \alpha$
 : $(28/2) \sin 32^\circ$
 : 7.418 cm
- ❖ Tebal plat efektif (t_r) : $t_p + t_{r \text{ anak tangga}}$
 : $15 + 7,418 = 22,418 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}$

6.3 Pembebanan Struktur Pelat Tangga

Pelat tangga dan pelat bordes menerima kombinasi beban ultimit dari beban mati dan beban hidup sebagai berikut:

Pelat tangga

Beban mati

Berat sendiri pelat tangga :

$$\frac{t}{\cos \alpha} \times Q \times lebar = \frac{0.23}{\cos 32} \times 23.52 \times 1.4 = 8.93 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban keramik + spesi} &= 1.1 \times 1.4 && = 1.54 \text{ kN/m} \\ &&& = \underline{10.47 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\text{Beban hidup lantai tangga} = 4.79 \times 1.4 = 6.706 \text{ kN/m}$$

Beban ultimit

$$Qu1 = 1.4 Qd = 1.4 \times 10.47 = 14.35 \text{ kN/m}$$

$$Qu2 = 1.2 Qd + 1.6 Ql = 1.2 \times 10.47 + 1.6 \times 6.706 = 23.029 \text{ kN/m}$$

$$\text{Dipakai } Qu2 = 23.029 \text{ kN/m}$$

Pelat bordes

Beban mati

$$\text{Berat sendiri pelat tangga} : 0.15 \times 23.52 \times 1.4 = 4.93 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban keramik + spesi} &= 1.1 \times 1.4 && = 1.54 \text{ kN/m} \\ &&& = \underline{6.47 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\text{Beban hidup lantai tangga} = 4.79 \times 1.4 = 6.706 \text{ kN/m}$$

Beban ultimit

$$Qu1 = 1.4 Qd = 1.4 \times 6.47 = 9.058 \text{ kN/m}$$

$$Qu2 = 1.2 Qd + 1.6 Ql = 1.2 \times 6.47 + 1.6 \times 6.706 = 15.52 \text{ kN/m}$$

$$\text{Dipakai } Qu2 = 15.52 \text{ kN/m}$$

6.4 Analisis Struktur Tangga

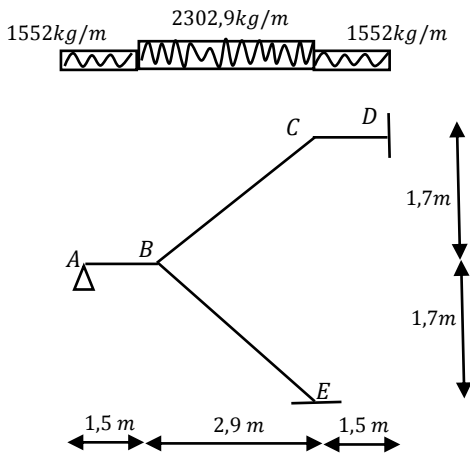
Perhitungan manual :

Tebal manfaat Plat:

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Ø} \\ &= 150\text{mm} - 20\text{mm} - (\frac{1}{2} \cdot 13\text{mm}) \\ &= 123,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \text{Ø} - \frac{1}{2} \text{Ø} \\ &= 150\text{mm} - 20\text{mm} - 13\text{mm} - (\frac{1}{2} \cdot 10\text{mm}) \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

Mekanika tangga



$$\text{Panjang miring tangga} = \sqrt{2,9^2 + 1,7^2} = 3,36 \text{ m}$$

Penyelesaian cross

$$\mu_{BA} : \mu_{BC} : \mu_{BE} = \frac{3EI}{1,5} : \frac{4EI}{3,36} : \frac{4EI}{3,36}$$

$$= 2EI : 1,19EI : 1,19EI$$

$$\mu_{BA} = \frac{2EI}{2EI+1,19EI+1,19EI} = 0,45$$

$$\mu_{BE} = \mu_{BC} = \frac{1,19EI}{2EI+1,19EI+1,19EI} = 0,27$$

$$\text{Kontrol : } \mu_{BA} + \mu_{BC} + \mu_{BE} = 1 \quad (\text{ok})$$

$$\mu_{CB} : \mu_{CD} = \frac{4EI}{3,36} : \frac{4EI}{1,5} = 1,19EI : 2,66EI$$

$$\mu_{CB} = \frac{1,19EI}{1,19EI + 2,66EI} = 0,31$$

$$\mu_{CD} = \frac{2,66EI}{1,19EI + 2,66EI} = 0,69$$

$$\text{Kontrol : } \mu_{CB} + \mu_{CD} = 1 \quad (\text{ok})$$

Momen Primair

$$\text{MF BA} = +1/8 \cdot 1552 \cdot 1,5^2 = 436,5 \text{ kgm}$$

$$\text{MF BC} = +1/12 \cdot 2302,9 \cdot 3,36^2 = 2166,90 \text{ kgm}$$

$$\text{MF CB} = -2166,90 \text{ kgm}$$

$$\text{MF BE} = +1/12 \cdot 2302,9 \cdot 3,36^2 = 2166,90 \text{ kgm}$$








$$\text{MF EB} = -2166,90 \text{ kgm}$$

$$\text{MF CD} = +1/12 \cdot 1552 \cdot 1,5^2 = 436,5 \text{ kgm}$$

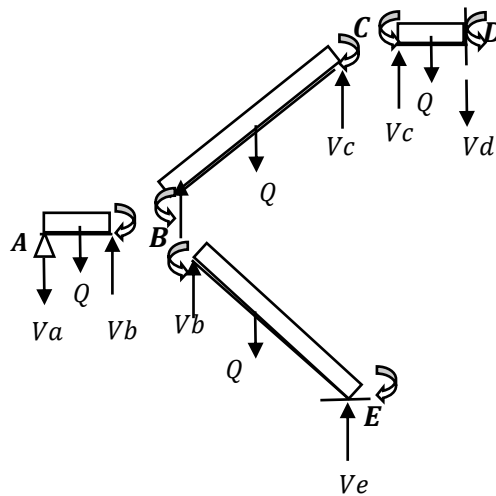
$$\text{MF DC} = -436,5 \text{ kgm}$$

Tabel Cross

Titik Batang	B			C		D	E
	BA	BE	BC	CB	CD	DC	EB
FD	-0,45	-0,27	-0,27	-0,31	-0,69	0	0
MF	436.5	2166.9	2166.9	- 2166.9	436.5	-436.5	-2166.9
MD	- 2146,6	- 1287,9	- 1287,9	536,4	1193,9	0	0
MI	0	0	268,2	- 643,95	0	596,95	-643,95

MD	-120,69	-72,4	-72,4	199,62	444,3	0	0
MI	0	0	99,81	-36,2	0	222,15	-36,2
MD	-44,91	-26,9	-26,9	11,2	24,978	0	0
M akhir	1875,7	779,7	1096,1	-2099,8	2099,7	382,6	-2853,05
Gambar Momen							

Free Body Diagram



Batang AB

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\text{misal } V_A \uparrow$$

$$V_A \cdot L - \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + M_{(BA)} = 0$$

$$V_A \cdot 1,2\text{m} - \frac{1}{2} \cdot 1552 \text{ kg/m} \cdot (1,5\text{m})^2 + 1875 \text{ kgm} = 0$$

$$V_A = 107,5 \text{ kg}$$

$$V_B = V_A + Q = 107,5 + (1552 \times 1,5) = 2928,2 \text{ kg}$$

Batang CD

$$\Sigma MC = 0$$

misal $V_D \uparrow$

$$-V_D \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - M_{(CD)} - M_{(DC)} = 0$$

$$-V_D \cdot 1,2\text{m} + \frac{1}{2} \cdot 1552 \text{ kg/m} \cdot (1,5\text{m})^2 - 2099,7 \text{ kgm} - 382,6 \text{ kgm} = 0$$

$$V_D = 736,3 \text{ kg} \downarrow$$

$$V_C = V_D + Q = 1934,1 + (1188,72 \times 1,2) = 3064,3 \text{ kg} \uparrow$$

Batang BE

$$\Sigma MB = 0$$

misal $V_E \uparrow$

$$-V_E \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - M_{(BE)} + M_{(EB)} = 0$$

$$-V_E \cdot 3,36\text{m} + \frac{1}{2} \cdot 2302,9 \text{ kg/m} \cdot (3,36\text{m})^2 - 779,7 \text{ kgm} + 2853,05 \text{ kgm} = 0$$

$$V_E = 4485,9 \text{ kg} \uparrow$$

$$V_B = Q - V_E = (2302,9 \times 3,36) - 4485,9 \text{ kg} = 3251,84 \text{ kg} \uparrow$$

Batang BC

$$\Sigma MB = 0$$

misal $V_C \uparrow$

$$-V_C \cdot L + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - M_{(BC)} + M_{(CB)} = 0$$

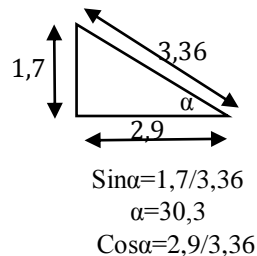
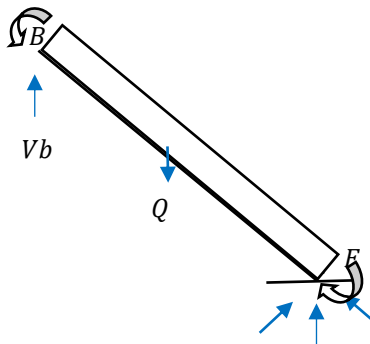
$$-V_C \cdot 3,36\text{m} - \frac{1}{2} \cdot 1522 \text{ kg/m} \cdot (3,36\text{m})^2 - 1096,1 \text{ kgm} + 2099,8 \text{ kgm} = 0$$

$$V_C = 2855,68 \text{ kg} \uparrow$$

$$V_B = Q - V_C = (2302,9 \times 3,36) - 3064,1 \text{ kg} = 5154,3 \text{ kg} \uparrow$$

Mencari M max

Batang BE



$$\alpha=30,3$$

$$V_e \cos \alpha \quad V_e \sin \alpha$$

$$N_{EB} = -V_e \sin (30,3) = 4485,9 \text{ kg} \sin (30,3) = -2256,5 \text{ kg}$$

$$D_{EB} = V_e \cos (30,3) = 4485,9 \text{ kg} \cos (30,3) = 3873,1 \text{ kg}$$

$$D_{BC} = V_b \cos (30,3) = 5154,3 \text{ kg} \cos (30,3) = 4450,2 \text{ kg}$$

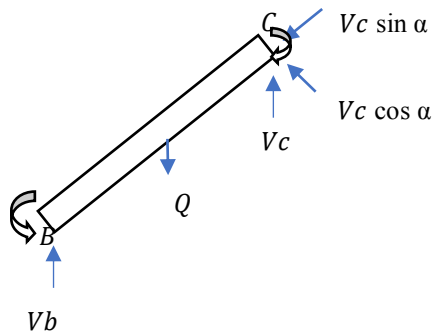
$$D_x = 0 \quad (\text{titik E dianggap } 0)$$

$$V_b \cos (30,3) - 2302,9 \text{ kg/m} (X) = 0$$

$$X = 4450,9 / 2302,9 = 1,9 \text{ m (dari titik B)}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= V_b \cos (30,3) X - 1/2 \cdot 2302,9 (X)^2 - M_{(BE)} \\ &= 4450,9 (1,9) - 1/2 \cdot 2302,9 (1,9)^2 - 779,7 \\ &= 3520,27 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Batang BC



$$N_{CB} = -V_c \sin (30,2) = -3063,3 \text{ kg} \sin (30,3) = -1545,5 \text{ kg}$$

$$D_{CB} = V_c \cos (30,3) = 3063,3 \text{ kg} \cos (30,3) = 2644,8 \text{ kg}$$

$$D_{BC} = V_b \cos (30,3) = 5154,3 \text{ kg} \cos (30,3) = 3450,1 \text{ kg}$$

$$D_x = 0 \quad (\text{titik C dianggap } 0)$$

$$V_b \cos (30,3) - 1545,5 \text{ kg/m} (X) = 0$$

$$X = 3450,1 / 1545,5 = 2,2 \text{ m (dari titik C)}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= V_b \cos (30,3) X - 1/2 \cdot 1545,5 (X)^2 - M_{(BC)} \\ &= 3450,1 (2,2) - 1/2 \cdot 1545,5 (2,2)^2 - 1096,1 \\ &= 2754,01 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Diagram N

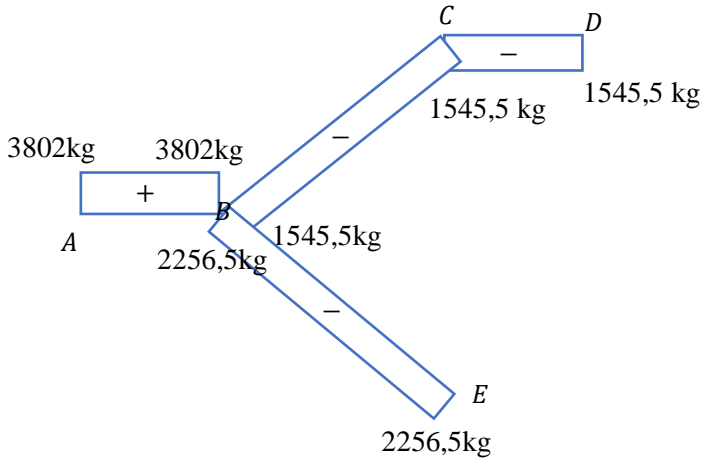


Diagram D

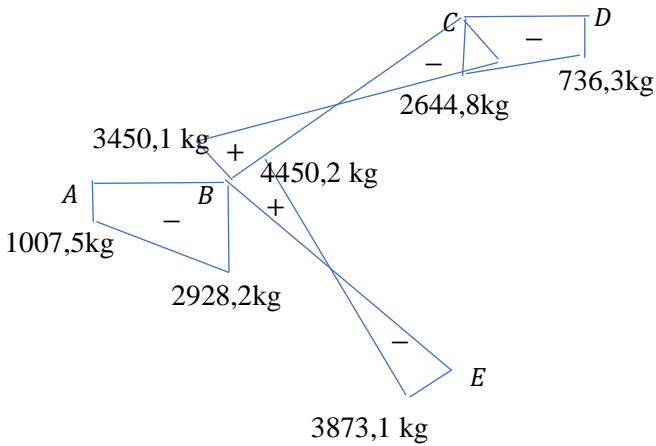
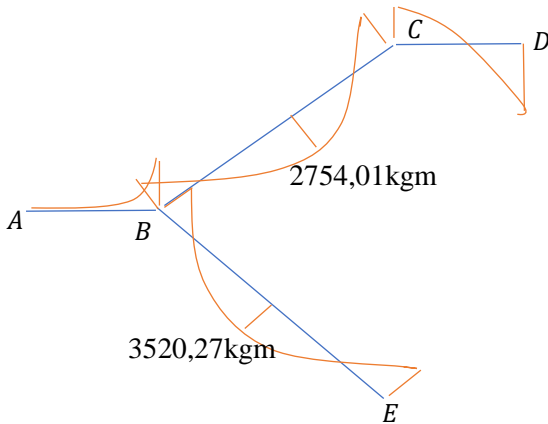


Diagram M



Jadi, Momen tumpuan B = 1875,7 kgm
 Momen tumpuan C = 2099,8 kgm
 Momen tumpuan D = 382,6 kgm
 Momen tumpuan E = 2853,05 kgm
 Momen max tangga BE = 3520,27 kgm
 Momen max tangga BC = 2754,01 kgm
 Maka diambil momen tangga = 3520,27 kgm
 Maka diambil momen bordes = 2853,05 kgm

Untuk mempermudah saat proses pemasangan, maka tulangan bordes dan pelat tangga dibuat sama.

Perhitungan kebutuhan tulangan pada tumpuan

$$M_u = 35,20 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{35,20 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 39.11 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \times 30} = 15.29$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.836 \times 30}{390} \frac{600}{600 + 390} = 0.033 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.033 = 0.0247$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{39.11 \times 10^6}{1000 \times 123.5^2} = 2.564$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.29 \times 2.564}{390}} \right) = 0.0069 > \rho_{\min} = 0.002 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho = 0.0069$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0069 \times 1000 \times 125 = 862.2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{D13} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 = 132.66 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{A_{D13}} = \frac{862.2}{132.66} = 6.49 \approx 7$$

Maka pakai tulangan utama D13 – 150

Kontrol Jarak tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Ps. 10.5.4 spasi maksimum antar tulangan tidak boleh melebihi nilai terkecil dari 3x tebal slab, atau 450 mm, dan pada Ps. 13.3.2 spasi tulangan maksimum tidak boleh melebihi 2x tebal slab,

- Smaks 1 = 3 x tp = 3 x 150mm = 450 mm
- Smaks 2 = 2 x tp = 2 x 150mm = 300 mm (menentukan)
- Smaks 3 = 450 mm

S rencana 150 mm < Smaks 300 mm (ok)

Perhitungan Tulangan susut dan suhu

Pada SNI 2847-2013 Ps. 7.12 disebutkan bahwa rasio tulangan terhadap luas bruto penampang beton minimal 0.002 dan jarak maksimum 5x tebal slab atau 450 mm,

Dengan syarat diatas maka didapat $\rho = 0.002$, sehingga

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 112 = 224 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{D10} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 13^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{A_{D10}} = \frac{224}{78.54} = 2.85 \approx 3$$

Smaks = 5 x tp = 5 x 120mm = 600 mm atau Smaks = 450 mm

Jadi direncanakan tulangan susut $\emptyset 10 - 200$.

Kontrol terhadap Retak

Pengecekan jarak tulangan lentur terhadap retak pada balok dan pelat satu arah diatur dalam SNI 2847 Ps. 10.6.4 ,dimana jarak tidak boleh melebihi

- $smaks = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c$
- $smaks = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

f_s = jarak terdekat ke muka tarik, f_s boleh diambil sebesar $2/3f_y$

c_c = jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik

$$f_s = 2/3 f_y = 2/3 (390) = 260 \text{ MPa}$$

$$c_c = 20 \text{ mm}$$

- $smaks = 380 \left(\frac{280}{260} \right) - 2.5 (20) = 273.07 \text{ mm}$
- $smaks = 300 \left(\frac{280}{260} \right) = 323.07 \text{ mm}$

Jarak tulangan yang dipakai adalah $200 \text{ mm} < Smaks \ 273.03 \text{ mm}$

Kontrol terhadap Geser

Kontrol terhadap geser dilakukan berdasar SNI 2847 Ps. 8.3.3

$$V_u = 44.50 \text{ kN} = 44500 \text{ N}$$

$$V_c = 0.17\lambda \sqrt{f_c} b w d$$

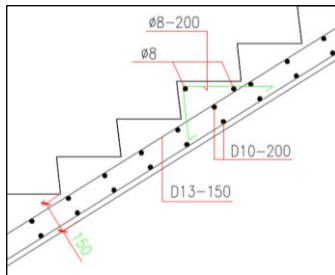
$$= 0.17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 123.5 = 116391.04 \text{ N}$$

Ket: $\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1

$$\phi V_c = 0.75 V_c = 87293 \text{ N}$$

$V_u < \phi V_c$, syarat terpenuhi (Ok)

Jadi pada pelat tangga dan bordes direncanakan tulangan utama D13-200 dan tulangan pembagi $\emptyset 10$ -200



Gambar 6.5 Gambar Penulangan Tangga

6.5 Desain Balok Lift

Pada gedung apartemen ini direncanakan menggunakan 4 buah lift, masing-masing kapasitas angkut 24 orang (1600 kg) yang diproduksi oleh SIGMA elevator company dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :

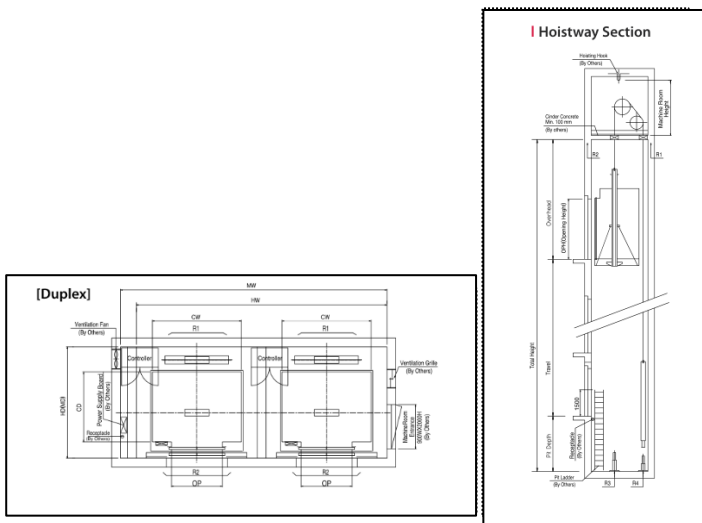
Tipe Lift	: IRIS NV Standard
Kapasitas	: 1600 kg (24 orang)
Kecepatan	: 1 m/s
Lebar pintu	: 1000 mm
Motor	: 18,5 KW
Dimensi Sangkar (Car Size)	
Car Width (CW)	: 2000 mm
Car Depth (CD)	: 1750 mm
Dimensi Ruang Luncur (Hoistway Size) Tipe Duplex	
Hoistway Width (HW)	: 5250 mm
Hoistway Depth (HD)	: 2450 mm
Beban Reaksi Ruang Mesin	
R1	: 10200 kg = 102 kN
R2	: 7000 kg = 70 kN

Tabel 5.4 Spesifikasi Lift

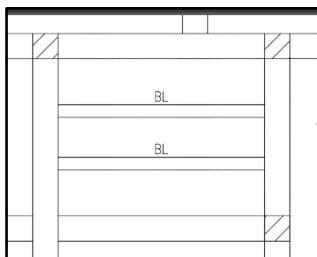
Rated speed fpm (mpm)	Capacity Lbs (kg)	Overhead OH (mm)	Pit PP (mm)	Pit Reaction		M/C Room Reaction	
				CAR (kN)	CWT (kN)	RA (kN)	RB (kN)
150/200 (4.5/6.0) 350 (1.05)	2100 (953)	14'-1" (4293)	5'-3" (1600)	70	56	58	105
				90	72		
150/200 (4.5/6.0) 350 (1.05)	2500 (1134)	14'-1" (4293)	5'-3" (1600)	82	65	40	113
				104	83		
150/200 (4.5/6.0) 350 (1.05)	3000 (1361)	14'-1" (4293)	5'-3" (1600)	91	70	64	122
				116	90		
150/200 (4.5/6.0) 350 (1.05)	3500 (1588)	14'-1" (4293)	5'-3" (1600)	86	65	70	129
				127	97		
150/200 (4.5/6.0) 350 (1.05)	4000 (1814)	14'-1" (4293)	5'-3" (1600)	95	72	73	138
				141	106		

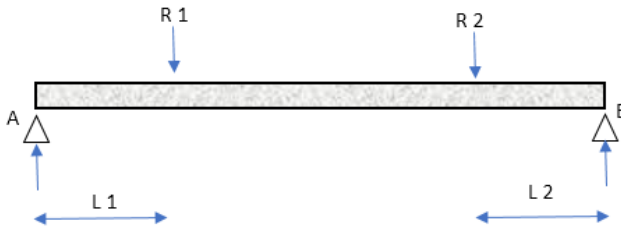
Notes: 1. If occupied space exists below the hoistway, Consult Hydraulic Safety Engineer.
 2. All dimensions are based on 8'0" cage with 7'-0" entrance door height.
 3. Higher cage height may affect overhead/OH dimension.
 4. For recessed cases, add 2" (51) travel to dimension X.
 5. Max. Travel is 75m.

Gambar 5.5 Layout Plan Elevator Hyundai Luxen



Direncanakan menggunakan 2 buah balok lift dengan dimensi 300/400, diletakkan sebagai berikut :





$$\begin{aligned}
 L1 &= (HD - CD)/2 \\
 &= (2450 - 1750)/2 &= 350 \text{ mm} \\
 L2 &= 0.5 CD \\
 &= 0.5 (1750) &= 875 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Pembebanan

Dimensi balok lift digunakan BL 30/40

$$R1 = R1/2 = 51 \text{ kN}$$

$$R2 = R2/2 = 35 \text{ kN}$$

$$L = 3.25 \text{ m}$$

Analisa gaya dalam BL didapatkan dari SAP 2000 sebesar

Frame Text	Station m	OutputCase	CaseType Text	P KN	V2 KN	V3 KN	T KN-m	M2 KN-m	M3 KN-m	FrameE Text
2516	0.75	1.2D + 1.6L	Combination	32.703	56.965	-0.11	0.4543	0.2306	-27.6536	2516-
2526	0.75	1.2D + 1.6L	Combination	35.889	56.759	0.206	-0.6428	-0.4008	-27.6139	2526-

$$\text{Mut} = 27.65 \text{ kNm}$$

$$\text{Mul} = 17.8 \text{ kNm}$$

Perhitungan kebutuhan tulangan pada tumpuan

$$M_u = 27.65 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{27.8 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 29.77 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \times 30} = 15.29$$

$$\begin{aligned} \rho b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.836 \times 30}{390} \frac{600}{600 + 390} = 0.033 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho b = 0.75 \times 0.033 = 0.0247$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{29.77 \times 10^6}{1000 \times 367^2} = 0.159$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.29 \times 0.159}{390}} \right) = 0.004 > \rho_{\min} = 0.002 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho = 0.004$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.004 \times 300 \times 367 = 440.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{D16} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2 = 200.96 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{A_{D16}} = \frac{440.4}{200.96} = 2.1 \approx 3$$

Maka pakai tulangan utama 3D16 ($A_s = 602.88 \text{ mm}^2$)

Kontrol Jarak tulangan

- $S = \frac{bw - (2x \text{selimut}) - (2x \text{Dsenggang}) - (nD \text{tulangan utama})}{\frac{n-1}{3-1}}$
- $S = \frac{300 - (2 \times 20) - (2 \times 10) - (3 \times 16)}{3-1}$
- $S = 96 \text{ mm}$

$S = 96 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$ (ok)

Kontrol terhadap Retak

Pengecekan jarak tulangan lentur terhadap retak pada balok dan pelat satu arah diatur dalam SNI 2847 Ps. 10.6.4 ,dimana jarak tidak boleh melebihi

- $s_{maks} = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c$
- $s_{maks} = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$f_s =$ jarak terdekat ke muka tarik, f_s boleh diambil sebesar $2/3f_y$

$c_c =$ jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik

$f_s = 2/3 f_y = 2/3 (390) = 260 \text{ MPa}$

$c_c = 20 \text{ mm}$

- $s_{maks} = 380 \left(\frac{280}{260} \right) - 2.5 (20) = 273.07 \text{ mm}$
- $s_{maks} = 300 \left(\frac{280}{260} \right) = 323.07 \text{ mm}$

Jarak tulangan yang dipakai adalah $100 \text{ mm} < S_{maks} 273.03 \text{ mm}$

Perhitungan kebutuhan tulangan pada lapangan

$$M_u = 17.8 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{17.8 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 9.65 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \times 30} = 15.29$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.836 \times 30}{390} \frac{600}{600 + 390} = 0.033 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.033 = 0.0247$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{9.65 \times 10^6}{300 \times 367^2} = 0.071$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.29 \times 0.071}{390}} \right) = 0.0018 < \rho_{\min} = 0.002 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho = 0.002$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.002 \times 300 \times 367 = 220.2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{D16} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 16^2 = 200.96 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{A_{D16}} = \frac{220.2}{200.96} = 1.05 \approx 2$$

Maka pakai tulangan utama 2D16 (As = 401.92 mm²)

Kontrol Jarak tulangan

- $S = \frac{bw - (2xselimut) - (2x Dsengakang) - (nD \text{ tulangan utama})}{n-1}$
 - $S = \frac{300 - (2 \times 20) - (2 \times 10) - (2 \times 16)}{2-1}$
- $S = 104 \text{ mm}$

$S = 104 \text{ mm} < 25 \text{ mm}$ (ok)

Kontrol terhadap Retak

Pengecekan jarak tulangan lentur terhadap retak pada balok dan pelat satu arah diatur dalam SNI 2847 Ps. 10.6.4 ,dimana jarak tidak boleh melebihi

- $smaks = 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c$
- $smaks = 300 \left(\frac{280}{f_s} \right)$

$f_s =$ jarak terdekat ke muka tarik, f_s boleh diambil sebesar $2/3f_y$

$c_c =$ jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik

$f_s = 2/3 f_y = 2/3 (390) = 260 \text{ MPa}$

$c_c = 20 \text{ mm}$

- $smaks = 380 \left(\frac{280}{260} \right) - 2.5 (20) = 273.07 \text{ mm}$
- $smaks = 300 \left(\frac{280}{260} \right) = 323.07 \text{ mm}$

Jarak tulangan yang dipakai adalah $100 \text{ mm} < Smaks 273.03 \text{ mm}$

Kontrol terhadap Geser

Kontrol terhadap geser dilakukan berdasar SNI 2847 Ps. 8.3.3

$$V_u = 18.8 \text{ kN} = 18800 \text{ N}$$

$$V_c = 0.17\lambda \sqrt{f_c} b w d$$

$$= 0.17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 367 = 102517.23 \text{ N}$$

Ket: $\lambda = 1$ (beton normal) SNI 2847-2013 pasal 8.6.1



$$\phi V_c = 0.75 V_c = 76887 \text{ N}$$

$V_u < \phi V_c$, syarat terpenuhi (Ok) tidak memerlukan sengkang tambahan

Digunakan sengkang dua kaki D13

Jarak sengkang tidak boleh lebih dari $d/2 = 0.5 \times 367 = 183.5 \text{ mm}$, SNI 2847:2013 Ps. 11.4.5.1)

Maka pakai sengkang 2 D13 -150 pada tumpuan

TYPE LANTAI	BALOK LIFT	
	TUMPUAN	LAPANGAN
		
B X H	300 x 400	300 x 400
TUL. ATAS	3 D16	2 D16
TUL. BAWAH	3 D16	3 D16
TUL. TORSI		
SENGKANG	2D13-150	2D13-150

Gambar 6.9 Rencana Penulangan Balok Lift

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

DESAIN STRUKTUR UTAMA

Perencanaan Struktur primer pada tugas Akhir ini menggunakan sistem ganda. Didalam perencanaan gedung yang menggunakan sistem ganda, berdasarkan nilai kategori disain seismik (KDS) D, maka sistem struktur utama didisain menggunakan aturan perencanaan beton untuk SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Struktur primer yang direncanakan yaitu :

1. Balok Utama
2. Kolom dan Hubungan Balok-Kolom
3. Dinding Geser

7.1 Desain Balok

Dalam struktur bangunan ini terdapat 6 jenis balok yang berbeda. Untuk mempersingkat dan mempermudah penulisan Tugas Akhir kali ini maka contoh perhitungan elemen balok hanya di tampilkan untuk 1 jenis balok saja dan sisanya akan di sajikan dalam bentuk tabel dan gambar pada lampiran.

Data Desain Balok Primer:

- Mutu beton $f'c$ = 30 Mpa
- Dimensi Balok = 400 x 700 mm
- Bentang Balok (L) = 6700 mm
- Bentang bersih balok = 6300 mm
- Diameter tulangan lentur = 25mm ($f_y = 390\text{Mpa}$)
- Diameter tulangan geser = 13mm ($f_y = 390\text{Mpa}$)
- Tinggi efektif (d) = 700 – 40 – 13 – 12.5
= 634.5 mm

Hasil Analisa struktur Balok:

- M^- tum = 565 kNm
- M^+ tum = 133 kNm
- M lap = 186 kNm
- P_u = 12 kN
- T_u = 33.85 kN

Kontrol Lingkup struktur lentur rangka momen khusus

- $A_g f_c' / 10 > P_u$ (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.1)
 $400\text{mm} \times 700\text{mm} \times 30\text{Mpa} / 10 > 27,72 \text{ kN}$
 $720 \text{ kN} > 12 \text{ kN}$ (OK)
- $L_n > 4d$ (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.2)
 $6500\text{mm} > 4 \times 634.5 \text{ mm}$
 $6500\text{mm} > 2544 \text{ mm}$ (OK)
- $b_w > 250 \text{ mm}$ (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.3)
 $400 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$ (OK)
- $b/h > 0.3$ (SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.3)
 $400/700 > 0.3$
 $0.57 > 0.3$ (OK)

Perhitungan kebutuhan tulangan pada tumpuan

$$M_u = 565 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{565 \times 10^6 \text{ Nmm}}{0.9} = 627 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c} = \frac{390}{0.85 \times 30} = 15.29$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 0.836 \times 30}{390} \frac{600}{600 + 390} = 0.033 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.033 = 0.0247$$

$$Rn = \frac{Mn}{b d^2} = \frac{627 \times 10^6}{400 \times 634.5^2} = 3.89$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.29 \times 3.89}{390}} \right) = 0.0109 > \rho_{\min} = 0.002 \end{aligned}$$

Maka dipakai $\rho = 0.0109$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0109 \times 400 \times 634.5 = 2766.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{D25} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 25^2 = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As perlu}}{A_{D25}} = \frac{2766.5}{490.87} = 5.63 \approx 6$$

Maka pakai tulangan utama 6D25 (As = 2945.22 mm²)

Kontrol jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2\text{tebal selimut} - 2D_{\text{senggang}} - (n \times D_{\text{tul lentur}})}{n - 1} \\ &\geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$s = \frac{400 - 40 - 40 - 13 - 13 - 6 \times 25}{5} = 28.8 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Cek Mn aktual

$$d \text{ aktual} = 700 - 40 - 13 - 12.5 = 634.5 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As f_y}{0.85 f_c b} = \frac{2945.22 \times 390}{0.85 \times 30 \times 400} = 112.61 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0.9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0.9 \cdot 2945 \cdot 390 \left(634.5 - \frac{112.61}{2} \right) = 597.67 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$597.67 \text{ kNm} > 565 \text{ kNm (OK)}$$

Tulangan positif tumpuan

Menurut SNI 2847:2013 ps 21.5.2(2) bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

tulangan utama 6D25 ($A_s = 2945.22 \text{ mm}^2$) → tulangan bawah dipasang 3D25 ($A_s = 1472.61 \text{ mm}^2$) > 0,5 A_s Utama

Cek batas penulangan

$$A_s > 1,4 b_w d / f_y = 1,4 \cdot 400 \cdot 636 / 390 = 913.23 \text{ mm}^2$$

$$A_s > \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} b_w d = \frac{0.25 \sqrt{30}}{390} \cdot 400 \cdot 636 = 893.20 \text{ mm}^2$$

$$A_s (1472.61 \text{ mm}^2) > A_{smin} \text{ (Ok)}$$

Kontrol jarak antar tulangan

$$s = \frac{b - 2\text{tebal selimut} - 2D_{\text{senggang}} - (n \times D_{\text{tul lentur}})}{n - 1}$$

$$\geq 25\text{mm}$$

$$s = \frac{400 - 40 - 40 - 13 - 13 - 3 \times 25}{2} = 114\text{mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Cek Mn aktual

$$a = \frac{As f_y}{0.85 f_c b} = \frac{1472.61 \cdot 390}{0.85 \cdot 30 \cdot 400} = 56.30 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0.9 As f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0.9 \cdot 1472.61 \cdot 390 \left(634.5 - \frac{56.30}{2} \right) = 313 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$313 \text{ kNm} > 133 \text{ kNm (OK)}$$

Perhitungan kebutuhan tulangan pada lapangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2 kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/4 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. $Mu \text{ lap} (186 \text{ kNm}) > \frac{1}{4} Mu \text{ tum} (141.25 \text{ kNm})$, maka yang dipakai $Mu \text{ lap}$

Dicoba tulangan 3D25 ($As = 1472.61 \text{ mm}^2$)

Cek batas penulangan

$$As > 1,4 bw d / f_y = 1,4 \cdot 400 \cdot 634.5 / 390 = 913.23 \text{ mm}^2$$

$$As > \frac{0.25 \sqrt{f_c}}{f_y} bw d = \frac{0.25 \sqrt{30}}{390} \cdot 400 \cdot 634.5 = 893.20 \text{ mm}^2$$

$$As (1472.61 \text{ mm}^2) > As_{\text{min}} (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar tulangan

$$s = \frac{b - 2 \text{tebal selimut} - 2D_{\text{senggang}} - (n \times D_{\text{tul lentur}})}{n - 1}$$

$$\geq 25 \text{ mm}$$

$$S = \frac{400-40-40-13-13-3 \times 25}{2} = 114 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OK)}$$

Cek Mn aktual

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c b} = \frac{1472.61 \ 390}{0.85 \ 30 \ 400} = 56.30 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0.9 A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0.9 \ 1472.61 \ 390 \left(634.5 - \frac{56.30}{2} \right) = 313 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn > Mu$$

$$313 \text{ kNm} > 186 \text{ kNm (OK)}$$

Menghitung probable moment capacity (Mpr)

Kapasitas momen ujung ujung balok bila struktur bergoyang kekanan (Kondisi 1 & 2) :

Kondisi 1 (searah jarum jam di muka kolom eksterior kanan)

$$a_{pr-1} = \frac{1.25 A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1.25 \ 2945.22 \ 390}{0.85 \ 30 \ 400} = 140.76 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 1.25 \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-1} = 1.25 \times 2945.2 \times 390 \left(634 - \frac{140.7}{2} \right) = 809 \text{ kNm}$$

Kondisi 2 (searah jarum jam di muka kolom interior kiri)

$$a_{pr-2} = \frac{1.25 A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1.25 \ 1472.61 \ 390}{0.85 \ 30 \ 400} = 70.4 \text{ mm}$$

$$M_{pr-2} = 1.25 \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-2} = 1.25 \times 1472.61 \times 390 \left(536 - \frac{70.4}{2} \right) = 430 \text{ kNm}$$

Kapasitas momen ujung ujung balok bila struktur bergoyang kekiri (Kondisi 3 & 4) :

Karena detailing penampang kedua ujung balok adalah identik , maka kapasitas momen probable di ujung ujung balok ketika struktur bergoyang ke kiri besarnya sama dengan pada saat struktur bergoyang kekanan, hanya arahnya saja berlawanan.

Kondisi 3 (berlawan arah jarum jam di muka kolom interior kanan)

$$a_{pr-3} = \frac{1.25 A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1.25 \times 2945.22 \times 390}{0.85 \times 30 \times 400} = 140.76 \text{ mm}$$

$$M_{pr-3} = 1.25 \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-3} = 1.25 \times 2945.2 \times 390 \left(634 - \frac{140.7}{2} \right) = 809 \text{ kNm}$$

Kondisi 4 (berlawan arah jarum jam di muka kolom interior kiri)

$$a_{pr-4} = \frac{1.25 A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{1.25 \times 1472.61 \times 390}{0.85 \times 30 \times 400} = 70.4 \text{ mm}$$

$$M_{pr-4} = 1.25 \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$M_{pr-4} = 1.25 \times 1472.61 \times 390 \left(536 - \frac{70.4}{2} \right) = 430 \text{ kNm}$$

Menghitung gaya geser rencana

$$V_u = V_g + V_{sway}$$

Dimana :

- V_u = gaya geser rencana
- V_g = gaya geser akibat gravitasi dengan kombinasi beban 1.2D+1L (129 kN dari SAP2000)
- V_{sway} = gaya geser akibat goyangan struktur

Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{sway - ka} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-2}}{Ln} = \frac{809 + 430}{6.3} = 196.6 \text{ kN}$$

- Total reaksi geser di ujung kiri balok
129 kN – 196.6 kN = 60.1 kN
- Total reaksi geser di ujung kanan balok
129 kN + 196.6 kN = 319.8 kN

Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{sway - ki} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-2}}{Ln} = \frac{809 + 430}{6.3} = 196.6 \text{ kN}$$

- Total reaksi geser di ujung kiri balok
129 kN – 196.6 kN = 60.1 kN
- Total reaksi geser di ujung kanan balok
129 kN + 196.6 kN = 319.8 kN

Dari hasil perhitungan di atas didapat gaya geser terbesar $V_u = 319.8$ kN, maka V_u tersebut yang akan dipakai untuk merencanakan tulangan geser.

Penulangan geser balok

Kait tulangan geser sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1 mensyaratkan bahwa kait harus sepanjang enam kali diameter tulangan ($6d_b = 150 \text{ mm}$) tapi tidak lebih kecil dari 75 mm. maka dipakai kait sepanjang 150mm.

$$V_u = V_c + V_s$$

Dimana :

V_u = gaya geser rencana

V_c = tahanan geser beton

V_s = tahanan geser tulangan geser

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2 tahanan geser beton (V_c) harus diambil = 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila:

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung ujung balok melebihi setengah kuat geser rencana (V_u) di sepanjang bentang
- Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat gempa kurang dari $A_g f'_c / 20$

Maka didapat

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{319.8}{0.75} - 0 = 426.4 \text{ kN}$$

SNI 2847-2013 pasal 11.4.7.9 menyebutkan bahwa V_s tidak boleh lebih besar dari:

$$V_{s-max} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{2}{3} \sqrt{30} 300 634.5 = 926.75 \text{ kN}$$

(OK, $V_s=426.4 < V_{s-max}= 926 \text{ kN}$)

Dicoba pakai diameter tulangan D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265.33\text{mm}^2$)

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = \frac{265.33\text{mm}^2 \times 390\text{Mpa} \times 634\text{mm}}{426.4 \times 1000\text{ N}} = 117\text{ mm}$$

$$\approx 100\text{ mm}$$

Cek S maksimum

SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 menyebutkan bahwa hoop pertama harus dipasang pada jarak 50mm dari muka tumpuan terdekatan dan yang berikutnya dipasang dengan spasi terkecil di antara nilai berikut:

- $d/4$ $= 476.12 / 4$ $= 119\text{ mm}$
- $6 \times d\text{ tul}$ $= 6 \times 19$ $= 114\text{ mm}$
- 150 mm

Tapi tidak perlu kurang dari 100 mm, dengan demikian tulangan di daerah sendi plastis dipasang sengkang 2 kaki D13 jarak 100 mm

Cek V_s aktual

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} = \frac{265.33 \times 390 \times 536}{150} = 369.76\text{ kN}$$

(OK, V_s actual $369.76\text{ kN} > V_u$ 319 kN)

Panjang sendi plastis dari sisi muka kolom terdekat diambil yang terbesar antara :

- $L_n/4$ $= 6300/4 = 1575\text{ mm}$
- $2h$ $= 2 \times 600 = 1200\text{ mm}$

Maka sendi plastis didapat sepanjang 1700 mm

Perhitungan tulangan geser di luar sendi plastis (lap)

$$W_u = 36.69 \text{ kN}$$

Gaya geser rencana (V_u) untuk zona diluar sendi plastis yang berjarak 1500 mm dari muka kolom adalah

$$\begin{aligned} V_u \text{ lap} &= V_u \text{ tump} - (2 \times W_u / L \times 2h) \\ &= 319.8 \text{ kN} - (2 \times 36.69 \text{ kN} / 6300 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}) \\ &= 264.23 \text{ kN}. \end{aligned}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 400 \times 634 \times 10^{-6} = 236.3 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{264.23}{0.75} - 236.3 = 115.99 \text{ kN}$$

Dipakai diameter tulangan D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265.33 \text{ mm}^2$) dengan jarak maksimum $SRPMK = 150 \text{ mm}$

Cek V_s aktual

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} = \frac{265.33 \times 390 \times 634.5}{150} = 437 \text{ kN}$$

(OK, V_s actual 437 kN > V_s 115 kN)

Perhitungan Torsi pada balok

Berdasar SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor lebih kecil dari :

$$A_{cp} = x_0 \times y_0 = 400 \times 700 = 280000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2x(x_0 + y_0) = 2x(400 + 700) = 2200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \left(\frac{280000^2}{2200} \right) \\ &= 12.15 \text{ KN} \end{aligned}$$

$T_u = 33.85 \text{ KN} > 12.15 \text{ KN}$ (Not OK), maka diperlukan tulangan penahan torsi

Cek kekuatan penampang balok terhadap torsi.

Dimensi balok harus memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.1 :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bwd} \right)^2 + \left(\frac{TuPh}{1,7A^2oh} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bwd} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

$$\begin{aligned} bh &= b - 2 \times \text{tebal selimut} - \phi_{sengakang} = 400 - 2(40) - (13) \\ &= 307 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hh &= h - 2 \times \text{tebal selimut} - \phi_{sengakang} = 700 - 2(40) - \\ (13) &= 607 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Ph = 2(bh + hh) = 2(307 + 607) = 1828 \text{ mm}$$

$$A_0h = bh \times hh = 307 \times 607 = 155649 \text{ mm}^2$$

$$Vc = 0,17 \sqrt{f'c} bw d = 0,17 \sqrt{30} \times 400 \times 634.5 = 199633 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bwd}\right)^2 + \left(\frac{TuPh}{1,7A^2oh}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{292x10^3}{400x634}\right)^2 + \left(\frac{20,7x10^6x1628}{1,7(155649)^2}\right)^2} = 1,45 \text{ MPa}$$

$$\phi \left(\frac{Vc}{bwd} + 0,66\sqrt{fc} \right) = 0,75 \left(\frac{199633}{400x634} + 0,66\sqrt{30} \right) = 3,4 \text{ Mpa}$$

$$1,45 \text{ MPa} \leq 3,4 \text{ MPa (Ok)}$$

Hitung kebutuhan tulangan torsi

$$\frac{A_t}{s} = \frac{Tn}{2A_0f_{yv} \cot \theta} = \frac{33,85/0,75}{2x155649x390x1} = 0,36 \text{ mm}^2/\text{mm/satu kaki}$$

Perhitungkan juga kebutuhan tulangan akibat geser :

telah terpasang 2D13-100

$$\frac{A_v}{s} = \frac{0,25 x 3,14 x 13^2}{100} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Setelah ditambahi torsi menjadi

$$\frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 2,65 + 2 x 0,36 = 3,37 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dicoba sengkang tumpuan D13 3 kaki jarak 100

$$\frac{A_{vpakai}}{s} = \frac{3x 0,25 x 3,14 x 13^2}{100} = 3,97 \text{ mm}^2/\text{mm} > 3,37 \text{ (Ok)}$$

Untuk di daerah tumpuan ,telah terpasang 2D13-150

$$\frac{A_v}{s} = \frac{0,25 x 3,14 x 13^2}{150} = 1,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Setelah ditambahi torsi menjadi

$$\frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 1,77 + 2 x 0,36 = 2,48 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dicoba sengkang tumpuan D13 3 kaki jarak 150

$$\frac{A_{vpakai}}{s} = \frac{3 \times 0,25 \times 3,14 \times 13^2}{150} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm} > 2,48 \text{ (Ok)}$$

Hitung tulangan torsi longitudinal

Berdasar SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 luas tulangan torsi longitudinal adalah

$$A_l = \frac{At}{s} Ph \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot \theta$$

$$A_l = 0,36 \times 1828 \left(\frac{390}{390} \right) \cot 45 = 634,81 \text{ mm}^2$$

Cek luas A_l minimum SNI 2847:2013 pasal 11.5.5.3

$$A_{lmin} = \frac{0,42 \sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{At}{s} \right) Ph \frac{f_{yt}}{f_y}$$

$$A_{lmin} = \frac{0,42 \sqrt{30} 280000}{390} - 0,38 \times 1828 \frac{390}{390} = 956,95 \text{ mm}^2$$

Karena A_l rencana $<$ A_{lmin} , maka dipakai A_l torsi = 956,95 mm²

Untuk mendistribusikan $A_{l\lambda}$ secara sama di semua empat muka balok tersebut, gunakan $\frac{1}{4}A_{l\lambda}$ di dua sudut teratas dan $\frac{1}{4}A_{l\lambda}$ di dua sudut terbawah. Sehingga

$$A_l = \frac{A_l}{4} = \frac{956,95}{4} = 239,23 \text{ mm}^2$$

Sediakan 2D13 ($A_s=265,46 \text{ mm}^2$) untuk tulangan torsi samping.

Tulangan Balok yang terpasang untuk beberapa tipe balok lainnya disajikan dalam tabel berikut :

TIPE BALOK	B	H	TUL LENTUR			SENGKANG		TUL
	mm	mm	ATAS	BAWAH	LAP	Tump	Lap	SAMPING
B1	400	700	6D25	3D25	3D25	3D13-100	3D13-150	4D13
B2	400	600	6D25	3D25	3D25	4D13-100	3D13-150	4D13
B3	300	500	3D19	2D19	2D19	2D13-100	2D13-150	2D13
B4	300	500	4D19	3D19	2D19	2D13-100	2D13-150	2D13

7.2 Desain Kolom

Dalam struktur bangunan ini terdapat beberapa macam dimensi kolom, sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan kolom eksterior 80/80 cm pada lantai dasar dengan data – data kolom sebagai berikut :

Tinggi kolom	: 3,4 m
Dimensi Kolom	: 800 x 800mm
Mutu beton f_c'	: 30 Mpa
Mutu baja f_y	: 390 Mpa & 320 Mpa
Ø tul memanjang	: D25 mm (ulir)
Ø tul sengkang	: D13 mm (ulir)

Tabel 7.1 Momen Dan Gaya Aksial Kolom K1

Kolom	Aksial(kN)	Momen(kN)	Geser(kN)
Kolom atas			
X	5804.78	181.27	86.92
Y	6362,85	349.34	144.37
Kolom yg didesain			
X	6243.57	177.47	75.07
Y	6805.89	478.16	152.27

Cek syarat komponen struktur penahan gempa

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $A_g f'_c / 10$ (SNI2847:2013 pasal 21.6.1).

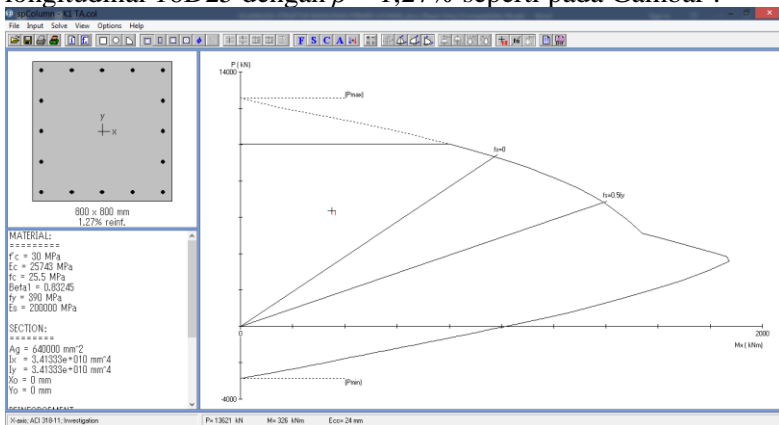
$$\frac{A_g f'_c}{10} = \frac{800\text{mm} \times 800\text{mm} \times 30\text{N/mm}^2}{10} = 1920 \text{ kN}$$

$$P_u = 6362,85 \text{ kN} > 1920 \text{ kN (Ok)}$$

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI32847:2013 pasal 21.6.1.1), Sisi terpendek kolom = 800 mm \rightarrow (Ok)
- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI2847:2013 pasal 21.6.1.2) $\frac{800}{800} = 1 \rightarrow$ (Ok)

Cek Syarat Rasio Tulangan

Luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$ (SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1). Dari trial error dengan PCACOL didapat konfigurasi tulangan longitudinal 16D25 dengan $\rho = 1,27\%$ seperti pada Gambar :



Gambar 7. 1 Diagram Interaksi K1

Cek Syarat Stong Column Weak Beam

SNI Pasal 21.6.2.2

Kuat kolom harus memenuhi $\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$

Dimana :

$\sum M_c$ = jumlah Mn dua kolom yang bertemu di join

$\sum M_g$ = jumlah Mn dua balok yang bertemu di join

Dalam perhitungan kolom ini untuk arah x balok yang di tinjau adalah balok 500/700 bertemu dengan balok dengan jenis yang sama 500/700, dengan Mn positif = 230 kNm dan Mn negatif = 555 kNm. Sedangkan untuk arah y balok yang ditinjau adalah balok 400/600 dengan Mn positif = 191 kNm dan Mn negatif = 454 kNm

Jadi $1.2 \sum M_g$ (arah Y) = $1.2 (230 + 555) = 942$ kNm

Jadi $1.2 \sum M_g$ (arah X) = $1.2 (191 + 454) = 774$ kNm

$\sum M_c$

Kolom lantai atas

ϕP_n -abv = gaya aksial terfaktor kolom atas = 6362,85 kN
 ϕM_n dari diagram interaksi kolom = 1437.83 kNm

Kolom lantai yang didesain

ϕP_n -dsn = gaya aksial terfaktor kolom atas = 6805,89 kN
 ϕM_n dari diagram interaksi kolom = 1391.98 kNm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:									
No.	Pu kN	Mux kNm	PhiMnx kNm	PhiMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi	
1	6362.85	0.00	1437.83	999.999	534	747	0.00120	0.650	
2	6805.89	0.00	1391.98	999.999	563	747	0.00098	0.650	

*** End of output ***

Gambar 6.3 ϕM_n dari diagram interaksi kolom

Cek syarat weak beam strong coloumn

$$\Sigma M_c = (1437.83 + 1391.98) = 2829,81 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_c (2829,81 \text{ kNm}) > 1,2 \text{ Mg (arah X)}(774 \text{ kNm})$$

$$\Sigma M_c (2829,81 \text{ kNm}) > 1,2 \text{ Mg (arah Y)}(942 \text{ kNm})$$

Desain tulangan confinement

SNI pasal 21.6.4.4 meyebutkan bahwa total luas penampang hoops tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar antara:

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = \frac{0.09 s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

Dicoba gunakan tualngan D13 :

- Diameter = 13 mm
- Luas bar = 132.7 mm²

$$\begin{aligned}
 bc &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang hoops)} \\
 &= bw - 2 \left(40 + \frac{1}{2} d_b \right) \\
 &= 800 - 2x \left(40 + \frac{1}{2} 13 \right) = 707mm
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= \text{luas penampang inti beton, diukur dari serat terluar} \\
 &\text{hoops ke serat terluar hoops di sisi lain.} \\
 &= (800 - 2(40))x (800 - 2(40)) = 518400mm^2
 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh1}}{s} &= 0,3 \left(\frac{b_c f'c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\
 \frac{A_{sh1}}{s} &= 0,3 \left(\frac{707 \cdot 30}{320} \right) \left(\frac{640000}{518400} - 1 \right) = 3.82 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh2}}{s} &= \frac{0.09 b_c f'c}{f_{yt}} \\
 \frac{A_{sh2}}{s} &= \frac{0.09 \cdot 707 \cdot 30}{320} = 4.2 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Jadi di ambil nilai yang terbesar yaitu 4.2 mm²/mm

Pada SNI Pasal 21.6.4.3

Spasi maksimum diambil dari nilai yang terkecil antara :

- $\frac{1}{4}$ dimensi penampang kolom terkecil = $800\text{mm}/4 = 200$ mm
- 6kali diameter tulangan longitudinal = $25 \text{ mm} \times 6 = 150$ mm
- S_0 menurut persamaan :

$$100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

Dengan spasi maksimum kaki-kaki pengikat silang = 203 mm

$$S_0 = 100 + \frac{350 - 203}{3} = 150 \text{ mm}$$

Maka didapat S maksimum adalah 150 mm, tetapi tidak perlu lebih kecil dari 100mm.

Coba digunakan Spasi 100 mm.

$$A_{sh} = 4.7 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 100 \text{ mm} = 470 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dicoba D13 5 kaki} = 5 \times (0.25 \times 3.14 \times 13^2) = 530.9 \text{ mm}^2$$

Jadi gunakan D13 dengan 5 kaki dengan luas penampang = $530 \text{ mm}^2 > 470 \text{ mm}^2$. (OK, kebutuhan $A_{sh-\text{min}}$ terpenuhi)

SNI Pasal 21.6.4.1

Tulangan tersebut diperlukan sepanjang l_0 dari ujung ujung kolom, nilai l_0 dipilih yang terbesar antara :

- Tinggi elemen kolom di join = 800 mm
- $1/6$ tinggi bersih kolom = $1/6 \times 3400 = 566$ mm
- 450 mm = 450 mm

Dengan demikian, ambil $l_0 = 800$ mm

SNI Pasal 21.6.4.5

Sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom dikurangi l_0) diberi hoops dengan jarak minimum sebesar 150 mm atau $6 \times$ diameter tulangan longitudinal = $6 \times 25 = 150$ mm

Cek kuat geser tulangan

Ve tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-top}DF_{top} + M_{pr-btm}DF_{btm}}{ln}$$

Dimana :

- DF = factor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang di desain.

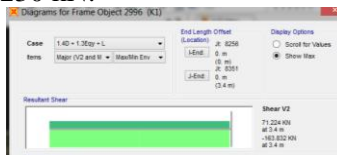
Karena kolom lantai atas dan bawah memiliki kekakuan yang sama maka

$$DF_{top} = DF_{btm} = 0.5$$

- M_{pr-top} = penjumlahan M_{pr} balok di lantai atas
- M_{pr-btm} = penjumlahan M_{pr} balok di lantai bawah

$$V_{sway} = \frac{230 + 555}{3.4} = 230 \text{ kN}$$

Tapi, V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis (dari SAP2000) yaitu = 163,83 kN, maka V_e yang digunakan adalah 230 kN.



Gambar 7. 2 Gaya Geser Terfaktor K1

SNI persamaan (11-4) memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja :

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_w d$$

Dimana :

f'_c = kuat tekan beton

b_w = lebar kolom

d = lebar efektif

maka

$$V_c = \frac{\sqrt{30}}{6} 800 \times (800 - 40 - 13 - 12,5)$$

$$V_c = 536 \text{ kN}$$

Cek apakah dibutuhkan tulangan geser :

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{1}{2} V_c ?$$

$$\frac{230}{0.75} = 260 \text{ kN} < \frac{1}{2} \times 536 = 268 \text{ kN}$$

Maka tulangan geser tidak diperlukan tetapi tetap menggunakan sengkang sesuai dengan syarat confinement minimum seperti sebelumnya yaitu D13 4 kaki jarak 100 mm.

Untuk bentang di luar l_0

SNI persamaan (11-4) memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja :

$$V_c = 0.17 \left(1 + 14 \frac{N_u}{A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$$

Dimana :

N_u = gaya tekan aksial terkecil dari kombinasi pembebanan
 $\Lambda = 1$, untuk beton normal (SNI 2847-2013 pasal 8.6.1),

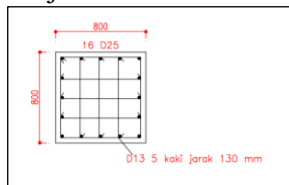
$N_u = 3679$ kN (kombinasi 0.9D+1E)

maka

$$V_c = 0.17 \left(1 + 14 \frac{3.68}{0.8 \cdot 0.8} \right) \sqrt{30} \cdot 800 \cdot (734,5)$$

$V_c = 771$ kN

Karena V_c melebihi V_u/ϕ untuk bentang kolom di luar l_0 , maka tulangan sengkang tidak perlu ada tambahan, dan hanya digunakan tulangan confinement saja.



Gambar 7. 3 Detail Tulangan K1

- Desain Lap Splices

Sambungan lewatan (*lap splices*) hanya boleh dipasang ditengah tinggi kolom, dan harus diikat dengan tulangan sengkang (*confinement*). Sepanjang sambungan lewatan, spasi tulangan transversal harus dipasang sesuai spasi tulangan confinement diatas, yaitu 100 mm.

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3l_d$. SNI 03-2847-2013 pasal 12.15.1). Besarnya l_d ditetapkan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai $K_{tr} = 0$ untuk penyederhanaan desain.

Untuk tulangan $D > 22$ mm (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.2), panjang penyaluran tulangan D25 adalah :

$$l_{d-25} = \frac{f_y \Psi_c \Psi_e}{1,1 \lambda \sqrt{f_c} \left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} \right)} d_b = \frac{390 \cdot 1,3 \cdot 1}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \left(\frac{65,5+0}{25} \right)} 25 = 802,95 \text{ mm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 \times 802,95 \text{ mm} = 1043,84 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang 1050 mm.

6.3.3 Desain Hubungan Balok-Kolom HBK

HBK menurut SNI Pasal 21.7.4.1 dan 21.7.2.3 adalah

Luas efektif A_j (tinggi kolom x lebar kolom dan minimal sepanjang 20db longitudinal terbesar balok, sehingga

$$A_j = 800 \text{ mm} \times 800 \text{ mm}$$

$$A_j > 20 \text{ db} = 20 \times 25 = 500 \text{ mm (Ok)}$$

Berdasarkan SNI Pasal 21.7.3.2 ,tulangan confinement HBK setidaknya setengah dari tulangan confinement pada kolom sehingga didapat :

$$\frac{A_{sh}}{s} = 4,2 \text{ mm}^2/\text{mm} \rightarrow A_{sh} = 2,1 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi vertical hook diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm, → dicoba spasi 150 mm :

$$\begin{aligned} \text{Area tulangan yang diperlukan} &= 150 \text{ mm} \times 2,1 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ &= 315 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan D13 3 kaki ($132 \text{ mm}^2 \times 3 = 398,1 \text{ mm}^2$)

Cek HBK terhadap Gaya Geser

Balok yang memasuki join memiliki momen probable M_{pr} 555 kNm dan 230 kNm, pada join tersebut kolom atas dan kolom bawah memiliki kekakuan yang sama sehingga $DF = 0,5$ untuk setiap kolom, maka :

$$M_e = 0,5 \times (555 + 230) \text{ kNm} = 392,5 \text{ kNm}$$

Gaya geser pada kolom atas :

$$V_{sway} = (392,5) / 3,4 = 115,44 \text{ kN}$$

Dibagian lapis atas balok, terpasang tulangan baja 5D22 ($A_s = 1900,66 \text{ mm}^2$)

Gaya Tarik yang bekerja pada baja tulangan balok di bagian kiri adalah :

$$T_1 = 1,25 A_s f_y = 1,25 \times 1900,66 \times 390 = 926,25 \text{ kN}$$

Gaya Tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri adalah :

$$C_1 = T_1 = 926,25 \text{ kN}$$

Karena penulangan balok sebelah kanan dan kiri identik, maka jika HBK bergoyang ke arah sebaliknya, maka gaya yang terjadi adalah

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok di bagian kanan

$$T_2 = T_1 = 926,25 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan :

$$C_2 = C_1 = 926,25 \text{ kN}$$

Sehingga total gaya geser yang terjadi apabila portal bergoyang ke kiri :

$$V_u = V_j = V_{\text{sway}} - T_1 - C_2$$

$$V_u = V_j = 115,44 \text{ kN} - 926,25 \text{ kN} - 926,25 \text{ kN} = -1651,03 \text{ kN}$$

Arah sesuai dengan T_1 yaitu ke kiri

Kuat Geser HBK menurut SNI Pasal 21.7.4.1 adalah

$$V_n = 1,7 \sqrt{f'_c} A_j$$

$$V_n = 1,7 \sqrt{30} 800 \times 800$$

$$V_n = 5959,22 \text{ kN} > V_u = 1651,03 \text{ kN}$$

(Ok, kuat geser memadai)

7.3 Desain Dinding Geser

Dinding geser merupakan komponen struktur utama dalam struktur gedung *dual-system* yang berperan besar dalam menahan gaya gempa yang terjadi serta menjadi salah satu komponen pengaku gedung saat gempa terjadi. Gaya –gaya maksimum terjadi pada dasar dinding, meliputi gaya momen maksimum, (M_u) dan geser maksimum (V_u).

Dalam permodelan struktur gedung ini terdapat 2 jenis dinding geser, dengan tebal 30 cm. Sebagai contoh perhitungan akan digunakan pada 1 jenis model dinding geser yaitu SW1. Perhitungan dilakukan berdasarkan hasil analisa program bantu SAP 2000.

Data data dinding geser yang menjadi tinjauan adalah sebagai berikut:

Panjang : 6150 mm

Tinggi : 3400 mm

Tebal : 300 mm

Tebal decking : 40 mm

D. Tulangan : 19 mm

Ø. Sengkang : 10 mm

Mutu Tulangan : 390 Mpa

Mutu Sengkang : 240 Mpa

Mutu Beton : 30 Mpa

Kontrol Ketebalan Terhadap Gaya Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4, kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi :

$$0,83A_{cw}\sqrt{f'c}$$

Dimana :

A_{cw} : Luas penampang dinding yang ditinjau
: h x d (menurut SNI 2847:2013 pasal 11.9.4, d=0,8lw

$$V_u < 0,83 A_{cw} \sqrt{f'c}$$

$$3026,21 \text{ kN} < 0,83 (300.0,8.6150) \sqrt{30}$$

$$3026,21 \text{ kN} < 6055,40 \text{ kN}$$

Maka, ketebalan *Shear Wall* mampu untuk menahan geser.

Kuat Geser Dinding Struktural

Rasio Tulangan Minimum (SNI 2847:2013 Pasal 21.9.2.1)

$$\begin{aligned} A_{cv} &= lw \times tw \\ &= 6150 \times 300 \\ &= 1665000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_u > 0,083.A_{cv}.\lambda.\sqrt{f'c}$$

$$3026,21 \text{ kN} > 0,083.1665000.1.\sqrt{30}$$

$$3026,21 \text{ kN} > 756,925 \text{ kN}$$

Karena nilai V_u tidak melebihi dari nilai $0,083A_{cw}\sqrt{f'c}$, rasio tulangan minimum ditentukan sesuai dengan SNI 2847-2013, Pasal 14.3.2.

V_n Berdasar SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1 kuat geser nominal dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'c} + \rho_t f_y)$$

Dimana :

$$\frac{hw}{lw} = \frac{51000}{6150} = 9,18$$

$$\begin{aligned}\alpha_c &= 0,25 \text{ untuk } hw/lw \leq 1,5 \\ &= 0,17 \text{ untuk } hw/lw \geq 2,0 \\ &= \text{variatif, untuk } hw/lw \text{ antara } 1,5-2,0\end{aligned}$$

Karena $hw/lw \geq 2$, $\alpha_c = 0,17$

Dicoba tulangan transversal pada dinding geser terpasang D16-300

Rasio tulangan transversal terpasang ialah :

$$\begin{aligned}\rho_t &= \frac{2 \times A_s}{s \times t} \\ &= \frac{2 \times 201,06}{300 \times 300} \\ &= 0,0044 > \rho_{\min} (0,0025) \text{ OK.}\end{aligned}$$

Maka dapat dihitung kuat geser nominal sebagai berikut :

$$\begin{aligned}V_n &= A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \\ &= 1665000 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} + 0,0044 \cdot 390) \\ &= 4407468,69 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,75 \cdot 4407468,69 \\ &= 3305601,52 \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_u = 3026,21 \text{ kN} < \phi V_n = 3305,6 \text{ kN}$$

*) Dinding cukup kuat untuk menahan geser.

SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 membatasi kuat geser nominal maksimum dinding geser sebagai berikut:

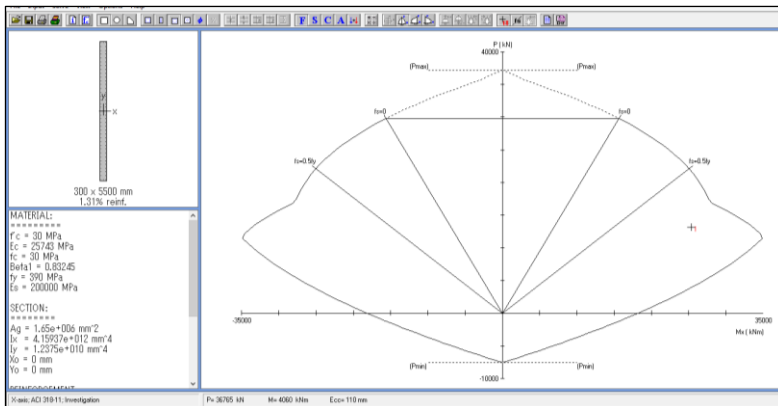
$$\begin{aligned}V_{n-\text{maks}} &= 0,83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f'_c} \\ &= 0,83 \cdot 1665000 \sqrt{30} \\ &= 7569,25 \text{ kN}\end{aligned}$$

Diambil nilai terkecil dan ditetapkan $\phi V_n = 3305,6$ kN., sehingga untuk menahan geser digunakan tulangan transversal D16-300

Cek Dinding Geser Terhadap Kombinasi Aksial dan Lentur

Kuat tekan lentur dinding struktural diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut. Dengan bantuan program Pca Col, diagram interaksi dari dinding struktural tersebut dapat dilihat pada gambar 6.4 . Dimana dari diagram tersebut nampak

bahwa kapasitas dinding dalam menahan aksial yang terjadi masih memenuhi.



Gambar 7. 4 Diagram Interaksi SW1

Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

- Berdasar pendekatan tegangan

$$A_g = 1665000 \text{ mm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= 1/12 \times 300 \times 6150^3$$

$$= 4,27 \times 10^{12}$$

$$y = lw/2$$

$$= 6150/2$$

$$= 3075 \text{ mm}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas, apabila:

$$\frac{Pu}{A_g} + \frac{Mu.y}{I_g} > 0,2 f'c$$

$$\frac{12432000}{1665000} + \frac{26001000.3075}{4,27 \times 10^{12}} > 0,2 f'c$$

$$7,466 + 0,0168 > 6 \text{ Mpa}$$

$$7,482 \text{ Mpa} > 6 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, dibutuhkan komponen batas khusus pada dinding struktural.

- Berdasar pendekatan perpindahan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6, daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas, dimana :

$$c \geq \frac{lw}{600 \left(\frac{\delta u}{hw} \right)}$$

Dimana $\frac{\delta u}{hw}$ tidak boleh diambil kurang dari 0,007.

Nilai δu adalah nilai ΔM pada lantai tertinggi pada masing-masing arah.

Nilai syarat komponen batas :

$$\begin{aligned}\text{Arah y} &= \delta u / h_w \\ &= 70,91/51000 \\ &= 0,00139\end{aligned}$$

$$\delta_u / h_w < 0,007 \rightarrow \text{dipakai } \delta_u / h_w = 0,007$$

$$\begin{aligned}\frac{l_w}{600(\delta_u / h_w)} &= \frac{6150}{600 \cdot 0,007} \\ &= 1321,42 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari hasil analisa SPCol didapatkan hasil dari C adalah 2236 mm, maka

Axial Load and Corresponding Moment Capacities:						
Load No.	PhiPn kN	PhiMnx kNm	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	13199.0	41065.34 -41065.33	2236 2236	6091 6091	0.00517 0.00517	0.900 0.900

$$c > \frac{l_w}{600(\delta_u / h_w)} \rightarrow \text{dibutuhkan elemen pembatas}$$

Penentuan Panjang Elemen Pembatas Khusus

Dari ketentuan mengenai komponen batas khusus, panel dinding geser yang ditinjau tidak memenuhi persyaratan yang ada. Maka dari itu, perhitungan mengenai *boundary element* Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4, *boundary element* harus dipasang

secara horisontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang daripada $(c - 0,1 \lambda_w)$ dan $c/2$.

- $(c - 0,1 \lambda_w) = 2236 - (0,1 \times 6150)$
 $= 1740 \text{ mm}$
- $c/2 = 2236/2$
 $= 1117,5 \text{ mm}$

Panjang boundary element harus dipasang minimal sejarak 1800 mm dari serat tekan terluar, digunakan jarak *special boundary element* sepanjang 1800 mm.

Cek Rasio Penulangan

Sesuai hasil perhitungan diatas dilakukan pengecekan, pada diagram interaksi didapat hasil pasang 20D19 pada daerah komponen batas khusus. Rasio tulangan yang dihasilkan sebesar :

$$\rho = \frac{(20 \times 283,52 \text{ mm}^2)}{(1800 \times 300)}$$

$$= 0,010$$

Menurut *Iswandi, 2014* berdasarkan UBC (1997):
 $\rho_{hitung} = 0,010 > \rho_{min} = 0,005 \rightarrow \text{OK}$.

Tulangan confinement pada *boundary element*

Digunakan *hoop* berbentuk persegi dengan D13. Spasi maksimum *hoop* ditentukan oleh yang terkecil diantara :

$$\frac{1}{3} \text{ dimensi terkecil} = \frac{1}{3} \cdot 300 \text{ mm}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$6d_b = 6 (19)$$

$$= 114 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_x &= 100 + \frac{350 - h_x}{3} \\
 &= 100 + \frac{350 - 175}{3} = 158 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

S tidak boleh lebih kecil dari 100 mm.

Dari hasil perhitungan diatas, maka diambil spasi 100 mm.

Karakteristik inti penampang :

$$\begin{aligned}
 b_c &= \text{dimensi inti core, diukur dari sumbu ke sumbu hoop} \\
 &= 300 - [(2.40) + ((2.13)/2)] \\
 &= 207 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan *confinement* yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \frac{0,09 \cdot s \cdot b_c \cdot f'_c}{f_y t} \\
 &= \frac{0,09 \times 100 \times 207 \times 30}{240} \\
 &= 232,837 \text{ mm}^2.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 78,5 \text{ mm}^2.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ pasang} &= \frac{232,837}{78,5} \\
 &= 2,96 \approx 3 \text{ kaki hoop}.
 \end{aligned}$$

Jadi, sesuai perhitungan diatas pada daerah *special boundary element* dapat dipasang 3 kaki D10-100.

ROUGH	SW1		
LEVEL			
LT. ROOF			
LT. GROUND			
DIMENSI	6100 x 300		
TULANGAN UTAMA	18 D10	24 D10	18 D10
TULANGAN TOLAK	D10 - 100 mm JEP. 3 D10 - 100		
TULANGAN TERSI	D10 - 300		

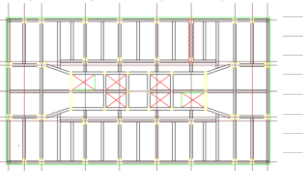
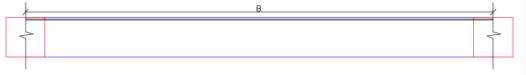




Gambar 7. 5 Detail Penulangan Shearwall

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

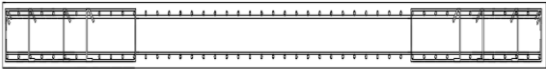


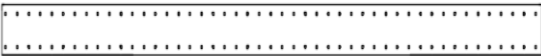

PERHITUNGAN RAB LANTAI 12

Estimasi perhitungan RAB gedung dihitung menggunakan alat bantu Ms. Excell, dan untuk rekapitulasi perhitungan disajikan dalam tabel2 berikut :

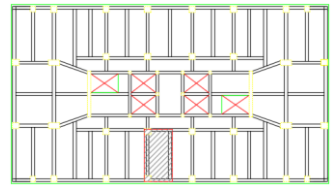


BALOK												
B1												
400/700	tum atas tum bwh lap	6D25 3D25 3D25	torsi	4D13								
P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Sengkan tumpuan	lapangan	Jml. Sengkan tump.	lap.	tebal selintur		
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)		
6700	7300	3350	3350	400	700	100	150	34	23	40		
Model Penulangan												
Tipe 1 (Tulangan Menerus)												
Tipe 2 (Tulangan Lentur Atas Tumpuan)												
Tipe 3 (Tulangan Lentur Bawah)												
Tipe 4 (Tulangan Samping)												
Tipe 5 (Tulangan Geser)												
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi kg/m ³	Berat/tipe kg	Total Berat kg	Vol Beton (m ³)		
		A/B	B/C	C/D								
Tipe 1	25	0	7300	0	7300	6	7850	28.13	168.78	1.876		
Tipe 2	25	1180	3350	880	5410	3	7850	20.85	62.54	Berat Tulangan (kg/m³)		
Tipe 3	25	520	3350	520	4390	0	7850	16.92	0.00			
Tipe 4	16	482	6700	482	7664	4	7850	12.10	48.39			
Tipe 5	13	320	620	156	1096	57	7850	1.14	65.09	183.79		

BALOK	Dimensi			Vol Beton	Vol Tul	Vol Bekisting	Rasio Tul	Jumlah	total besi	beton	bekisting
	B	H	L	m ³	kg	m ²	kg/m ³	Balok	kg	m ³	m ²
B1	400	700	6700	1.764	305.63	12.06	173.26	8	2445.1	14.1	96.5
B1	400	700	7300	1.876	328.05	13.14	174.87	8	2624.4	15.0	105.1
B1	400	700	8150	2.17	367.28	14.67	169.26	4	1469.1	8.7	58.7
B1	400	700	8400	2.128	370.43	15.12	174.07	4	1481.7	8.5	60.5
B2	400	600	5300	1.092	198.68	8.48	181.94	4	794.7	4.4	33.9
B2	400	600	7000	1.488	258.16	11.2	173.49	4	1032.6	6.0	44.8
B2	400	600	5500	1.128	204.77	8.8	181.54	4	819.1	4.5	35.2
B2	400	600	6000	1.248	222.57	9.6	178.34	2	445.1	2.5	19.2
B2	400	600	6150	1.356	233.22	9.84	171.99	4	932.9	5.4	39.4
B2	400	600	4900	1.044	187.29	7.84	179.40	4	749.2	4.2	31.4
B2	400	600	3200	0.636	126.37	5.12	198.70	4	505.5	2.5	20.5
B2	400	600	2800	0.54	112.34	4.48	208.04	2	224.7	1.1	9.0
B3	300	400	6700	0.762	136.47	7.37	179.10	10	1364.7	7.6	73.7
B3	300	400	5550	0.618	112.81	6.105	182.55	2	225.6	1.2	12.2
B3	300	400	2775	0.285	55.47	3.0525	194.63	2	110.9	0.6	6.1
B4	300	500	4200	0.54	93.46	5.46	173.08	2	186.9	1.1	10.9
B4	300	500	5500	0.705	120.98	7.15	171.60	2	242.0	1.4	14.3
B4	300	500	6000	0.78	132.57	7.8	169.96	2	265.1	1.6	15.6
B4	300	500	5300	0.735	120.60	6.89	164.09	2	241.2	1.5	13.8
B4	300	500	4700	0.6525	107.52	6.11	164.77	2	215.0	1.3	12.2
B4	300	500	6150	0.8775	139.97	7.995	159.51	2	279.9	1.8	16.0
TOTAL									16655.6	94.9	728.9

Kolom	As ke As	tumpuan	lapangan	b	h	tumpuan	lapangan	Tump.	Lap.	selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Tump.	Lap.	(mm)
2700	3400	675	1350	800	800	130	150	22	9	40
Model Penulangan										
Tipe 1 (Tulangan Lentur)										
	Tipe 2 (Tulangan Geser)			Tipe 3 (Tulangan Pengikat Vertikal (Ties))					Tipe 4 (Tulangan Pengikat Horizontal (Ties))	
Model Penulangan		Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total	Jml. Tulangan	BJ Besi (kg/m ³)	Berat (kg)	Total Berat (kg)
		A	B	C	(A+B+C)					
Tipe 1	25	-	-	3400	3400	16	7850	13.10	209.62	1.728
Tipe 2	13	720	720	78	3036	31	7850	3.16	98.06	Tulangan
Tipe 3	13	-	720	78	876	62	7850	0.91	56.59	Berat (kg/m ³)
Tipe 4	13	720	-	78	876	62	7850	0.91	56.59	243.56

Panjang	Lebar	Tinggi	Panjang KKB	Jarak				Kait		tebal selimut
						senggang	longit.	jarak	jumlah	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(buah)	(mm)
6150	300	3400	1800			100	300	100	6	40
Model Penulangan										
										
Tipe 1 Tul Senggang KKB										
Tipe 2 Tul Longitudi nal										
Tipe 3 Tul Utama										
Tipe 4 Kait										
Model Penulang an	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total (A+B+C)	Jml. Tulangan	BJ Besi kg/m3	Berat kg	Total Berat kg	Vol Beton (m3)
		A	B	C						
Tipe 1	13	220	1720	160	4200	34	7850	4.38	148.79	6.273
Tipe 2	16	384	6070		6454	12	7850	10.19	122.24	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	19		3400		3400	70	7850	7.57	529.72	
Tipe 4	10	60	220	120	220	204	7850	0.14	27.67	132.06

KOLOM	Dimensi			Vol Beton m3	Vol Tul kg	Vol Bekisting m2	Rasio Tul kg/m3	Jumlah Kolom	total besi kg	beton m3	bekisting m2
	B	H	L								
K1	400	700	6700	1.728	420.87	12.06	243.56	24	10100.8	41.5	289.4
K2	400	700	7300	1.323	395.03	13.14	298.58	16	6320.4	21.2	210.2
SW	300	3400	6150	6.273	828.42	43.665	132.06	2	1656.832	12.546	87.33
								TOTAL	18078.1	75.2	587.0

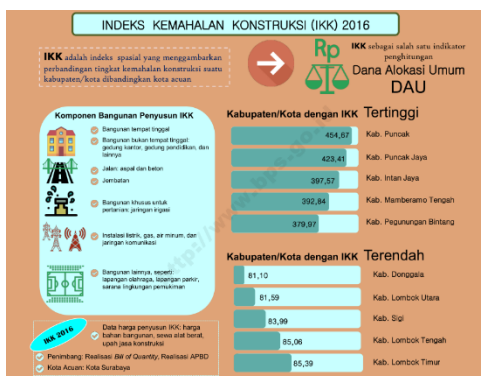
PLAT LANTAI										
TIPE S1										
P. Bersih Pelat	L. Bersih Pelat	P. Pelat As - As	L. Pelat As - As	t	D. Tul	Jarak Tulangan		Jumlah Tulangan		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	(mm)
6300	2700	6700	3000	120	10	200	300	32	9	20
Model Penulangan										
Tipe 1 (Tulangan Utama)										
Tipe 2 (Tulangan Bagi)										
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total (A+B+C)	Jml Tulangan	BJ Besi kg/m ³	Berat kg	Total Berat kg	Vol Beton (m ³)
		A	B	C						
Type 1	10	120	1350	3000	4470	32	7850	2.76	88.19	2.041
Type 2	10	120	3150	6700	9970	9	7850	6.15	55.32	Berat Tulangan (kg/m ³)
										70.31

PELAT	P	Dimensi			Vol Beton m ³	Vol Tul kg	Vol Bekisting m ²	Rasio Tul kg/m ³	Jumlah Pelat	total besi kg	beton m ³	bekisting m ²
		L	t									
SATU ARAH		6700	3000	120	2.412	143.51	20.1	72.61	4	574.0	9.6	80.4
		6700	2750	120	2.211	136.11	18.425	73.49	8	1088.9	17.7	147.4
		6700	2100	120	1.6884	98.44	14.07	72.34	8	787.5	13.5	112.6
		7300	2800	120	2.4528	150.300	20.44	72.61	4	601.2	9.8	81.8
		7300	2500	120	2.19	133.89	18.25	73.50	4	535.5	8.8	73.0
		4200	2100	120	1.0584	59.56	8.82	72.56	4	238.2	4.2	35.3
DUA ARAH		5500	2100	120	1.386	80.24	11.55	72.84	4	320.9	5.5	46.2
		6000	2100	120	1.512	86.86	12.6	71.81	2	173.7	3.0	25.2
		5300	4200	120	2.6712	193.69	22.26	84.46	4	774.7	10.7	89.0
		4700	4200	120	2.3688	170.99	19.74	84.97	4	684.0	9.5	79.0
		3850	2800	120	1.2936	91.92	10.78	88.81	2	183.8	2.6	21.6
		5500	2800	120	1.848	132.33	15.4	86.49	1	132.3	1.8	15.4
TOTAL										6095.0	96.8	806.8

Untuk penentuan harga satuan diambil dari HSPK Kota Surabaya tahun 2016 perubahan III ,dan hasilnya sebagai berikut :

Jenis Pekerjaan	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	harga (Rp)	TOTAL (Rp)
Kolom					
	BETON	75.19	m3	Rp1,339,070	Rp100,679,317
	BEKISTING	587.01	m2	Rp383,646	Rp225,204,038
	TULANGAN	18078.08	kg	Rp15,291	Rp276,431,972
Balok					
	BETON	94.87	m3	Rp1,339,070	Rp127,037,571
	BEKISTING	728.87	m2	Rp397,781	Rp289,928,649
	TULANGAN	16655.59	kg	Rp15,291	Rp254,680,701
Plat Lantai					
	BETON	96.81	m3	Rp1,339,070	Rp129,636,974
	BEKISTING	806.76	m2	Rp383,646	Rp309,510,247
	TULANGAN	6094.95	kg	Rp15,291	Rp93,197,952
					Rp1,806,307,420

Namun untuk perencanaan kali ini bangunan akan direncanakan untuk didirikan di Kota Serui, dimana untuk harga perlu dikalikan dengan Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK)



Gambar 8. 1 Indeks Kemahalan Konstruksi (IKK)

Kabupaten Serui sendiri terletak dalam wilayah Kab. Yapen Waropen dengan nilai IKK 144,48

Tabel 35: Indeks Kemahalan Konstruksi Kabupaten/Kota 2016 Provinsi Papua

No	Kode	Kabupaten/Kota	IKK	No	Kode	Kabupaten/Kota	IKK
(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
1	9401	KAB MERAUKE	179,69	16	9419	KAB SARMI	200,31
2	9402	KAB JAYAWIJAYA	282,04	17	9420	KAB KEEROM	157,21
3	9403	KAB JAYAPURA	128,93	18	9426	KAB WAROPEN	154,47
4	9404	KAB NABIRE	152,00	19	9427	KAB SUPIORI	160,77
5	9408	KAB YAPEN WAROPEN	144,48	20	9428	KAB MEMBERAMO RAYA	182,07
6	9409	KAB BIAK NUMFOR	153,00	21	9429	KAB NDUGA	326,15
7	9410	KAB PANIAI	215,29	22	9430	KAB LANNY JAYA	325,43
8	9411	KAB BUNIAK JAYA	123,44	23	9431	KAB MEMBERAMO TENGAH	202,84

Sehingga untuk estimasi perencanaan anggaran biaya lantai 12 gedung apartemen ini menjadi :

$$\text{Rp } 1.806.307.420,- \times 144,48/100 = \text{Rp } 2.609.752.960,-$$

BAB IX

PENUTUP

9.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan merupakan hasil dari perhitungan Gedung Apartemen di kota Serui dengan metode SRPMK dan Dinding Geser. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :

TIPE KOLOM	DIMENSI	TUL LENTUR	Tul Geser		
			IO	Iuar IO	joint
K1	800/800	16D25	5D13-100	5D13-150	4D13-150
K2	700/700	16D25	5D13-100	5D13-150	4D13-150

TIPE BALOK	DIMENSI	tul lentur		sengkan		tul samping
		tump	lap	tump	lap	
B1	400/700	6D25	3D25	3D13-100	3D13-150	4D13
B2	400/600	5D25	3D25	3D13-100	3D13-150	4D13
B3	300/400	3D19	3D19	2D13-150	2D13-150	2D13
B4	300/500	4D19	3D19	2D13-100	2D13-150	2D13
BLIFT	300/400	3D16	2D16	2D13-150	2D13-150	

Pelat Lantai

Lx mm	Ly mm	Lx/Ly	arah	Arah X		Arah Y	
				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
6700	3000	2.23	satu	d10-300	d10-300	d10-200	d10-200
6700	2750	2.44	satu	d10-300	d10-300	d10-200	d10-200
6700	2100	3.19	satu	d10-300	d10-300	d10-200	d10-200
7300	2800	2.61	satu	d10-300	d10-300	d10-200	d10-200
7300	2500	2.92	satu	d10-300	d10-300	d10-200	d10-200
4200	2100	2.00	satu	d10-300	d10-300	d10-200	d10-200
5500	2100	2.62	satu	d10-300	d10-300	d10-200	d10-200
6000	2100	2.86	satu	d10-300	d10-300	d10-200	d10-200
5300	4200	1.26	dua	d10-200	d10-200	d10-200	d10-200
4700	4200	1.12	dua	d10-200	d10-200	d10-200	d10-200
3850	2800	1.38	dua	d10-200	d10-200	d10-200	d10-200
5500	2800	1.96	dua	d10-200	d10-200	d10-200	d10-200

Shearwall

Dimensi	: 6150 mm x 300 mm
Boundary Element	: 1800 mm
Tulangan Longitudinal	: 2D19 - 150 mm
Tulangan Horizontal	: 2D16 - 300 mm
Pada Boundary Element	
Tulangan Longitudinal	: 2D19 -100
Tulangan Geser	
sejajar arah dinding	: Hoops 2D13-100
tegak lurus arah dinding	: Hoops 2D13-100 + Crossties 3 D10 – 100

Pada perhitungan estimasi harga gedung hanya dilakukan untuk salah satu lantai saja, yaitu lantai 12 dan didapatkan perkiraan harga lantai tersebut Rp 2.609.752.960,-

9.2 Saran

Dari hasil analisa selama proses pengerjaan tugas akhir ini, saran yang dapat disampaikan yaitu :

Dalam perencanaan gedung sistem ganda, selain perhitungan kapasitas dari masing-masing elemen gedung tersebut, perlu juga diperhatikan untuk syarat-syarat yang diberikan oleh peraturan yang berlaku yaitu SNI 1726:2012.

Dalam perhitungan estimasi RAB suatu pekerjaan konstruksi hendaknya memperhatikan indeks kemahalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **SNI 03-2847 - 2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1726-2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **SNI 1727:2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Iswandi, Imran dan Fajar Hendrik. 2014. **Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang.** Bandung : ITB.
- Poerwono, Rachmat. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Edisi keempat.** Surabaya : ITS Press
- Setiawan, Agus. 2016. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang.** Jakarta : Penerbit Erlangga
- Husin, Nur Ahmad. 2015. **Struktur Beton.** Sidoarjo: Zifatama Publisher


BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 22 bulan Februari tahun 1995 dan merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di TK Al-Kautsar Pasuruan, SDN Pekuncen Pasuruan, SMPN 2 Pasuruan, SMAN 1 Pasuruan. Setelah lulus dari SMAN 1 Pasuruan tahun 2013 , penulis mengikuti Tes Tulis dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113041085. Di jurusan Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi Struktur Bangunan Gedung. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan kepanitiaan yang diselenggarakan di jurusan.

LAMPIRAN

DATA TANAH SERUI



ITS
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS
Kampus ITS, Gedung Sate, Surabaya
Telp. 031 8359123 - 8359124
Web: www.its.ac.id

DRILLING LOG															
ALIAS : KLASIFIKASI : TITIK BORING : WELLA AND TITIK : GROUND PROFILE :		No. Borings : PERMITS OR PERMITS : SBL : JAM BORING : KUALITAS AIR :		Type of boring : Date Start : Date End : Diker :		Rotary drilling machine : No. Machine : No. Machine : No.		Lokasi : No. : No. : No.							
DEPTH (m)	DEPTH (ft)	Type of soil	Moisture (%)	Liquid Limit	Type of soil	Color	No. of blow / 30 cm / 10 sec	Ground Water	SPT TEST				Standard Penetration Test		
									Depth (m)	Depth (ft)	Depth (m)	Depth (ft)	N	F	C
START OF BORING															
0.00	0.00								0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.33								0.10	0.33	0.10	0.33	0.10	0.33	0.10
0.20	0.66								0.20	0.66	0.20	0.66	0.20	0.66	0.20
0.30	0.99								0.30	0.99	0.30	0.99	0.30	0.99	0.30
0.40	1.32								0.40	1.32	0.40	1.32	0.40	1.32	0.40
0.50	1.65								0.50	1.65	0.50	1.65	0.50	1.65	0.50
0.60	1.98								0.60	1.98	0.60	1.98	0.60	1.98	0.60
0.70	2.31								0.70	2.31	0.70	2.31	0.70	2.31	0.70
0.80	2.64								0.80	2.64	0.80	2.64	0.80	2.64	0.80
0.90	2.97								0.90	2.97	0.90	2.97	0.90	2.97	0.90
1.00	3.30								1.00	3.30	1.00	3.30	1.00	3.30	1.00
1.10	3.63								1.10	3.63	1.10	3.63	1.10	3.63	1.10
1.20	3.96								1.20	3.96	1.20	3.96	1.20	3.96	1.20
1.30	4.29								1.30	4.29	1.30	4.29	1.30	4.29	1.30
1.40	4.62								1.40	4.62	1.40	4.62	1.40	4.62	1.40
1.50	4.95								1.50	4.95	1.50	4.95	1.50	4.95	1.50
1.60	5.28								1.60	5.28	1.60	5.28	1.60	5.28	1.60
1.70	5.61								1.70	5.61	1.70	5.61	1.70	5.61	1.70
1.80	5.94								1.80	5.94	1.80	5.94	1.80	5.94	1.80
1.90	6.27								1.90	6.27	1.90	6.27	1.90	6.27	1.90
2.00	6.60								2.00	6.60	2.00	6.60	2.00	6.60	2.00
2.10	6.93								2.10	6.93	2.10	6.93	2.10	6.93	2.10
2.20	7.26								2.20	7.26	2.20	7.26	2.20	7.26	2.20
2.30	7.59								2.30	7.59	2.30	7.59	2.30	7.59	2.30
2.40	7.92								2.40	7.92	2.40	7.92	2.40	7.92	2.40
2.50	8.25								2.50	8.25	2.50	8.25	2.50	8.25	2.50
2.60	8.58								2.60	8.58	2.60	8.58	2.60	8.58	2.60
2.70	8.91								2.70	8.91	2.70	8.91	2.70	8.91	2.70
2.80	9.24								2.80	9.24	2.80	9.24	2.80	9.24	2.80
2.90	9.57								2.90	9.57	2.90	9.57	2.90	9.57	2.90
3.00	9.90								3.00	9.90	3.00	9.90	3.00	9.90	3.00
3.10	10.23								3.10	10.23	3.10	10.23	3.10	10.23	3.10
3.20	10.56								3.20	10.56	3.20	10.56	3.20	10.56	3.20
3.30	10.89								3.30	10.89	3.30	10.89	3.30	10.89	3.30
3.40	11.22								3.40	11.22	3.40	11.22	3.40	11.22	3.40
3.50	11.55								3.50	11.55	3.50	11.55	3.50	11.55	3.50
3.60	11.88								3.60	11.88	3.60	11.88	3.60	11.88	3.60
3.70	12.21								3.70	12.21	3.70	12.21	3.70	12.21	3.70
3.80	12.54								3.80	12.54	3.80	12.54	3.80	12.54	3.80
3.90	12.87								3.90	12.87	3.90	12.87	3.90	12.87	3.90
4.00	13.20								4.00	13.20	4.00	13.20	4.00	13.20	4.00
END OF BORING															

BERAT KERAMIK

PACKAGING INFORMATION

RECTIFICADO

Series	Size	Area/box	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)
990	32x48,5	5	1,07	1,01	2	4,15	10,60	2,902
								11,35

ROMAN WALL & FLOOR TILE

Fracture	Size	Fracture	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)
Wall tiles								
900	32x48,5	6	0,35	14,4	1,1	1,94	4,91	1,02
								2,14
								1,02
910	25x15	5	0,34	17,3	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,17
								1,02
920	25x15	8	0,36	15,8	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,15
								1,02
930	25x15	8	0,36	15,8	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,15
								1,02
940	25x15	8	0,36	15,8	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,15
								1,02
950	25x15	8	0,36	15,8	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,15
								1,02
960	25x15	8	0,36	15,8	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,15
								1,02
970	25x15	8	0,36	15,8	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,15
								1,02
980	25x15	8	0,36	15,8	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,15
								1,02
990	25x15	8	0,36	15,8	1,1	1,95	4,91	1,02
								2,15
								1,02

INTERLOCK

Series	Size	Fracture	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)	Approx. weight/box (kg)
900	30x40 cm	5	2,14	40	28	607	900	214
								900
								214
910	42x40 cm	6	1,13	36	23	605	1180	214
								214

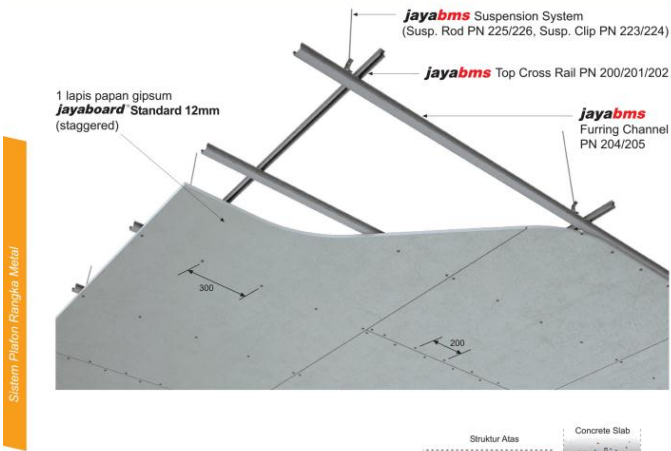
Brosur Ducting

PIP PIP Cellduct cut compared with the other materials

Comparison with Alternative Duct Types			
PIP Cellduct	PIP Cellduct	Sheet Metal Duct w/polyethylene foam	Sheet Metal Duct w/rockwool
Feature			
Thermal Conductivity	0.02W/m.k	0.032W/m.k	0.033W/m.k
Common Thickness	Approx 20mm	12,15,20,30,mm	30,40,50mm
Apparent Density	50 kg/m ³	60 kg/m ³	60-120 kg/m ³
Whole Weight	1.46 kg/m ²	9.28 kg/m ² including sheet metal	12 kg/m ² Including sheet metal
Water Absorption	0.05-0.06%	0.8-1.2%	Easily Absorbed
Working Temperature	-50--+80(EAP)	-55--+90	7--+300
Fire Retardance	Grade B1Non-inflammable	Grade B1Non-inflammable	Grade A
Aging Resistance	Good	Average	Poor
Environmental Friendliness	Standard Met	Standard Met	Harsh
Life Span	15-20 years	8-10 years	6 years

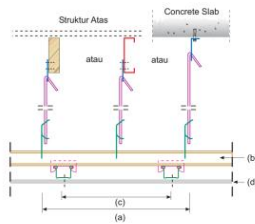
Brosur plafond

**CS18fc - Sistem Plafon Rangka Metal Standard
Furring - Luas Ruang > 100 m²**



DETAIL & DATA FISIK

1 lapis papan gipsium **Jayaboard** Standard 12mm diaplikasikan suspended.



BO
RAT


BERAT SISTEM
8 Kg/m²

32 Hotline 021 - 797 7777

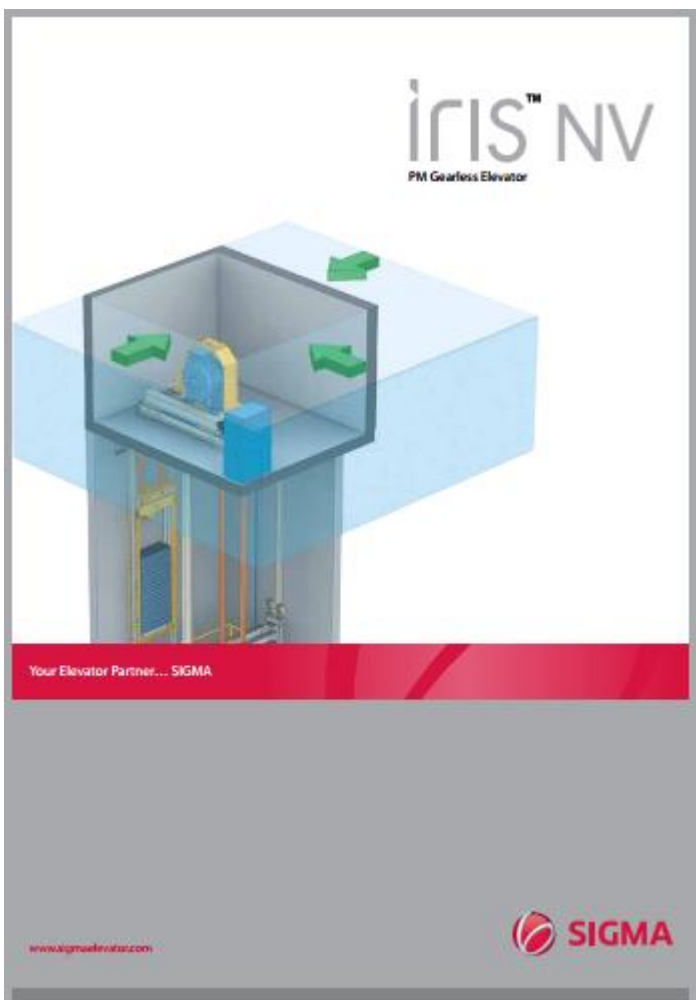
Papan Gipsium (d)	Material	Jarak Rangka (mm)
Jayaboard Standard 12mm	Suspension Clip PN 223/224	a 1200
	Top Cross Rail PN 200/201/202	b 1200
	Furring Channel PN 204/205	c 600
Jayaboard Standard 9mm	Furring Channel PN 204/205	c 400

- Catatan :
- Pemasangan papan gipsium saling-silang
 - Design Pressure 0 P_h, Deflection span/360
 - Untuk area ruang dengan luas >100 m²
 - Untuk detail produk, lihat brosur produk Jayaboard

Brosur Dinding Bata Ringan

Spesifikasi	Keunggulan	Instalasi	Gambar	Sertifikat			
 Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon							
Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon							
Panjang, L (mm)	:	600					
Tinggi, H (mm)	:	200 ; 400					
Tebal, T (mm)	:	75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200					
Berat jenis kering, (ρ)	:	530 kg/m ³					
Berat jenis normal, (ρ)	:	600 kg/m ³					
Kuat tekan, (σ)	:	$\geq 4,0$ N/m ²					
Konduktifitas termis, (λ)	:	0.14 w/mk					
Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

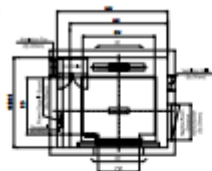
Brosur Elevator



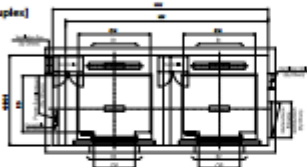
Technical Data

I Hoistway & Machine Room Plan

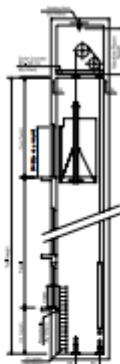
[Simple]



[Duplex]



I Hoistway Section



I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Regulator (CRS)	Speed (m/s)	Level (kg)	Turret (mm)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room HT	Required Hoop Strength (kg)
Standard / EN	1	100-1200	Turret 1300	4500	1600	2000	1500
		1000	Turret 1300	4600			4500
		1100/1600	Turret 1400	4500			1500
		1200/1600	Mini Turret 1300	4600			1500
		1200/1600	Turret 1300	4600			1500
		1300	Turret 1300	4500			1500
	1.4	1100/1600	Turret 1400	4500	1600	2000	1500
		1100/1600	Turret 1400	4600			4500
		1200/1600	Mini Turret 1300	4700			1500
		1200/1600	Turret 1300	4600			1500
		1300	Turret 1300	4500			1500
		1300	Turret 1300	4600			1500
MCS21	1	100-1200	Turret 1300	4500	1600	2000	1500
		1000	Turret 1300	4600			4500
		1100/1600	Turret 1400	4500			1500
		1200/1600	Mini Turret 1300	4600			1500
		1200/1600	Turret 1300	4600			1500
		1300	Turret 1300	4500			1500
	1.4	1100/1600	Turret 1400	4500	1600	2000	1500
		1100/1600	Turret 1400	4600			4500
		1200/1600	Mini Turret 1300	4700			1500
		1200/1600	Turret 1300	4600			1500
		1300	Turret 1300	4500			1500
		1300	Turret 1300	4600			1500
1.75	100-1200	Turret 1300	4500	1600	2000	1500	
	1000	Turret 1300	4600			4500	
	1100/1600	Turret 1400	4500			1500	
	1200/1600	Mini Turret 1300	4600			1500	
	1200/1600	Turret 1300	4600			1500	
	1300	Turret 1300	4500			1500	
Standard / EN	2	100-1400	Turret 1300	4500	1600	2000	4500
	2.5	100-1400	Turret 1300	4500	1600	2000	4500

Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 2.0, 2.5 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hallway Size				Machine Room Size				Reaction Lead			
						Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	MW	MD	R1	R2	R3	R4
2.0 - 2.5	11	750	800	1400	1350	1950	2050	4050	2050	1950	2050	4050	2050	11800	7550	12300	9500
	13	900	900	1600	1350	2150	2050	4450	2050	2150	2050	4450	2050	11800	7550	13000	9900
	15	1000	900	1600	1500	2150	2200	4450	2200	2150	2200	4450	2200	11650	7850	13900	10500
	15	1000	900	1600	1400	2150	2180	4450	2180	2150	2180	4450	2180	11650	7850	13900	10500
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	12300	8250	14800	11000
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	13100	8850	15900	11400
	20	1350	1000	1300	2300	2000	2750	4650	2750	2250	2750	4650	2750	13100	8850	15900	11400
	24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	13800	9350	17400	12500
	24	1600	1100	2100	1600	2650	2380	5450	2380	2650	2380	5450	2380	13800	9350	17400	12500
	24	1600	1100	1500	2300	2400	2750	4950	2750	2400	2750	4950	2750	13800	9350	17400	12500

[EN Code]

2.0 - 2.5	10	800	800	1400	1350	1950	2050	4050	2050	1950	2050	4050	2050	11800	7550	12300	9500
	12	900	900	1600	1350	2150	2050	4450	2050	2150	2050	4450	2050	11800	7550	13000	9900
	13	1000	900	1600	1500	2150	2200	4450	2200	2150	2200	4450	2200	11650	7850	13900	10500
	13	1000	900	1600	1400	2150	2180	4450	2180	2150	2180	4450	2180	11650	7850	13900	10500
	15	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	12300	8250	14800	11000
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	13100	8850	15900	11400
	18	1350	1000	1300	2300	2250	2750	4650	2750	2250	2750	4650	2750	13100	8850	15900	11400
	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	13800	9350	17400	12500
	21	1600	1100	2100	1600	2650	2380	5450	2380	2650	2380	5450	2380	13800	9350	17400	12500
	21	1600	1100	1500	2300	2400	2750	4950	2750	2400	2750	4950	2750	13800	9350	17400	12500

Technical Data

| Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

[Standard]

[Unit:mm]

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size				Halfway Size				Machine Room Size				Reaction Lead			
	Person	Load(kg)		Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pis					
				CF	CD	WF	WD	WF	WD	MF	MD	MF	MD	R1	R2	R3	R4		
1.5 - 1.75	8	800	800	1800	1000	1800	1700	1700	1800	1700	1700	1700	1700	1700	1700	6200	2600	7100	8300
	9	800	800	1800	1100	1800	1750	1750	1800	1700	1750	1750	1750	1750	1750	6500	2700	7500	8500
	10	800	800	1800	1200	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	6800	2800	8100	9000
	11	700	800	1800	1300	1800	2000	2000	1700	2000	1800	2000	1700	2000	1700	6200	2700	8000	8700
	13	900	900	1800	1300	2000	2000	2000	1700	2000	2000	2000	1700	2000	1700	6700	2800	8600	9500
	15	1000	900	1800	1400	2000	2100	2100	1700	2100	2000	2100	1700	2100	1700	6700	2900	8800	9700
	17	1100	1000	1800	1500	2100	2200	2200	1700	2200	2100	2200	1700	2200	1700	6800	2700	10000	11000
	20	1300	1200	1800	1600	2200	2300	2300	1700	2300	2200	2300	1700	2300	1700	7000	2700	10400	11500
	24	1600	1500	2000	1700	2300	2400	2400	1700	2400	2300	2400	1700	2400	1700	7500	2700	10900	12000
				2100	1800	2700	2300	2300	2700	2400	2400	2400	2100	2400	1700	11000	2700	10900	12000

[JN Code]

1.5 - 1.75	7	820	800	1800	1040	1800	1700	1700	1800	1700	1700	1700	1700	1700	6200	2600	7100	8300
	8	820	800	1800	1100	1800	1750	1750	1800	1700	1750	1750	1750	1750	6500	2700	7500	8500
	9	820	800	1800	1160	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	6800	2800	8100	9000
	10	800	800	1800	1180	1800	2000	2000	1700	2000	1800	2000	1700	2000	6200	2700	8000	8700
	11	900	900	1800	1180	2000	2000	2000	1700	2000	2000	2000	1700	2000	6700	2800	8600	9500
	13	1000	900	1800	1200	2000	2100	2100	1700	2100	2000	2100	1700	2100	6700	2900	8800	9700
	15	1100	1000	1800	1200	2100	2200	2200	1700	2200	2100	2200	1700	2200	6800	2700	10000	11000
	17	1180	1080	1800	1200	2100	2300	2300	1700	2300	2200	2300	1700	2300	6800	2700	10400	11500
	21	1400	1300	2000	1250	2300	2400	2400	1700	2400	2300	2400	1700	2400	7000	2700	10900	12000
				2100	1400	2700	2400	2400	2700	2400	2400	2400	2100	2400	1700	11000	2700	10900

[Malaysia]

1.5 - 1.75	8	840	800	1800	1020	1800	1700	1700	1800	1700	1700	1700	1700	1700	6200	2600	7100	8300
	9	840	800	1800	1100	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	6500	2700	7500	8500
	10	840	800	1800	1180	1800	1900	1900	1800	1900	1800	1900	1800	1900	6800	2800	8100	9000
	11	780	800	1800	1200	1800	2000	2000	1700	2000	1800	2000	1700	2000	6200	2700	8000	8700
	13	900	900	1800	1200	2000	2000	2000	1700	2000	2000	2000	1700	2000	6700	2800	8600	9500
	15	1000	900	1800	1200	2000	2100	2100	1700	2100	2000	2100	1700	2100	6700	2900	8800	9700
	17	1100	1000	1800	1200	2100	2200	2200	1700	2200	2100	2200	1700	2200	6800	2700	10000	11000
	20	1300	1200	2000	1250	2300	2400	2400	1700	2400	2300	2400	1700	2400	7000	2700	10400	11500
	24	1600	1500	2000	1300	2300	2400	2400	1700	2400	2300	2400	1700	2400	7500	2700	10900	12000
				2100	1400	2700	2400	2400	2700	2400	2400	2400	2100	2400	1700	11000	2700	10900

Perhitungan Volume Besi Balok B1

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Sengkang		Jml. Sengkang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan	lapangan	tump.	lap.	(mm)
6300	6700	3150	3150	400	700	100	150	32	21	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D			kg/m3	kg	kg	
Tipe 1	25	0	6700	0	6700	6	7850	25.82	154.91	1.764
Tipe 2	25	1180	3150	880	5210	3	7850	20.08	60.23	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	25	520	3150	520	4190	0	7850	16.15	0.00	
Tipe 4	13	446	6300	446	7192	4	7850	7.49	29.97	173.26
Tipe 5	13	320	620	156	1096	53	7850	1.14	60.52	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Sengkang		Jml. Sengkang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan	lapangan	tump.	lap.	(mm)
6700	7300	3350	3350	400	700	100	150	34	23	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D			kg/m3	kg	kg	
Tipe 1	25	0	7300	0	7300	6	7850	28.13	168.78	1.876
Tipe 2	25	1180	3350	880	5410	3	7850	20.85	62.54	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	25	520	3350	520	4390	0	7850	16.92	0.00	
Tipe 4	13	446	6700	446	7592	4	7850	7.91	31.64	174.87
Tipe 5	13	320	620	156	1096	57	7850	1.14	65.09	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Sengkang		Jml. Sengkang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan	lapangan	tump.	lap.	(mm)
7750	8150	3875	3875	400	700	100	150	39	26	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D			kg/m3	kg	kg	
Tipe 1	25	0	8150	0	8150	6	7850	31.40	188.43	2.17
Tipe 2	25	1180	3875	880	5935	3	7850	22.87	68.61	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	25	520	3875	520	4915	0	7850	18.94	0.00	
Tipe 4	13	446	7750	446	8642	4	7850	9.00	36.02	169.26
Tipe 5	13	320	620	156	1096	65	7850	1.14	74.23	

P. Bersih Balok (mm)	P. Balok As ke As (mm)	panjang tumpuan (mm)	panjang lapangan (mm)	b (mm)	h (mm)	S. Senggang (mm)		Jml. Senggang		tebal selimut (mm)
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
7600	8400	3800	3800	400	700	100	150	38	26	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D			kg/m3	kg	kg	
Tipe 1	25	0	8400	0	8400	6	7850	32.37	194.21	2.128
Tipe 2	25	1180	3800	880	5860	3	7850	22.58	67.74	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	25	520	3800	520	4840	0	7850	18.65	0.00	
Tipe 4	13	446	7600	446	8492	4	7850	8.85	35.39	
Tipe 5	13	320	620	156	1096	64	7850	1.14	73.09	174.07

Perhitungan Volume Besi Balok B2

P. Bersih Balok (mm)	P. Balok As ke As (mm)	panjang tumpuan (mm)	panjang lapangan (mm)	b (mm)	h (mm)	S. Senggang (mm)		Jml. Senggang		tebal selimut (mm)
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
4550	5300	2275	2275	400	600	100	150	23	16	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D			kg/m3	kg	kg	
Tipe 1	25	0	5300	0	5300	5	7850	20.42	102.11	1.092
Tipe 2	25	1180	2275	880	4335	2	7850	16.70	33.41	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	25	520	2275	520	3315	0	7850	12.77	0.00	
Tipe 4	13	446	4550	446	5442	4	7850	5.67	22.68	
Tipe 5	13	320	520	156	996	39	7850	1.04	40.47	181.94

P. Bersih Balok (mm)	P. Balok As ke As (mm)	panjang tumpuan (mm)	panjang lapangan (mm)	b (mm)	h (mm)	S. Senggang (mm)		Jml. Senggang		tebal selimut (mm)
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
6200	7000	3100	3100	400	600	100	150	31	21	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D			kg/m3	kg	kg	
Tipe 1	25	0	7000	0	7000	5	7850	26.97	134.87	1.488
Tipe 2	25	1180	3100	880	5160	2	7850	19.88	39.77	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	25	520	3100	520	4140	0	7850	15.95	0.00	
Tipe 4	13	446	6200	446	7092	4	7850	7.39	29.56	
Tipe 5	13	320	520	156	996	52	7850	1.04	53.96	173.49

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump.	lap.	(mm)
4700	5500	2350	2350	400	600	100	150	24	16	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	25	0	5500	0	5500	5	7850	21.19	105.97	1.128
Tipe 2	25	1180	2350	880	4410	2	7850	16.99	33.99	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	25	520	2350	520	3390	0	7850	13.06	0.00	
Tipe 4	13	446	4700	446	5592	4	7850	5.83	23.31	181.54
Tipe 5	13	320	520	156	996	40	7850	1.04	41.51	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump.	lap.	(mm)
5200	6000	2600	2600	400	600	100	150	26	18	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	25	0	6000	0	6000	5	7850	23.12	115.60	1.248
Tipe 2	25	1180	2600	880	4660	2	7850	17.96	35.91	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	25	520	2600	520	3640	0	7850	14.03	0.00	
Tipe 4	13	446	5200	446	6092	4	7850	6.35	25.39	178.34
Tipe 5	13	320	520	156	996	44	7850	1.04	45.66	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump.	lap.	(mm)
5650	6150	2825	2825	400	600	100	150	29	19	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	25	0	6150	0	6150	5	7850	23.70	118.49	1.356
Tipe 2	25	1180	2825	880	4885	2	7850	18.82	37.65	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	25	520	2825	520	3865	0	7850	14.89	0.00	
Tipe 4	13	446	5650	446	6542	4	7850	6.82	27.27	171.99
Tipe 5	13	320	520	156	996	48	7850	1.04	49.81	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump.	lap.	(mm)
4350	4900	2175	2175	400	600	100	150	22	15	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	25	0	4900	0	4900	5	7850	18.88	94.41	1.044
Tipe 2	25	1180	2175	880	4235	2	7850	16.32	32.64	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	25	520	2175	520	3215	0	7850	12.39	0.00	
Tipe 4	13	446	4350	446	5242	4	7850	5.46	21.85	179.40
Tipe 5	13	320	520	156	996	37	7850	1.04	38.40	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump.	lap.	(mm)
2650	3200	1325	1325	400	600	100	150	14	9	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	25	0	3200	0	3200	5	7850	12.33	61.65	0.636
Tipe 2	25	1180	1325	880	3385	2	7850	13.04	26.09	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	25	520	1325	520	2365	0	7850	9.11	0.00	
Tipe 4	13	446	2650	446	3542	4	7850	3.69	14.76	198.70
Tipe 5	13	320	520	156	996	23	7850	1.04	23.87	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump.	lap.	(mm)
2250	2800	1125	1125	400	600	100	150	12	8	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	25	0	2800	0	2800	5	7850	10.79	53.95	0.54
Tipe 2	25	1180	1125	880	3185	2	7850	12.27	24.55	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	25	520	1125	520	2165	0	7850	8.34	0.00	
Tipe 4	13	446	2250	446	3142	4	7850	3.27	13.10	208.04
Tipe 5	13	320	520	156	996	20	7850	1.04	20.76	

Perhitungan Volume Besi Balok B3

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)
6350	6700	3175	3175	300	400	150	150	22	22	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D						
Tipe 1	19	0	6700	0	6700	6	7850	14.91	89.47	0.762
Tipe 2	19	1036	3175	808	5019	0	7850	11.17	0.00	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	19	484	3175	484	4143	0	7850	9.22	0.00	179.10
Tipe 4	13	446	6350	446	7242	2	7850	7.55	15.09	
Tipe 5	13	220	320	156	696	44	7850	0.73	31.91	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)
5150	5550	2575	2575	300	400	150	150	18	18	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D						
Tipe 1	19	0	5550	0	5550	6	7850	12.35	74.12	0.618
Tipe 2	19	1036	2575	808	4419	0	7850	9.84	0.00	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	19	484	2575	484	3543	0	7850	7.89	0.00	182.55
Tipe 4	13	446	5150	446	6042	2	7850	6.30	12.59	
Tipe 5	13	220	320	156	696	36	7850	0.73	26.11	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)
2375	2775	1187.5	1187.5	300	400	150	150	8	8	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D						
Tipe 1	19	0	2775	0	2775	6	7850	6.18	37.06	0.285
Tipe 2	19	1036	1188	808	3031.5	0	7850	6.75	0.00	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	19	484	1187.5	484	2155.5	0	7850	4.80	0.00	194.63
Tipe 4	13	446	2375	446	3267	2	7850	3.40	6.81	
Tipe 5	13	220	320	156	696	16	7850	0.73	11.60	

Perhitungan Volume Besi Balok B4

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)
3600	4200	1800	1800	300	500	150	150	12	12	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D						
Tipe 1	19	0	4200	0	4200	6	7850	9.35	56.09	0.54
Tipe 2	19	1036	1800	808	3644	1	7850	8.11	8.11	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	19	484	1800	484	2768	0	7850	6.16	0.00	
Tipe 4	13	446	3600	446	4492	2	7850	4.68	9.36	173.08
Tipe 5	13	220	420	156	796	24	7850	0.83	19.91	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)
4700	5500	2350	2350	300	500	150	150	16	16	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D						
Tipe 1	19	0	5500	0	5500	6	7850	12.24	73.45	0.705
Tipe 2	19	1036	2350	808	4194	1	7850	9.33	9.33	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	19	484	2350	484	3318	0	7850	7.38	0.00	
Tipe 4	13	446	4700	446	5592	2	7850	5.83	11.65	171.60
Tipe 5	13	220	420	156	796	32	7850	0.83	26.54	

P. Bersih Balok	P. Balok As ke As	panjang tumpuan	panjang lapangan	b	h	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut
						tumpuan	lapangan	tump.	lap.	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			(mm)
5200	6000	2600	2600	300	500	150	150	18	18	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m3)
		A/B	B/C	C/D						
Tipe 1	19	0	6000	0	6000	6	7850	13.35	80.13	0.78
Tipe 2	19	1036	2600	808	4444	1	7850	9.89	9.89	Berat Tulangan (kg/m3)
Tipe 3	19	484	2600	484	3568	0	7850	7.94	0.00	
Tipe 4	13	446	5200	446	6092	2	7850	6.35	12.70	169.96
Tipe 5	13	220	420	156	796	36	7850	0.83	29.86	

P. Bersih Balok (mm)	P. Balok As ke As (mm)	panjang tumpuan (mm)	panjang lapangan (mm)	b (mm)	h (mm)	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut (mm)
						tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump. (mm)	lap. (mm)	
4900	5300	2450	2450	300	500	150	150	17	17	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	19	0	5300	0	5300	6	7850	11.80	70.78	0.735
Tipe 2	19	1036	2450	808	4294	1	7850	9.56	9.56	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	19	484	2450	484	3418	0	7850	7.61	0.00	
Tipe 4	13	446	4900	446	5792	2	7850	6.03	12.07	164.09
Tipe 5	13	220	420	156	796	34	7850	0.83	28.20	

P. Bersih Balok (mm)	P. Balok As ke As (mm)	panjang tumpuan (mm)	panjang lapangan (mm)	b (mm)	h (mm)	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut (mm)
						tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump. (mm)	lap. (mm)	
4350	4700	2175	2175	300	500	150	150	15	15	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	19	0	4700	0	4700	6	7850	10.46	62.76	0.6525
Tipe 2	19	1036	2175	808	4019	1	7850	8.95	8.95	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	19	484	2175	484	3143	0	7850	7.00	0.00	
Tipe 4	13	446	4350	446	5242	2	7850	5.46	10.92	164.77
Tipe 5	13	220	420	156	796	30	7850	0.83	24.88	

P. Bersih Balok (mm)	P. Balok As ke As (mm)	panjang tumpuan (mm)	panjang lapangan (mm)	b (mm)	h (mm)	S. Senggang		Jml. Senggang		tebal selimut (mm)
						tumpuan (mm)	lapangan (mm)	tump. (mm)	lap. (mm)	
5850	6150	2925	2925	300	500	150	150	20	20	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total Panjang Tulangan (mm)	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat/tipe	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A/B	B/C	C/D						
			kg/m ³	kg						
Tipe 1	19	0	6150	0	6150	6	7850	13.69	82.13	0.8775
Tipe 2	19	1036	2925	808	4769	1	7850	10.61	10.61	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	19	484	2925	484	3893	0	7850	8.66	0.00	
Tipe 4	13	446	5850	446	6742	2	7850	7.02	14.05	159.51
Tipe 5	13	220	420	156	796	40	7850	0.83	33.18	

Perhitungan Volume Besi Kolom K1

Kolom	As ke As	tumpuan	lapangan	b	h	tumpuan	lapangan	Tump.	Lap.	selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Tump.	Lap.	(mm)
2700	3400	675	1350	800	800	130	150	22	9	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A	B	C	(A+B+C)		kg/m ³	kg	kg	
Tipe 1	25	-	-	3400	3400	16	7850	13.10	209.62	1.728
Tipe 2	13	720	720	78	3036	31	7850	3.16	98.06	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	13	-	720	78	876	62	7850	0.91	56.59	
Tipe 4	13	720	-	78	876	62	7850	0.91	56.59	243.56

Perhitungan Volume Besi Kolom K2

Kolom	As ke As	tumpuan	lapangan	b	h	tumpuan	lapangan	Tump.	Lap.	selimut
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	Tump.	Lap.	(mm)
2700	3400	675	1350	700	700	130	150	22	9	40
Model Penulangan	Diameter (mm)	Panjang Tulangan (mm)			Total	Jml. Tulangan	BJ Besi	Berat	Total Berat	Vol Beton (m ³)
		A	B	C	(A+B+C)		kg/m ³	kg	kg	
Tipe 1	25	-	-	3400	3400	16	7850	13.10	209.62	1.323
Tipe 2	13	620	620	78	2636	31	7850	2.75	85.14	Berat Tulangan (kg/m ³)
Tipe 3	13	-	620	78	776	62	7850	0.81	50.13	
Tipe 4	13	620	-	78	776	62	7850	0.81	50.13	298.58

Perhitungan Volume Besi Pelat Lantai

PELAT	Dimensi			Vol Beton	Vol Tul	Vol Bekisting	Rasio Tul	Jumlah Pelat	total besi	beton	bekisting
	P	L	t	m ³	kg	m ²	kg/m ³		kg	m ³	m ²
SATU ARAH	6700	3000	120	2.412	143.51	20.1	72.61	4	574.0	9.6	80.4
	6700	2750	120	2.211	136.11	18.425	73.49	8	1088.9	17.7	147.4
	6700	2100	120	1.6884	98.44	14.07	72.34	8	787.5	13.5	112.6
	7300	2800	120	2.4528	150.300	20.44	72.61	4	601.2	9.8	81.8
	7300	2500	120	2.19	133.89	18.25	73.50	4	535.5	8.8	73.0
	4200	2100	120	1.0584	59.56	8.82	72.56	4	238.2	4.2	35.3
	5500	2100	120	1.386	80.24	11.55	72.84	4	320.9	5.5	46.2
	6000	2100	120	1.512	86.86	12.6	71.81	2	173.7	3.0	25.2
DUA ARAH	5300	4200	120	2.6712	193.69	22.26	84.46	4	774.7	10.7	89.0
	4700	4200	120	2.3688	170.99	19.74	84.97	4	684.0	9.5	79.0
	3850	2800	120	1.2936	91.92	10.78	88.81	2	183.8	2.6	21.6
	5500	2800	120	1.848	132.33	15.4	86.49	1	132.3	1.8	15.4
TOTAL									6095.0	96.8	806.8