

LAPORAN
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik



PERENCANAAN PEMBANGUNAN GEDUNG SEKOLAH DAN
FASILITAS SEKOLAH SMPN 1 PADANGAN

Tim Peneliti:
Sujiat.,ST.,MT

Dibiayai oleh:
Universitas Bojonegoro
Periode 2 Tahun Anggaran 2023/2024

UNIVERSITAS BOJONEGORO
2024

HALAMAN PENGESAHAN

PROPOSAL PENELITIAN PENDANAAN PERGURUAN TINGGI

1.	Judul Penelitian	:	Perencanaan Pembangunan Gedung Sekolah dan Fasilitas Sekolah SMPN 1 Padangan
2.	Ketua Peneliti		
	a. Nama Peneliti	:	Sujiat
	b. NIDN	:	0721028603
	c. Program Studi	:	Teknik Sipil
	d. E-mail	:	sujiatmaibit@gmail.com
	e. Bidang Keilmuan	:	Struktur
3.	Anggota Peneliti 1		
	a. Nama (Dosen/ Mahasiswa)	:	
	b. NIDN/NIM	:	
	c. Program Studi	:	
	d. E-mail	:	
	e. Bidang Keilmuan	:	
	Anggota Peneliti 2		
	a. Nama (Dosen/ Mahasiswa)	:	
	b. NIDN/NIM	:	
	c. Program Studi	:	
	d. E-mail	:	
	e. Bidang Keilmuan	:	
4.	Jangka Waktu Penelitian	:	
6.	Lokasi Penelitian	:	
7.	Dana Diusulkan	:	
Mengetahui,			Bojonegoro, 7 November 2024
Ketua LPPM Universitas Bojonegoro			Pengusul,
<u>Laily Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc.</u> NIDN 07 2108 8601			<u>Sujiat,ST,MT</u> NIDN. 0721028603

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan berkat dan rahmat-Nya, kami dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan sebaik-baiknya. Proposal penelitian ini berjudul **“Perencanaan Pembangunan Gedung Sekolah dan Fasilitas Sekolah SMPN 1 Padangan ”** Proposal ini disusun untuk memenuhi salah satu tridarma perguruan tinggi yaitu penelitian. Kami menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak maka sangat sulit bagi kami untuk menyelesaikan proposal ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam pembuatan proposal penelitian ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga nantinya penelitian ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu Teknik Sipil ke depan khususnya dalam bidang struktur bangunan gedung.

Bojonegoro, 7 November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
RINGKASAN	viii
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
BAB II Tinjauan Pustaka	3
2.1 Struktur.....	3
2.2 Pembebanan Struktur	3
2.2.1 Beban Mati	3
2.2.2 Beban Hidup	4
2.3 Struktur Bangunan Tahan Gempa	6
2.3.1 Metode Analisis Dinamik	7
2.3.2 Metode Analisis Riwayat Waktu	8
2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	8
2.5 Beban gempa	10
2.6 Kombinasi Pembebanan.....	10
2.7 Ketentuan Umum Dalam Bangunan Tahan Gempa	11
2.7.1 Gempa rencana	11
2.7.2 Kategori risiko struktur bangunan	11
2.7.3 Faktor keutamaan Gempa.....	13
2.7.4 Koefisien situs dan parameter spektral desain	13
2.7.5 Penentuan Periode	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian	16
3.2 Lokasi Penelitian.....	16

3.3 Jenis dan Sumber data	17
3.4 Teknik Pengumpulan data.....	17
3.5 Metode Analisis data.....	17
3.6 Bagan Alir Penelitian	18
BAB IV Analisis dan Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
4.1 Data Perencanaan Bangunan	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 lokasi dan rencana bangunan	19
4.1.2 material beton bertulang	19
4.1.3 material besi tulangan	19
4.2 Desain penulangan balok	20
4.3 Desain penulangan kolom	46
4.4 Desain penulangan plat	50
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan	4
Tabel 2. 2 Beban Hidup pada lantai gedung	5
Tabel 2. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa	12
Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa	13
Tabel 2. 5 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Level – Level Kerusakan Bangunan	7
Gambar 2. 2 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	10
Gambar 2. 3 Parameter Spektral Percepatan Gempa Periode detik 1 detik (S ₁).....	14
Gambar 2. 4 Parameter Spektral Percepatan Gempa Periode Pendek (S _s).....	14
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	16
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....	18
Gambar. 4.1 detail penulangan sloof (s1)	22
Gambar. 4.2 detail penulangan sloof (s2)	25
Gambar. 4.3 detail penulangan sloof (s3)	28
Gambar. 4.4 detail penulangan balok (b1)	31
Gambar. 4.5 detail penulangan balok (b2)	34
Gambar. 4.6 detail penulangan balok (b3)	37
Gambar. 4.7 detail penulangan ring balk (rb1)	40
Gambar. 4.8 detail penulangan ring balk (rb2)	43
Gambar. 4.9 detail penulangan balok topi	46
Gambar. 4.10 detail penulangan kolom (k1a/k1b)	48
Gambar. 4.11 detail penulangan kolom (k2)	50
Gambar. 4.12 detail penulangan plat lantai	53
Gambar. 4.13 detail penulangan plat dak	56

RINGKASAN

Perencanaan gedung bertingkat menjadi aspek penting dalam pengembangan sebuah daerah. Seiring dengan pertumbuhan populasi yang pesat yang terus berlangsung, kebutuhan akan tempat tinggal dan fasilitas publik semakin meningkat. Gedung bertingkat menawarkan solusi efisien untuk memanfaatkan lahan yang terbatas di area perkotaan, sehingga dapat mengakomodasi lebih banyak orang dan aktivitas dalam satu lokasi. Hal ini juga sejalan dengan upaya untuk menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dan terintegrasi. Perencanaan gedung bertingkat bagi sebuah sekolah adalah hal yang sangat dibutuhkan saat ini mengingat semakin meningkatnya jumlah siswa dan kebutuhan sarana sekolah pada sebuah daerah. Desa Padangan adalah desa di kabupaten bojonegoro bagian barat dan merupakan lokasi dari SMPN 1 padangan yang pada saat ini sangat membutuhkan sebuah Gedung dan sarana sekolah untuk memenuhi dan menunjang kebutuhan siswa di sekolah tersebut. Hasil Analisa dengan sap 2000 direncanakan Sloof (S1) direncanakan menggunakan dimensi 25x50 dengan Tulangan 5D16 dan Balok Induk (B1) direncanakan menggunakan dimensi 30 x 55 dengan Tulangan 5D16, Kolom direncanakan menggunakan dimensi 45x45 dengan Tulangan 12 D16 mm dengan jarak tulangan transversal 2 Ø10-100 mm. Plat lantai direncanakan menggunakan plat beton dua arah dengan ketebalan 12 cm. Untuk tulangan tumpuan arah x menggunakan Ø10-85 mm, tulangan lapangan arah x menggunakan Ø10-130 mm, tulangan tumpuan arah y menggunakan Ø10-85 mm dan tulangan lapangan arah y menggunakan Ø10-130 mm

Kata Kunci : *Bangunan Gedung, Perencanaan*

BAB I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Perencanaan gedung bertingkat menjadi aspek penting dalam pengembangan sebuah daerah. Seiring dengan pertumbuhan populasi yang pesat yang terus berlangsung, kebutuhan akan tempat tinggal dan fasilitas publik semakin meningkat. Gedung bertingkat menawarkan solusi efisien untuk memanfaatkan lahan yang terbatas di area perkotaan, sehingga dapat mengakomodasi lebih banyak orang dan aktivitas dalam satu lokasi. Hal ini juga sejalan dengan upaya untuk menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dan terintegrasi.

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, gedung bertingkat juga memainkan peran kunci dalam mengurangi jejak karbon. Dengan mengonsolidasikan fungsi-fungsi dalam satu bangunan, gedung bertingkat dapat mengurangi kebutuhan transportasi, yang merupakan salah satu sumber utama emisi gas rumah kaca. Selain itu, desain gedung yang efisien dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya, seperti cahaya alami dan ventilasi, yang berkontribusi pada penghematan energi (González et al., 2017).

Di banyak negara, peraturan dan kebijakan terkait perencanaan gedung bertingkat telah ditetapkan untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan penghuninya. Standar ini mencakup aspek struktural, seperti ketahanan terhadap gempa bumi, serta pertimbangan estetika dan dampak lingkungan. Implementasi regulasi ini bertujuan untuk melindungi masyarakat dan lingkungan, serta memastikan bahwa pembangunan gedung bertingkat dilakukan secara bertanggung jawab (Smith, 2019).

Perencanaan gedung bertingkat bagi sebuah sekolah adalah hal yang sangat dibutuhkan saat ini mengingat semakin meningkatnya jumlah siswa dan kebutuhan sarana sekolah pada sebuah daerah.

Desa Padangan adalah desa di kabupaten bojonegoro bagian barat dan merupakan lokasi dari SMPN 1 padangan yang pada saat ini sangat membutuhkan sebuah Gedung dan sarana sekolah untuk memenuhi dan menunjang kebutuhan siswa di sekolah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan- permasalahan sehingga menghasilkan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Berapa dimensi kolom dan balok yang mampu berkerja untuk menahan beban akibat dari pembebanan yang diberikan sesuai aturan yang berlaku ?
2. Berapa luas tulangan kolom dan balok yang mampu berkerja akibat dari beban yang diberikan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui dimensi kolom dan balok yang mampu berkerja untuk menahan beban akibat dari pembebanan yang diberikan sesuai aturan yang berlaku.
2. Mengetahui luas tulangan kolom dan balok yang mampu berkerja akibat dari beban yang diberikan

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui lebih detail tentang perencanaan Gedung bertingkat atas dimana penelitian tersbut masih minim dilakukan di Universitas Bojonegoro khususnya Prodi Teknik Sipil sehingga nantinya bisa digunakan untuk pengembangan referensi untuk perencanaan gedung bertingkat bagi mahasiswa dan mahasiswi teknik sipil Universitas Bojonegoro.

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Struktur

Struktur bangunan adalah bagian-bagian yang membentuk bangunan seperti pondasi, sloof, dinding, kolom, ring, kuda-kuda, dan atap. Pada prinsipnya struktur bangunan untuk meneruskan beban bangunan dari bagian bangunan atas menuju bagian bangunan bawah lalu menyebarkan ke tanah. Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (lower structure) dan struktur atas (upper structure).

Menurut SNI 1726-2019, bangunan bawah adalah bagian dari suatu struktur bangunan gedung yang terletak di bawah permukaan tanah yang dapat terdiri dari struktur bawah tanah dan/atau struktur pondasi dengan struktur atas (upper structure) adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Masing-masing komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda dalam strukturnya. Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan seperti beban mati (dead load), beban hidup (live load), beban gempa (earthquake), dan beban angin (wind load).

2.2 Pembebanan Struktur

Pembebanan merupakan faktor penting dalam merancang struktur bangunan. Berdasarkan SNI 1726 tahun 2019 beban adalah gaya-gaya atau aksi-aksi lainnya yang dihasilkan dari berat seluruh material bangunan, hunian dan pemanfaatannya, pengaruh-pengaruh lingkungan, pergerakan relative, beda penurunan, dan perubahan-perubahan dimensi yang tertahan. Untuk merancang suatu struktur gedung perlu mengidentifikasi beban nominal yang bekerja pada struktur. Beban nominal yang bekerja pada struktur dapat digolongkan dalam tiga bagian, yaitu beban mati, beban hidup, dan beban akibat pengaruh alam.

2.2.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, meliputi semua penambahan, penyelesaian akhir, mesin dan peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari bangunan (PPIUG 1983). Biasanya beban mati merupakan beban sendiri dari satu bangunan, sehingga

besarnya dapat dihitung secara akurat berdasarkan ukuran bentuk, dan berat jenis materialnya. Jadi, berat dinding, lantai, balok, langit-langit, dan sebagainya dianggap beban mati dari suatu bangunan”. Dalam menentukan beban mati suatu gedung harus ditinjau dari berat sendiri dari bahan bangunan Gedung tersebut.

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

BEBAN MATI	Kg/m ³
Baja	7.850
Batu Alam	2.600
Batu Belah, Batu Bulat, Batu Gung (Berat tumpuk)	1.500
Batu Karang (berat tumpuk)	700
Batu Pecah	1.450
Besi Tuang	7.250
Beton (1)	2.200
Beton Bertulang (2)	2.400
Kayu (kelas I) (3)	1000
Kerikil,Koral (Kering udara sampai lembab,tanpa diayak)	1.650
Pasangan Batu Merah	1.700
Pasangan Batu Belah, batu bulat, batu gunung	2.200
Pasangan batu cetak	2.200
Pasangan batu karang	1.450
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600
Pasir (jenuh air)	1.800
Pasir kerikil,koral (kering udara sampai lembab)	1.850
Tanah, Lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700
Tanah, Lempung dan lanau (basah)	2000
Timah hitam (timbel)	11.400

Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung
(1983)

2.2.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung,dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari baarang-barang yang berpindah,mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut (PPIUG 1983). Contoh dari beban hidup

adalah beban hunian, lalu lintas orang, lalu lintas kendaraan 7 (jembatan). “beban hidup minimum diterapkan pada bangunan biasanya ditetapkan dalam peraturan setempat yang berlaku. Beban hidup dapat direduksi bila tidak semua daerah pembebanan dibebani penuh secara bersamaan, atau untuk elemen yang mempunyai daerah pembebanan yang luas” (Laurentis dan Syahril, 1999;8).

Berdasarkan Pedoman pembebanan untuk rumah dan gedung, berat beban hidup yang terjadi pada lantai gedung dapat ditentukan berdasarkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 2Beban Hidup pada lantai gedung

	Beban hidup	kg/m ²
A	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200
B	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang yang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125
C	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, rumah sakit	250
D	Lantai ruang olahraga	400
E	Lantai ruang dansa	500
F	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain, dari pada yang disebut dalam a sampai e, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400
G	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton berdiri	500
H	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam c	300
I	Tangga, bordes tangga dan gang yang disebut dalam d, e, f, dan g	500

J	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri	400
K	Lantai gedung parkir bertingkat a. Untuk lantai bawah b. Untuk lantai tingkat lainnya	800 400
L	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300

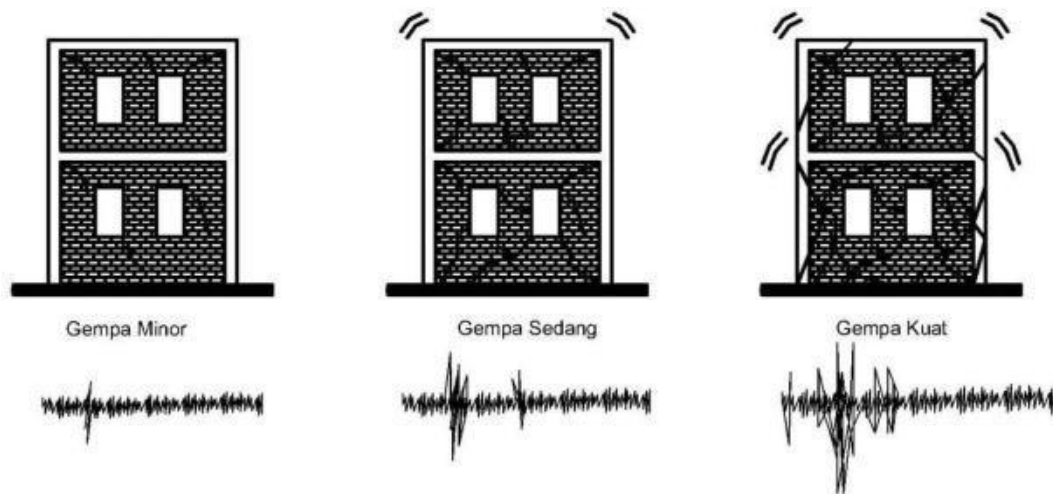
Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (1983)

2.3 Struktur Bangunan Tahan Gempa

Bangunan gedung dikategorikan menjadi 3 kelompok yaitu: gedung tingkat rendah dengan 1 hingga 4 lantai, gedung bertingkat sedang dengan 5 hingga 8 lantai, dan gedung bertingkat tinggi dengan lebih dari 8 lantai. Bangunan tahan gempa dirancang untuk mempertahankan strukturnya agar tidak runtuh saat terjadi gempa. Meskipun bangunan ini tidak dirancang untuk sepenuhnya bebas dari kerusakan, tujuan utamanya adalah meminimalkan kerusakan sehingga tidak menimbulkan korban jiwa dan hanya mengalami kerugian yang minimal. Oleh karena itu, perencanaan bangunan tahan gempa mengikuti prinsip desain yang didasarkan pada tingkat kekuatan gempa (Widodo, 2012), yaitu sebagai berikut:

- Pada gempa dengan kekuatan kecil yang sering terjadi, struktur utama seharusnya tidak mengalami kerusakan, sementara kerusakan kecil pada komponen non - struktur masih dapat ditoleransi.
- Pada gempa dengan kekuatan menengah yang relatif jarang terjadi, struktur utama dapat mengalami kerusakan ringan, sementara komponen non struktur dapat mengalami kerusakan yang masih dapat diperbaiki.
- Pada gempa dengan kekuatan kuat yang jarang terjadi, struktur utama diizinkan mengalami kerusakan, namun tidak boleh mengalami keruntuhan total, sehingga risiko korban jiwa dapat diminimalisir.

Berdasarkan tingkat kerusakan bangunan yang disebutkan sebelumnya, analisis statik dan dinamis sangat diperlukan dalam perencanaan struktur gedung untuk memastikan kinerja yang optimal saat terjadi gempa. Tingkatan kerusakan bangunan akibat gempa kecil, menengah, dan kuat dijelaskan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Level – Level Kerusakan Bangunan

Sumber: Widodo, 2012

2.3.1 Metode Analisis Dinamik

Analisis dinamik adalah salah satu metode dalam analisis struktur, di mana distribusi gaya geser seismik pada setiap lantai dihitung dengan mempertimbangkan pengaruh gerak tanah dinamis terhadap struktur. Analisis dinamik digunakan dalam perencanaan struktur tahan gempa ketika membutuhkan ketelitian terhadap gaya-gaya gempa yang berpengaruh pada struktur diperlukan, serta untuk memahami respons bangunan yang mencerminkan perilaku sebenarnya dari struktur tersebut (Rifai, 2022). Saat terjadi gempa, terutama pada bangunan bertingkat tinggi atau struktur dengan konfigurasi tidak teratur, analisis dinamik menjadi penting. Analisis dinamik ini terdiri dari 2 jenis yaitu:

- a. Analisis respon spektrum melibatkan perolehan respons total dengan menjumlahkan respons dari setiap mode getar secara terpisah.

- b. Analisis riwayat waktu adalah metode analisis dinamis di mana model struktur baik linear maupun non – linear dianalisis menggunakan data rekaman gempa, dengan respons struktur dihitung berdasarkan gerakan tanah yang diberi sebagai masukan.

2.3.2 Metode Analisis Riwayat Waktu

Beban gempa bersifat bergantung pada waktu sehingga respons yang terjadi pada bangunan juga dipengaruhi oleh waktu pembebanan. Sebagai akibat dari beban gempa yang direncanakan, struktur akan berperilaku inelastik dalam analisis non - linear. Meskipun analisis riwayat waktu umumnya lebih sering diterapkan pada kondisi non – linear, metode ini juga dapat digunakan untuk kondisi linear, meskipun kurang umum.

Analisis dinamik riwayat waktu adalah metode dalam analisis dinamik yang diterapkan untuk mengevaluasi struktur terhadap gempa. Akselerogram gempa akibat gempa yang diperoleh dari lokasi dengan kondisi geologi, topografi, dan seismotektonik yang serupa dengan lokasi yang dianalisis. Untuk analisis riwayat waktu linear, model matematis linear struktur harus dianalisis untuk memastikan responsnya melalui metode integrasi numerik terhadap rangkaian percepatan yang sesuai secara spektral dengan respon spektra desain di lokasi tersebut (SNI 1726 – 2019 Pasal 7.9.2.1). Analisis riwayat waktu respons non-linier dapat diterapkan sesuai dengan ketentuan dalam pasal SNI untuk mengevaluasi kekuatan, kekakuan, dan daktilitas struktur dalam menghadapi guncangan gempa maksimum (MCER) dengan tingkat kinerja yang dapat diterima (SNI 1726 - 2019 Pasal 11).

2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen (SRPM) adalah salah satu sistem struktur utama untuk menahan gaya lateral, baik yang disebabkan oleh gempa maupun angin. SRPM dikenal efektif dalam menyediakan sistem yang daktil, namun kurang optimal dalam memberikan kekuatan lateral, terutama pada bangunan tinggi. SRPM cukup efektif digunakan pada bangunan hingga kurang dari 25 tingkat.

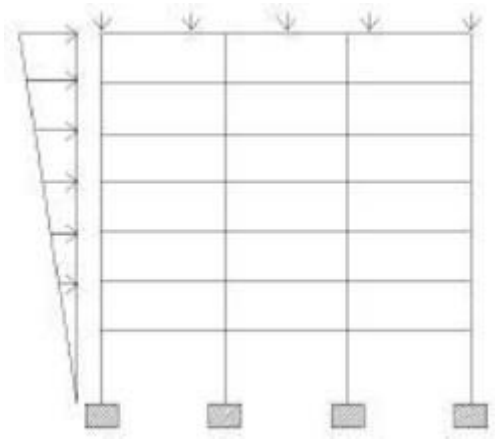
Menurut Pawirodikromo (2012), penggunaan SRPM untuk bangunan bertingkat akan mempunyai kelebihan dan kekurangan. Beberapa kelebihannya diantaranya:

- a. Jika dirancang dengan baik, struktur portal dapat menjadi struktur yang daktil dengan sendi plastis yang stabil, serta memberikan sistem pengekangan yang memadai.
- b. Karena fleksibilitasnya yang tinggi, SRPM akan memiliki perioda getar T yang relatif besar.
- c. Dari segi aksitetural, SRPM memberikan fleksibilitas dalam penataan ruangan sesuai kebutuhan.

Namun kekurangan dari SRPM adalah:

- a. Kerusakan total pada frame dapat terjadi, terutama jika tidak diterapkan pola mekanisme yang jelas.
- b. Desain tulangan lateral tidak memadai, baik pada lokasi sendi plastis maupun joint.
- c. Distribusi kekakuan struktur portal yang tidak merata secara vertikal dapat menyebabkan adanya tingkat yang relatif lemah (soft storey).
- d. Struktur portal yang terlalu fleksibel dapat mengakibatkan simpangan antar tingkat yang cukup besar terutama pada tingkat bawah.

Sistem rangka pemikul momen terbagi menjadi 3 jenis yaitu sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB), sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Sistem ini terdiri dari komponen horizontal berupa balok dan komponen vertikal berupa kolom yang dihubungkan secara kaku.



Gambar 2. 2 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sumber: Purwono, 2005

2.5 Beban gempa

Beban gempa adalah beban statik ekuivalen yang diterapkan pada bangunan untuk meniru dampak gerakan tanah akibat gempa (PPIUG, 1983). Beban ini muncul akibat pergerakan tanah di mana struktur berdiri. Dalam analisis riwayat waktu, gaya gempa yang digunakan berupa percepatan maksimum tanah (PGA) yang diperoleh dari rekaman gempa nyata. Setiap pasangan komponen gerak tanah horizontal dapat dibuat dengan menggunakan spektra SRSS dari respons spektrum dengan redaman 5% untuk komponen yang diskalakan. Jika penskalaan amplitudo digunakan, faktor skala yang sama diterapkan pada kedua komponen pasangan. Setiap pasangan gerak diskalakan sehingga spektra SRSS rata-rata dari semua komponen horizontal tidak kurang dari nilai yang ditetapkan dalam respons spektrum untuk desain (MCER) pada rentang periode 0,75 T_M hingga 1,25 T_M , sesuai dengan ketentuan dalam pasal (SNI 1726 – 2019 Pasal 12.3.3).

2.6 Kombinasi Pembebanan

Perencanaan struktur, komponen elemen struktur, serta elemen pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan rencana setidaknya sama dengan, atau melebihi, pengaruh dari beban-beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727 – 2020. Kombinasi pembebanan yang dimaksud adalah:

- a) 1,4D
- b) $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- c) $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d) $1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

e) $1,2D + 1,0E + 1,0L$

f) $0,9D + 1,0W$

g) $0,9D + 1,0E$

Keterangan:

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

Lr = Beban Hidup Atap

S = Beban Salju

R = Beban Hujan

W = Beban Angin

E = Beban Gempa

2.7 Ketentuan Umum Dalam Bangunan Tahan Gempa

2.7.1 Gempa rencana

Dalam merumuskan pengaruh gempa yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung maupun non-gedung, termasuk berbagai bagian dan peralatannya, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan probabilitas terlampaui sebesar 2% selama umur bangunan yang diestimasi mencapai 50 tahun (SNI 1726 – 2019 Pasal 4.1.1).

2.7.2 Kategori risiko struktur bangunan

Menurut SNI 1726 – 2019, terdapat berbagai kategori risiko untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung yang dijelaskan dalam Tabel 3 yang merinci kategori risiko untuk beban gempa pada bangunan gedung dan non-gedung sesuai dengan standar SNI. Dalam penelitian penulis mengambil gedung parkir rumah sakit sebagai objek penelitian. Jika dilihat pada Tabel 2.3, rumah sakit termasuk dalam kategori risiko 4 sedangkan gedung parkir bersebelahan dengan rumah sakit maka gedung parkir termasuk dalam kategori risiko 4 juga. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa I_e menurut Tabel 2.4.

Tabel 2. 3Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung untuk dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan	IV
- Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedan dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur bangunan (termasuk Menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	

Lanjutan Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa.

- Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV
--	----

Sumber: SNI 1726 – 2019

2.7.3 Faktor keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa (I_e) dan kategori risiko untuk struktur bangunan gedung dan non gedung berdasarkan pada tingkat bahaya dari isi dan fungsinya (SNI 1726 – 2019 Pasal 10.3.1.1).

Tabel 2. 4Faktor Keutamaan Gempa

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

Sumber: SNI 1726 – 2019

2.7.4 Koefisien situs dan parameter spektral desain

Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCER pada permukaan, faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik (F_a) dan periode 1 detik (F_v) sangat penting. Faktor amplifikasi ini mencakup faktor getaran yang terkait dengan periode getaran pendek dan periode 1 detik. Penyesuaian ini dilakukan berdasarkan pengaruh situs, yang dihitung menggunakan rumus berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots \dots \dots (2.1)$$

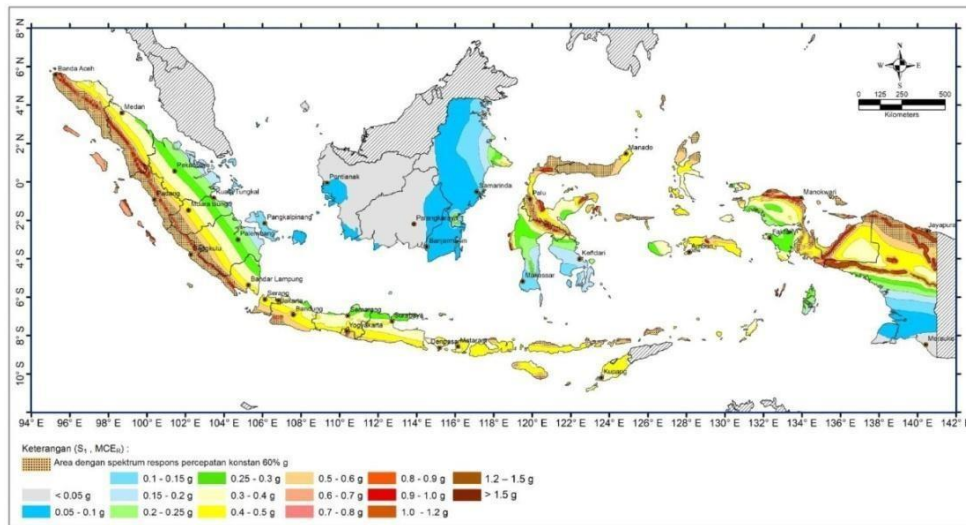
$$S_{M1} = F_v \cdot S1 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek

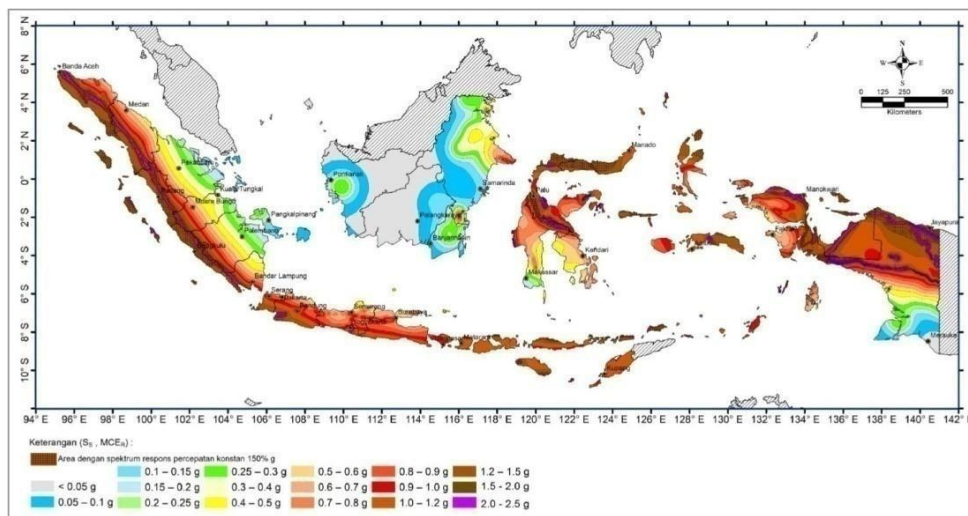
S1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik

Untuk parameter respons spektral ditentukan berdasarkan wilayah gempa pada Gambar 2.3. dan Gambar 2.4.



Gambar 2. 3 Parameter Spektral Percepatan Gempa Periode detik 1 detik (S_1)

Sumber: SNI 1726 – 2019



Gambar 2. 4 Parameter Spektral Percepatan Gempa Periode Pendek (S_s)

Sumber: SNI 1726 - 2019

2.7.5 Penentuan Periode

Periode fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau harus dihitung berdasarkan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang telah diuji. Periode fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien batas atas periode yang dihitung (C_u) dari Tabel 2.6 dengan periode fundamental pendekatan (T_a) yang ditentukan. Sebagai alternatif, dalam analisis untuk menentukan periode fundamental struktur (T), penggunaan langsung periode bangunan pendekatan (T_a) diperbolehkan.

Tabel 2. 5 Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

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

Sumber : SNI 1726 – 2019

Periode pendekatan fundamental (T_a), ditentukan melalui persamaan sebagai berikut ini:

$$T_a = C_t \cdot h_n^X$$

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

BAB III

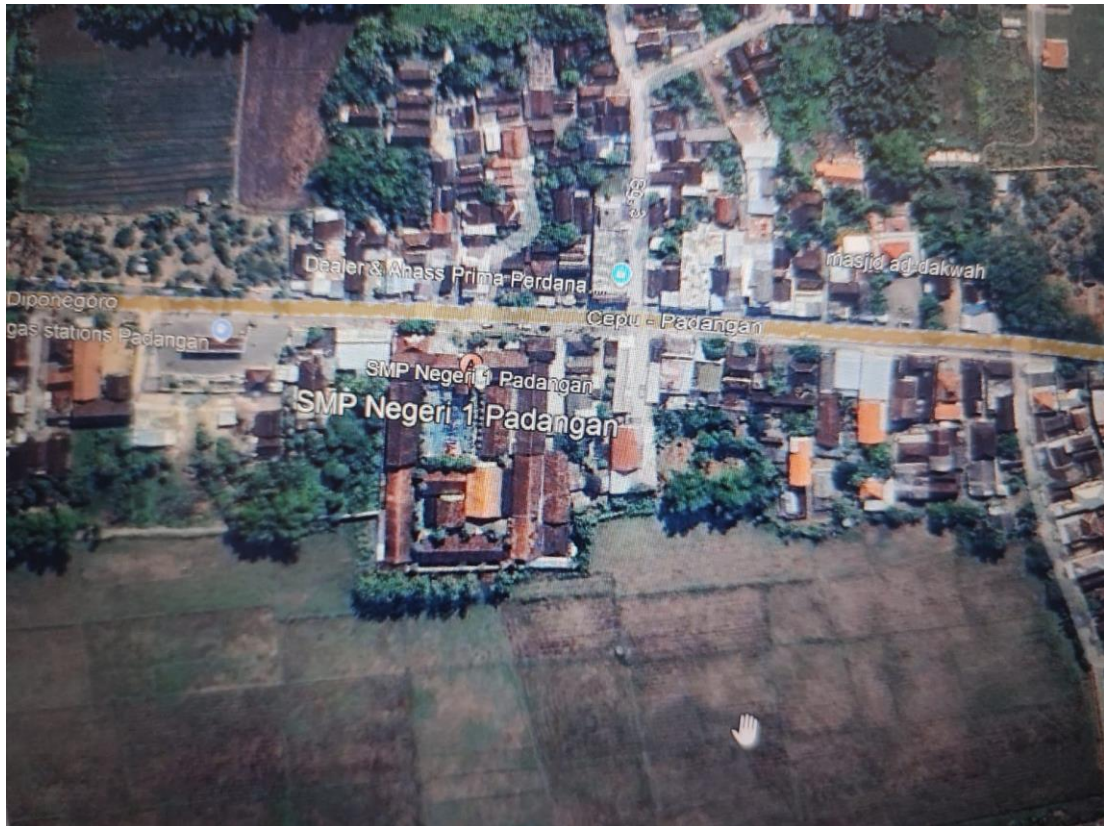
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Pada penelitian ini berfokus pada perencanaan struktur atas bangunan gedung sekolah dengan menggunakan data-data yang ada. Penelitian menggunakan kualitatif dengan menghitung menggunakan analisis struktur dengan pembebanan terbaru yang ada di Indonesia.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan Di Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Padangan Kecamatan Padangan Kabupaten Bojonegoro.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

Sumber : Google earth (diakses tanggal 1 November 2024)

3.3 Jenis dan Sumber data

Adapun data-data penelitian yang ada adalah sebagai berikut :

- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| 1. Nama Gedung | : SMPN 1 PADANGAN |
| 2. Jumlah Lantai | : 3 lantai |
| 3. Penutup Atap | : Dak beton |
| 4. Mutu Beton | : $f_c' = 25$ Mpa |
| 5. Kegunaan Bangunan | : Ruang belajar dan Prasarana Sekolah |
| 6. Lokasi | : Desa Padangan Kec.Padang |

3.4 Teknik Pengumpulan data

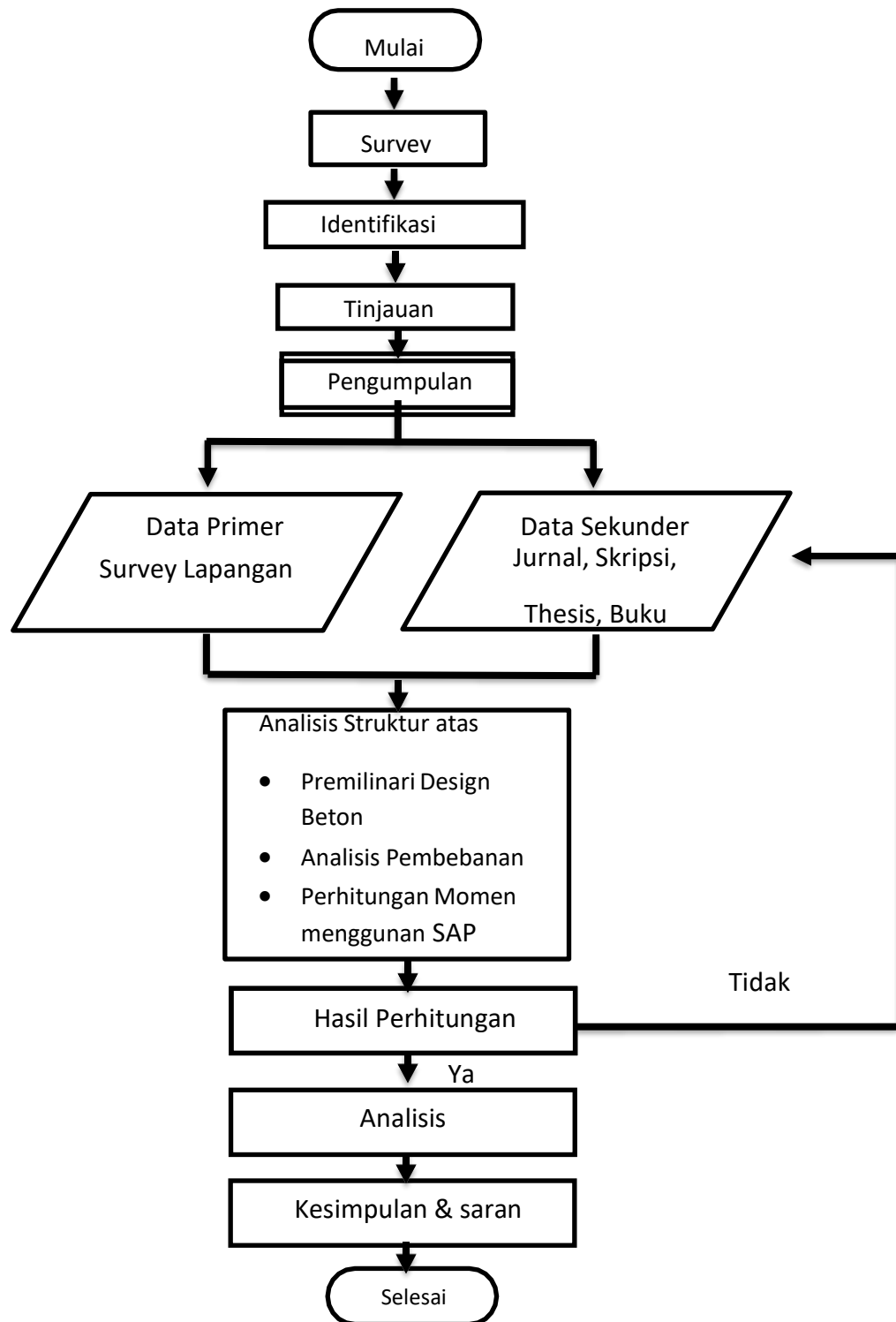
Dalam penelitian ini ada beberapa cara penulis dalam melakukan pengumpulan data, hal ini dilakukan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara survey langsung ke lokasi penelitian sehingga didapat gambaran sebenarnya bagaimana kondisi lokasi yang ada dilapangan, kemudian melakukan tahap wawancara, hal ini penting dilakukan agar bisa mendapatkan informasi sebanyak mungkin mengenai geografis lokasi yang ada dengan memperhatikan kondisi bangunan yang telah ada, selain kedua tahap tersebut maka peneliti melakukan tahap lain yaitu observasi serta dokumentasi Penulis menggunakan teknik Observasi dalam penelitian ini. Observasi merupakan suatu metode pengumpulan data yang saling berhubungan karena dalam pelaksanaannya selalu melibatkan beberapa faktor. Dalam penelitian ini menggunakan Teknik pengumpulan data observasi untuk mendapatkan informasi mengenai perilaku manusia, proses kerja, dan gejala-gejala yang terjadi di alam.

3.5 Metode Analisis data

Metode analisis data merupakan metode yang penting dalam penelitian ini dimana data yang dikumpulkan di olah atau di proses untuk menarik kesimpulan dari permasalahan yang dianalisis. Pada penelitian ini penulis melakukan metode analisis struktur pada bangunan gedung struktur atas sekolah SMPN 1 PADANGAN.

3.6 Bagan Alir Penelitian

Adapun gambar diagram alir penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Peneltian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data perencanaan bangunan

4.1.1 Lokasi dan rencana bangunan

- a) Lokasi bangunan berada di SMP Negeri 1 Padangan
- b) Titik koordinat bangunan :
Lintang = -7.149661792
Bujur = 111.8834777
- c) Rencana penggunaan bangunan :
Bangunan diperuntukkan sebagai ruang belajar mengajar untuk siswa siswi SMP Negeri 1 Padangan Kec. Bojonegoro.

4.1.2 Material beton bertulang

- a) f'_c beton = 25 Mpa
- b) Modulus elastisitas (E) = $4700 \sqrt{f'_c}$
= $4700 \sqrt{25} = 23500$
- c) Poisson ratio (U) = 0,2
- d) Koefisien pemuaian (α) = $0,000012^\circ \text{ C}$

4.1.3 Material besi tulangan

- a) Modulus elastisitas (E) = 200000 Nmm
- b) Modulus geser (G) = 77200 Nmm
- c) Nisbah poisson (U) = 0,3
- d) Koefisien pemuaian (α) = $0,000012^\circ \text{ C}$
- e) Jenis tulangan baja (utama) = BJTS 40
 - Teg. Leleh min (f_y) = 400 MPa
 - Teg. Tarik min (f_u) = 570 MPa
 - Teg. Leleh efektif (f_{ye}) = $1,1 \times f_y = 440 \text{ Mpa}$
 - Teg. Tarik efektif (f_{ue}) = $1,1 \times f_u = 627 \text{ MPa}$
- f) Jenis tulangan baja (Sengkang) = BJTP 24
 - Teg. Leleh min (f_y) = 240 MPa
 - Teg. Tarik min (f_u) = 390 MPa
 - Teg. Leleh efektif (f_{ye}) = $1,1 \times f_y = 264 \text{ Mpa}$

- Teg. Tarik efektif (f_{ue}) = $1,1 \times f_u = 429 \text{ MPa}$

4.2 Desain Penulangan Balok

A. Sloof (S1) 25x50 cm

➤ Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

414	134	414
271	271	271

Tumpuan

Lapangan

Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$\begin{aligned} A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 16^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\ &= 1,4 \times 250 \times 442 / 400 \\ &= 386,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan A_s perlu dari SAP 2000 lebih besar dari luas tulangan $A_{s \text{ min}}$, maka digunakan nilai luas tulangan A_s perlu

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan atas} &= 414 / 200,96 \\ &= \mathbf{2,06 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}} \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ perlu}} &= 5 \times 200,96 > 414 \\ &= 1004,8 > 414 \\ &= \text{(luas tulangan pakai sudah memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan bawah} &= 386,8 / 200,96 \\ &= \mathbf{1,925 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}} \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 5 \times 200,96 > 386,8 \\
 &= 1004,8 > 386,8 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 386,8 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,925 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 5 \times 200,96 > 386,8 \\
 &= 1004,8 > 386,8 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan bawah} &= 386,8 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,925 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 5 \times 200,96 > 386,8 \\
 &= 1004,8 > 386,8 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

0,04	0,001	0,04
0	0	0

Tumpuan Lapangan Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,04 = 3925 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}
 d/4 &= 442 / 4 \\
 &= 110,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6 \times \text{diameter tul} &= 6 \times 16 \\
 &= 96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3 ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 96 mm atau dibulatkan menjadi jarak 100 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

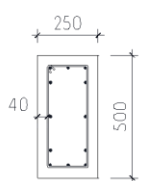
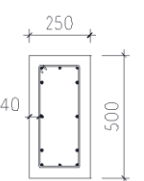
$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,001 = 157000 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}
 d/2 &= 442 / 2 \\
 &= 221 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan pada perhitungan nilai yang didapatkan melebihi atau lebih besar dari 150 mm, maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan jarak 150 mm.

➤ Gambar penulangan Sloof (S1)

TYPE BETON	SLOOF (S1)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	250 X 500	250 X 500
TULANGAN ATAS	5 D 16	5 D 16
TULANGAN TENGAH	2 Ø 10	2 Ø 10
TULANGAN BAWAH	5 D 16	5 D 16
BEUGEL	Ø 10 — 100	Ø 10 — 150

Gambar. 4.1 detail penulangan sloof (s1)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

B. Sloof (S2) 20x40 cm

➤ Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

310	83	310
167	167	167
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$\begin{aligned}As &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\&= 1/4 \times 3,14 \times 16^2 \\&= 200,96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}As \text{ min} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\&= 1,4 \times 200 \times 342 / 400 \\&= 239,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan As perlu dari SAP 2000 lebih kecil dari luas tulangan As min, maka digunakan nilai luas tulangan As min

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan atas} &= 310 / 200,96 \\&= \mathbf{1,543 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}As \text{ pakai} > As \text{ min} &= 3 \times 200,96 > 310 \\&= 602,9 > 310 \\&= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan bawah} &= 239,4 / 200,96 \\&= \mathbf{1,191 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}As \text{ pakai} > As \text{ min} &= 3 \times 200,96 > 239,4 \\&= 602,9 > 239,4 \\&= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})\end{aligned}$$

- Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan atas} &= 239,4 / 200,96 \\ &= \mathbf{1,191 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}\end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}\text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 200,96 > 239,4 \\ &= 602,9 > 239,4 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan bawah} &= 239,4 / 200,96 \\ &= \mathbf{1,191 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}\end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}\text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 200,96 > 239,4 \\ &= 602,9 > 239,4 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})\end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

0,001	0,001	0,001
0	0	0

Tumpuan Lapangan Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,001 = 157000 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/4 &= 342 / 4 \\ &= 85,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}6 \times \text{diameter tul} &= 6 \times 16 \\ &= 96 \text{ mm}\end{aligned}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3 ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 85,5 mm atau dibulatkan menjadi jarak 90 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

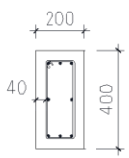
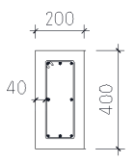
$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,01 = 157000 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/2 &= 342 / 2 \\ &= 171 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 171 mm atau dibulatkan menjadi jarak 150 mm.

- Gambar penulangan Sloof (S2)

TYPE BETON	SLOOF (S2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	200 X 400	200 X 400
TULANGAN ATAS	3 D 16	3 D 16
TULANGAN TENGAH	2 Ø 10	2 Ø 10
TULANGAN BAWAH	3 D 16	3 D 16
BEUGEL	Ø 10 – 90	Ø 10 – 150

Gambar. 4.2 detail penulangan sloof (s2)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

C. Sloof (S3) 15x25 cm

- Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

483	106	483
220	220	220

Tumpuan Lapangan Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 13 (D13) :

$$\begin{aligned} A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \\ &= 132,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\ &= 1,4 \times 150 \times 193,5 / 400 \\ &= 101,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan A_s perlu dari SAP 2000 lebih besar dari luas tulangan $A_{s \text{ min}}$, maka digunakan nilai luas tulangan A_s perlu

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan atas} &= 483 / 132,67 \\ &= \mathbf{3,64 \text{ (dipakai jumlah tulangan 4 buah)}} \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} &= 4 \times 132,67 > 483 \\ &= 530,7 > 483 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan bawah} &= 220 / 132,67 \\ &= \mathbf{1,658 \text{ (dipakai jumlah tulangan 2 buah)}} \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} &= 2 \times 132,67 > 220 \\ &= 265,3 > 220 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

- Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\text{Luas tulangan atas} = 106 / 132,67$$

$$= 0,799 \text{ (dipakai jumlah tulangan 2 buah)}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\text{As pakai} > \text{As perlu} = 2 \times 132,67 > 106$$

$$= 265,3 > 106$$

= (luas tulangan pakai sudah memenuhi)

$$\text{Luas tulangan bawah} = 220 / 132,67$$

$$= 1,658 \text{ (dipakai jumlah tulangan 2 buah)}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\text{As pakai} > \text{As min} = 2 \times 132,67 > 220$$

$$= 265,3 > 220$$

= (luas tulangan pakai sudah memenuhi)

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

0,724	0,174	0,724
0	0	0

Tumpuan

Lapangan

Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\text{Digunakan tulangan P10} = 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2$$

$$= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,724 = 216,85 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$d/4 = 193,5 / 4$$

$$= 48,375 \text{ mm}$$

$$6 \times \text{diameter tul} = 6 \times 13$$

$$= 78 \text{ mm}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3

ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 48,375 mm atau dibulatkan menjadi jarak 50 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

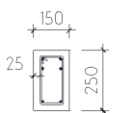
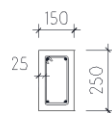
$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,174 = 902,30 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/2 &= 193,5 / 2 \\ &= 96,75 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 96,75 mm atau dibulatkan menjadi jarak 100 mm.

- Gambar penulangan Sloof (S3)

TYPE BETON	SLOOF (S3)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	150 X 200	150 X 200
TULANGAN ATAS	4 D 13	2 D 13
TULANGAN TENGAH	—	—
TULANGAN BAWAH	2 D 13	2 D 13
BEUGEL	Ø10 — 50	Ø10 — 100

Gambar. 4.3 detail penulangan sloof (s3)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

D. Balok (B1) 30x55 cm

- Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

689	222	687
527	527	527

Tumpuan

Lapangan

Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 16^2 \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As min} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\
 &= 1,4 \times 300 \times 492 / 400 \\
 &= 516,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan As perlu dari SAP 2000 lebih besar dari luas tulangan As min, maka digunakan nilai luas tulangan As perlu dari output SAP 2000.

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 689 / 200,96 \\
 &= \mathbf{3,429 \text{ (dipakai jumlah tulangan 8 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As perlu} &= 8 \times 200,96 > 689 \\
 &= 1607,7 > 689 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan bawah} &= 527 / 200,96 \\
 &= \mathbf{2,622 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As perlu} &= 5 \times 200,96 > 527 \\
 &= 1004,8 > 527 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 516 / 200,96 \\
 &= \mathbf{2,568 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 5 \times 200,96 > 516 \\
 &= 1004,8 > 516 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \\
 \text{Luas tulangan bawah} &= 527 / 200,96 \\
 &= \mathbf{2,622 \text{ (dipakai jumlah tulangan 8 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As perlu} &= 8 \times 200,96 > 527 \\
 &= 1607,7 > 527 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

1,186	0,968	1,679
0	0	0

Tumpuan Lapangan Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 1,186 = 88 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}
 d/4 &= 492 / 4 \\
 &= 123 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6 \times \text{diameter tul} &= 6 \times 16 \\
 &= 96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3 ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 88 mm atau dibulatkan menjadi jarak 90 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P8} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,968 = 162,19 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/2 &= 492 / 2 \\ &= 246 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 162,19 mm atau dibulatkan menjadi jarak 150 mm.

- Gambar penulangan Balok (B1)

TYPE BETON	BALOK (B1)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	300 X 550	300 X 550
TULANGAN ATAS	8 D 16	5 D 16
TULANGAN TENGAH	4 Ø 10	4 Ø 10
TULANGAN BAWAH	5 D 16	8 D 16
BEUGEL	Ø 10 — 90	Ø 10 — 150

Gambar. 4.4 detail penulangan balok (b1)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

E. Balok (B2) 30x40 cm

- Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

403	133	409
296	299	356

Tumpuan

Lapangan

Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 16^2 \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As min} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\
 &= 1,4 \times 300 \times 357 / 400 \\
 &= 374,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan As perlu dari SAP 2000 lebih kecil dari luas tulangan As min, maka digunakan nilai luas tulangan As min.

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 409 / 200,96 \\
 &= \mathbf{2,035 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As perlu} &= 5 \times 200,96 > 409 \\
 &= 1004,8 > 409 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan bawah} &= 374,9 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,866 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 200,96 > 374,9 \\
 &= 602,9 > 374,9 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 374,9 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,866 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 200,96 > 374,9 \\
 &= 600,9 > 374,9 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \\
 \text{Luas tulangan bawah} &= 374,9 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,866 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 5 \times 200,96 > 374,9 \\
 &= 1004,8 > 374,9 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

0,699	0,528	0,687
0	0	0

Tumpuan Lapangan Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,699 = 224,61 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}
 d/4 &= 357 / 4 \\
 &= 89,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6 \times \text{diameter tul} &= 6 \times 16 \\
 &= 96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3 ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 89,25 mm atau dibulatkan menjadi jarak 90 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

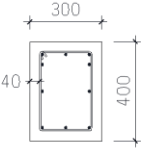
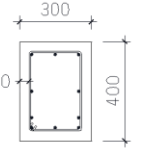
$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,528 = 297,35 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/2 &= 357 / 2 \\ &= 178,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 178,5 mm atau dibulatkan menjadi jarak 150 mm.

- Gambar penulangan Balok (B2)

TYPE BETON	BALOK (B2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	300 X 400	300 X 400
TULANGAN ATAS	5 D 16	3 D 16
TULANGAN TENGAH	2 Ø 10	2 Ø 10
TULANGAN BAWAH	3 D 16	5 D 16
BEUGEL	Ø 10 – 90	Ø 10 – 150

Gambar. 4.5 detail penulangan balok (b2)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

F. Balok (B3) 25x40 cm

- Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

310	156	229
182	123	264

Tumpuan

Lapangan

Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 16^2 \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As min} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\
 &= 1,4 \times 250 \times 357 / 400 \\
 &= 312,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan As perlu dari SAP 2000 lebih kecil dari luas tulangan As min, maka digunakan nilai luas tulangan As min.

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 312,4 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,555 \text{ (dipakai jumlah tulangan 4 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 4 \times 200,96 > 312,4 \\
 &= 803,8 > 312,4 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan bawah} &= 312,4 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,555 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 200,96 > 312,4 \\
 &= 602,9 > 312,4 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 312,4 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,555 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 200,96 > 312,4 \\
 &= 600,9 > 312,4 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \\
 \text{Luas tulangan bawah} &= 312,4 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,555 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 200,96 > 312,4 \\
 &= 602,9 > 312,4 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

1,289	1,140	0,910
0	0	0

Tumpuan Lapangan Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 1,289 = 121,80 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}
 d/4 &= 357 / 4 \\
 &= 89,25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 6 \times \text{diameter tul} &= 6 \times 16 \\
 &= 96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3 ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 89,25 mm atau dibulatkan menjadi jarak 90 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

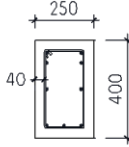
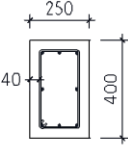
$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 1,140 = 137,72 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/2 &= 357 / 2 \\ &= 178,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 137,72 mm atau dibulatkan menjadi jarak 140 mm.

- Gambar penulangan Balok (B3)

TYPE BETON	BALOK (B3)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	250 X 400	250 X 400
TULANGAN ATAS	4 D 16	3 D 16
TULANGAN TENGAH	2 Ø 10	2 Ø 10
TULANGAN BAWAH	3 D 16	3 D 16
BEUGEL	Ø 10 — 90	Ø 10 — 150

Gambar. 4.6 detail penulangan balok (b3)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

G. Ring Balk (RB1) 25x50 cm

Dikarenakan saat *running analisys* pada SAP 2000 pada beberapa titik penampang ring balk (RB1) mengalami *over stressed* (muncul warna merah pada hasil Analisa), **maka untuk mengatasi hal tersebut penampang ring balk (RB1) diperbesar menjadi 30x55 cm.**

- Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

527	153	527
473	427	432

Tumpuan Lapangan Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$\begin{aligned}
 A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 16^2 \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\
 &= 1,4 \times 300 \times 507 / 400 \\
 &= 532,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan A_s perlu dari SAP 2000 lebih kecil dari luas tulangan $A_{s \text{ min}}$, maka digunakan nilai luas tulangan $A_{s \text{ min}}$.

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 532,4 / 200,96 \\
 &= \mathbf{2,649 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} > A_{s \text{ min}} &= 5 \times 200,96 > 532,4 \\
 &= 1004,8 > 532,4 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan bawah} &= 532,4 / 200,96 \\
 &= \mathbf{2,649 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} > A_{s \text{ min}} &= 3 \times 200,96 > 532,4 \\
 &= 602,9 > 532,4 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\text{Luas tulangan atas} = 532,4 / 200,96$$

$$= 2,649 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 200,96 > 532,4 \\ &= 600,9 > 532,4 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan bawah} &= 532,4 / 200,96 \\ &= 2,649 \text{ (dipakai jumlah tulangan 5 buah)} \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As pakai} > \text{As min} &= 5 \times 200,96 > 532,4 \\ &= 1004,8 > 532,4 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

0,431	0,094	0,094
0	0	0

Tumpuan Lapangan Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\begin{aligned} \text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,431 = 364,27 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned} d/4 &= 507 / 4 \\ &= 126,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6 \times \text{diameter tul} &= 6 \times 16 \\ &= 96 \text{ mm} \end{aligned}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3

ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 96 mm atau dibulatkan menjadi jarak 100 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

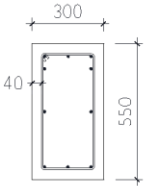
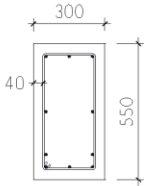
$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,094 = 1670,21 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/2 &= 507 / 2 \\ &= 253,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dikarenakan pada perhitungan nilai yang didapatkan melebihi atau lebih besar dari 150 mm, maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan jarak 150 mm.

- Gambar penulangan Ring Balk (RB1)

TYPE BETON	RING BALK (RB1)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	300 X 550	300 X 550
TULANGAN ATAS	5 D 16	3 D 16
TULANGAN TENGAH	2 Ø 10	2 Ø 10
TULANGAN BAWAH	3 D 16	5 D 16
BEUGEL	Ø 10 – 100	Ø 10 – 150

Gambar. 4.7 detail penulangan ring balk (rb1)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

H. Ring Balk (RB2) 20x40

Dikarenakan saat *running analisis* pada SAP 2000 pada beberapa titik penampang ring balk (RB2) mengalami *over stressed* (muncul warna merah pada hasil Analisa), **maka untuk mengatasi hal tersebut penampang ring balk (RB1) diperbesar menjadi 30x40 cm.**

➤ Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

365	139	429
180	289	329

Tumpuan Lapangan Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$\begin{aligned}
 A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 16^2 \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\
 &= 1,4 \times 300 \times 357 / 400 \\
 &= 374,9 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan A_s perlu dari SAP 2000 lebih kecil dari luas tulangan $A_{s \text{ min}}$, maka digunakan nilai luas tulangan $A_{s \text{ min}}$.

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan atas} &= 429 / 200,96 \\
 &= \mathbf{2,135 \text{ (dipakai jumlah tulangan 4 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu} &= 4 \times 200,96 > 429 \\
 &= 803,8 > 429 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan bawah} &= 374,9 / 200,96 \\
 &= \mathbf{1,866 \text{ (dipakai jumlah tulangan 4 buah)}}
 \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ pakai} > A_{s \text{ min}} &= 4 \times 200,96 > 374,9 \\
 &= 803,8 > 374,9 \\
 &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})
 \end{aligned}$$

Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan atas} &= 374,9 / 200,96 \\ &= \mathbf{1,866 \text{ (dipakai jumlah tulangan 4 buah)}}\end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}\text{As pakai} > \text{As min} &= 4 \times 200,96 > 374,9 \\ &= 803,8 > 374,9 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan bawah} &= 374,9 / 200,96 \\ &= \mathbf{1,866 \text{ (dipakai jumlah tulangan 4 buah)}}\end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned}\text{As pakai} > \text{As min} &= 4 \times 200,96 > 374,9 \\ &= 803,8 > 374,9 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})\end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

0,710	0,594	0,602
0	0	0
Tumpuan	Lapangan	Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,710 = 221,13 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/4 &= 357 / 4 \\ &= 89,25 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}6 \times \text{diameter tul} &= 6 \times 16 \\ &= 96 \text{ mm}\end{aligned}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3 ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 89,25 mm atau dibulatkan menjadi jarak 90 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

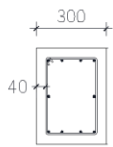
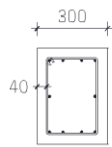
$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,594 = 264,31 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/2 &= 357 / 2 \\ &= 178,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 178,5 mm atau dibulatkan menjadi jarak 150 mm.

Gambar penulangan Ring Balk (RB2)

TYPE BETON	RING BALK (RB2)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	300 X 400	300 X 400
TULANGAN ATAS	4 D 16	4 D 16
TULANGAN TENGAH	2 Ø 10	2 Ø 10
TULANGAN BAWAH	4 D 16	4 D 16
BEUGEL	Ø 10 – 90	Ø 10 – 90

Gambar. 4.8 detail penulangan ring balk (rb2)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

I. Balok Topi 15x40 cm

- Desain tulangan lentur

Luas tulangan lentur/longitudinal yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

163	74	158
109	85	111

Tumpuan Lapangan Tumpuan

Digunakan tulangan ulir diameter 13 (D13) :

$$\begin{aligned} A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 13^2 \\ &= 132,67 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 1,4 \times b \times d / f_y \\ &= 1,4 \times 150 \times 358,5 / 400 \\ &= 188,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena pada perhitungan diatas luas tulangan A_s perlu dari SAP 2000 lebih kecil dari luas tulangan $A_{s \text{ min}}$, maka digunakan nilai luas tulangan $A_{s \text{ min}}$.

- Tulangan lentur daerah tumpuan :

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan atas} &= 188,2 / 132,67 \\ &= \mathbf{1,419 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}} \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} > A_{s \text{ min}} &= 3 \times 132,67 > 188,2 \\ &= 398 > 188,2 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan bawah} &= 188,2 / 132,67 \\ &= \mathbf{1,419 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}} \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} > A_{s \text{ min}} &= 3 \times 132,67 > 188,2 \\ &= 398 > 188,2 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

Tulangan lentur daerah lapangan :

$$\text{Luas tulangan atas} = 188,2 / 132,67$$

$$= 1,419 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 132,67 > 188,2 \\ &= 398 > 188,2 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan bawah} &= 188,2 / 132,67 \\ &= 1,419 \text{ (dipakai jumlah tulangan 3 buah)} \end{aligned}$$

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As pakai} > \text{As min} &= 3 \times 132,67 > 188,2 \\ &= 398 > 188,2 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser (Sengkang)

Luas tulangan geser yang diperlukan oleh SAP 2000 setelah perhitungan adalah sebagai berikut :

0,183	0,149	0,180
0	0	0

Tumpuan Lapangan Tumpuan

- Tulangan geser daerah tumpuan :

$$\begin{aligned} \text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,183 = 857,92 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned} d/4 &= 358,5 / 4 \\ &= 89,625 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6 \times \text{diameter tul} &= 6 \times 13 \\ &= 78 \text{ mm} \end{aligned}$$

150 mm

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah tumpuan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 3

ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 78 mm atau dibulatkan menjadi jarak 80 mm.

- Tulangan geser daerah lapangan :

$$\begin{aligned}\text{Digunakan tulangan P10} &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jarak Sengkang} = 157 / 0,149 = 1053,69 \text{ mm}$$

Jarak sengkang jika sesuai SNI 2847:2019 adalah:

$$\begin{aligned}d/2 &= 358,5 / 2 \\ &= 179,25 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada daerah lapangan digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 179,25 mm atau dibulatkan menjadi jarak 150 mm.

- Gambar penulangan Balok Topi

TYPE BETON	BALOK TOPI	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
DIMENSI	150 X 400	150 X 400
TULANGAN ATAS	3 D 13	3 D 13
TULANGAN TENGAH	—	—
TULANGAN BAWAH	3 D 13	3 D 13
BEUGEL	Ø 10 — 80	Ø 10 — 150

Gambar. 4.9 detail penulangan balok topi

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

4.3 Desain Penulangan Kolom

A. Kolom (K1A/K1B) 45x45 cm

- Desain tulangan utama

- Perhitungan tulangan utama/lentur

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 didapatkan desain luas tulangan utama kolom K1/K2 adalah = 2025 mm²

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$\begin{aligned} A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 16^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah tulangan yang dibutuhkan adalah = 2025/200,96 = 10,076 , maka diambil jumlah tulangan 12. Sehingga tulangan utama untuk kolom K1/K2 adalah 12 D16.

Cek jumlah luas tulangan :

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &> A_s \text{ perlu} = 12 \times 200,96 > 2025 \\ &= 2411,52 > 2025 \\ &= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi}) \end{aligned}$$

- Persyaratan tulangan utama

Tulangan utama/lentur kolom yang dipasang harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2019 pasal 21.6.3.2, yang mana bahwa rasio penulangan (ρ_g) dibatasi tidak boleh kurang dari 1% dan tidak lebih dari 6%.

$$\begin{aligned} \rho_g &= \frac{A_s}{b \times d} \times 100 \\ &= \frac{10 \times 200,96}{450 \times 450} \times 100 \\ &= 1,19\% \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser

- Perhitungan tulangan geser

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 didapatkan desain luas tulangan geser kolom K1/K2 adalah = 1,063 mm²

Digunakan tulangan polos diameter 10 (2 ø10) :

$$\begin{aligned} A_s &= 2 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 2 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

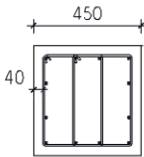
$$\text{Jarak tulangan Sengkang} = 157 / 1,063 = 147,70 \text{ mm}$$

Pada persyaratan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.3 dijelaskan bahwa :

$$\begin{aligned} 1/4 \text{ penampang} &= 1/4 \times 450 \\ &= 112,5 \\ 6d &= 6 \times 16 \\ &= 96 \end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada kolom K1A/K1B digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari 2 ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 96 mm atau dibulatkan menjadi jarak 100 mm. Sehingga hasil dari perhitungan Sengkang menggunakan 2 P10 – 100 mm.

➤ Gambar penulangan Kolom (K1A/K1B)

TYPE BETON	KOLOM (K1A/K1B)
SKETSA	
DIMENSI	450 X 450
TULANGAN ATAS	4 D 16
TULANGAN TENGAH	4 D 16
TULANGAN BAWAH	4 D 16
BEUGEL	2 Ø 10 – 100

Gambar. 4.10 detail penulangan kolom (k1a/k1b)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

B. Kolom (K2) 35x35 cm

➤ Desain tulangan utama

- Perhitungan tulangan utama/lentur

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 didapatkan desain luas tulangan utama kolom K2 adalah = 1225 mm²

Digunakan tulangan ulir diameter 16 (D16) :

$$A_s = 1/4 \times \pi \times d^2$$

$$= 1/4 \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 200,96 \text{ mm}^2$$

Sehingga jumlah tulangan yang dibutuhkan adalah $= 1225/200,96$
 $= 6,096$, maka diambil jumlah tulangan 10. Sehingga tulangan utama untuk kolom K2 adalah 10 D16.

Cek jumlah luas tulangan :

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu} = 10 \times 200,96 > 1225$$

$$= 2009,60 > 1225$$

$$= (\text{luas tulangan pakai sudah memenuhi})$$

- Persyaratan tulangan utama

Tulangan utama/lentur kolom yang dipasang harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2019 pasal 21.6.3.2, yang mana bahwa rasio penulangan (ρ_g) dibatasi tidak boleh kurang dari 1% dan tidak lebih dari 6%.

$$\begin{aligned} \rho_g &= \frac{As}{b \times d} \times 100 \\ &= \frac{10 \times 200,96}{350 \times 350} \times 100 \\ &= 1,64\% \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

➤ Desain tulangan geser

- Perhitungan tulangan geser

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 didapatkan desain luas tulangan geser kolom K2 adalah $= 0,616 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan polos diameter 10 (1 $\emptyset 10$) :

$$\begin{aligned} As &= 1 \times 1/4 \times \pi \times d^2 \\ &= 1 \times 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 78,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

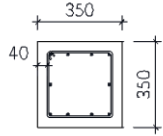
$$\text{Jarak tulangan Sengkang} = 78,50 / 0,616 = 127,44 \text{ mm}$$

Pada persyaratan SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.3 dijelaskan bahwa :

$$\begin{aligned} 6d &= 6 \times 16 \\ &= 96 \end{aligned}$$

Maka untuk jarak tulangan geser (Sengkang) pada kolom K3 digunakan nilai terkecil dari jarak sengkang perlu dan juga dari ketentuan SNI, sehingga diperoleh nilai terkecil adalah 96 mm atau dibulatkan menjadi jarak 100 mm. Sehingga hasil dari perhitungan Sengkang menggunakan 1 P10 – 100 mm.

- Gambar penulangan Kolom (K2)

TYPE BETON	KOLOM (K2)
SKETSA	
DIMENSI	350 X 350
TULANGAN ATAS	4 D 16
TULANGAN TENGAH	2 D 16
TULANGAN BAWAH	4 D 16
BEUGEL	Ø 10 – 100

Gambar. 4.11 detail penulangan kolom (k2)

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

4.4 Desain Penulangan Plat

A. Plat Lantai tb. 12 cm

- Hasil Analisa SAP 2000

Nilai output yang digunakan untuk menghitung tulangan plat adalah M11 (untuk tulangan arah X) dan M22 (untuk tulangan arah Y).

- Desain tulangan daerah tumpuan (arah x)

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan nilai $M_u = 15,47 \text{ kN/m}$

Digunakan tulangan polos P10 - 85 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times b/85 \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/85 \\
 &= 923,53 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi balok regangan, } a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{923,53 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000}$$

$$= 10,43 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen nominal, } M_n &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \times 10^{-6} \\ &= 923,53 \times 240 \times (85 - 10,43/2) \times 10^{-6} \end{aligned}$$

6

$$= 17,684 \text{ kNm}$$

Persyaratan :

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 17,684 \geq 15,47$$

$$15,916 \geq 15,47 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, untuk tulangan pada daerah tumpuan (arah x) menggunakan tulangan besi polos P10 – 85 mm.

➤ Desain tulangan daerah lapangan (arah x)

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan nilai $M_u = 10,37 \text{ kN/m}$

Digunakan tulangan polos P10 - 130 mm

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times b/130 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/130 \\ &= 603,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi balok regangan, } a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{603,85 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 6,82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen nominal, } M_n &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \times 10^{-6} \\ &= 603,85 \times 240 \times (85 - 6,82/2) \times 10^{-6} \\ &= 11,824 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 11,824 \geq 10,37$$

$$10,642 \geq 10,37 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, untuk tulangan pada daerah lapangan (arah x) menggunakan tulangan besi polos P10 – 130 mm.

➤ Desain tulangan daerah tumpuan (arah y)

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan nilai $M_u = 10,52 \text{ kN/m}$

Digunakan tulangan polos P10 - 85 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times b/85 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/85 \\ &= 923,53 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi balok regangan, } a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{923,53 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 10,43 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen nominal, } M_n &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \times 10^{-6} \\ &= 923,53 \times 240 \times (85 - 10,43/2) \times 10^{-6}\end{aligned}$$

6

$$= 17,684 \text{ kNm}$$

Persyaratan :

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 17,684 \geq 10,52$$

$$15,916 \geq 10,52 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, untuk tulangan pada daerah tumpuan (arah y) menggunakan tulangan besi polos P10 – 85 mm.

➤ Desain tulangan daerah lapangan (arah y)

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan nilai $M_u = 8,26 \text{ kN/m}$

Digunakan tulangan polos P10 - 130 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times b/130 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/130 \\ &= 603,85 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi balok regangan, } a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{603,85 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 6,82 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Momen nominal, } M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2) \times 10^{-6}$$

$$= 603,85 \times 240 \times (85 - 6,82/2) \times 10^{-6}$$

$$= 11,824 \text{ kNm}$$

Persyaratan :

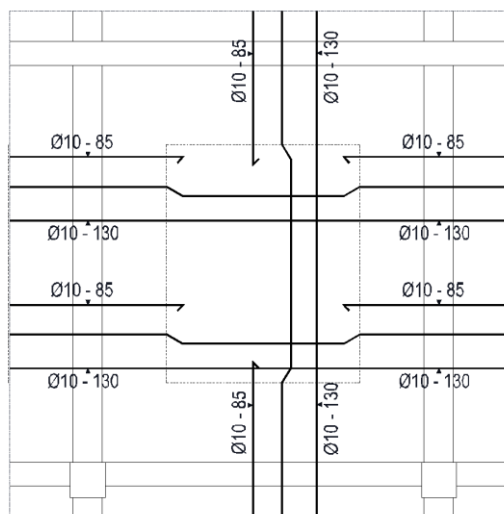
$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 11,824 \geq 8,26$$

$$10,642 \geq 8,26 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, untuk tulangan pada daerah lapangan (arah y) menggunakan tulangan besi polos P10 – 130 mm.

- Gambar penulangan Plat Lantai tb. 12 cm



Gambar. 4.12 detail penulangan plat lantai

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

B. Plat Dak tb. 12 cm

- Hasil Analisa SAP 2000

Nilai output yang digunakan untuk menghitung tulangan plat adalah M11 (untuk tulangan arah X) dan M22 (untuk tulangan arah Y).

- Desain tulangan daerah tumpuan (arah x)

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan nilai $M_u = 12,23 \text{ kN/m}$

Digunakan tulangan polos P10 - 85 mm

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times b/85 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/85 \\ &= 923,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi balok regangan, } a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{923,53 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} \\
 &= 10,43 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen nominal, } M_n &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \times 10^{-6} \\
 &= 923,53 \times 240 \times (85 - 10,43/2) \times 10^{-6} \\
 &= 17,684 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 17,684 \geq 12,23$$

$$15,916 \geq 12,23 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, untuk tulangan pada daerah tumpuan (arah x) menggunakan tulangan besi polos P10 – 85 mm.

➤ Desain tulangan daerah lapangan (arah x)

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan nilai $M_u = 8,15 \text{ kN/m}$

Digunakan tulangan polos P10 - 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times b/100 \\
 &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/100 \\
 &= 785 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi balok regangan, } a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{785 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} \\
 &= 8,87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen nominal, } M_n &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \times 10^{-6} \\
 &= 785 \times 240 \times (85 - 8,87/2) \times 10^{-6} \\
 &= 15,179 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Persyaratan :

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 15,179 \geq 8,15$$

$$13,661 \geq 8,15 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, untuk tulangan pada daerah lapangan (arah x) menggunakan tulangan besi polos P10 – 100 mm.

➤ Desain tulangan daerah tumpuan (arah y)

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan nilai $M_u = 11,93 \text{ kN/m}$

Digunakan tulangan polos P10 - 85 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times b/85 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/85 \\ &= 923,53 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi balok regangan, } a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{923,53 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000} \\ &= 10,43 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen nominal, } M_n &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \times 10^{-6} \\ &= 923,53 \times 240 \times (85 - 10,43/2) \times 10^{-6}\end{aligned}$$

6

$$= 17,684 \text{ kNm}$$

Persyaratan :

$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 17,684 \geq 11,93$$

$$15,916 \geq 11,93 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, untuk tulangan pada daerah tumpuan (arah y) menggunakan tulangan besi polos P10 – 85 mm.

➤ Desain tulangan daerah lapangan (arah y)

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan nilai $M_u = 12,86 \text{ kN/m}$

Digunakan tulangan polos P10 - 100 mm

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan terpakai, } A_s &= 1/4 \times \pi \times d^2 \times b/100 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000/100 \\ &= 785 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi balok regangan, } a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \\ &= \frac{785 \times 240}{0,85 \times 25 \times 1000}\end{aligned}$$

$$= 8,87 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen nominal, } M_n &= A_s \times f_y \times (d - a/2) \times 10^{-6} \\ &= 785 \times 240 \times (85 - 8,87/2) \times 10^{-6} \\ &= 15,179 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Persyaratan :

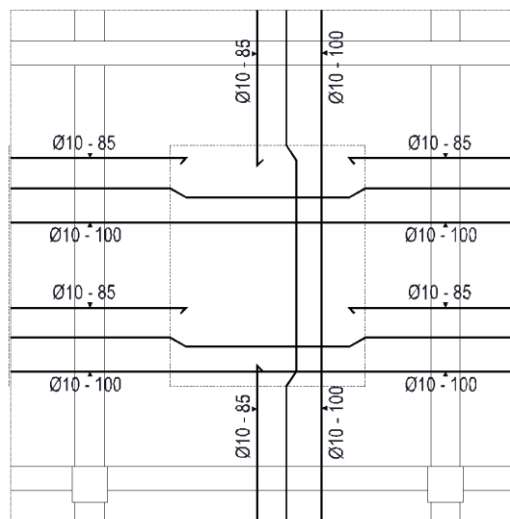
$$0,9 \times M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 15,179 \geq 12,86$$

$$13,661 \geq 12,86 \text{ (memenuhi)}$$

Maka, untuk tulangan pada daerah lapangan (arah y) menggunakan tulangan besi polos P10 – 100 mm.

➤ Gambar penulangan Plat dak tb. 12 cm



Gambar. 4.13 detail penulangan plat dak

Sumber : dokumen pribadi/program AutoCAD

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pembahasan bab-bab sebelumnya mengenai Pembangunan Gedung Sekolah dan Fasilitas Sekolah SMP Negeri 1 Padang dengan bantuan aplikasi SAP 2000, maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Sloof (S1) direncanakan menggunakan dimensi 25x50 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 5 D16 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 5 D16 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 5 D16 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 5 D16 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-100 mm dan untuk daerah lapangan dipasang Ø10-150 mm, serta untuk tulangan torsi menggunakan 2 Ø10 mm.
- b. Sloof (S2) direncanakan menggunakan dimensi 20x40 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 3 D16 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 3 D16 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 3 D16 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 3 D16 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-90 mm dan untuk daerah lapangan dipasang Ø10-150 mm, serta untuk tulangan torsi menggunakan 2 Ø10 mm.
- c. Sloof (S3) direncanakan menggunakan dimensi 15x25 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 4 D13 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 2 D13 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 2 D13 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 2 D13 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-50 mm dan untuk daerah lapangan dipasang Ø10-100 mm.

- d. Balok (B1) direncanakan menggunakan dimensi 30x55 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 8 D16 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 5 D16 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 5 D16 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 8 D16 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-90 mm dan untuk daerah lapangan dipasang Ø10-150 mm, serta untuk tulangan torsi menggunakan 4 Ø10 mm.
- e. Balok (B2) direncanakan menggunakan dimensi 30x40 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 5 D16 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 3 D16 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 3 D16 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 5 D16 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-90 mm dan untuk daerah lapangan dipasang Ø10-150 mm, serta untuk tulangan torsi menggunakan 2 Ø10 mm.
- f. Balok (B3) direncanakan menggunakan dimensi 25x40 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 4 D16 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 3 D16 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 3 D16 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 3 D16 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-90 mm dan untuk daerah lapangan dipasang Ø10-140 mm, serta untuk tulangan torsi menggunakan 2 Ø10 mm.
- g. Ring Balk (RB1) direncanakan menggunakan dimensi 30x55 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 5 D16 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 3 D16 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 3 D16 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 5 D16 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-100 mm dan untuk daerah lapangan

dipasang Ø10-150 mm, serta untuk tulangan torsi menggunakan 2 Ø10 mm.

- h. Ring Balk (RB2) direncanakan menggunakan dimensi 30x40 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 4 D16 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 4 D16 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 4 D16 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 4 D16 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-90 mm dan untuk daerah lapangan dipasang Ø10-150 mm, serta untuk tulangan torsi menggunakan 2 Ø10 mm.
- i. Balok Topi direncanakan menggunakan dimensi 15x40 cm dan untuk tulangan longitudinal pada daerah tumpuan atas menggunakan 3 D13 mm, pada daerah tumpuan bawah menggunakan 3 D13 mm, pada daerah lapangan atas menggunakan 3 D13 mm dan pada daerah lapangan bawah menggunakan 3 D13 mm. Sedangkan untuk tulangan transversal pada daerah tumpuan dipasang Ø10-80 mm dan untuk daerah lapangan dipasang Ø10-150 mm.
- j. Kolom (K1A/K1B) direncanakan menggunakan dimensi 40x40 cm , namun pada tahap analisis di SAP 2000 kolom tersebut mengalami *Over Stressed (O/S)* pada beberapa titik, sehingga untuk dimensi diperbesar menjadi 45x45 cm. Untuk tulangan utama menggunakan 12 D16 mm dengan jarak tulangan transversal 2 Ø10-100 mm.
- k. Kolom (K2) direncanakan menggunakan dimensi 30x30 cm , namun pada tahap analisis di SAP 2000 kolom tersebut mengalami *Over Stressed (O/S)* pada beberapa titik, sehingga untuk dimensi diperbesar menjadi 35x35 cm. Untuk tulangan utama menggunakan 10 D16 mm dengan jarak tulangan transversal 1 Ø10-100 mm.
- l. Plat lantai direncanakan menggunakan plat beton dua arah dengan ketebalan 12 cm. Untuk tulangan tumpuan arah x menggunakan Ø10-85 mm, tulangan lapangan arah x menggunakan Ø10-130 mm, tulangan

tumpuan arah y menggunakan Ø10-85 mm dan tulangan lapangan arah y menggunakan Ø10-130 mm.

- m. Plat dak direncanakan menggunakan plat beton dua arah dengan ketebalan 12 cm. Untuk tulangan tumpuan arah x menggunakan Ø10-85 mm, tulangan lapangan arah x menggunakan Ø10-100 mm, tulangan tumpuan arah y menggunakan Ø10-85 mm dan tulangan lapangan arah y menggunakan Ø10-100 mm

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dari pembahasan bab-bab sebelumnya mengenai Pembangunan Gedung Sekolah dan Fasilitas Sekolah SMP Negeri 1 Padang dengan bantuan aplikasi SAP 2000, maka didapatkan beberapa saran :

- a. Sebelum melakukan perencanaan struktur sebaiknya diketahui terlebih dahulu untuk dimensi penampang dan material yang akan digunakan dalam perhitungan struktur.
- b. Untuk penggunaan SAP 2000 dicek kembali mengenai material yang digunakan, penampang struktur, pembebanan dan hal lainnya sebelum masuk ke dalam tahap analisis data dan desain tulangan pada SAP 2000.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers. (2002). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Virginia. Structural Engineering Institute
- Aminullah Muhammad, Struktur Beton II. Erico Waturandang. (2012), Desain Struktur Atas Gedung Mall “Palu Town Square” Ir. Gideon H. Kusuma M.Eng.(1994), Pedoman Pengerjaan Beton. Erlangga, Jakarta.
- Badan Standarsasi Nasional. (2012). SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 1723 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- Budi Sulistiyono. (2010). Perencanaan Struktur Gedung Faktory Outlet dan Cafe Dua Lantai (Tugas Akhir), Surakarta.
- Chu Kia Wang, C. G. (n.d.). Desain Beton Bertulang Jilid 1 dan 2 Edisi Keempat.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG). Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Edward G. Nawy, P.E, Beton Bertulang. Dr. Edward G. Nawy, P.E. (1998). Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. PT. Rafika Aditama, Semarang.
- Gunawan .T, .margaret.s. (1986), Diktat Teori Soal Dan Penyelesaian Mekanika Teknik III Jilid 1. Delta Teknik Group, Jakarta. Ir. Sunggono. Kh. (1984), Buku Teknik Sipil. Nova, Bandung.
- Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983).
- Kusuma, Gideon H. & Andriono, Takim. (1993). Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa. Jakarta: Erlangga.