



Alternatif Desain Balok, Kolom dan Pelat pada Proyek Pembangunan Gedung Monumen dan Museum Reog Ponorogo Menggunakan Mutu Beton $f_c' 35\text{MPa}$

Alternative Design of Beams, Columns and Plates in the Construction Project of Reog Ponorogo Monument and Museum Building Using Concrete Quality $f_c' 35\text{MPa}$

Chusnul Choirohma^a, Erno Widayanto^{b*}, Nanin Meyfa Utami^b

^aProgram Studi D4 Teknologi Rekayasa Bangunan Gedung, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember

^bJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37, Jember

*Corresponding Author, Email Address: erno.teknik@unej.ac.id

ABSTRAK

Semakin tinggi bangunan Gedung, maka beban akibat dari gaya lateral yang terjadi akan semakin besar, didalam suatu perencanaan struktur gedung gedung monumen dan museum reog ponorogo ini menggunakan system struktur SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Dalam perencanaan bangunan gedung ini menggunakan Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847 : 2019). Serta untuk kekuatan ketahanan dari gempa menggunakan (SNI 1726 : 2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Struktur yang direncanakan adalah struktur beton bertulang yang meliputi kolom, balok dan pelat. Untuk menganalisa mekanika struktur gedung monumen dan museum reog ponorogo menggunakan software "SAP2000" dengan permodelan portal 3D, sedangkan untuk penggambaran 2D menggunakan software "Autocad". Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan struktur, diperoleh dimensi elemen struktur (pelat 120 mm), (balok 300 x 400 mm, 250 x 300 mm), dan (kolom 800 x 800 mm) telah memenuhi syarat dari Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) atau Strong Column Weak Beam serta syarat-syarat untuk pendetailan struktur. Hasil dari perencanaan diaplikasikan kedalam bentuk gambar Detail Engineering Design (DED).

Kata kunci: SRPMK, Beton Bertulang, Bangunan Gedung

ABSTRACT

The higher the building, the greater the load due to lateral forces that occur. In a structural planning building monument and museum reog ponorogo building is using SRPMK structural system (Special Moment Bearing Frame System). In planning this building based on Structural Concrete Requirements for Building (SNI 2847: 2019). As well as for the strength of earthquake resistance based on the Earthquake Resistance Planning Procedures for Building and Non-Building Structures (SNI 1726: 2019). The planned structure is a reinforced concrete structure which includes columns, beams and plates. To analyze the structural mechanics of the building monument and museum reog ponorogo using software "SAP2000" with 3D portal modeling, while for 2D drawing using software "Autocad". Based on the results of analysis and structural planning, obtained dimensions of structural elements (plate 120 mm), (beam 300 x 400 mm, 250 x 300 mm), and (column 800 x 800 mm) has met the requirements of the Special Moment Bearing Frame System (SRPMK) or Strong Column Weak Beam as well as the requirements for structural detailing. The results of the planning are applied in the form of Detail Engineering Design (DED) drawings.

Keywords: SRPMK, Reinforced concrete, Building

¹Info Artikel Received: 27 August 2024, Accepted: 25 October 2024

PENDAHULUAN

PP RI Nomor 16 Tahun 2021 Tentang Bangunan Gedung menjelaskan Bangunan Gedung, bangunan gedung sendiri memiliki banyak jenis, salah satunya yaitu bangunan cagar budaya. Bangunan cagar budaya (BGCB) merupakan bangunan gedung yang sudah ditetapkan statusnya sebagai bangunan cagar budaya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan tentang bangunan cagar budaya.

Monumen Reog Ponorogo merupakan salah satu bangunan cagar budaya karena bangunan tersebut memiliki nilai budaya, dengan tujuannya agar masyarakat mengingat akan budaya yang dimiliki oleh Kabupaten Ponorogo yaitu Reog. Perencanaan suatu bangunan harus memperhatikan beberapa aspek diantaranya yaitu perencanaan, pemilihan material, dan metode pelaksanaan pada proses pembangunan.

Perencanaan gedung terdiri dari beberapa komponen seperti arsitektur bangunan gedung, struktural bangunan gedung, mekanikal bangunan gedung, elektrikal bangunan gedung dan tata ruang luar bangunan gedung. Komponen struktural adalah hal yang sangat penting untuk membangun sebuah gedung meliputi kemampuan sebuah bangunan untuk mendukung beban muatan, mencegah dan mengantisipasi bahaya kebakaran, bahaya petir, dan bencana alam berikut ini di tinjau dari garis besarnya saja. Pada peraturan SNI-1726- 2019 struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan struktur bawah.

Struktur atas merupakan bagian dari struktur gedung yang berada di atas muka tanah, dalam struktur atas bangunan (Upper Structure) yaitu terdiri dari kolom, balok dan plat lantai. Struktur Atas harus di desain memenuhi kriteria kekuatan (strength), kenyamanan (serviceability), keselamatan (safety), keekonomisan serta umur rencana bangunan (durability) (Prima & Rumbyarso, 2021). Desain yang memenuhi kriteria di atas memiliki perencanaan struktur atap, pelat lantai, balok, kolom, dan dinding yang ekonomis dan kuat. Setiap komponen harus dihitung untuk menentukan dimensinya. Dapat diketahui hasil dari perhitungan diagram interaksi kolom, sehingga bisa mengetahui jika kolom masih memiliki kekuatan sisa yang bisa di maksimalkan. Untuk memaksimalkan kemampuan kolom menerima atau memikul sebuah beban, maka sesuai dengan prinsip analisis struktur portal, jika dimensi balok diperkecil maka kolom menerima beban yang lebih besar (Prabowo,2014).

Perencanaan ini, pada Proyek Pembangunan Gedung Monumen dan Museum Reog Ponorogo memiliki luas lahan kerja $25 \times 25 \text{ m}^2$ yang berfungsi sebagai bangunan utama penopang patung reog yang akan dijadikan museum dan perkantoran dinas pariwisata kabupaten ponorogo. Gedung tersebut memiliki ukuran yang tidak luas sehingga di desain dengan kolom berdiameter $1 \times 1 \text{ m}$ dan balok yang berukuran $0,50 \times 0,30 \text{ m}$ sehingga terdapat 30% luasan yang tertopang oleh kolom dan 70% yang tidak tertopang oleh kolom. Dengan ukuran kolom yang cukup besar dan kurang merata nya pembebanan pada pelat lantai, gedung ini bisa di desain ulang agar lebih ekonomis dan memaksimalkan luas lahan dengan baik menggunakan mutu beton yang lebih tinggi, yang awalnya beton pada proyek menggunakan $f_c' 30\text{Mpa}$ dirubah menjadi $f_c' 35 \text{ MPa}$, sehingga apakah bisa membuat desain bangunan lebih ekonomis dari segi dimensi struktur dan berat besi.

TINJAUAN PUSTAKA

Ekonomis, setiap konstruksi yang dibangun harus seekonomis mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan (Prima & Rumbyarso,

2021). Ekonomi didalam sebuah kontruksi berkelanjutan bisa dicapai melewati banyak cara, seperti efisiensi desain, dengan memperhitungkan volume dengan baik. Ada juga efisiensi material dilakukan agar tidak menimbulkan sisa material yang banyak. Kemampuan sebuah bangunan untuk menyesuaikan dengan berbagai kebutuhan atau fungsi juga menjadi salah satu indikator kualitas suatu lingkungan. Fleksibel ruang tersebut dapat digunakan untuk berbagai keperluan dan menyesuaikan kebutuhan. Seperti bangunan yang memiliki desain modular memiliki tingkat penyesuaian yang sangat besar terhadap perubahan internal bangunan. Selain itu manfaat bangunan tersebut bagi lingkungan sekitar juga di perhitungkan sebagai fungsi dan dampak pada masyarakat setempat

Perencanaan Dimensi Struktur Bangunan

Pemilihan dimensi elemen struktur ini merupakan tahap awal atau tahap dasar dalam melakukan desain ulang sebuah komponen struktur. Dalam melakukan perencanaan dimensi ini, khususnya pada pengaplikasian desain ulang digunakan acuan shop drawing sebagai bahan pertimbangan perencanaan untuk melakukan sebuah perencanaan yang akan di buat selanjutnya. Perencanaan sebuah dimensi struktur dibagi menjadi beberapa komponen seperti kolom, balok, dan pelat (Setiawan, 2023)

Kolom merupakan batang tekan vertical dari sebuah rangka struktur yang memikul beban dari balok pada gedung, sehingga kemungkinan keruntuhan pada kolom dapat menimbulkan runtuh secara total (total collapse) seluruh struktur bangunan gedung (Prima & Rumbyarso, 2021). Perencanaan sebuah kolom juga harus mempertimbangkan ukuran dimensi, posisi, dan jumlah kolom yang dibutuhkan untuk mendistribusikan beban secara merata, sehingga untuk mencari dimensi dapat menggunakan persamaan 1:

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan 1}$$

Keterangan:

- L = bentang bersih
- I = momen inersia

Balok merupakan komponen yang berfungsi memberikan beban secara keseluruhan terhadap plat dan pengikat antar kolom. Seluruh beban balok yang diterima akan di distribusikan ke kolom dan selanjutnya ke bagian terbawah sebuah bangunan yaitu pondasi bangunan (Syahrudin, 2013). Penentuan dimensi sebuah balok di tentukan dari jenis dan berat beban yang di topang pada balok tersebut tergantung fungsional bangunannya. Setelah mengetahui fungsi bangunan tersebut dan mendapatkan bentang terpanjang kemudian mencari tebal dan lebar minimum balok induk yang bisa dihitung dengan persamaan 2 dan 3 Jika balok anak dapat dicari menggunakan persamaan 4.

$$H = \frac{L}{12} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan 2}$$

$$b = \frac{2}{3} h \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan 3}$$

$$h = \frac{L}{12} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan 4}$$

Keterangan:

- L = Bentang / Panjang
- h = Tebal minimum balok
- b = Lebar minimum balok

Pelat merupakan sebuah lantai yang tidak berada langsung di atas permukaan tanah, ada pembatas diantara tingkat satu dan yang lain.

Pelat di topang oleh balok yang bertumpu pada kolom bangunan. Ketebalan plat diukur dari besar kecil nya lendutan dan lebar bentang antara balok pendukung, jika bentang plat terlalu besar juga akan menyebabkan desain pelat semakin tebal dan jumlah tulangan semakin banyak bisa menyebabkan berat bangunan bertambah. Macam-macam pelat ada dua yaitu, pelat dua arah dan pelat satu arah.

- a. Pelat satu arah jika bentang panjang/bentang pendek > 2
- b. Pelat dua arah jika bentang panjang/bentang pendek < 2

Pembebanan Struktur

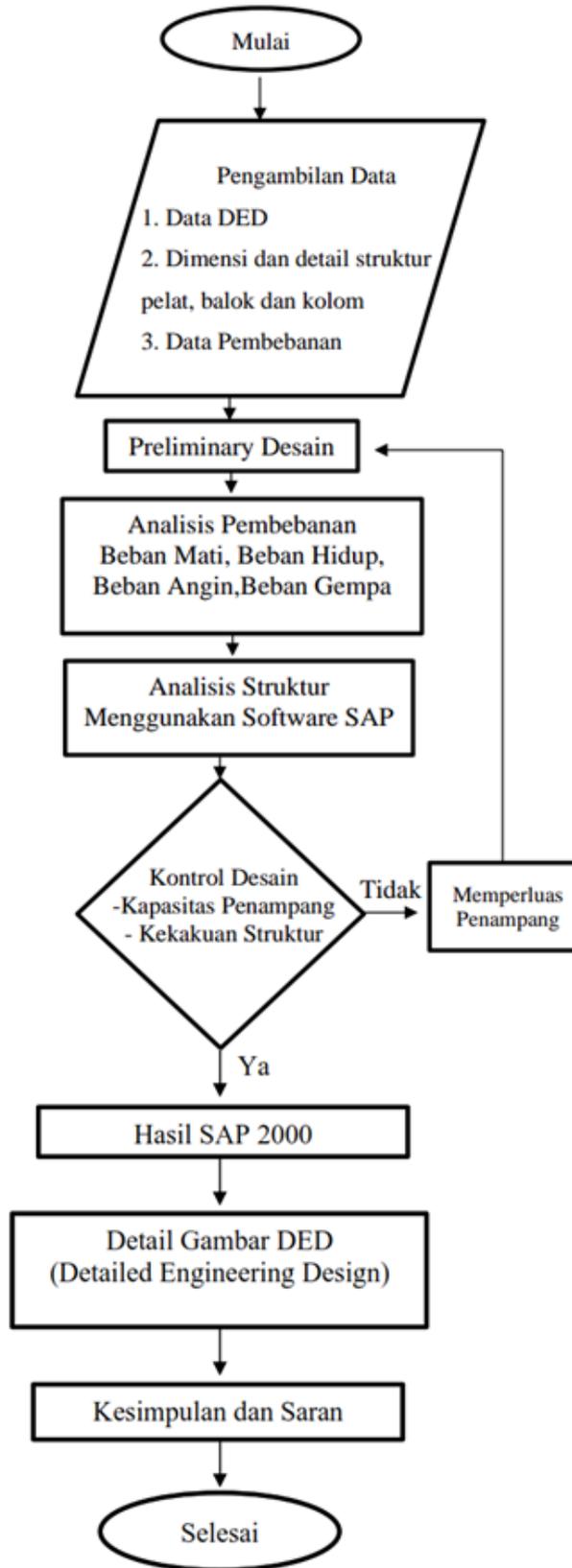
Menetapkan pembebanan terhadap struktur gedung yang mengacu pada SNI 1727:2020, meliputi:

- ❖ **Beban mati** : adalah berat dari semua bagian dari sebuah gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian–penyelesaian, mesin – mesin beserta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu sendiri (StewardFuzairi, 2019).
- ❖ **Beban Hidup** : adalah beban yang dihasilkan atau diakibatkan langsung oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban gempa, beban banjir atau beban mati (Hendra,2021).
- ❖ **Beban Gempa** : Beban gempa dalam struktur merupakan adanya gerakan pada tanah atau getaran yang mempengaruhi struktur bangunan, maka dari itu keberadaan gaya gempa ini harus diperhitungkan sebagai beban pada struktur (Setiawan n.d.,2023).

Kombinasi Pembebanan:

- a) $1,4D$
- b) $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- c) $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- d) $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- e) $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
- f) $0,9D + 1,0W$ g) $0,9D + 1,0E$

Ada beberapa tahapan dalam melakukan perencanaan ulang bangunan gedung, tahapan-tahapan tersebut oleh peneliti sudah dicantumkan pada alir (*Flow Chart*):



Gambar 1. Diagram Alir

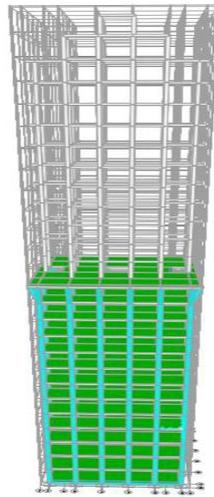
Setelah mendapatkan data proyek, dilakukan perhitungan menggunakan rumus yang sesuai dengan SNI terbaru. Hasil dari perhitungan tersebut diolah menjadi DED dan bisa ditarik kesimpulan apakah lebih ekonomis dan efisien.

Data Umum Bangunan

Nama Bangunan	: Pembangunan Gedung Monumen dan Museum ReogPonorogo
Fungsi	: Monumen dan Museum
Lokasi	: Ponorogo
Struktur bangunan	: Beton bertulang
Jumlah Lantai	: 14 Lantai
Tinggi bangunan	: ± 70 m

Data Bahan

Beton (f_c')	: 35 MPa
Baja Tulangan	: Ulir (f_y) = 420 MPa
	: Polos(f_{yp}) = 240 MPa

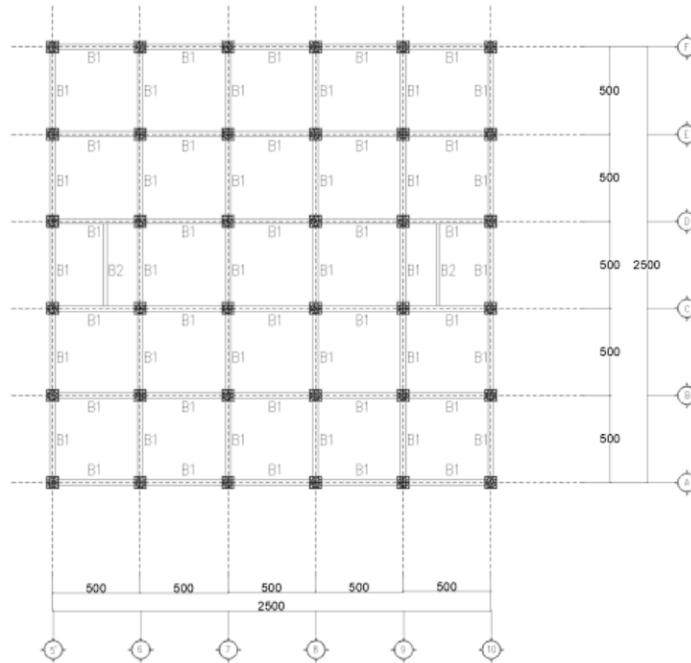


Gambar 2. Pemodelan 3D

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preliminary Design

Dalam rencana ini, gedung yang ditinjau adalah Apartemen Grand Shamaya Surabaya Tower Aubrey. Bangunan yang memiliki 52 lantai dengan ketinggian $\pm 185,850$ m, dan denahnya ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Denah Balok dan Kolom

Dari **Gambar 3** di atas berikut ini ukuran elemen struktur yang digunakan:

- Balok Dengan massa beton $f_c' 35\text{MPa}$ didapat lebar balok 300 mm, tinggi balok sebesar 400 mm.
- Balok anak Dengan massa beton $f_c' 35\text{MPa}$ didapat lebar balok 250 mm, tinggi balok sebesar 300 mm.
- Kolom Dengan massa beton $f_c' 35\text{MPa}$ didapat dimensi kolom sebesar 800 x 800 mm.
- Pelat Didapat tinggi pelat sebesar 120 mm dengan masa beton $f_c' 35\text{ MPa}$

Analisa Struktur

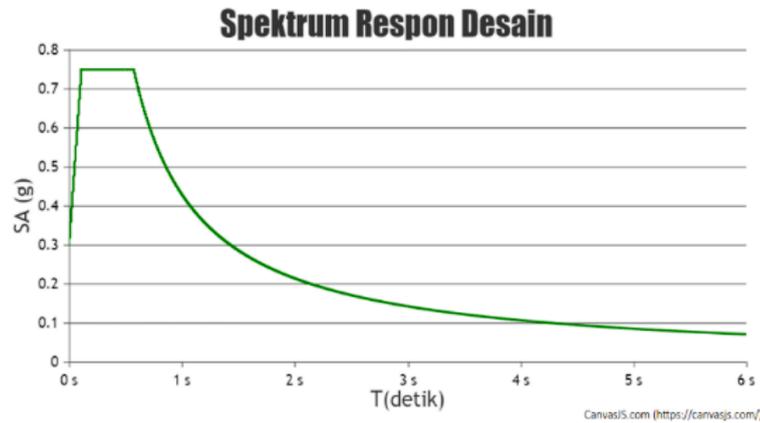
Hasil analisa struktur perlu ditinjau seperti aturan dalam SNI 1726:2019. Hal ini dilangsungkan agar mengetahui kesesuaian struktur ditinjau dari beban kerja. Hasil dari analasi struktur sebagai berikut:

- Berat Sendiri bangunan

$W_{\text{total SAP2000}} = 5247542.99\text{ kg}$ $W_{\text{total Manual}} = 15357637\text{ kg}$ Menurut data diatas perbedaan antara W_{manual} dan W_{SAP2000} adalah 0,65%

- Respon Spektrum

Sistem struktur yang digunakan adalah beton bertulang SRPMK dengan kategori desain seismic D, sehingga nilai $R = 8$; $\Omega = 3$; $C_d = 5,5$ (SNI 1726:2019, Tabel 12). Tinggi bangunan gedung 70m dan kategori desain seismic D sehingga Struktur tanpa ketidakberaturan strukturan dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_s$, maka prosedur analisis yang diijinkan adalah analisa gaya lateral ekuivalen, analisis spektrum respons ragam dan prosedur respons Riwayat waktu seismik. Dalam perencanaan ini dipilih analisis spektrum respons ragam.



Gambar 4. Grafik Respon Spektrum

c. Simpangan Antar Lantai

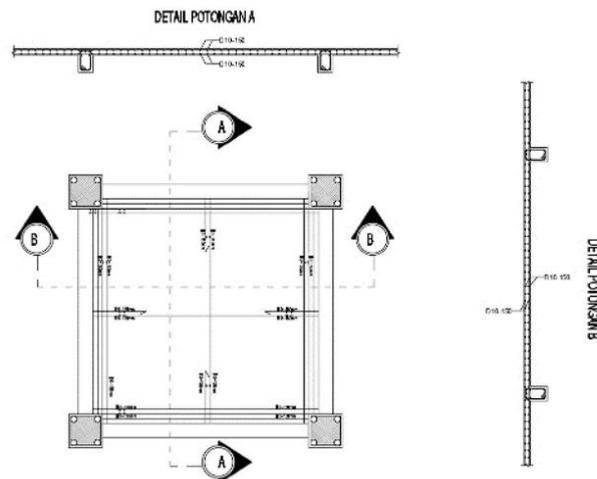
Simpangan antar lantai yang disebabkan oleh gempa dan telah ditentukan berdasarkan peraturan SNI 1726:2019 simpang izin tidak boleh melebihi 100 mm. Sebagai contoh perhitungan, diambil simpang pada lantai 13-14, yaitu perhitungannya sebagai berikut:

$$\Delta x = \frac{5,5 \times (2,87 - 2,74)}{1}$$

$$\Delta x = 0,715 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm (OK)}$$

Penulangan Struktur Sekunder

Struktur sekunder adalah struktur yang hanya dapat menerima lentur akibat gaya gravitasi saja dan tidak untuk menerima gaya lateral yang disebabkan oleh gempa, sehingga dapat diperhitungkan secara terpisah dari struktur utama dalam perhitungan analisis. a) Penulangan Pelat lantai dan Pelat atap Didapat hasil perhitungan pelat lantai sebagai berikut yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Detail Penulangan Pelat Lantai dan Pelat Atap

Dari hasil perhitungan tulangan pelat, digunakan tulangan Ø10-150 mm

Penulangan Struktur Primer

Struktur utama berfungsi sebagai menopang beban lateral dan juga beban gravitasi. Hasil dari perencanaan ditunjukkan pada poin A-B, dan sudah dipastikan sesuai dengan persyaratan yang ditentukan dalam SNI 2847:2019 terpenuhi.

a) Balok

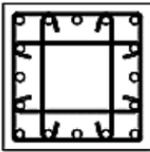
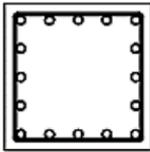
Didapatkan contoh salah satu balok seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**.

KETERANGAN: TABEL PENULANGAN BALOK		
TIPE	B1	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
KETERANGAN		
UKURAN (mm)	300 x 400	
SELIMUT BETON (mm)	50	
TULANGAN ATAS	5 D16	3 D16
TULANGAN TENGAH		
TULANGAN BAWAH	3 D16	5 D16
TULANGAN SENGKANG	D13-50	D13-100

Gambar 6. Sketsa hasil perhitungan balok induk

b) Kolom

Didapatkan contoh salah satu kolom seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**.

KETERANGAN: TABEL PENULANGAN KOLOM		
TIPE	K1	
KONDISI	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
KETERANGAN		
UKURAN (mm)	800 x 800	

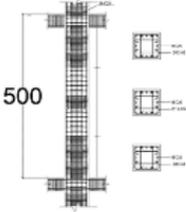
Gambar 7. Sketsa hasil perhitungan kolom

Berat Besi Struktur

Jumlah tulangan dari setiap item struktur yang meliputi kolom, balok dan plat memiliki berat total yang bisa dibandingkan dari perencanaan sebelum nya, berikut ini tabel perhitungan besi tulangan pada proyek monumen dan museum Reog Ponorogo :

a) Kolom

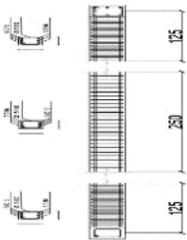
Tabel 1. Berat Besi Kolom Perencanaan

Berat Besi Perencanaan					
Kolom		Berat 1 Bh		Kebutuhan Perlantai	Kebutuhan Total
		732,56 Kg	26372,20 Kg	342838,63 Kg	

Berdasarkan perhitungan di atas berat besi kolom perencana pada proyek adalah 26372,20 kg pada setiap lantai

b) Balok

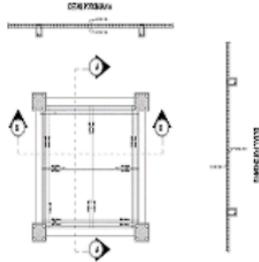
Tabel 2. Berat Besi Balok Perencanaan

BERAT BESI SELURUH BANGUNAN PERENCANAAN					
Balok		Berat 1 Bh		Kebutuhan Perlantai	Kebutuhan Total
		25 m	815,23 Kg		
20 m	517,92 Kg				
10 m	265,24 Kg				
5 m	133,28 Kg				
5 m	124,23 Kg				

Berdasarkan perhitungan di atas berat besi balok perencana pada proyek adalah 7994,71 kg pada setiap lantai.

c) Pelat

Tabel 3. Berat Besi Pelat Perencanaan

BERAT BESI SELURUH BANGUNAN PERENCANAAN				
Plat		Berat 1 Bh	Kebut uhan Perlant ai	Kebut uhan Total
		372,8 6 Kg	13422, 97 Kg	17449 8,67 Kg

Berdasarkan perhitungan di atas berat besi pelat lantai perencana pada proyek adalah 13422,97 kg pada setiap lantai.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pembahasan tentang kuat mutu beton f_c' 30 meningkat menjadi f_c' 35 sangat mempengaruhi perencanaan proyek dari segi dimensi, pembesian, dan hasil berat besi, maka dari preliminary design didapatkan desain kolom berukuran 800mm x 800mm; balok berukuran 300mm x 40mm; balok anak berukuran 250mm x 300mm; tebal pelat sebesar 120mm.

Berdasarkan hasil yang didapat dari preliminary dan menghasilkan perhitungan dimensi besi cukup berbeda seperti kolom yang memiliki tulangan utama 16 D25 dengan sengkang tumpuan \varnothing 13-50 dan lapangan \varnothing 13-150, balok memiliki tulangan tumpuan 5 D16 dan lapangan 3 D16 dengan tulangan sengkang tumpuan \varnothing 13-50 dan lapangan \varnothing 13- 100, balok anak memiliki tulangan tumpuan 4 D16 dan lapangan 3 D16 dengan tulangan Sengkang tumpuan \varnothing 13-50 dan lapangan \varnothing 13-100, dan pelat dengan tebal 12 menggunakan besi \varnothing 10-150 dan terjadi penurunan berat total besi pada setiap item struktur sehingga perencanaan menggunakan f_c' 35 MPa membuat pembesian menjadi lebih hemat. dan berakhir pada 12 Mei 2020.

DAFTAR PUSTAKA

Alfa Hendra, Ishak, Elfania B. (2021). ANALISIS PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG SOSIAL BUDAYA PADA KAWASAN ISLAMIC CENTRE KOTA PADANG PANJANG.

Agung Prabowo. (2014). EFISIENSI KEBUTUHAN MATERIAL PADA PERENCANAAN PORTAL

Annisa Putri. (2021). SKRIPSI ANALISIS STRUKTUR PASCA KEBAKARAN GEDUNG PASCA SARJANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT.

Imron Setiawan, B. (2023). PERENCANAAN ULANG STRUKTUR PADA GEDUNG ASRAMA PUTRI.

Prima, Y., & Rumbyarso, A. (2021). PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN ATAS (UPPER STRUCTURE) GEDUNG STIE BANK BPD JATENG KOTA SEMARANG. Jurnal Teknokrasi, 24(1).

- Steward A. Fauzairi, MartinD.J. Sumajouw, Ronny E. Pandaleke (2023). Perencanaan Ulang Struktur Bangunan Gedung Asrama 5 Lantai Di Politeknik Pelayaran Sulawesi Utara
- Syahputra, R., & Area, U. M. (2021). YAYASAN SYAFIATUL AMALIYAH MEDAN Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Di Fakultas Teknik Universitas Medan Area JURUSAN TEKNIK SIPIL.
- SNI 1727, 2020. (2020). Beban desain minimum dan Kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain 1727:2020. Badan Standarisasi Nasional 1727:2020, 8, 1–336.
- Zebua, A. W. (2018). Analisis Gaya Gempa Bangunan Rumah Tinggal di Wilayah Gempa Tinggi. SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil, 4(1), 23–35. <https://doi.org/10.31849/siklus.v4i1.1128>.