

PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN PESANTREN PROGRESIF BUMI SHALAWAT SIDOARJO MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN (SRPM)

Studi kasus : PESANTREN PROGRESIF BUMI SHALAWAT

Ali Maskhur (1431402624)
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 – Surabaya

ABSTRAK

Pesantren Progresif Bumi Shalawat Lebo Sidoarjo saat ini tengah membangun gedung perkantoran sekolah menggunakan struktur beton bertulang. Penyusunan Tugas Akhir ini bertujuan untuk menentukan sistem rangka yang relevan untuk wilayah gempa Sidoarjo, menentukan dimensi-dimensi penampangnya, serta penulangannya.

Gedung perkantoran tersebut berdiri diatas lahan seluas 605m², dengan tinggi bangunan mencapai 22,5 meter terdiri dari 5 lantai, Untuk jenis struktur penahan gempanya dipilih Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem rangka pemikul momen merupakan sistem rangka yang elemen-elemen dan masing-masing joinnya didesain mampu menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial.

Struktur ini didesain mengikuti aturan-aturan yang berlaku secara progresif, untuk perencanaan dimensi serta penulangan mengacu pada SNI 03-2847-2013, mengenai pembebanan mengacu pada SNI 03-1727-2013, untuk beban gempa mengacu pada SNI 03-1726-2012, serta buku-buku mengenai perancangan struktur. Hasil dari perhitungan melalui filter SNI diatas, struktur di desain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan karakteristik *strong column weak beam*.

Kata Kunci : Beton Bertulang, Sistem Rangka Pemikul Momen, Standart Nasional Indonesia.

ABSTRACT

Progressive Pesantren Bumi Shalawat Lebo Sidoarjo is currently building a school office building using a reinforced concrete structure. The preparation of this Final Project aims to determine the relevant system for the earthquake of Sidoarjo, determine the dimension of its cross section, and its repetition.

The office building stands on an area of 605m², with a building height of 22.5 meters consisting of 5 floors, For the type of earthquake resistant structure selected Moment Resisting Frame System (SRPM). The moment-beam frame system is a frame system with elements and their respective joints Designed to Minimize forces acting through the action of bending, shearing and axial.

This structure is designed according to the rules that apply progressively, for dimension and repetition planning on SNI 03-2847-2013, reference loading on SNI 03-1727-2013, for earthquake load on SNI 03-1726-2012, as well as hidden design books structure. The results of the SNI filter measurements above, the structures in the design using the Special Moment Frame System (SRPMK) with strong skeletons of the beam column.

Keywords: Reinforced Concrete, Moment Resisting Frame System, Indonesian National Standard.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan sangatlah penting bagi kehidupan manusia baik formal maupun non formal. Di dunia pendidikan berbagai disiplin ilmu diperoleh, sehingga terbentuklah sumber daya manusia yang berkualitas dan mampu menjawab tantangan zaman. Untuk mendukung berlangsungnya dunia pendidikan maka perlu tersedianya sarana dan pra-sarana sebagai tempat belajar-mengajar.

Pesantren Progresif Bumi Shalawat Desa Lebo Kecamatan Sidoarjo telah memiliki berbagai gedung untuk pendidikan formal, yaitu Madrasah Ibtidaiyah, SMP, maupun SMA. Untuk menunjang aktivitas pendidikan dalam gedung-gedung tersebut maka dibangun pula gedung perkantoran. Gedung perkantoran ini masih dalam proses pembangunan, nantinya akan berdiri sampai 5 lantai di atas lahan seluas 605 m² menggunakan struktur beton bertulang.

Indonesia termasuk daerah yang rawan terhadap gempa oleh sebab itu untuk meminimalisir resiko keruntuhan struktur akibat bencana gempa maka struktur bangunan gedung perkantoran tersebut didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) merupakan jenis model struktur yang umum digunakan sebagai penahan beban gempa selain dinding struktural (*shear wall*) ataupun kombinasi antara Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan dinding struktural (*shear wall*), model Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) ini komponen serta joinnya mampu menahan gaya-gaya yang bekerja pada model rangka tersebut baik itu lentur, geser, aksial, dan tentu saja momen.

Pembangunan gedung tersebut mengacu pada “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)” untuk perencanaan dimensi serta penulangannya, mengenai pembebanan mengacu pada “Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain” (SNI 03-1727-2013) serta “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)” untuk analisis beban gempanya, analisa gaya dalam pada struktur bangunan ini menggunakan bantuan *software* STAAD.Pro V8i.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas muncul beberapa rumusan masalah berikut ini :

1. Bagaimana langkah-langkah perhitungan untuk menentukan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang digunakan pada struktur bangunan?
2. Bagaimana langkah-langkah pemodelan struktur untuk mencari gaya dalam pada struktur menggunakan *software* STAAD.Pro V8i?
3. Bagaimana langkah-langkah perhitungan untuk menentukan dimensi kolom, balok, maupun

pelat melalui *preliminary design* yang sesuai peraturan (SNI 03-2847-2013)?

4. Bagaimana langkah-langkah perhitungan untuk menentukan tulangan kolom, balok, dan pelat yang sesuai dengan peraturan di (SNI 03-2847-2013) ?

1.3 Tujuan

Dari latar belakang di atas muncul beberapa rumusan masalah berikut ini :

5. Bagaimana langkah-langkah perhitungan untuk menentukan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang digunakan pada struktur bangunan?
6. Bagaimana langkah-langkah pemodelan struktur untuk mencari gaya dalam pada struktur menggunakan *software* STAAD.Pro V8i?
7. Bagaimana langkah-langkah perhitungan untuk menentukan dimensi kolom, balok, maupun pelat melalui *preliminary design* yang sesuai peraturan (SNI 03-2847-2013)?
8. Bagaimana langkah-langkah perhitungan untuk menentukan tulangan kolom, balok, dan pelat yang sesuai dengan peraturan di (SNI 03-2847-2013) ?

1.4 Batasan Permasalahan

Berikut batasan masalah dalam penyusunan Tugas Akhir ini :

1. Struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).
2. Tidak membahas metode pelaksanaan konstruksi.
3. Tidak memperhitungkan faktor biaya atau RAB.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mampu mendesain bangunan yang ekonomis, aman, nyaman, serta fungsional.
2. Menambah wawasan atau ilmu pengetahuan yang dapat diaplikasikan dalam mendesain sebuah bangunan.
3. Memberikan informasi tentang jenis struktur yang relevan untuk zona gempa Kabupaten Sidoarjo.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Deskripsi Beton Bertulang

Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja secara bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat Tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Selain itu tulangan baja juga mampu memikul beban tekan, seperti digunakan pada elemen kolom beton (Agus Setiawan, 2013).

Beton merupakan material pencampuran dari agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu pecah), semen, dan air. Sering juga ditambahkan bahan tambah kimiawi (*admixture*) ataupun mineral (*additive*) ke dalam campuran beton. Tujuannya adalah untuk mengatur sifat dan karakteristik beton agar sesuai dengan yang kita inginkan, diantaranya yaitu memudahkan dalam pengerjaan, menambah kekuatan, serta efisiensi. Notasi dari kuat tekan beton ialah “f’c”. Nilai f’c diperoleh dari nilai rata-rata kuat tekan pengujian silinder minimal 2 buah diameter 150 mm tinggi 300 mm atau minimal 3 buah diameter 100 mm tinggi 200 mm yang terbuat dari adukan beton yang sama dan diuji pada beton umur 28 hari (SNI 03-2847-2013 pasal 5.6.2.4). Beton harus dirancang sedemikian hingga menghasilkan kekuatan tekan rata-rata, f’cr, seperti yang disebutkan dalam pasal 5.3.2 dan juga memenuhi kriteria durabilitas dalam pasal 4. Frekuensi nilai kuat tekan rata-rata yang berada dibawah nilai f’c seperti yang ditentukan dalam pasal 5.6.3.3 haruslah sekecil mungkin. Selain itu, nilai f’c yang digunakan pada bangunan yang direncanakan sesuai dengan aturan-aturan dalam standar ini, tidak boleh kurang daripada 17 Mpa pasal 5.1.1 (SNI 03-2847-2013).

2.2. Struktur Beton Bertulang

filosofi dasar dari struktur beton bertulang ialah tercapainya suatu struktur bangunan beton bertulang yang ekonomis, yang mampu menerima beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan tersebut.

Proses desain suatu struktur secara garis besar dilakukan melalui dua tahap: (1) menentukan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut dengan menggunakan metode-metode analisis struktur yang tepat dan (2) menentukan dimensi atau ukuran dari tiap elemen struktur secara ekonomis dengan mempertimbangkan faktor keamanan, stabilitas, kemampuan, serta fungsi dari struktur tersebut (Agus Setiawan, 2013).

Negara Indonesia melalui “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)” telah mengatur bagaimana struktur beton bertulang didesain. Konsep perencanaan yang dianut oleh SNI 03-2847-2013 adalah berbasis kekuatan, atau yang lebih sering dikenal sebagai metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Maka konsep dasar yang harus dipenuhi ialah :

$$\text{Kuat Rencana} \geq \text{Kuat Perlu}$$

$$\emptyset (\text{Kuat Nominal}) \geq U$$

Kuat rencana adalah kuat nominal yang berada pada struktur tersebut yang telah dikalikan dengan faktor reduksi (\emptyset), kuat nominal diperoleh melalui perhitungan analisis kekuatan suatu komponen struktur penampang yang telah distandarkan oleh peraturan. Sedangkan kuat perlu (U) dihitung dengan mempertimbangkan faktor

beban sesuai jenis beban yang berkerja pada sebuah struktur.

Sistem Struktur beton bertulang, pada prinsipnya, wajib memperhatikan perhitungan yang berhubungan dengan gaya luar atau beban-beban yang bekerja pada struktur. Perhitungan gaya luar melibatkan dasar keamanan berupa faktor beban sehingga dapat diketahui kuat perlu (U). Sementara pada gaya dalam berupa gaya aksial, momen lentur, gaya geser, dan momen puntir perlu disertakan dasar keamanan berupa faktor reduksi sehingga diperoleh kuat rencana yang nilainya minimal sama dengan kuat perlu.

2.3. Komponen Struktur Beton Bertulang

Dalam perkembangannya, saat ini suatu struktur bangunan didesain selain harus memenuhi perhitungan yang cermat, akan tetapi juga dituntut memiliki nilai seni yang mengagumkan. Struktur beton bertulang merupakan perpaduan dari beberapa komponen yang satu dan yang lainnya saling berkaitan dalam memikul beban-beban yang ada. Masing-masing komponen harus didesain secara teliti, mengikuti peraturan yang berlaku, agar tercipta suatu struktur bangunan yang mampu layan, aman, nyaman, ekonomis, serta fungsional. Pada umumnya, struktur beton bertulang terdiri dari beberapa komponen berupa :

- Pelat lantai
- Balok
- Kolom
- Rangka
- Dinding

2.4. Pembebanan Struktur

Struktur beton bertulang dirancang untuk dapat memikul beban-beban yang memungkinkan untuk diterapkan. Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada struktur. Beban-beban tersebut nantinya akan dikombinasikan apabila sudah terhitung secara cermat satu persatunya. Terdapat berbagai pedoman yang mengatur tentang pembebanan di Indonesia:

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012).
2. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 03-1727-2013)
3. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG, 1987).

2.5. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 03–2847–2013 kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan di bawah ini. Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa (beban S (salju) dalam persamaan-persamaan di bawah dihapus karena tidak relevan, lihat Daftar Deviasi).

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

$$U = 0,9D + 1,0E$$

Dimana:

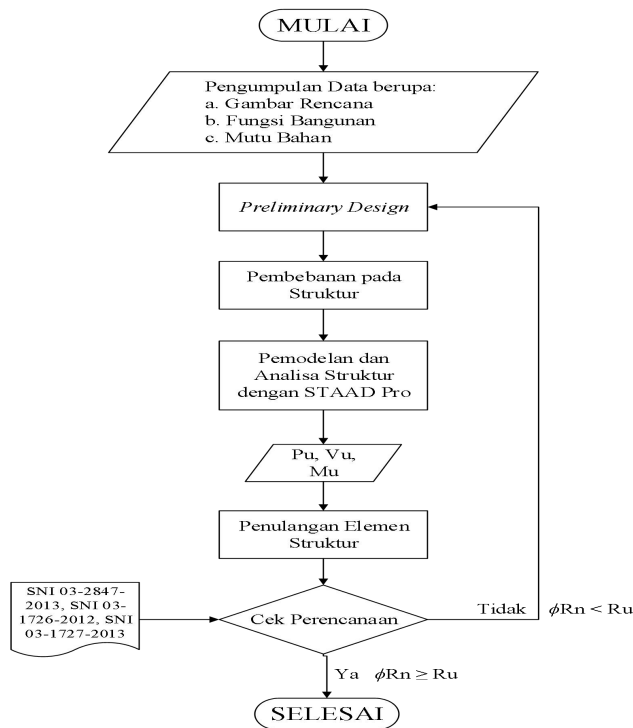
- D = beban mati
- L = beban hidup
- L_r = beban hidup atap
- R = beban hujan
- W = beban angin
- E = beban gempa

Pengecualian:

- a. Faktor beban pada beban hidup L dalam persamaan (2.61), (2.62), (2.63), di atas diizinkan direduksi sampai 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat perkumpulan publik, dan semua luasan dimana L lebih besar dari 4,8 kN/m².
- b. Bila W didasarkan pada beban angin tingkat layan, 1,6W harus digunakan sebagai pengganti dari 1,0W dalam persamaan di atas dan 0,8W harus digunakan sebagai pengganti dari 0,5W dalam persamaan di atas.

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram Alir



3.2. Lokasi

Lokasi Pesantren Progresif Bumi Shalawat yang dijadikan objek pada penelitian ini ada di Jl. Kiai Dasuki No. 1 Lebo - Sidoarjo. Objek tersebut berupa gedung perkantoran 6 lantai.

3.3. Alat dan Bahan

Untuk menghitung beban – beban yang bekerja pada struktur bangunan maupun gaya – gaya dalam yang ada pada elmen struktur diperlukan sebuah *software* alat bantu, pada penelitian ini dipakai *software* alat bantu Microsoft excel untuk menghitung pembebanan, *software* STAAD Pro.V8i untuk analisa gaya dalam, untuk penggambaran denah dan detail tulangan dipakai *software* Auto CAD.

Bahan yang dijadikan standard atau kontrol perhitungan dan kelayakan adalah SNI 03-2847-2013 untuk perencanaan dimensi serta penulangan, SNI 03-1727-2013 untuk pembebanan, SNI 03-1726-2012 untuk pembebanan gempa.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Preliminary Design

Preliminary Design dilakukan untuk menentukan dimensi awal elemen struktur setelah memperoleh data denah bangunan serta mutu bahan yang digunakan pada struktur.

4.1.1. Dimensi Balok

Sesuai dengan persamaan 2.4 dan 2.5 yang mengacu pada SNI 03-2847-2013 perhitungan dimensi balok adalah seperti berikut ini:

1. Balok induk bentang L = 5700 mm
 - a. Tinggi balok

$$h = \ell/16 (0,4 + f_y/700)$$

$$= \frac{5700}{16} (0,4 + \frac{400}{700})$$

$$= 346 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$$
 - b. Lebar balok

$$b = 2/3 \times h$$

$$= 2/3 \times 550 = 366,3 \approx 350 \text{ mm}$$
 Diambil dimensi balok induk bentang 5700 mm sebesar (35/55 cm)
2. Balok induk bentang L = 7800 mm
 - a. Tinggi balok

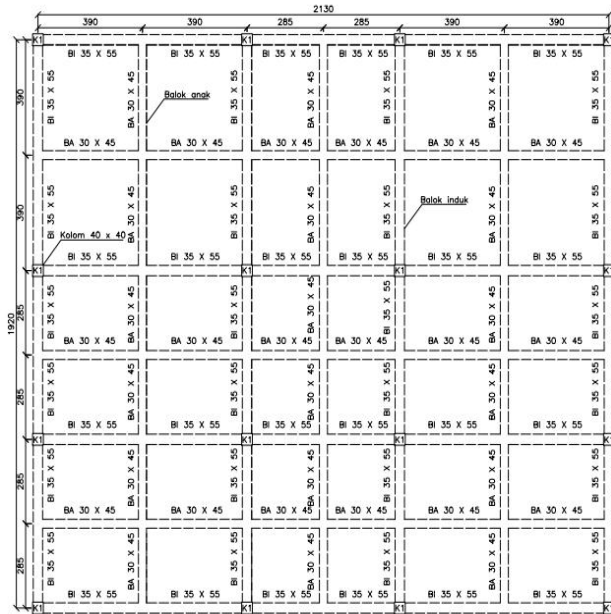
$$h = \ell/16 (0,4 + f_y/700)$$

$$= \frac{7800}{16} (0,4 + \frac{400}{700})$$

$$= 474 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$$
 - b. Lebar balok

$$b = 2/3 \times h$$

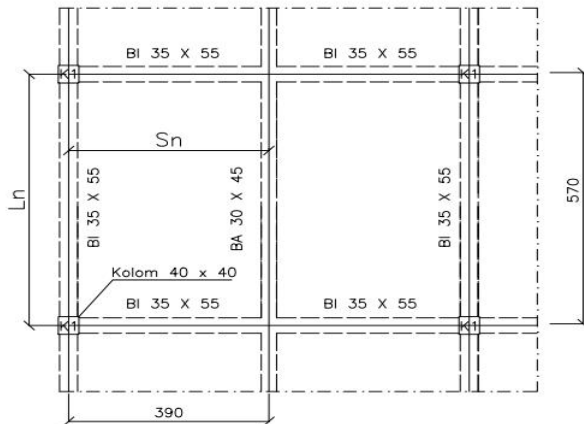
$$= 2/3 \times 550 = 366,3 \approx 350 \text{ mm}$$
 Diambil dimensi balok induk bentang 7800 mm sebesar (35/55 cm)



Gambar 4.1. Denah Pembalokan pada Struktur (Hasil Perhitungan)

4.1.2. Dimensi Pelat

Untuk *preliminary* tebal pelat lantai diambil satu potongan pelat seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.2. Denah Pelat Lantai yang Ditinjau untuk Perencanaan Tebal Pelat (Hasil Gambar dari Perencanaan).

Data teknis perencanaan :

- Kuat tekan beton, $f_c' = 30$ Mpa
- Tegangan leleh baja, $f_y = 400$ Mpa
- Modulus Elastisitas beton, $E_c = 4700\sqrt{f_c'} = 25742,96$ Mpa
- Direncanakan tebal pelat, $t = 12$ cm
- Bentang sumbu panjang, $L_y = 570$ cm
- Bentang sumbu pendek, $L_x = 390$ cm

Bentang bersih sumbu panjang :

$$L_n = 570 - \left(\frac{35}{2} + \frac{35}{2}\right) = 535 \text{ cm}$$

Bentang bersih sumbu pendek :

$$S_n = 390 - \left(\frac{35}{2} + \frac{30}{2}\right) = 357,5 \text{ cm}$$

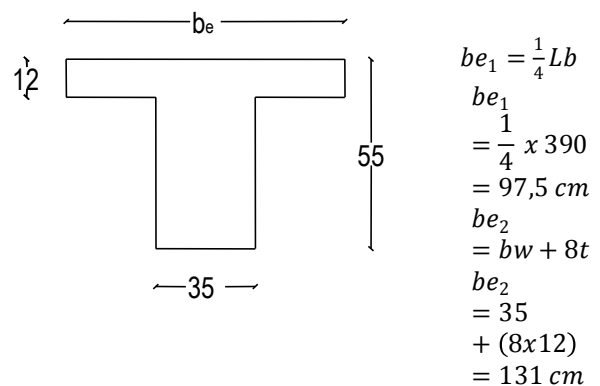
Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bentang bersih sumbu pendek :

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{535}{357,5} = 1,496 < 2 \text{ (Pelat Dua Arah)}$$

Contoh perhitungan menggunakan pelat dengan dimensi 390 cm x 570 cm dimana pelat bertumpu pada empat balok interior.

Direncanakan menggunakan ketebalan pelat 12 cm.

a. Untuk pelat yang dijepit balok 35/55 dengan panjang 390 cm



Karena $be_2 > be_1$, sehingga $be = be_1 = 97,5$ cm

$$= \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2\right] + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$= \frac{1 + \left(\frac{97,5}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{55}\right) + 4\left(\frac{12}{55}\right)^2\right] + \left(\frac{97,5}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right)^3}{1 + \left(\frac{97,5}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right)}$$

$$= 2,9$$

➤ Moment Inersia penampang balok T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 35 \times 55^3 \times 2,9 = 1407255,2 \text{ cm}^4$$

➤ Moment inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times t^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times (0,5 \times (390 + 570)) \times 12^3$$

$$= 69120 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1407255,2}{69120} = 20,36$$

➤ Moment Inersia penampang balok T :

$$I_b = \frac{1}{12} \times b_w \times h^3 \times k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 30 \times 45^3 \times 1,48 = 337162,5 \text{ cm}^4$$

➤ Moment inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times b_p \times t^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times (0,5 \times (390 + 570)) \times 12^3 = 69120 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{337162,5}{69120} = 4,88$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{20,36 + 20,36 + 20,43 + 4,88}{4} = 16,51 \dots \dots \dots > 2$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3(3c), untuk $\alpha_m > 2$ (perletakan pelat adalah jepit penuh) maka ketebalan plat minimum harus memenuhi persyaratan dibawah ini:

$$1. t_{min1} \geq \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$2. t_{min2} \geq 90 \text{ mm}$$

dimana:

Ln = Batang bersih arah memanjang panel plat

β = Rasio bentang bersih arah memanjang

terhadap

arah memendek dari plat dua arah.

Sehingga:

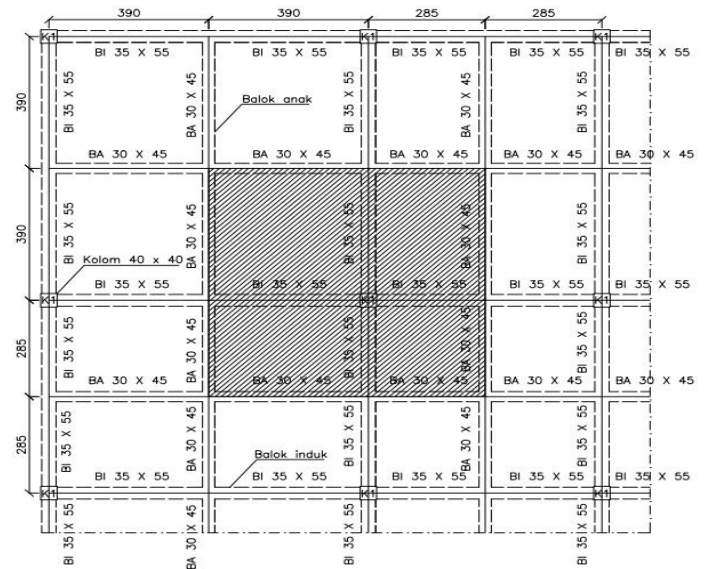
$$(1) t_{min1} \geq \frac{Ln \left(0,8 + \frac{fy}{1400} \right)}{36 + 9\beta}, \text{ dimana}$$

$$ln = 570 - 35 = 535 \text{ cm} = 5350 \text{ mm}$$

$$\geq \frac{5350 \left(0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9(1,496)}$$

$$= 117,43 \text{ mm} < 120 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$$

4.1.3. Dimensi Kolom



Gambar 4.3. Luasan yang dihitung dalam Perencanaan Dimensi Kolom (Hasil Gambar dari Perencanaan).

1) Perencanaan kolom lantai 5

A (luas tributari) : $6,75 \times 6,75 = 45,56 \text{ m}^2$

Tebal pelat lantai : 0,12 m

Tinggi tiap lantai : 4,5 m

Berdasarkan PPURG 1987 dan SNI 03-1727-2013 :

Tabel 4.1. Beban Mati Lantai Atap

Pelat Lantai	: $45,56 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3$	=	13122	Kg
Balok Induk Memanjang	: $6,75 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3$	=	3118,5	Kg
Balok Induk Melintang	: $6,75 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3$	=	3118,5	Kg
Balok Anak Memanjang	: $6,75 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3$	=	2187	Kg
Balok Anak Melintang	: $6,75 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} \times 0,45 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3$	=	2187	Kg
Penggantung	: $45,56 \text{ m}^2 \times 7 \text{ Kg/m}^2$	=	318,92	Kg
Plafon	: $45,56 \text{ m}^2 \times 11 \text{ Kg/m}^2$	=	501,16	Kg
Spesi (5 cm)	: $45,56 \text{ m}^2 \times (5 \times 21 \text{ Kg/m}^2)$	=	4783,8	Kg
Ducting & Plumbing	: $45,56 \text{ m}^2 \times 30 \text{ Kg/m}^2$	=	1366,8	Kg
Berat Total (DL)		=	30702,96	Kg

(Sumber : Hasil Perhitungan)

1. Beban Hidup

Beban hidup lantai Atap

$$45,56 \text{ m}^2 \times 100 \text{ Kg/m}^2 = 4556 \text{ Kg}$$

Hujan

$$45,56 \text{ m}^2 \times 20 \text{ Kg/m}^2 = 911,2 \text{ Kg}$$

$$\text{Berat Total (LL)} = 5467,2 \text{ Kg}$$

Koefisien Reduksi untuk beban hidup (PPURG)

koefisien reduksi beban hidup untuk perkantoran, peninjauan beban gravitasi = 0,6.

Jadi total beban untuk beban hidup:

$$0,6 \times 5467,2 = \mathbf{3280,32 \text{ Kg}}$$

Jadi Berat Total : $W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$

$$= 1,2 (30702,96) + 1,6 (3280,32)$$

$$= \mathbf{42092,064 \text{ Kg}}$$

Mutu Beton = 30 MPa = 300 kg/cm² (1 Mpa = 10 Kg/cm²)

Menurut SNI 03-2847-2013 PsI.C.9.3.2.2 untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ($\phi = 0,70$).

$$\text{Dimensi : } A = 3 \times \frac{W}{\phi f_c} = 3 \times \frac{42092,064}{0,7 \times 300} = \mathbf{233,84 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Dimensi : } b^2 = 233,84 \text{ cm}^2$$

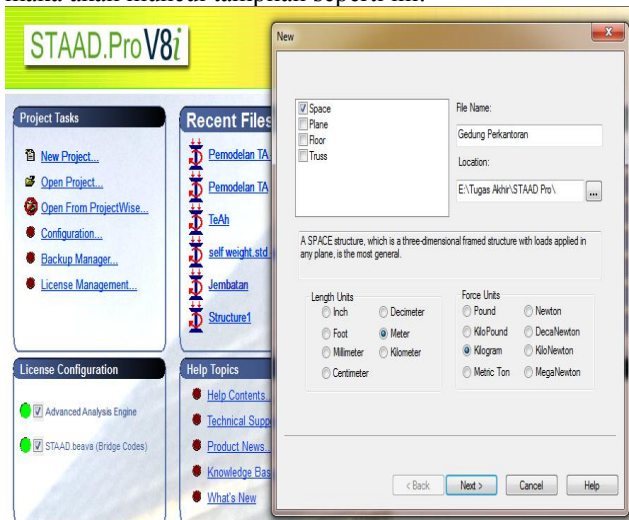
$$b = \mathbf{15,29 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}}$$

Digunakan dimensi kolom 40/40 cm

4.2. Pemodelan Struktur Menggunakan STAAD Pro

Pemodelan struktur merupakan langkah lanjutan setelah *Preliminary Design* dalam mencari nilai gaya dalam pada struktur. Mulai dari kolom, balok, dan pelat, dimensinya akan dimodelkan disini. Berikut langkah-langkah pemodelan struktur menggunakan program bantu STAAD Pro :

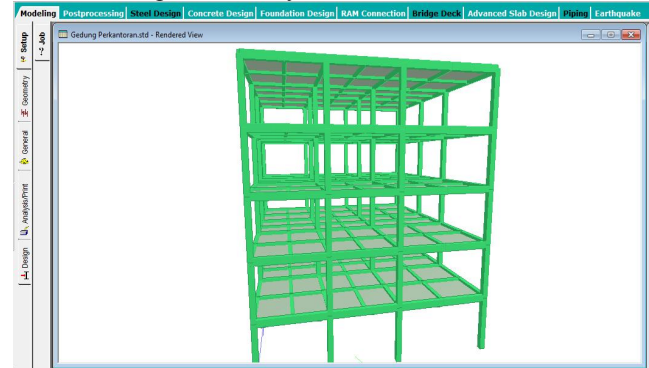
Setelah program analisa struktur STAAD Pro dibuka, maka akan muncul tampilan seperti ini:



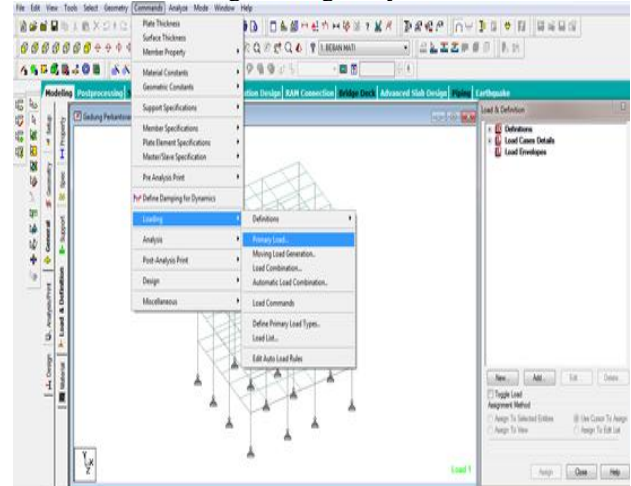
1. Klik New Project maka akan muncul kotak dialog New.

2. Tentukan tipe struktur yang akan dianalisa dengan mengklik Space.
3. Beri nama struktur pada kotak File Name.
4. Pilih lokasi penyimpanan pada kotak Location.
5. Pilih satuan Meter dan Kilogram pada pilihan Length Units dan Force Units.
6. Klik Next.

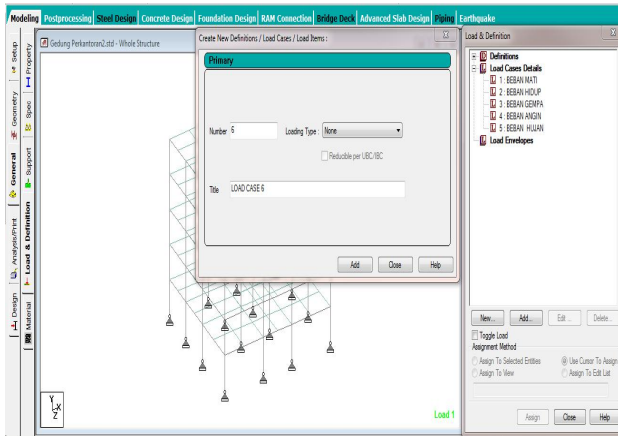
Berikut hasil pemodelannya:



Setelah pemodelan jadi. Langkah berikutnya adalah memasukkan beban-beban yang akan bekerja pada struktur. Berikut langkah-langkahnya:

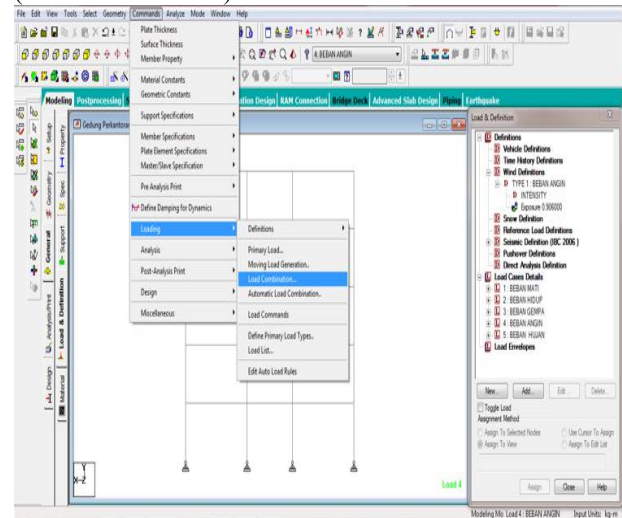


1. Pilih **Commands** pada menu pulldown.
2. Arahkan kursor pada menu **Loading**.
3. Kemudian pilih **Primary Load**.
Maka akan muncul kotak dialog seperti di bawah ini:



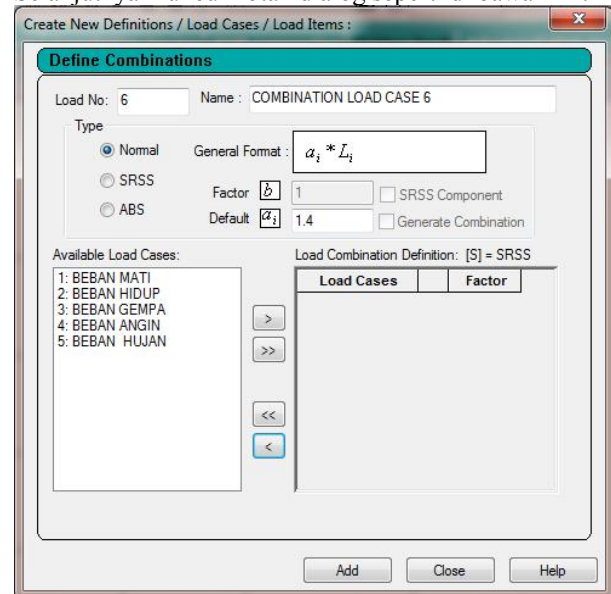
1. Isi kotak **Title** dengan nama beban yang akan ditambahkan.
2. Klik **Add**.
3. Maka otomatis akan ditambahkan pada kotak **Load & Definition**.

Kemudian beban-beban tersebut dikombinasikan satu sama lain sesuai ketentuan yang ada di "Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain" (SNI 03-1727-2013)



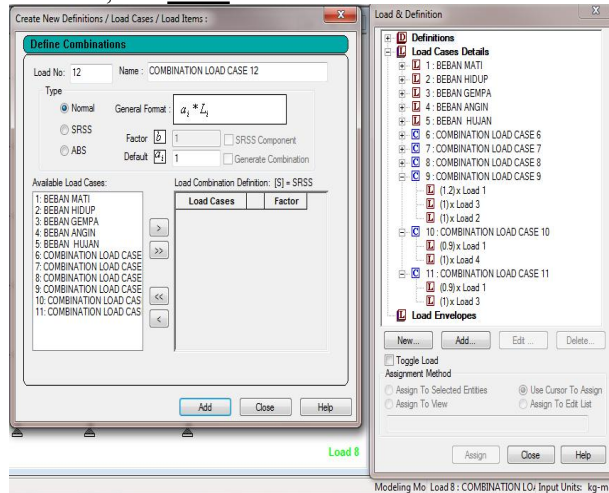
1. Pilih **Commands** pada menu pulldown.
2. Arahkan kursor pada menu **Loading**.
3. Kemudian pilih **Load Combination**.

Selanjutnya muncul kotak dialog seperti di bawah ini:

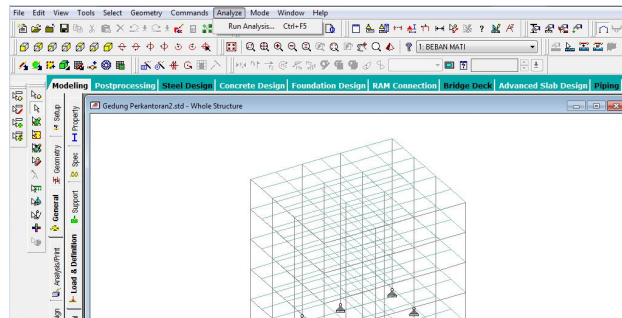


1. Masukkan nilai besaran kombinasi beban yang telah ditentukan oleh SNI pembebanan di kotak **Default**.
2. Pilih beban yang akan dikombinasikan di kotak **Available Load cases**.
3. Kemudian klik tanda \geq .
4. Klik **Add**.

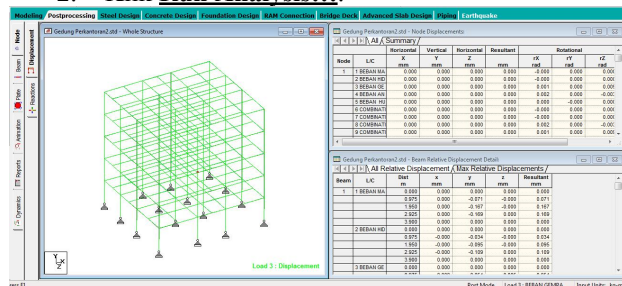
Jika beban-beban sudah dikombinasikan seperti gambar di bawah, klik **Close**.



Kemudian, di bawah ini langkah pe-rungan:



1. Kemudian klik **Analyze** pada menu pulldown.
2. Klik **Run Analysis...**



Di menu Postprocessing kita dapat mengecek gaya dalam hasil analisa.

4.3. Pendefinisian Beban pada Struktur

Gaya dalam pada struktur dapat diperoleh setelah me-run analisis pemodelan struktur yang telah didefinisikan beban-bebannya. Gaya dalam tersebut nantinya akan diolah untuk menghitung kebutuhan tulangan pada dimensi masing-masing elemen struktur. Adapun beban-beban yang didefinisikan meliputi:

4.3.1. Beban Mati

Beberapa beban mati yang didefinisikan pada struktur diantaranya ialah:

- Berat jenis beton bertulang = 2400 Kg/m³
- Dinding pasangan setengah bata merah = 250 Kg/m²
- Spesi lantai keramik per cm = 21 Kg/m²
- Plafond + penggantung = 18 Kg/m²
- Plumbing = 10 Kg/m²
- Sanitasi = 20 Kg/m²

4.3.2. Beban Hidup

Mengacu pada tabel 4-1 SNI 03-1727-2013 mengenai Beban Hidup Merata dan Terpusat Minimum pada Lantai Gedung ditentukan untuk:

- a. Pembebanan lantai 1-5 untuk gedung perkantoran
Ruang kantor = 2,40 Kn/m²
= 244,728 kg/m² ≈ 250 kg/m²
- b. Pembebanan lantai atap
Atap = 0,96 Kn/m²
= 97,89 kg/m² ≈ 100 kg/m²

4.3.3. Beban Angin

a. Kategori Resiko

Berdasarkan SNI 03-1272-2013 tabel 1.5-1 (tabel 2.9. dalam susunan Tugas Akhir Penulis) untuk kategori resiko beban angin struktur masuk kategori **resiko IV**.

b. Faktor Kepentingan

Dari SNI 03-1727-2013 Tabel 1.5-2 ditetapkan faktor kepentingan, **I_w**, sebesar **1,00**.

c. Kecepatan Angin Dasar

Bangunan terletak di daerah Sidoarjo kecepatan angin dasar, **V**, diambil:

$$100 \text{ km/h} = 27,78 \text{ m/s}$$

d. Faktor Arah Angin

K_d ditentukan **0,85**. Karena bangunan termasuk sistem penahan beban angin utama.

e. Kategori Eksposur

Mengacu pasal **26.7.2** maka bangunan masuk kategori **eksposur B**.

f. Faktor Topografi (K_{zt})

Diambil nilai **K_{zt} = 1,0**. Karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam Pasal 26.8.1 SNI 03-1727-2013.

1.3.1. Beban Gempa

Beban gempa yang akan bekerja pada struktur dianalisa berdasarkan SNI 03-1726-2012 Mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung:

a. Kategori Risiko

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 1, bangunan yang didesain untuk Gedung Perkantoran termasuk kedalam kategori **risiko II**.

b. Faktor Keutamaan

Faktor keutamaan gempa, I_e , untuk kategori risiko II ditentukan **1,0**.

c. Parameter Percepatan S_s dan S_I

Dari tabel Nilai Spektral Percepatan yang ada di website Puskim, untuk wilayah Sidoarjo didapat nilai:

$$S_s = 0,679 \text{ g.}$$

$$S_I = 0,270 \text{ g.}$$

d. Kelas Situs Tanah

Hasil uji tanah yang dilakukan pada lokasi bangunan menunjukkan kondisi tanah berupa tanah lunak. Dengan demikian pada pasal 5.3 tabel 3 klasifikasi situs SNI 03-1726-2012, kondisi tanah masuk situs **SE (Tanah lunak)**.

e. Koefisien Situs (F_a dan F_v)

Nilai F_a diperoleh berdasarkan kelas situs tanah dan S_s , kemudian untuk F_v berdasarkan kelas situs tanah dan S_I . Karena nilai S_s dan S_I tidak tersedia dalam daftar nilai yang ada pada tabel koefisien situs F_a dan F_v , maka harus dilakukan interpolasi linier untuk memperoleh nilai F_a dan F_v . Berikut perhitungannya:

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x_1 - x) + y_1$$

$$\text{maka } F_a = \frac{1,7 - 1,2}{0,75 - 0,5} (0,75 - 0,679) + 1,2 = 1,342$$

$$\text{dan } F_v = \frac{3,2 - 2,8}{0,3 - 0,2} (0,3 - 0,270) + 2,8 = 2,92$$

f. Geser Dasar Seismik, V

Nilai V harus ditentukan dengan persamaan (27) seperti berikut ini:

$$V = C_s W = 0,076 \times 2.527.767$$

$$= 191945,6 \text{ Kg}$$

g. Batas Simpangan antar Lantai Tingkat

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) dibatasi tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δ_a) merujuk pada SNI 03-1726-2012 pasal 7.12.1 tabel 16. Dan untuk Sistem Rangka Momen (SRPM) Kategori Desain Gempa D seperti yang digunakan pada perancangan struktur di atas, maka simpangan antar lantai tidak boleh melebihi (Δ_a / ρ) untuk semua tingkat (SNI 03-1726-2012 pasal 7.12.1.1), dimana nilai ρ telah ditentukan pada SNI 03-1726-2012 pasal 7.3.4.2.

Tabel 4.11. Kontrol Simpangan antar Tingkat Lantai

Lantai	Tinggi (h_n) (mm)	Elevasi (mm)	δ (mm)	δ_s (mm)	$\delta_s * (C_d / I_e)$ (mm)	Δ_a / ρ (mm)	Cek
5	4500	22500	58,987	9,201	50,606	90	OK
4	4500	18000	49,786	12,142	66,781	90	OK
3	4500	13500	37,644	12,890	70,859	90	OK
2	4500	9000	24,754	12,005	66,028	90	OK
1	4500	4500	12,749	12,749	70,120	90	OK

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.4. Penulangan Komponen Struktur

Kebutuhan tulangan komponen struktur dihitung melalui rumus-rumus yang telah ditentukan pada Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013). Pengambilan momen/gaya dalam komponen struktur pada output software STAAD Pro diambil yang terbesar, untuk dimensi komponen yang sama dengan momen yang lebih kecil otomatis terwakili.

4.4.1. Penulangan Pelat

a. Data perencanaan

Dimensi pelat = 3,9 m x 5,7 m

Mutu beton (f'_c) = 30 Mpa

Mutu baja (f_y) = 400 Mpa

Selimut beton = 20 mm (SNI 03-2847-2013 Pasal 7.7.2)

\emptyset tulangan rencana = 10 mm

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{30 - 28}{7} = 0,835$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3)

ϕ = 0,9 (SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.1)

b. Perhitungan tulangan pada bentang panjang (5,7 m)

Nilai momen terbesar yang diambil dari output STAAD Pro:

$$M_{tx} = 7474600 \text{ Nmm}$$

$$M_{lx} = 1066480 \text{ Nmm}$$

➤ penulangan lapangan

d_x = tebal pelat – tebal selimut – $\frac{1}{2} D$

d_x = 120 mm – 20 mm – ($\frac{1}{2} \times 10$ mm)

d_x = 95 mm

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 03-2847-2013 Pasal. 10.5.1 tulangan yang tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{30}}{400} \cdot 1000 \cdot 95$$

$$A_s \text{ min} = 325,21 \text{ mm}^2$$

Dan:

$$As_{min} = \frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{f_y}$$

$$As_{min} = \frac{1,4 \cdot 1000 \cdot 95}{400}$$

$$As_{min} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Untuk luas tulangan maksimum yang disediakan, sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, tidak boleh lebih besar dari:

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,835 \cdot 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$\rho_b = 0,032$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot 0,032$$

$$\rho_{max} = 0,024$$

$$As_{max} = \rho_{max} \cdot bw \cdot d$$

$$As_{max} = 0,024 \cdot 1000 \cdot 95$$

$$As_{max} = 2280 \text{ mm}^2$$

Menghitung kebutuhan tulangan (As_{perlu})

$$Mlx = 1066480 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mlx}{\phi}$$

$$Mn = \frac{1066480}{0,9} = 1182755,56 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{1182755,56}{1000 \cdot (95)^2} = 0,131 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\rho =$$

$$\frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,131}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,00034$$

Karena $\rho < \rho_{min}$, maka yang dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

Sehingga:

$$As_{perlu} = \rho \cdot bw \cdot d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 95$$

$$As_{perlu} = 332,5 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As_{min} < As_{perlu} < As_{max}$$

$$332,5 \text{ mm}^2 \leq 332,5 \text{ mm}^2 < 2280 \text{ mm}^2$$

(OK)

Maka dipakai D10 → $As_{pakai} = 392,7 \text{ mm}^2$

$$As_{pakai} > As_{perlu}$$

$$392,7 \text{ mm}^2 > 332,5 \text{ mm}^2$$

(OK)

➤ Kontrol jarak tulangan

Syarat spasi antar tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dari dua kali tebal slab (SNI 03-2847-2013 Pasal 13.3.1), sehingga:

$$S_{max} = 2h$$

$$S_{max} = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

$$S_{pasang} = 200 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

(OK)

Jadi, dipasang $\text{Ø } 10 - 200$

4.4.2. Penulangan Balok

Penulangan balok mengacu pada SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.1 sampai dengan Pasal 21.5.4 mengenai kriteria penulangan balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

➤ Kontrol geometri balok SRPMK

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.1.1 mensyaratkan geometri balok SRPMK sebagai berikut:

a. $Ln \geq 4d$

$$Ln = 5700 - 2 \left(\frac{1}{2} \cdot 400 \right) = 5300 \text{ mm}$$

$$4d = 4 \cdot (487,5) = 1950 \text{ mm}$$

$$5300 \text{ mm} \geq 1950 \text{ mm}$$

(OK)

b. $bw \geq 250$ dan $\frac{bw}{h} \geq 0,3$

$$bw = 350 \geq 250$$

(OK)

$$\frac{bw}{h} \geq 0,3$$

$$\frac{350}{550} = 0,64 \geq 0,3$$

(OK)

c. $bw \leq b_{kolom} + 2 \cdot \frac{3}{4} \cdot h_{kolom}$

$$350 \leq 400 + 2 \cdot \frac{3}{4} \cdot 400$$

$$350 \leq 1000$$

(OK)

➤ Tulangan pada daerah negatif

$$As_{min} = \frac{bw \cdot d}{4 f_y} \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$= \frac{350 \cdot 487,5}{4 \cdot 400} \cdot \sqrt{30} = 584,09 \text{ mm}^2$$

Dan:

$$As_{min} = \frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{f_y}$$

$$= \frac{1,4 \cdot 350 \cdot 487,5}{400} = 597,19 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,025$$

$$A_s \max = \rho_{\max} \cdot b_w \cdot d_x$$

$$A_s \max = 0,025 \cdot 350 \cdot 487,5$$

$$A_s \max = 4265,62 \text{ mm}^2$$

Menghitung kebutuhan tulangan (*As perlu*):

$$Mu_{ki}^- = 292.507.800 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{ki}^- = \frac{Mu_{ki}^-}{\phi}$$

$$= \frac{292507800}{0,9} = 325008666,7$$

Nmm

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$Rn = \frac{Mn_{ki}^-}{b_w \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{325008666,7}{350 \cdot (487,5)^2} = 3,907 \text{ N/mm}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 3,907}{400}} \right)$$

$$\rho = 0,0106$$

Kontrol: $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 $0,0035 < 0,0106 < 0,025$ (OK)
 (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.2.1)

Luasan perlu (*As perlu*) tulangan lentur tarik

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,0106 \cdot 350 \cdot 487,5$$

$$= 1818,77 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_s \min < A_s \text{ perlu} < A_s \max$$

$$597,19 < 1818,77 < 4265,62$$
 (OK)
 (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.2.1)

Jumlah tulangan lentur tarik pakai

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas } D \text{ lentur}}$$

$$= \frac{1818,77}{0,25 \cdot \pi \cdot 25^2}$$

$$= 3,71 \approx 4 \text{ buah} > 2 \text{ buah} \quad \text{(OK)}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.2.1)

Luasan pakai (*As pakai*) tulangan lentur tarik

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot \text{luasan } D \text{ lentur}$$

$$= 4 \cdot 490,625$$

$$= 1962,50 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$1962,50 \text{ mm}^2 > 1818,77 \text{ mm}^2 \quad \text{(OK)}$$

➤ Kontrol penulangan komponen lentur SRPMK

a. Kuat lentur positif muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah ($\frac{1}{2}$) kuat lentur negatif pada muka kolom tersebut (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.2.2)

$$Mn_{ki}^+ \geq \frac{1}{2} Mn_{ki}^- \text{ (tumpuan kiri)}$$

$$Mn_{ki}^+ \rightarrow \text{terpasang 2 tulangan diameter 25 mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b_w}$$

$$= \frac{981,25 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350}$$

$$= 43,99 \text{ mm}$$

$$Mn_{ki}^+ = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 981,25 \cdot 400 \left(487,5 - \frac{43,99}{2} \right)$$

$$= 182713147,8 \text{ Nmm}$$

$$Mn_{ki}^- \rightarrow \text{terpasang 4 tulangan diameter 25 mm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b_w}$$

$$= \frac{1962,50 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350}$$

$$= 87,96 \text{ mm}$$

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

$$= 1962,50 \cdot 400 \left(487,5 - \frac{87,96}{2} \right)$$

$$= 348165091 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$Mn_{ki}^+ \geq \frac{1}{2} Mn_{ki}^-$$

$$182713147,8 \text{ Nmm} > \frac{1}{2} 348165091 \text{ Nmm}$$

$$> 174082545,5 \text{ Nmm} \quad \text{(OK)}$$

$$Mn^+_{ka} \geq \frac{1}{2} Mn^-_{ka} \text{ (tumpuan kanan)}$$

$Mn^+_{ka} \rightarrow$ terpasang tulangan 3 diameter 25 mm

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot bw}$$

$$= \frac{1471,88 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350}$$

$$= 65,97 \text{ mm}$$

$$Mn^+_{ka} = As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1471,88 \cdot 400 \left(487,5 - \frac{65,97}{2} \right)$$

$$= 267596770 \text{ Nmm}$$

$Mn^-_{ka} \rightarrow$ terpasang 5 tulangan diameter 25 mm

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot bw}$$

$$= \frac{2453,12 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 350}$$

$$= 109,94 \text{ mm}$$

$$Mn^-_{ka} = As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2453,12 \cdot 400 \left(487,5 - \frac{109,94}{2} \right)$$

$$= 424418111 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$Mn^+_{ki} \geq \frac{1}{2} Mn^-_{ka}$$

$$267596770 \text{ Nmm} > \frac{1}{2} 424418111 \text{ Nmm}$$

$$> 212209055,5 \text{ Nmm} \quad \text{(OK)}$$

b. Kuat momen negatif maupun kuat momen positif di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperempat ($\frac{1}{4}$) momen terbesar yang ada pada bentang tersebut.

$$\frac{1}{4} Mn \text{ max} = \frac{1}{4} \cdot 424418111 \text{ Nmm}$$

$$= 106104527,7 \text{ Nmm}$$

$$Mn^+_{ki} \text{ (tumpuan kiri)} = 182713147,8 \text{ Nmm} >$$

$$106104527,7 \text{ Nmm} \quad \text{(OK)}$$

$$Mn^-_{ki} \text{ (tumpuan kiri)} = 348165091 \text{ Nmm} >$$

$$106104527,7 \text{ Nmm} \quad \text{(OK)}$$

$$Mn^+_{ka} \text{ (tumpuan kanan)} = 267596770 \text{ Nmm} >$$

$$106104527,7 \text{ Nmm} \quad \text{(OK)}$$

$$Mn^-_{ka} \text{ (tumpuan kanan)} = 424418111 \text{ Nmm} >$$

$$106104527,7 \text{ Nmm} \quad \text{(OK)}$$

Mn^+ dan Mn^- (lapangan) \rightarrow terpasang 3 tulangan diameter 25 mm = 424418111 Nmm > 106104527,7 Nmm (OK)

4.4.3. Penulangan Kolom

Perencanaan elemen kolom pada struktur ini mengacu pada SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.1 s/d pasal 21.6.4 mengenai syarat-syarat kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

➤ Kontrol gaya aksial kolom SRPMK

Mengacu pada ketentuan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen kolom struktur, P_u , harus lebih besar dari:

$$\frac{Ag \cdot f'c}{10} = \frac{400 \cdot 400 \cdot 30}{10}$$

$$= 480000 \text{ N} < 1604105,2 \text{ N} \quad \text{(OK)}$$

➤ Kontrol geometri kolom SRPMK

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.1 mensyaratkan geometri balok SRPMK sebagai berikut:

Dimensi terkecil penampang tidak kurang dari 300 mm
 $b = h = 400 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$

Perbandingan b/h tidak kurang dari 0,4

$$b/h = 400/400 = 1 > 0,4 \quad \text{(OK)}$$

➤ Menghitung kebutuhan tulangan lentur kolom

$$\mu h = h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{Øgeser}) - \text{Ølentur}$$

$$= 400 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - 25 \text{ mm}$$

$$= 269 \text{ mm}$$

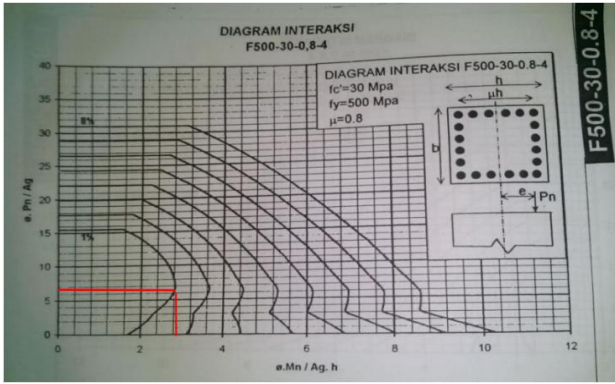
$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} = \frac{269}{400} = 0,7$$

Sumbu vertikal

$$\frac{\phi P_n}{Ag} = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{1604105,2}{400 \cdot 400} = 10,03$$

Sumbu horisontal

$$\frac{\phi M_n}{Ag \cdot h} = \frac{M_u}{b \cdot h^2} = \frac{344001657}{400 \cdot 400^2} = 5,38$$



Gambar 4.6. Diagram interaksi kolom.

Setelah diplot pada diagram interaksi didapat

$$\rho = 4,8 \% = 0,048$$

Kontrol:

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,01 < 0,048 < 0,06 \quad (\text{OK})$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.2)

Luasan perlu (A_s perlu) tulangan lentur

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot A_g$$

$$= 0,048 \cdot 400 \cdot 400$$

$$= 7680 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan lentur pakai

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas } D \text{ lentur}}$$

$$= \frac{7680}{0,25 \cdot \pi \cdot 25^2}$$

$$= 15,65 \approx 16 \text{ buah}$$

Luasan pakai (A_s pakai) tulangan lentur

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot \text{luas } D \text{ lentur}$$

$$= 16 \cdot 490,625$$

$$= 7850 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_s \text{ pakai} > A_s \text{ perlu}$$

$$7850 \text{ mm}^2 > 7680 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

➤ **Kontrol persyaratan kolom kuat balok lemah SRPMK**

Nilai momen yang diambil dari output STAAD Pro:

Momen ultimate kolom (yang dianalisa)

$$= 344,00 \text{ kNm}$$

Momen ultimate kolom (di atasnya)

$$= 238,49 \text{ kNm}$$

Momen ultimate positif balok kiri

$$= 146,28 \text{ kNm}$$

Momen ultimate negatif balok kanan

$$= 358,01 \text{ kNm}$$

Kuat lentur kolom harus memenuhi persyaratan berikut:

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

$$\sum M_{nc} = \frac{344 + 238,49}{0,65} = 896,14 \text{ kNm}$$

$$1,2 \sum M_{nb} = 1,2 \left(\frac{146,28 + 358,01}{0,9} \right)$$

$$= 672,39 \text{ kNm}$$

$$896,14 \text{ kNm} > 672,39 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

**BAB 5
KESIMPULAN**

5.1. Kesimpulan

Menilik hasil dari perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan diantaranya, yaitu:

- Gedung dengan beban gempa kategori risiko II dan kategori desain seismik nilai D di Kabupaten Sidoarjo dapat dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem rangka ini didesain kolom lebih kuat dibanding baloknya (*strong column weak beam*), sehingga jika terjadi kegagalan struktur balok mengalami kegagalan terlebih dahulu.
- Dari perhitungan pada bab 4 menghasilkan data-data sebagai berikut:

a. Elemen pelat

Tabel 5.1. Hasil Perhitungan Elemen Pelat

Tebal Pelat	Bentang	Tulangan Lentur	
		Tumpuan	Lapangan
120 mm	5700 mm	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200
	3900 mm	Ø 10 – 200	Ø 10 – 200

(Sumber: Hasil Perhitungan)

b. Elemen balok

Tabel 5.2. Hasil Perhitungan Elemen Balok

Tipe Balok	Dimensi (mm)	Tulangan Lentur						Tulangan Transversal	
		Tumpuan Kiri		Tumpuan Kanan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
		Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
Balok Induk	350/550	4D-25	2D-25	5D-25	3D-25	2D-25	2D-25	Ø 10 – 75	Ø 10 – 120
Balok Anak	350/550	2D-22	2D-22	2D-22	2D-22	2D-22	2D-22	Ø 10 – 95	Ø 10 – 100

c. Elemen kolom

Tabel 5.3. Hasil Perhitungan Elemen Kolom

Tipe Kolom	Dimensi	Penulangan	
		Lentur	16D25
Kolom lt. 1 s/d lt. 5	400 x 400 mm	Geser l_o	Ø 13 – 100
		Geser di luar l_o	Ø 13 – 150

DAFTAR PUSTAKA

Nawy, E. G. (2008). *Reinforced concrete : A fundamental approach*. 6th ed. Prentice Hall.

Setiawan, Agus. (2013). *Perancangan struktur beton bertulang* (berdasarkan SNI 2847 : 2013). Jakarta: HAKI (Himpunan Ahli Kontruksi Indonesia).

SNI 03-2847-2013. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

SNI 03-1727-2013. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

SNI 03-1726-2012. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG). (1983)

Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (2013). *Peraturan Beton Bertulang 1971*. Bandung.

Wang, ChuKia. Salmon, Charles G. Hariandja, Binsar. (1992). *Disain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Wang, ChuKia. Salmon, Charles G. Hariandja, Binsar. (1992). *Disain Beton Bertulang Edisi Keempat Jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

