

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perancangan merupakan tahapan yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan yang lainnya. Tahap perancangan melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan, metode konstruksi, dan taksiran biaya (Ervianto,2005). Suatu konstruksi yang dibangun harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu, kuat (kokoh), bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu dari konstruksi tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi yang diinginkan.

Perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kegiatan dalam suatu proyek. Perancangan yang baik dan sangat matang tidak hanya dapat mengurangi kerugian tetapi juga dalam menghasilkan konstruksi yang baik dan aman serta dapat menghemat waktu dan tenaga dalam pengerjaannya. Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perencana dalam melakukan analisis struktur yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan. Pada perancangan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional, sistem struktur yang akan digunakan dan bagaimana strategi yang digunakan agar tahap pengerjaan struktur lebih efektif dan efisien.

Pada bab ini akan lebih dijelaskan lagi mengenai tata cara, langkah – langkah maupun rumus – rumus yang akan digunakan dalam perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi pelat atap (dak), pelat lantai, balok, kolom, tangga dan portal sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari sloof dan pondasi. Studi pustaka dimaksudkan untuk mendapatkan informasi maupun data yang akan membuat perancangan lebih optimal dan akurat.

Oleh karena itu pada bab ini juga akan dibahas bagaiman konsep sistem pemilihan struktur dan konsep perhitungan dalam merancang strukturnya sesuai

dengan sistem struktur bangunan tersebut, seperti keamanan struktur terhadap pembebanannya yang telah disesuaikan dengan syarat – syarat dasar perancangan suatu gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia sehingga sangat diharapkan hasil yang akan diperoleh nantinya tidak akan menimbulkan kegagalan dalam struktur.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang lingkup perancangan meliputi beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap studi kelayakan, tahap desain bangunan, tahap perhitungan struktur, dan tahap perhitungan biaya.

2.2.1 Perancangan Konstruksi

Perhitungan struktur dilakukan setelah dilakukannya analisis struktur atau setelah melakukan peninjauan studi kelayakan. Pada proyek ini digunakan jenis struktur beton bertulang untuk bagian utama konstruksi. Ada beberapa tahapan dalam perancangan pada beton konvensional yaitu pemilihan dimensi elemen struktur dan perhitungan tulangan yang diperlukan agar penampang elemen tersebut mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban – beban pada kondisi layan (*service load*) dan kondisi batas (*ultimate load*).

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Struktur berfungsi sebagai kerangka bangunan yang menopang semua beban yang diterima oleh bangunan tersebut. Ada dua struktur pendukung selain struktur utamanya beton bertulang, yang biasanya terdapat pada sebuah bangunan, antara lain sebagai berikut :

1. Struktur bangunan atas (*upper structure*)

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya. Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain : struktur atap, struktur pelat lantai, struktur tangga, struktur portal, serta struktur kolom.

2. Struktur bangunan bawah (*sub structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban dari struktur atas, untuk diteruskan ke tanah yang berada dibawahnya. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu : struktur sloof dan struktur pondasi.

Pemilihan jenis struktur atas akan sangat berpengaruh pada system fungsional gedung. Dalam mendesain struktur perlu dicari kedekatan antara jenis struktur dengan masalah – masalah yang akan memberikan dampak pada struktur tersebut. Adapun masalah – masalah yang menjadi faktor pemilihan jenis struktur dibagi menjadi beberapa aspek yaitu sebagai berikut :

1. Fungsional

Dalam perancangan struktur yang baik sangat perlu memperhatikan fungsi dari bangunan tersebut. Kaitannya dengan penggunaan ruang, aspek fungsional sangat mempengaruhi besarnya dimensi bangunan yang direncanakan

2. Kekuatan dan kestabilan struktur

Kekuatan dan kestabilan struktur memiliki hubungan erat dengan kemampuan struktur dalam menahan beban – beban yang bekerja, baik beban arah vertikal dan horizontal. Kestabilan struktur adalah keadaan seimbang dari struktur setelah menerima beban – beban tersebut.

3. Arsitektur

Pengolahan elemen – elemen struktur dengan memperhatikan segi estetika seperti perencanaan denah, gambar tampak, potongan, *perspektif*, *interior* dan *eksterior*.

4. Ekonomi dan Kemudahan Pelaksanaan

Struktur yang dirancang harus mampu memikul beban yang akan bekerja pada suatu bangunan tersebut secara aman tanpa adanya kelebihan tegangan atau deformasi yang melampaui batas izin. Tetapi dalam perancangan juga harus memperhatikan segi ekonomi dan harus memperhatikan kondisi yang memungkinkan terjadinya keamanan dan kenyamanan dalam pelaksanaannya.

5. Lingkungan

Aspek lingkungan adalah salah satu aspek lain yang ikut menentukan dalam perancangan dan pelaksanaan suatu proyek. Aspek ini juga bisa menjadi tujuan utama dalam suatu pembangunan proyek. Misalnya, dengan adanya pembangunan ini diharapkan akan memperbaiki kondisi lingkungan yang menjadi lokasi proyek tersebut serta memberikan dampak yang baik bagi masyarakat disekitar lokasi proyek. Aspek lingkungan juga menjadi bahan pertimbangan perencana dalam mengambil tindakan untuk mengurangi dampak buruk yang akan terjadi.

2.2.2 Dasar-Dasar Perhitungan

Dalam perancangan struktur Gedung Rawat Inap Rumah Sakit Citra Sari Husada Intan Barokah Karawang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang digunakan antara lain:

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013). SNI ini merupakan acuan perhitungan struktur yang memuat aturan beton – beton hingga penulangan yang digunakan.
2. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minum dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain.
3. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987.
4. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013 oleh Agus Setiawan. Buku ini membahas secara menyeluruh tentang perancangan struktur beton bertulang, meliputi perancangan atau perencanaan komponen struktur balok, kolom, pelat, pondasi, dinding penahan tanah, hingga perencanaan struktur beton tahan gempa.

Suatu struktur bangunan gedung harus dirancang untuk mampu memenuhi nilai kekuatan dan kekokohan suatu bangunan terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Menurut SNI 1727:2013, beban adalah gaya aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bangunan, penghuni, barang – barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban – beban tersebut antara lain :

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung atau bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut. Termasuk pula kedalam jenis beban mati adalah unsur – unsur tambahan, mesin serta peralatan tetap yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Selain itu berat sendiri struktur, sistem perpipaan, jaringan listrik, penutup lantai, serta plafond juga termasuk jenis beban mati.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7.850 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Batu tuang	7.450 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu kelas I	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³

Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenis air)	1.800 kg/m ³
Pasir, kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung, dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Tanah hitam	11.400 kg/m ³
KOMPONEN GEDUNG	
Adukan, per cm tebal	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	450 kg/m ²
- Setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako	
Berlubang :	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
Tanpa lubang :	
- Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit – langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku). Terdiri dari :	
- Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenisnya), dengan tebal maksimum 4 mm	11 g/m ²
- Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Langit kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit – langit dengan bentang 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang	7 kg/m ²

maksimum 5 m dan jarak minimum 0,8 m	
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kasau per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng usuk/ kasau per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap gelombang (BWG 24) tanpa gording	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen Portland teraso dan beton tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Tebal asbes gelombang (tebal 5mm)	11 kg/m ²

(Sumber : *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987, hal 5*)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang termasuk dalam kategori beban gravitasi, yaitu timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layan gedung tersebut. Kategori yang dimaksudkan dalam penggolongan beban hidup diantaranya; beban manusia, kendaraan, barang/benda yang berpindah yang letaknya tidak permanen. Oleh karena besar dan lokasi beban hidup yang berubah – ubah, maka penentuan beban hidup dengan tepat merupakan suatu hal yang cukup sulit. Khusus pada pelat atap beban hidup dapat termasuk beban air hujan, akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Tabel 2.2 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem Lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2 000 (8,9)
Ruang computer	100 (4,79)	2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	

Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak melebihi 100 psf (2,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor	100 (4,79)	
Lantai pertama	Sama seperti pelayanan hunian	
Lantai lain	kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelesaian terhadap kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga Permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/parker	40 (1,92) ^{a,b,c}	
Mobil penumpang saja		

Truk dan bus		
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{de} tidak boleh direduksi	e,f,g
Rumah sakit :		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (Lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a,h}	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		

Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsai dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^{a,k}	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	30 (1,44)	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	40 (1,92)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	100 (4,79)	
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka		
Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka		
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96) ⁿ	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hinian dilayani	i
Atap yang digunakan untuk hunian		

lainnya Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributato dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	2 000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1 000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan	250 (11,97) ^{a,p}	8 000 (35,6) ^q

lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk		
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 ^f
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saha	40 (1,92)	300 ^f
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	20 (0,96) 125 (6,00) ^a	
Ringan	250 (11,97) ^a	
Berat		
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1 000 (4,45)
Grosir, di semua Lantai	125 (6,00) ^a	1 000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87) ^a	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

(Sumber :SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum : Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur, hal 25)

3. Beban Angin (W)

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang

termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727:2013 sebagaimana berikut :

a. Menentukan kecepatan angin dasar

Data kecepatan angin dasar diperoleh dari data perkiraan cuaca yang bersumber dari BMKG kota Karawang. Data tersebut diambil dari data kecepatan angin tertinggi : $V = \dots \text{ km/jam} = \dots \text{ m/s}$

b. Menentukan parameter beban angin

- 1) Faktor arah angina, k_d
- 2) Kategori eksposur : B
- 3) Faktor topografi, K_{zt}
- 4) Faktor efek tiupan angin, G
- 5) Klasifikasi tekanan internal, $G_{CPI} = \pm 0,18$

c. Beban angin maksimum

Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, k_z atau k_h

1) Menghitung k_z

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah
untuk eksposur B, $\alpha = 7$ dan $Z_g = 365,76$

karena $15 \text{ ft} < z < Z_g \dots \dots \dots (15 \text{ ft} = 4,6 \text{ meter})$

$$\text{maka, } k_z = 2,01 \left(\frac{z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

2) Menghitung k_h jika diketahui z

Dihitung menggunakan interpolasi linier

Menentukan tekanan velositas q_z dan q_h

1) Menghitung q_z

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot V^2$$

2) Menghitung q_h

$$q_h = 0,613 \cdot k_h \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot V^2$$

Menghitung Koefisien eksternal, C_p

Maka, nilai C_p untuk : Maka, nilai C_p untuk : (SNI 1727 – 2013 hal.68)

$$W_{datang} = q_z \cdot G \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$W_{pergi} = q_z \cdot G \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

d. Beban angin minimum

Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, k_z atau k_h

1) Menghitung k_z

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah 4 m

untuk eksposur B, $\alpha = 7$ dan $Z_g = 365,76$

2) Menghitung k_h jika diketahui $z = 4$ meter (SNI 1727 – 2013 hal.65)

Dihitung menggunakan interpolasi linier

Menentukan tekanan velositas q_z dan q_h

1) Menghitung q_z

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{z1} \cdot k_d \cdot V^2$$

2) Menghitung q_h

$$q_h = 0,613 \cdot k_h \cdot K_{z1} \cdot k_d \cdot V^2$$

Menghitung Koefisien eksternal, C_p

Maka, nilai C_p untuk : Maka, nilai C_p untuk : (SNI 1727 – 2013 hal.68)

$$W_{datang} = q_z \cdot G \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$W_{pergi} = q_z \cdot G \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Karena beban angin maksimum $< 77 \text{ kg/m}^2$ dan beban minimum pada angin datangnya melampaui 77 maka dipakai beban angin minimum, yaitu $77 \text{ kg/m}^2 = 0,77 \text{ kN/m}^2$

a. Beban angin portal arah memanjang

Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri

Sehingga, beban angin yang dipikul = $0,77 \text{ kN/m}^2 \times$ lebar tangkapan

b. Beban angin portal arah melintang

Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri

Sehingga, beban angin yang dipikul = $0,77 \text{ kN/m}^2 \times$ lebar tangkapan

Peninjauan beban angin pada gedung bertingkat dengan atap datar, ditinjau dari kedua sisi, yakni :

a. Datang dan pergi dari kanan ke kiri sisi bangunan

b. Datang dan pergi dari kiri ke kanan sisi bangunan

4. Beban Kombinasi

Setiap komponen struktur dirancang sedemikian rupa agar dapat memikul besarnya beban yang lebih besar daripada beban layan atau aktual guna memberikan jaminan keamanan terhadap kegagalan struktur. Dalam metode perencanaan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur didesain untuk memikul beban terfaktor yang diperoleh dengan mengalikan suatu faktor beban terhadap beban layan nominal. Beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi dibandingkan dengan beban mati.

Berdasarkan catatan penelitian yang telah dilakukan secara terus-menerus, serta berdasarkan pada ilmu-ilmu probabilitas, SNI mengadopsi penggunaan faktor beban sebesar 1,2 untuk beban mati D, dan 1,6 untuk beban hidup L.

Berdasarkan persyaratan dalam SNI 2847:2013 pasal 9.2 besarnya kuat perlu, U yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah :

$$U = 1,4D$$

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

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

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

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

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

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

Berikut adalah beberapa catatan tambahan untuk kombinasi beban :

- a. Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan ke 3,4,5 dapat direduksi menjadi 0,5L, jika nilai L tidak lebih besar daripada 4,8 kN/m² (atau 500 kg/m²) disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.
- b. Apabila beban angin, W, belum direduksi oleh faktor arah maka faktor beban untuk beban angina dalam persamaan 4 harus diganti menjadi 1,6, dan dalam persamaan 3 diganti menjadi 0,8.

- c. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1 hingga 5 dan 7 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati.
- d. Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral, H , maka ada tiga kemungkinan berikut :
 - 1) Apabila H bekerja sendiri atau menambah efek dari beban – beban lainnya maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,6.
 - 2) Apabila H permanen dan bersifat melawan pengaruh dari beban – beban lain, maka H dapat dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan menggunakan faktor beban sebesar 0,9.
 - 3) Jika H tidak permanen, namun pada saat H bekerja mempunyai sifat melawan beban – beban lainnya, maka beban H boleh tidak dimasukkan dalam kombinasi pembebanan.

2.3 Metode Perhitungan Struktur

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan struktur agar hasil perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik berupa beban sendiri maupun beban-beban lainnya. Berikut ini adalah struktur bangunan yang memerlukan perhitungan struktur:

2.3.1 Perancangan Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat adalah suatu elemen horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal yaitu balok, kolom maupun dinding. Pelat beton bertulang dalam struktur digunakan pada atap dan lantai. Adapun beberapa perbedaan pada pelat atap dan pelat lantai ialah pelat atap merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur pelat lantai. Perbedaan juga terdapat pada pembebanan, dimana beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil dibandingkan dengan pelat lantai. Beban pada pelat atap hanya terdiri beban mati sendirinya pelat atap, beban hujan, dan beban

kemiringan untuk aliran air yang diambil satu persen (1%), sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup yang sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya. Adapun beban – beban yang bekerja pada pelat, antara lain :

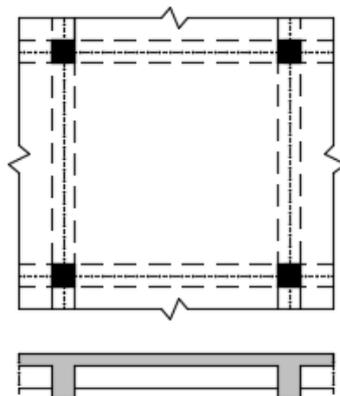
1. Beban Mati (W_D)
 - a. Berat sendiri pelat atap
 - b. Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortar, plafond dan penggantung plafond
2. Beban Hidup (W_L)

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ dan pelat lantai sebesar $1,92 \text{ kN/m}^2$ (Berdasarkan SNI 1727 tahun 2013 beban hidup untuk rumah sakit)

Jenis – Jenis Pelat :

1. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penintang (Dipohusodo,1996). Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y merupakan sisi terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pelat yang ditinjau.



Gambar 2.1 Pelat Dua Arah

Berikut ini adalah langkah-langkah perencanaan struktur pelat dua arah menggunakan metode koefisien momen :

a. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni : $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dengan L_y sebagai sisi pelat terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau :

b. Menentukan tebal pelat

Beberapa ketentuannya menurut SNI 2847:2013, sebagai berikut :

1) Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan table berikut :

Tabel 2.3 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan lelah, f_y MPa	Tanpa penebalan					
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

Untuk konstruksi dua arah ln adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
 Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier .
 Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5
 Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber : SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung Tabel 9.5 (c) hal 72)

2) Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, maka h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- 3) Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c. Menghitung α_{fm} masing-masing panel

$$\alpha_{fm} = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n}$$

Keterangan :

Ln = Jarak bentang bersih dalam arah panjang diukur dari muka ke muka

balok

h = Tebal balok

β = Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat

- d. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

$$W_u = 1,2W_D + 1,6W_L$$

Keterangan :

W_D = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

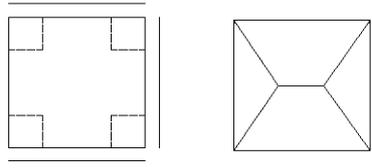
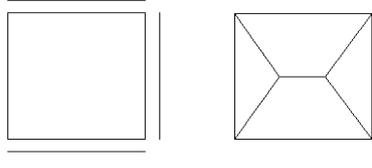
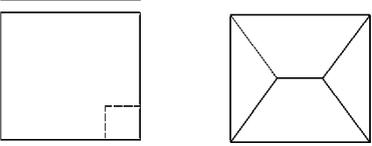
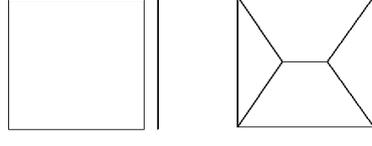
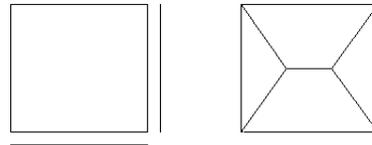
W_L = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

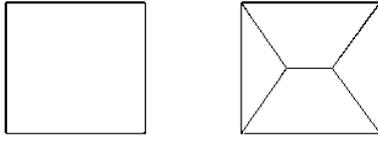
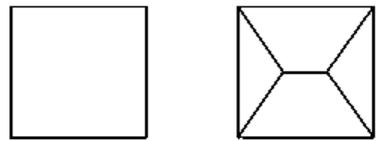
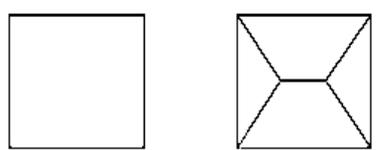
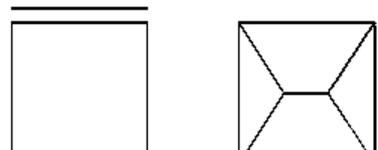
W_U = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

- e. Menghitung momen rencana (M_u)

Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan menggunakan metode koefisien momen pelat.

Tabel 2.4 Momen yang Menentukan Per Meter Lebar dalam Jalur Tengah pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata

Skema	Momen Per Meter Lantai
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$

	$Mlx = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mly = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mtx = -0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mty = \frac{1}{2} \cdot Mly$
	$Mlx = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mly = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mty = -0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mtx = \frac{1}{2} \cdot Mlx$ $Mty = \frac{1}{2} \cdot Mly$
	$Mlx = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mly = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mtx = -0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mtx = \frac{1}{2} \cdot Mlx$ $Mty = \frac{1}{2} \cdot Mly$
	$Mlx = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mly = 0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mtx = -0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mty = -0,001 \times Wu \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $Mty = \frac{1}{2} \cdot Mly$

(Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma 1993, hal 26)

Pada tabel 2.4 ini menunjukkan momen lentur yang bekerja pada jalur yang ditinjau selebar 1 meter, masing-masing pada arah x dan pada arah y:

Mlx = Momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x

Mly = Momen lapangan maksimum per meter lebar di arah y

Mtx = Momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah x

Mty = Momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah y

Mtx = Momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah x

Mty = Momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah y

Seperti pada pelat satu arah yang menerus, pemakaian table ini dibatasi beberapa syarat :

- 1) Beban terbagi rata
- 2) Perbedaan yang terbatas antara besarnya beban maksimum dan minimum pada panel (atau lekukan) di pelat :

$$W_{u \text{ min}} \geq 0,4 W_{u \text{ maks}}$$

- 3) Perbedaan yang terbatas antara beban maksimal pada panel yang berbeda-beda

$$W_{u \text{ maks terkecil}} \geq 0,8 \text{ kali } W_{u \text{ maks terbesar}}$$

- 4) Perbedaan yang terbatas pada panjang bentang : yaitu bentang terpendek $\geq 0,8$ x beban terpanjang

f. Memperkirakan tebal efektif (d_{eff})

$dx = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } x$

$dy = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan arah } x - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } y$

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Tabel 2.5 Tebal Selimut Beton Minimum

a) Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang tulangan D-19 hingga D-57	50
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil	40
c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : Slab, dinding, balok usuk :	
Batang tulangan D-44 dan D-57	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil	20

Balok, kolom	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	40
Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar	20
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil	13

(Sumber : SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung, hal 51)

- g. Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{f'c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana (Sumber SNI 2847:2013,66)

Dalam penggunaan ρ terdapat ketentuan, yakni $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

- 1) Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan A_{Smin} ρ_{min} untuk pelat lantai adalah 0,0018 berdasarkan SNI 2847:2013,57.
- 2) Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

- h. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

- 1) As Pakai = $\rho_{pakai} \cdot b \cdot d$

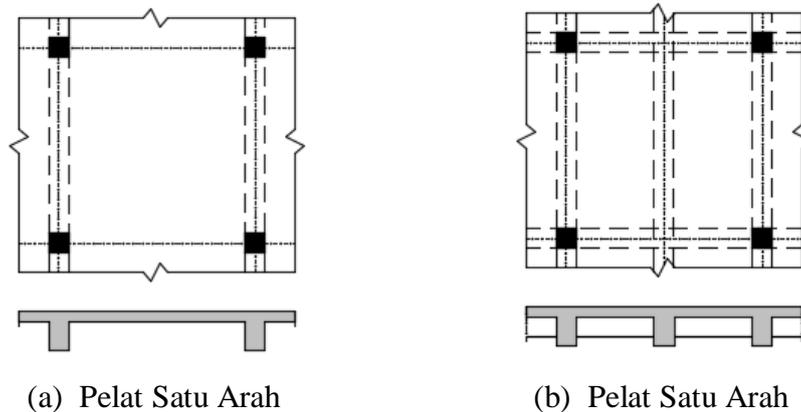
- 2) As Minimum = $0,0018 \cdot b \cdot h$

(Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

- i. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Untuk tulangan pokok harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari 3 kali tebal pelat atau 450 mm.

2. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah adalah suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar. Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dimana L_y adalah sisi panjang dan L_x adalah sisi pendek.



Gambar 2.2 Jenis – Jenis Pelat Satu Arah

Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah – langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni : $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dengan L_y sebagai sisi pelat terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau :
- b. Penentuan tebal pelat

Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 400$ Mpa sesuai SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a) harus ditentukan sebagaimana terlihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Tabel Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
<p>CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), W_c, diantara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.</p> <p>(b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.</p>				

(Sumber : SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung, hal 51)

- c. Menghitung beban mati berat sendiri pelat dan kemudian hitung beban rencana total (W_u)

$$W_u = 1,2W_D + 1,6W_L$$

Keterangan :

W_D = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

W_L = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

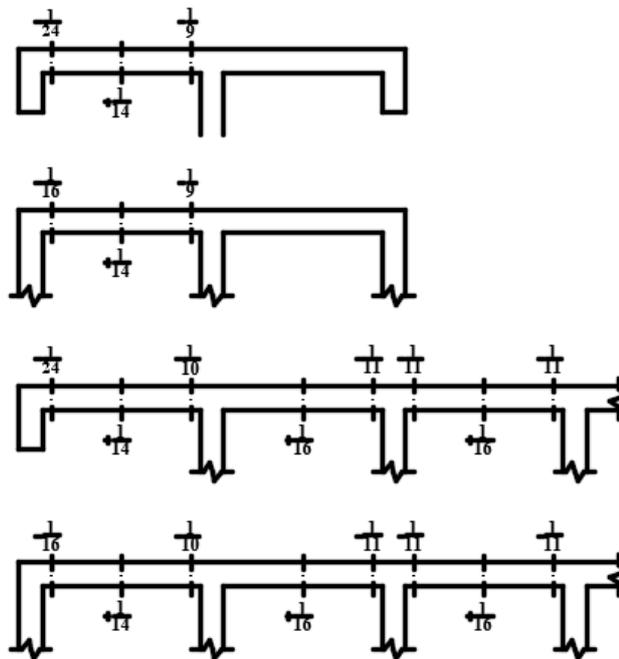
W_U = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

- d. Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara koefisien dan analitis

Metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat

satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama:

- 1) Jumlah minimum bentang yang ada harusla minimum ada dua
- 2) Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2
- 3) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata
- 4) Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang
- 5) Komponen struktur adalah prismatic



Gambar 2.3 Koefisien Momen untuk Balok dan Pelat Menerus

(SNI 2847:2013, pasal 8.3.3)

- e. Memperkirakan tebal efektif (d_{eff})

$d_x = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } x$

$d_y = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan arah } x - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } y$

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk

beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- f. Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{f'c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana (Sumber SNI 2847:2013,66)

Dalam penggunaan ρ terdapat ketentuan, yakni $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$

- 1) Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan A_{Smin}
 ρ_{min} untuk pelat lantai adalah 0,0018 berdasarkan SNI 2847:2013,57.
- 2) Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

- g. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

1) As Pakai = $\rho_{pakai} \cdot b \cdot d$

2) As Minimum = $0,0018 \cdot b \cdot h$

(Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

- h. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 7.12. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti ditunjukkan dalam tabel 2.7 , namun tidak kurang dari 0,0014 :

Tabel 2.7 Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y = 280$ atau 350 MPa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jarring kawat las dengan mutu $f_y = 420$ MPa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar $0,35\%$	$0,0018 \times \frac{420}{f_y}$

(Sumber : SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung, hal 57)

Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm

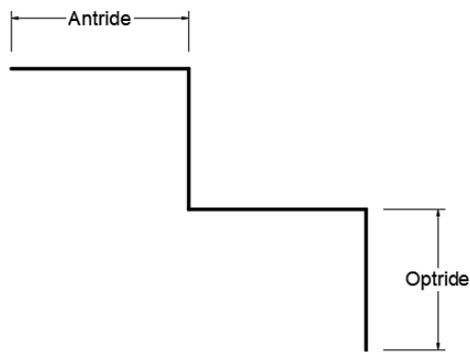
2.3.2 Perancangan Tangga

Tangga adalah salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan yang bertingkat dalam kegiatan tertentu. Tangga dapat terbuat dari kayu, pasangan batu, baja, besi, maupun beton. Bagian – bagian tangga antara lain sebagai berikut

1. Anak Tangga

- a. *Antride*, adalah bagian horizontal dari anak tangga yang merupakan bidang tempat kaki berpijak
- b. *Optrade*, adalah bagian vertikal dari anak tangga yang merupakan selisih antara dua buah anak tangga yang berurutan

Seperti terlihat pada gambar 2.4 dapat dilihat ilustrasi antara *optrade* dan *antride*.



Gambar 2.4 Anak Tangga (Antride dan Optride)

2. Ibu Tangga

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga. Kemiringan ibu tangga sesuai dengan besarnya kelandaian tangga (α). Adapun lebarnya ditentukan oleh perencanaan panjang langkah datar dan tinggi langkah tegak ditambah dengan lebar kayu depan dan kayu belakang yang masing-masing minimal 3-4 cm.

3. Bordes

Bordes merupakan bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah anak tangga lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/rusuk tidak mencukupi. Untuk menentukan panjang bordes (L), menggunakan rumus berikut :

$$L = L_n + 1.a \text{ s/d } 2.a$$

Keterangan :

L = Panjang bordes

L_n = Ukuran satu langkah normal datar

a = Antride

4. Pelengkap Tangga

- a. Tiang sandaran, yaitu tiang yang berdiri tegak yang ujung bawahnya tempat memanjatkan ibu tangga dan ujung atasnya sebagai tempat menumpangnya sandaran.
- b. Sandaran (pegangan), yaitu batang yang berfungsi sebagai pegangan tangan bagi yang melintasi tangga yang mempunyai posisi sejajar dengan sisi atas ibu tangga.
- c. Ruji (*Balustrade*), yaitu susunan barisan papan-papan tegak yang berfungsi sebagai pagar pengaman agar orang yang menjalani tangga, bila terpeleset tidak langsung jatuh ke samping.

Secara umum, konstruksi tangga harus memenuhi syarat-syarat seperti berikut :

1. Syarat umum tangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya dapat ditinjau dari segi, seperti berikut :

a. Penempatan

- 1) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
- 2) Mudah ditemukan oleh banyak orang dan mendapatkan sinar matahari pada waktu siang hari.
- 3) Diusahakan penempatan tidak mengganggu atau menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga di tempat-tempat yang ramai).

b. Kekuatannya

- 1) Bila menggunakan bahan kayu, hendaknya menggunakan kayu kelas I atau II agar nantinya tidak terjadi pelenturan atau goyang.
- 2) Tangga harus kokoh dan stabil (kuat) bila dilalui oleh sejumlah orang dan/atau barang sesuai dengan perencanaan.

c. Bentuknya

- 1) Sudut kemiringan untuk konstruksi tangga tidak boleh lebih dari 45° .
- 2) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dapat dikerjakan dengan cepat dan mudah serta hemat biaya.
- 3) Bentuk konstruksi tangga diusahakan rapi dan indah.

2. Syarat-syarat khusus tangga :

Syarat-syarat khusus konstruksi tangga diantaranya sebagai berikut :

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
 - Antride = 25 cm (minimum)
 - Optride = 20 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 80 – 100 cm
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain
 - Antride = 25 cm (minimum)
 - Optride = 17 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 120 – 200 cm
- c. Syarat langkah
 - 2 optride + 1 antride = 57 s/d 65 cm
- d. Sudut kemiringan tangga
 - Maksimum = 45°
 - Minimum = 20°

Adapun langkah – langkah perhitungan dalam perencanaan tangga adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan tangga

- a. Menentukan panjang tangga, jumlah antride, dengan mengasumsikan tinggi optride

$$\text{Jumlah antride} = \frac{h}{\text{tinggi optride}}$$

- b. Menentukan antride dan tinggi optride yang sebenarnya

$$\text{Tinggi optride sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah optride}}$$

$$\text{Antrede} = L_n - 2 \text{ optride}$$

- c. Menentukan sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{optride}}{\text{antride}}$$

- d. Menentukan tebal pelat tangga

$$h_{\min} = \frac{1}{28} L$$

2. Menentukan pembebanan pada anak tangga

a. Beban mati (W_D)

1) Berat anak tangga

Berat 1 anak tangga (Q) per m'

$$Q = \frac{1}{2} \times \text{antrede} \times \text{optrede} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \frac{\text{Jumlah anak tangga}}{\text{meter}}$$

2) Berat sendiri bordes

Berat sendiri bordes = tebal pelat bordes $\times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ meter}$

3) Berat penutup lantai (ubin + spesi), berat adukan

b. Beban hidup (W_L)

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 1,33 kN/m (SNI 1727:2013)

3. Menghitung gaya – gaya yang bekerja dengan menggunakan Program SANSIRO V.5.10

4. Perhitungan tulangan tangga dan bordes

a. Menghitung tinggi efektif (d_{eff})

$d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan pokok}$

b. Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana (Sumber SNI 2847:2013,66)

Dalam penggunaan ρ terdapat ketentuan, yakni $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$

1) Jika $\rho < \rho_{\text{min}}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan $A_{S_{\text{min}}}$
 ρ_{min} untuk pelat lantai adalah 0,0018 berdasarkan SNI 2847:2013,57.

2) Jika $\rho > \rho_{\text{max}}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

c. Menghitung As yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$

A_s = Luas tulangan pokok yang diperlukan oleh pelat untuk memikul Momen lentur yang terjadi (mm^2)

ρ = Rasio penulangan

d = Tinggi efektif pelat (mm)

d. Menentukan tulangan pembagi

Untuk tulangan susut suhu dihitung berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, yang telah disebutkan pada tabel 2.7. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

2.3.3 Perancangan Portal

Portal merupakan salah satu sistem konstruksi yang terdiri dari bagian-bagian struktur bangunan yang saling terhubung satu sama lain. Beberapa portal juga bisa berdiri sendiri baik dibantu struktur lantai maupun tanpa bantuan dari struktur apapun. Adapun fungsi utama portal adalah untuk menahan beban yang bekerja bangunan sebagai satu kesatuan yang lengkap. Perhitungan pembebanan di portal akan menghasilkan gaya geser, aksial dan momen yang akan menjadi landasan berhitung untuk perancangan balok induk dan kolom struktur bangunan. Sederhananya menurut Muto (1990:22), portal terbagi menjadi 3 sistem ditinjau dari struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan suatu bangunan terhadap gaya lateral dari gedung yang bertingkat banyak, diantaranya :

1. Portal Terbuka (*Open Frame*)

Portal terbuka ialah portal terbuka segi empat yang terdiri dari kolom dan balok dengan hubungan monolit membentuk ruangan yang besar dan memberikan daya tahan horizontal pada kerangka keseluruhan. Oleh karena itu, sistem seperti ini diperlukan pada konstruksi gedung yang bertingkat banyak. Pada struktur beton bertulang dan yang sejenis, kekuatan batang yang tidak begitu besar sehingga daya tahannya terbatas serta pada gedung bertingkat banyak pemakaian gabungan portal terbuka dan dinding geser umumnya lebih menguntungkan. Namun, kekuatan dapat ditingkatkan dengan menggunakan portal terbuka konstruksi baja struktur murni yang kuat.

2. Portal Dinding (*Walled Frame*)

Pada portal dinding, balok tinggi (biasanya bagian dibawah jendela dianggap sebagai balok) dan kolom yang lebar (dinding pojok dianggap sebagai kolom) dipakai untuk memperoleh kekuatan yang besar dengan memanfaatkan sifat bawaan beton bertulang dan ketegaran yang beberapa kali lebih tinggi daripada

portal terbuka biasa, dan merupakan sistem penahan gempa yang rasional dan ekonomis. Namun, beberapa arsitek tidak menyukai jenis struktur ini karena bidang kolom dan balok yang besar membatasi tampak gedung, sehingga segi arsiteknya kurang baik.

3. Portal dengan Penyokong dan Dinding Geser (*Diagonally Braced Frames*)

Dinding geser dengan lebar yang besar akan menghasilkan daya tahan lentur dan geser yang sangat tinggi dan merupakan system struktur yang paling rasional dengan memanfaatkan sifat-sifat beton bertulang. Pada konstruksi baja structural, portal-portal dengan penyokong (*Bracing*) merupakan sistem struktur yang efektif dan kuat.

Pada perhitungan portal penulis menggunakan program SANSPRO V.5.10 Portal yang akan dihitung ialah portal yang disebabkan oleh beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*) baik dalam arah memanjang dan melintang. Berikut ini jenis-jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan di dalam perancangan portal, sebagai berikut :

1. Portal akibat beban mati

Portal akibat beban mati yang akan ditinjau dari arah memanjang dan melintang. Adapun pembebanan yang dimaksud terdiri dari :

- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat balok
- c. Berat penutup lantai dan adukan semen
- d. Berat plafond dan penggantung
- e. Berat pasangan dinding bata
- f. Berat plesteran dinding

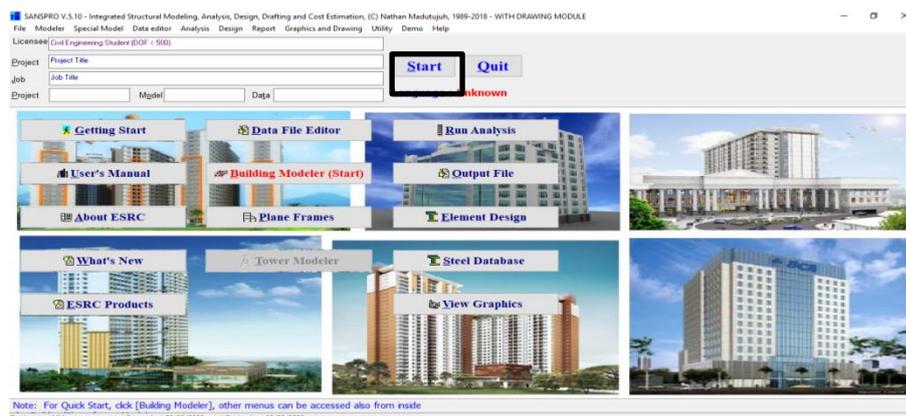
2. Portal akibat beban hidup

Portal akibat beban hidup ditinjau dari arah melintang dan memanjang. Adapun langkah – langkah perhitungan portal akibat beban hidup sama dengan perhitungan portal akibat beban mati, yakni dilakukan dengan media berupa aplikasi program SANSPRO V.5.10 berikut beban yang dikategorikan didalamnya, yakni :

- a. Beban hidup dari pelat atap
- b. Beban hidup yang bersumber dari pelat lantai

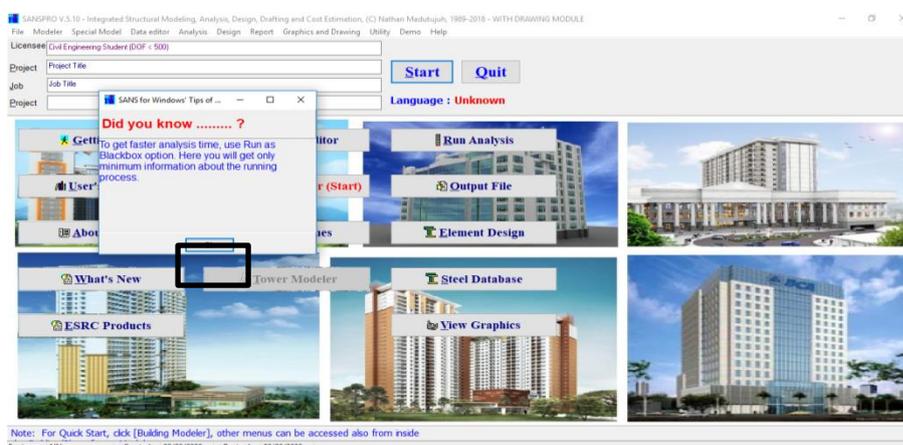
Adapun langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan program SANSPRO V.5.10 adalah sebagai berikut :

1. Buka aplikasi SANSPRO v.5.10, setelah aplikasi terbuka klik *Start*



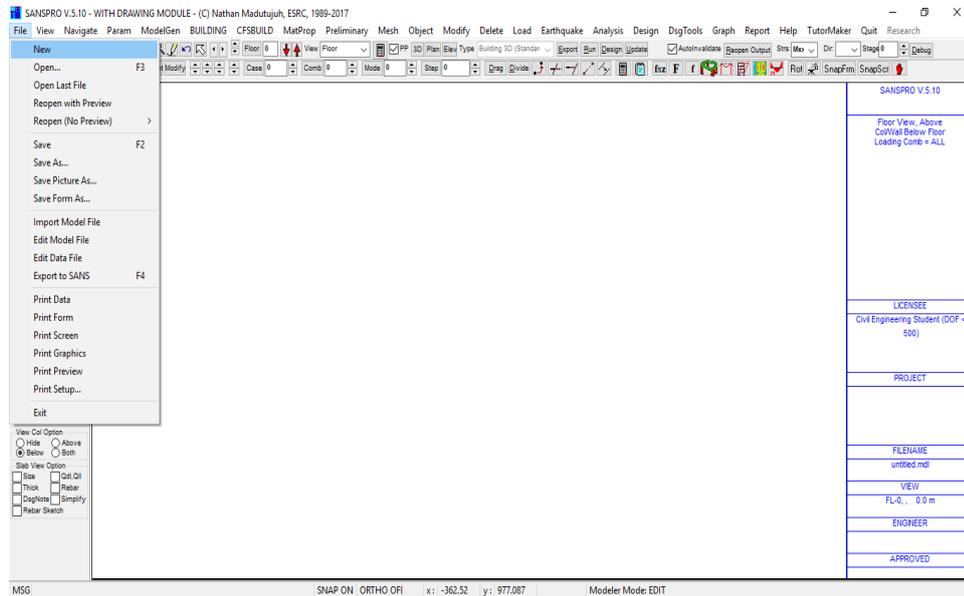
Gambar 2.5 Tampilan Depan Aplikasi SANSPRO v.5.10

Kemudian klik *Ok*.



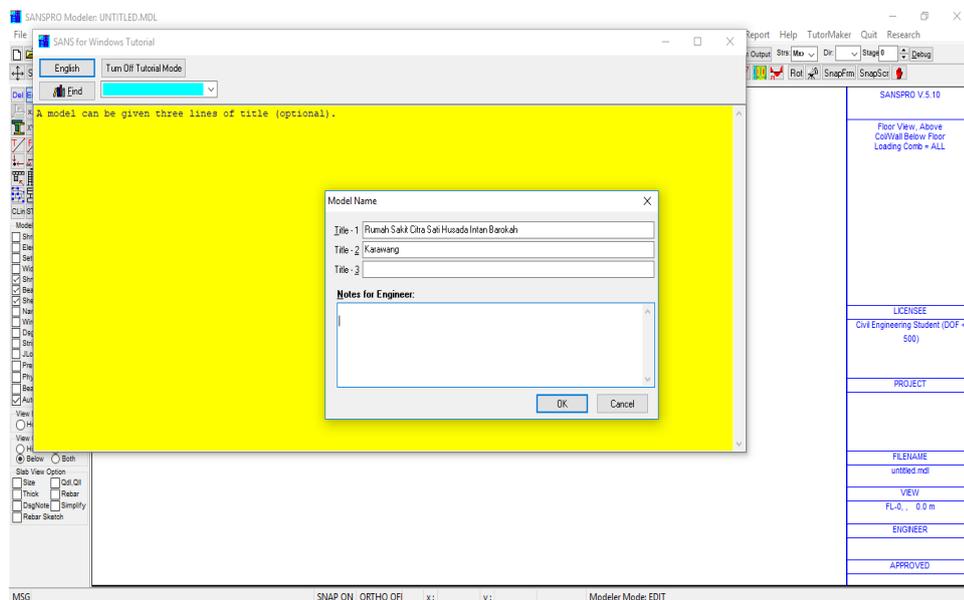
Gambar 2.6 Kotak Dialog SANSPRO v.5.10

2. Setelah aplikasi SANSPRO v.5.10 terbuka kemudian klik **File – New**



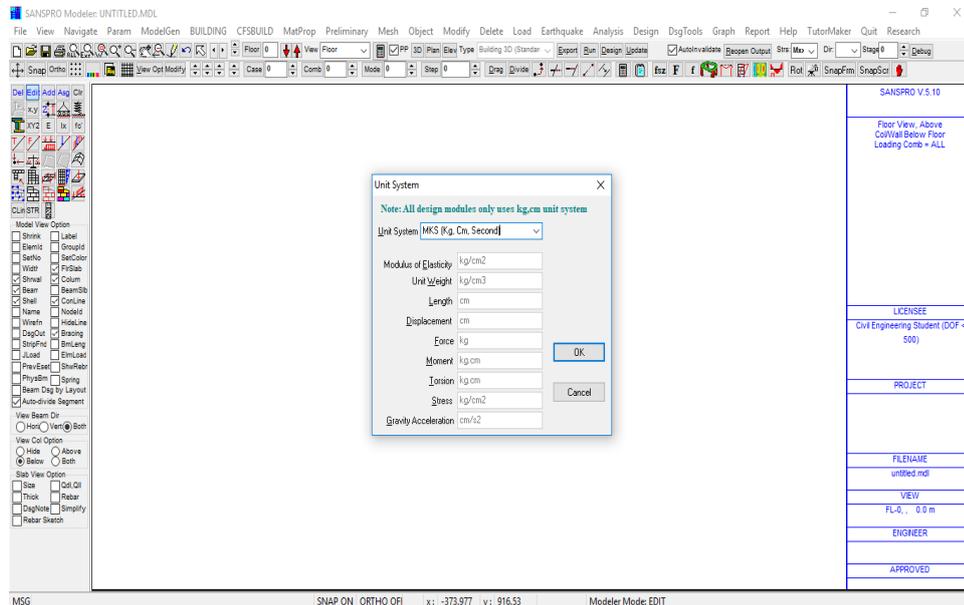
Gambar 2.7 Membuat Lembar Kerja Baru Pada SANSPRO v.5.10

3. Masukkan data-data permodelan. Buat judul permodelan kemudian klik **Ok**



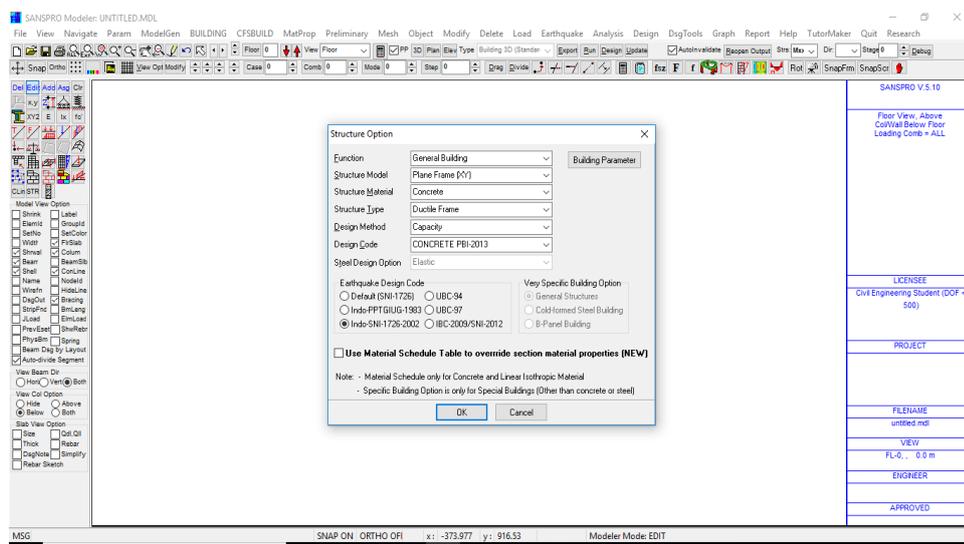
Gambar 2.8 Membuat Judul Permodelan Pada SANSPRO v.5.10

Pilih unit yang akan digunakan kemudian klik **Ok**



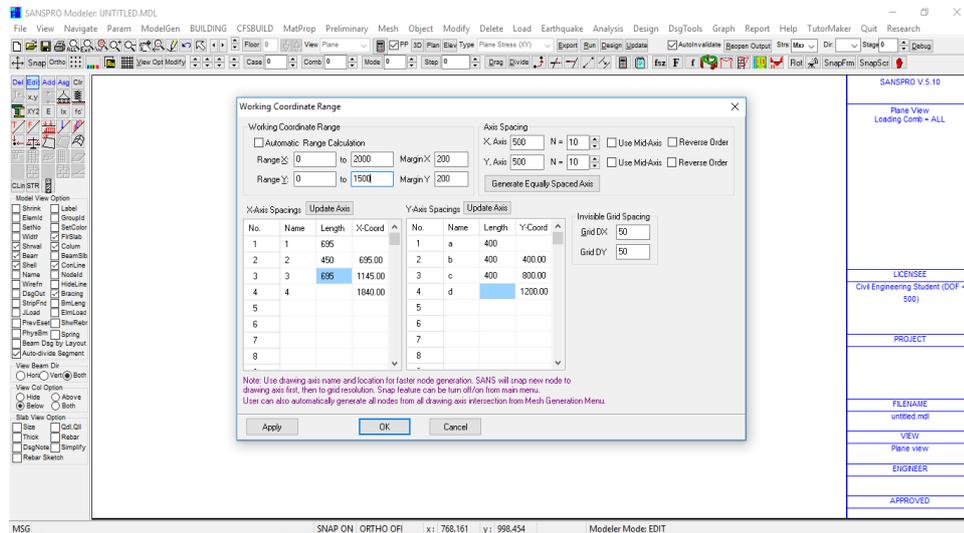
Gambar 2.9 Menentukan unit yang akan digunakan

Lakukan pengaturan pada *structure option* sesuai dengan bangunan yang di modelkan kemudian klik **Ok**



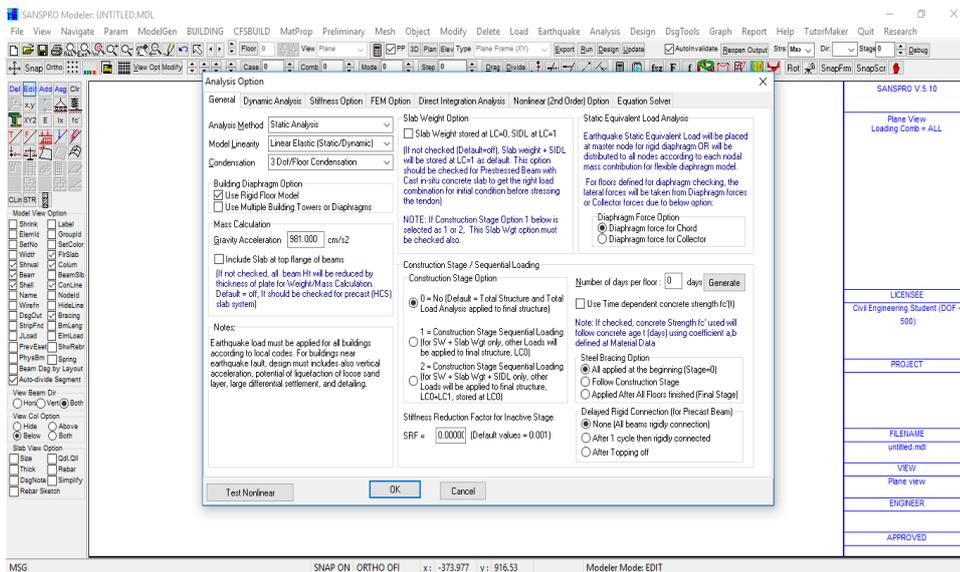
Gambar 2.10 Melakukan Pengaturan *Structure Option*

4. Membuat garis As bangunan pada **Working Coordinate Range** Masukkan data-data sesuai perencanaan. Kemudian klik **Apply – Ok** (coordinate axis akan dihasilkan secara otomatis)



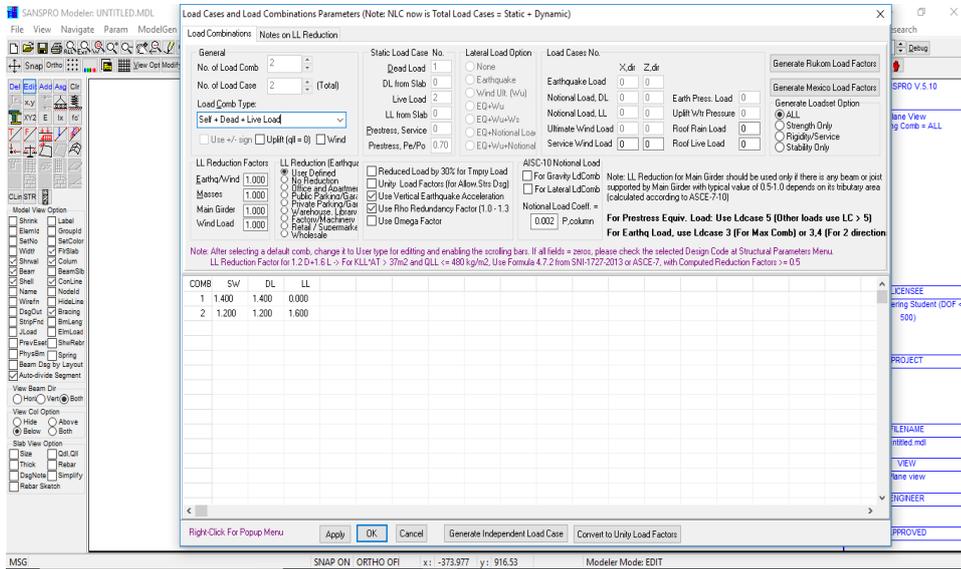
Gambar 2.11 Memasukkan jarak As

5. Melakukan penganturan pada kotak dialog **Analysis Option** kemudian klik **Ok**



Gambar 2.12 Melakukan Pengaturan **Analysis Option**

6. Atur kombinasi pembebanan yang akan digunakan dalam perencanaan struktur kemudian klik **Apply – Ok.**

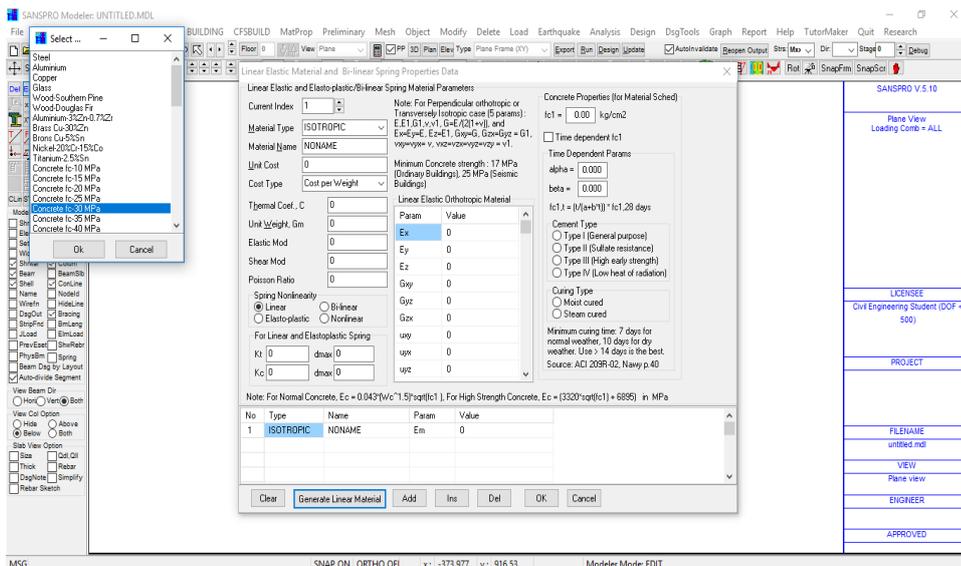


Gambar 2.13 Menentukan Kombinasi Pembebanan

7. Menentukan kelengkapan elemen struktur bangunan sesuai perencanaan. Element data *set properties* dibagi kedalam 4 tabel, sebagai berikut :

a. *Material Table*

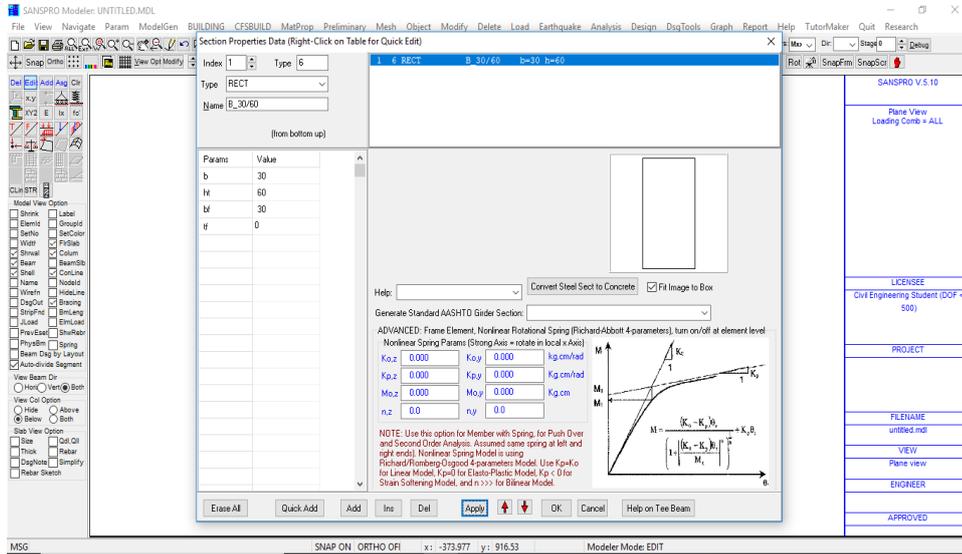
Klik **Generate Linear Material – pilih material yang digunakan – Ok – Ok.**



Gambar 2.14 Menentukan Material yang Digunakan

b. Section Table

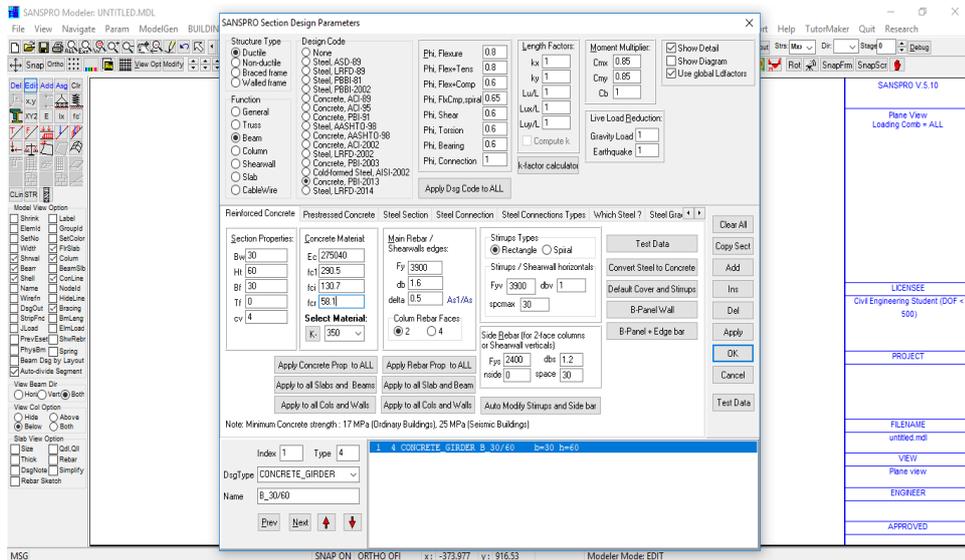
Klik Add – buat ukuran penampang yang akan digunakan – Apply – Ok.



Gambar 2.15 Membuat Penampang yang Digunakan

c. Design Table

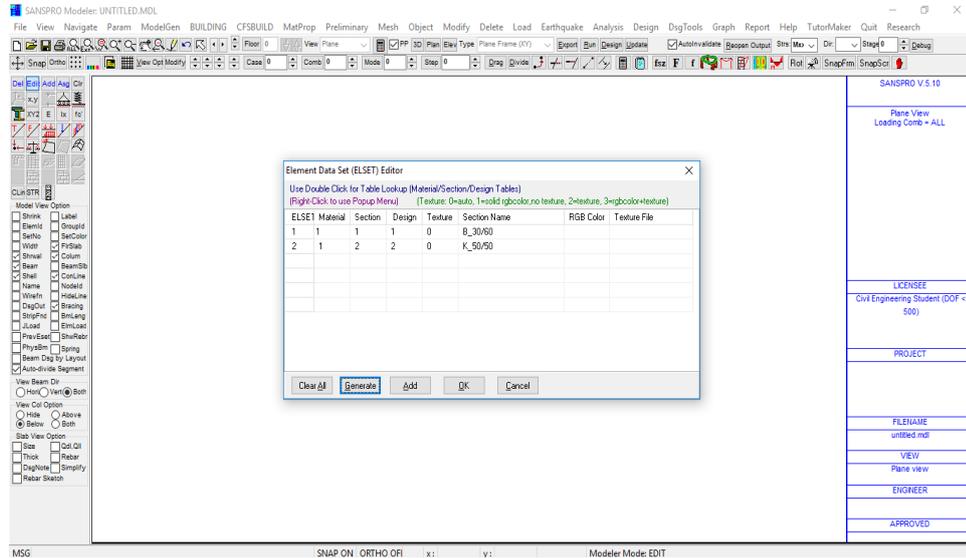
Tentukan spesifikasi struktur yang akan digunakan mulai dari mutu beton, mutu tulangan diameter tulangan, dll. Kemudian klik Apply – Ok.



Gambar 2.16 Menentukan Spesifikasi Struktur.

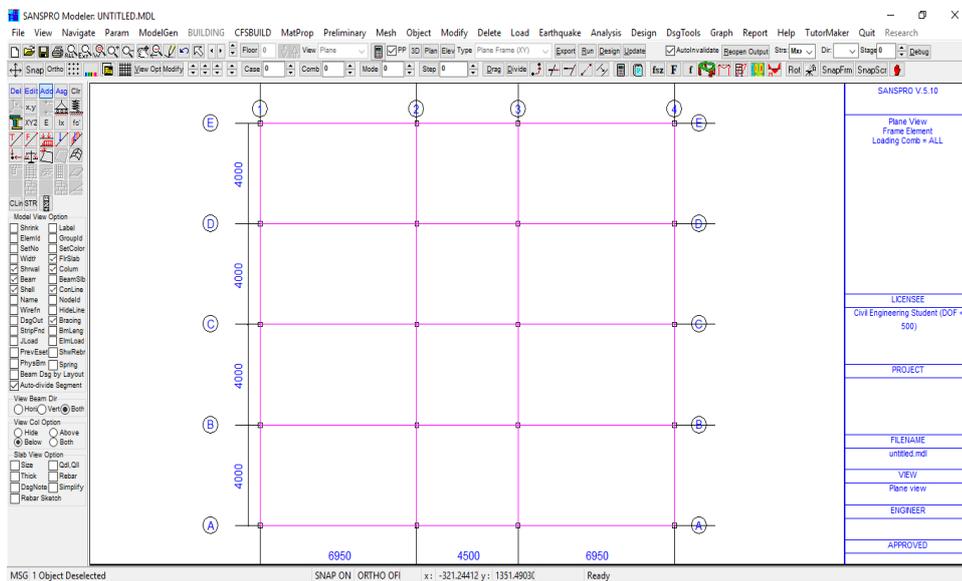
d. *ELSET Table*

Klik **Generate – Ok – Ok.**



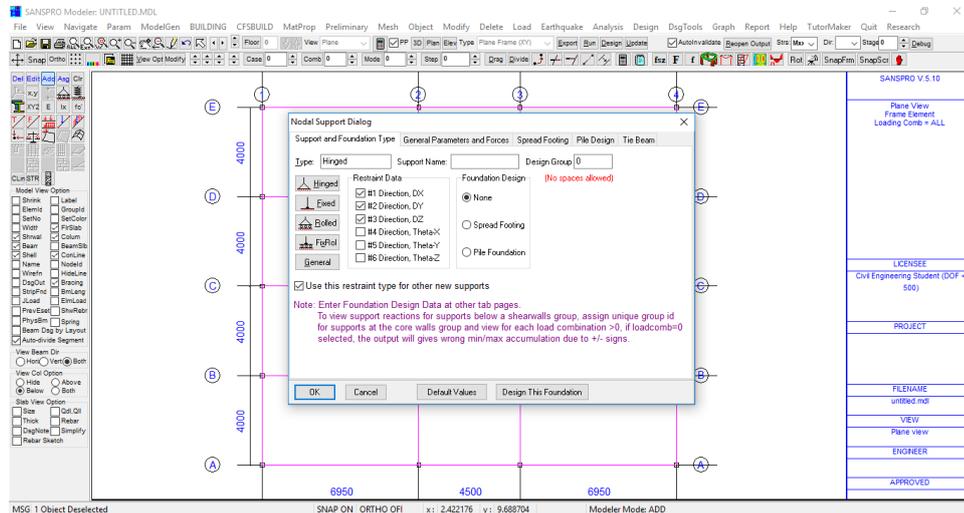
Gambar 2.17 Tabel ELSET

8. Kemudian Lakukan Penggambaran Struktur. Klik ikon  klik ikon  lakukan penggambaran.



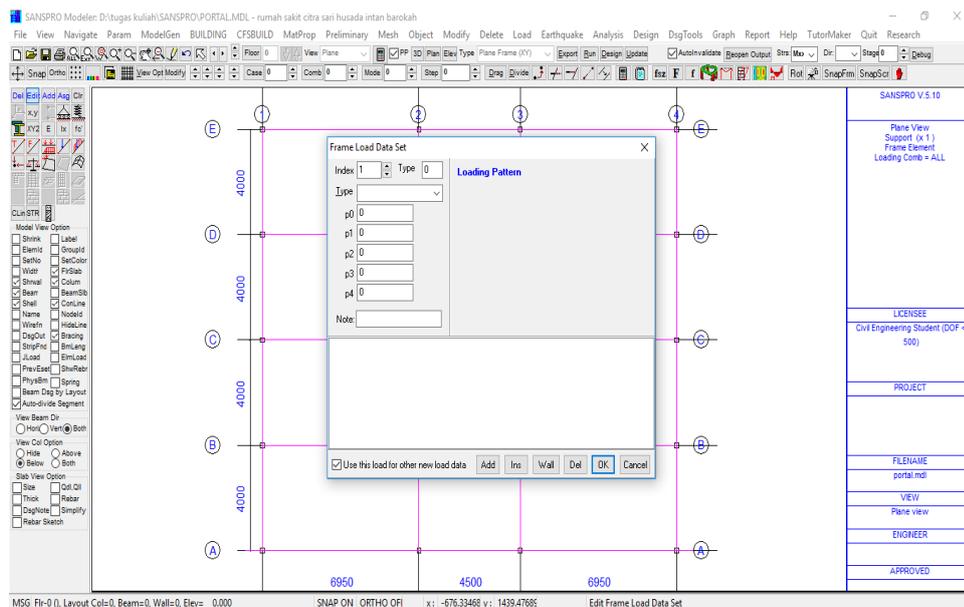
Gambar 2.18 Penggambaran Struktur

9. Pilih tumpuan yang akan digunakan pada permodelan klik  klik  lakukan untuk semua tumpuan.



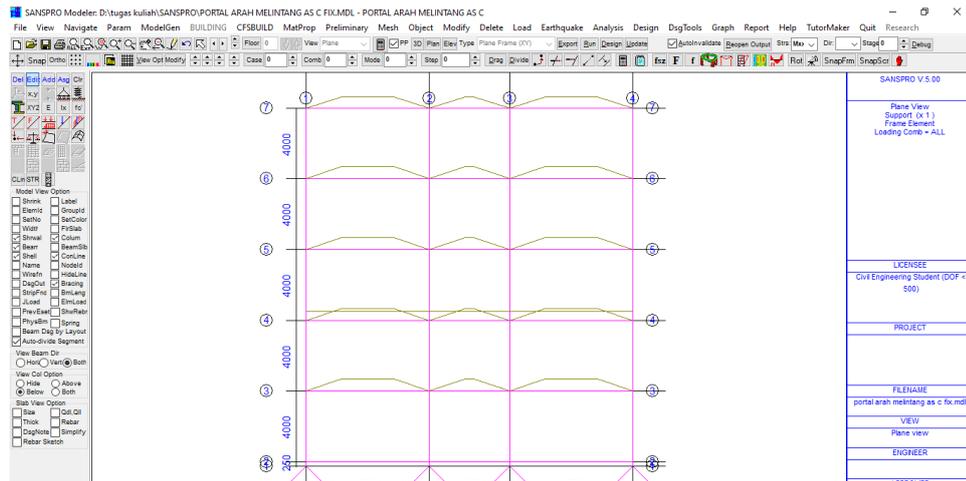
Gambar 2.19 Memulih Tumpuan yang Digunakan

10. Memasukkan pembebanan yang akan membebani struktur pada tabel pembebanan. Klik  klik  setelah kotak dialog *Frame Load Data Set* muncul, masukkan semua beban yang membebani struktur.



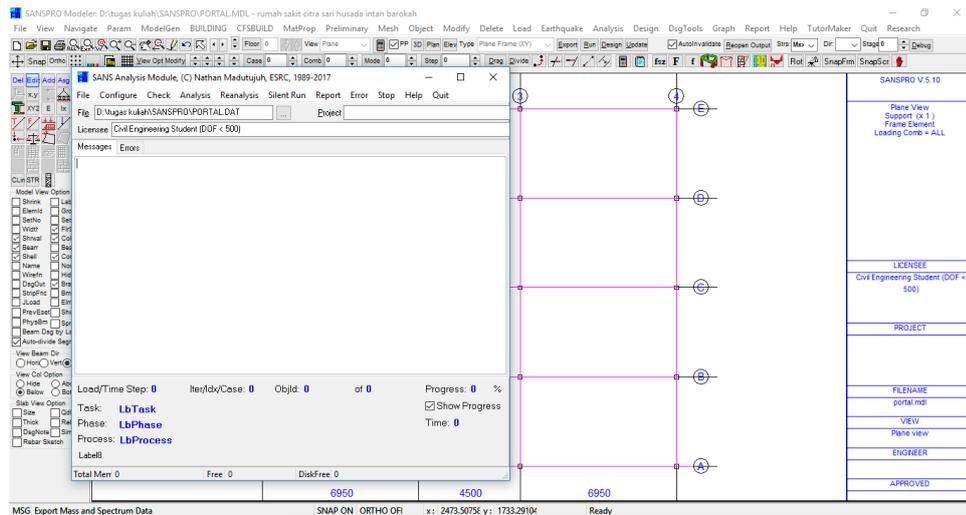
Gambar 2.20 Memasukkan Beban pada Tabel Pembebanan

11. Tambah beban yang ada pada tabel pembebanan ke dalam struktur sesuai beban yang akan dipikul. Klik  (untuk beban merata) /  (untuk beban terpusat) klik  kemudian pilih beban yang akan ditambahkan, lakukan hingga seluruh struktur menerima beban masing – masing.



Gambar 2.21 Penambahan Beban yang akan dipikul

12. Menganalisis hasil perhitungan momen dengan cara klik menu **Analysis** – **Analysis Menu**. Kemudian SANSIRO analysis akan muncul lalu klik **Analysis** untuk memulai analisis.



Gambar 2.22 Menganalisis Hasil Perhitungan Pada SANSIRO

2.3.3.1 Perancangan Balok

Balok merupakan elemen horizontal atau miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai, sehingga akan membentuk balok penampang T pada interior dan balok penampang L pada balok-balok tepi. Di dalam tinjauan ini, penulis merancang 2 kategori balok, yakni balok anak dan balok induk.

1. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi luasan pelat lantai guna menghindari terjadinya lendutan dan meminimalisasi getaran pada pelat lantai pada saat adanya aktivitas di atasnya. Balok anak umumnya menempel pada balok – balok induk.

2. Balok Induk

Balok induk adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai rangka penguat horizontal atau beban – beban yang ada. Balok induk juga merupakan pengikat antar kolom-kolom struktur.

Adapun langkah – langkah perancangan balok, yaitu :

1. Menentukan mutu beton yang digunakan
2. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi, yakni:
 - a. Beban Mati (*Dead Load*)
 - b. Beban Hidup (*Live Load*)
 - c. Berat Sendiri Balok
 - d. Berat Sambungan Pelat
4. Menghitung beban ultimate

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$
5. Menghitung momen rencana

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$
6. Periksa dimensi penampang balok
 - a. Menentukan d_{eff}

$$d_{eff} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan utama}$$

b. Mencari nilai ρ

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } \leq 30 \text{ MPa) atau;}$$

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } > 30 \text{ MPa) atau;}$$

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

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{hitung} = \frac{f'_c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana (Sumber SNI 2847:2013,66)

Dengan beberapa syarat, seperti :

- Jika $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{max}$ = OKE.
- Jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi.
- Jika $\rho_{hitung} > \rho_{max}$, maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

7. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan d_{eff}

$$d_{eff} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan utama}$$

b. Mencari nilai ρ

$$\rho_{hitung} = \frac{f'_c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right)$$

Keterangan :

M_u = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana (Sumber SNI 2847:2013,66)

c. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Keterangan :

A_s = Luas tulangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen

Lentur yang terjadi (mm^2)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif pelat

d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang \geq A_s direncanakan

8. Perencanaan tulangan geser

a. $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$

(SNI 2847-2013 hal.89 pasal 11.2.1.1)

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tapi kurang dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

b. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

Dengan besar faktor reduksi (ϕ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 hal 92 pasal 11.4.6.1)

d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{2}$ atau 600 mm

Jika $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5)

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s

A_v = 2 A_s , dimana A_s = Luas penampang batang tulangan sengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.3.3.2 Perancangan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecil sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkan ke pondasi.

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut :

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom diklasifikasikan menjadi :
 - a. Kolom dengan beban aksial
 - b. Kolom dengan beban eksentris
 - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dibedakan menjadi :
 - a. Kolom panjang
 - b. Kolom pendek
3. Berdasarkan bentuk penampangnya, kolom dapat berbentuk bujur sangkar, segi delapan, persegi panjang, lingkaran, bentuk L, dan bentuk lainnya dengan ukuran sisi yang mencukupi.
4. Berdasarkan jenis tulangan sengkang yang digunakan dibedakan menjadi kolom dengan sengkang persegi dan kolom dengan sengkang spiral.
5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dapat menjadi bagian dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan ataupun juga dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang.
6. Berdasarkan materialnya, kolom dapat berupa kolom beton bertulang biasa, kolom beton prategang, atau kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja).

Prosedur pelaksanaan struktur kolom :

1. Cek dimensi penampang
 - a. Menentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
 - b. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

$$C_b = \frac{600d}{600 + f_y}$$

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

$$f_s' = \left(\frac{C_b - d}{C_b} \right) \times 0,003$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \times f'_c \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y)$$

(Dipohusodo : 324)

$\phi P_n > P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

$\phi P_n < P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tekan

c. Memeriksa kekuatan penampang

1) Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y (d - d')}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}} \right]$$

2) Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18}$$

2. Perhitungan tulangan

a. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u dari hasil perhitungan SAP di portal

b. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

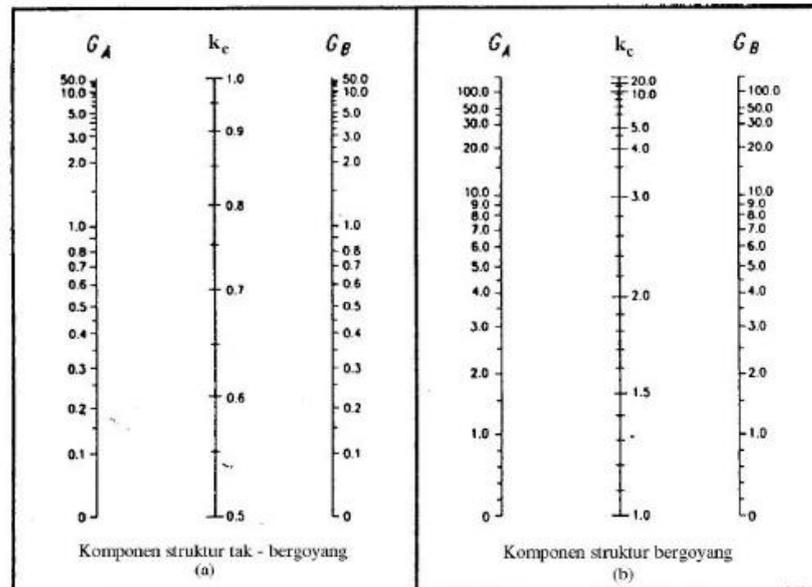
$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\Sigma P_u} > e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\Sigma P_u}, \text{ maka perhitungan kolom melihat arah x}$$

$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\Sigma P_u} < e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\Sigma P_u}, \text{ maka perhitungan kolom melihat arah y}$$

c. Tentukan apakah portal termasuk portal bergoyang atau tidak bergoyang, tentukan faktor panjang efektif (k) dan panjang tak terkekang (lu)

Nilai k ditentukan dengan menggunakan nomogram pada gambar 2.23 dengan terlebih dahulu menghitung faktor tahanan ujung Ψ_A dan Ψ_B pada sisi atas dan bawah dari kolom, yaitu :

$$\Psi = \frac{\Sigma EI/lc \text{ kolom}}{\Sigma EI/l \text{ balok}}$$



Gambar 2.23 Diagram Nomogram untuk Menentukan Tekuk dari Kolom

d. Batas rasio kelangsingan

Efek kelangsingan boleh diabaikan untuk :

- 1) Elemen struktur tekan bergoyang, apabila $\frac{Klu}{r} > 22$
- 2) Elemen struktur tekan tak bergoyang, apabila $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M1}{M2} \right) \leq 40$

Keterangan :

k = Faktor panjang efektif

lu = Panjang tak terkekang

r = jari – jari girasi penampang yang dapat diambil sebesar 0,3h untuk

penampang persegi dan 0,25 kali diameter untuk lingkaran

e. Menghitung kekakuan kolom (EI), beban tekuk euler (Pc), dan Cm

$$EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_{dns}}$$

Atau

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

Keterangan :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

I_g = Momen inersia bruto penampang terhadap sumbu yang ditinjau

I_{se} = Momen inersia tulangan baja

Untuk portal bergoyang nilai β_{dns} dapat diambil sama dengan nol. Untuk portal tidak bergoyang menggunakan rumus :

$$\beta_{dns} = \frac{\text{beban tetap aksial terfaktor maksimum}}{\text{beban aksial terfaktor maksimum}} = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 E I_k}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$C_m = 0,6 + \frac{0,4 M_1}{M_2} \geq 0,4$$

f. Menghitung faktor perbesaran momen δ_{ns}

Faktor perbesaran momen untuk portal tidak bergoyang :

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1,0$$

Faktor perbesaran momen untuk portal bergoyang :

$$\delta_s = \frac{1}{\frac{1 - \Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1,0$$

$$\Sigma P_u = n_{\text{Interior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangInterior}}) + \frac{2}{3} n_{\text{Eksterior}} (P_{u\text{Lintang}} +$$

$$P_{u\text{PanjangEksterior}})$$

$$+ \frac{1}{3} n_{\text{Eksterior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangEksterior}})$$

$$\Sigma P_u = (n_{\text{Interior}} \cdot P_c) + \left(\frac{2}{3} n_{\text{Eksterior}} + (n_{\text{Eksterior}} \cdot P_c) \right)$$

g. Menghitung M_c (Momen rencana yang diperbesar)

Portal tidak bergoyang

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \text{ (dengan } M_2 \text{ adalah momen ujung terfaktor yang terbesar)}$$

Portal bergoyang

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

Apabila momen ujung M_2 lebih besar dari M_1 yang dihasilkan dari analisis struktur, maka momen yang digunakan untuk desain kolom adalah adalah :

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

h. Mendesain tulangan

Menghitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1%-8% luas kolom.

$$\rho = \rho' = \frac{A_{S_{pakai}}}{b \cdot d}$$

$$A_s = A_s' = \rho \times b \times d_{eff}$$

Keterangan :

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

Tabel 2.8 Ketentuan Jarak Maksimum Sengkang/Sengkang Ikat Kolom

Dimensi Terkecil Kolom (mm)	Jarak Sengkang (mm) untuk Tulangan Longitudinal Berdiameter						
	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D36
300	250	300	300	300	300	300	300
350	250	300	350	350	350	350	350
400	250	300	350	400	400	400	400
450	250	300	350	400	450	450	450
500	250	300	350	400	450	450	500
550 s/d 1000	250	300	350	400	450	450	550
Diameter Sengkang (mm)	10	10	10	10	10	10	10

(Sumber : Beton Bertulang : Agus Setiawan, hal 148)

2.3.3.3 Perancangan Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan setiap titik di pondasi tersebar merata. Selain itu sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah. Sebagai tambahan pada sloof, untuk bangunan tahan terhadap gempa maka disempurnakan pada ikatan antara sloof dengan pondasi yaitu dengan memberikan angker dengan besi diameter 12 mm jarak 1,5 meter. Namun angka ini dapat berubah untuk bangunan yang lebih besar atau bangunan bertingkat banyak.

Langkah – langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

1. Cek dimensi penampang sloof

a. Menghitung momen rencana

$$Mu = 1,4 \times M$$

Nilai M didapat dari momen akibat beban mati di perhitungan SAP Sloof

b. Cek dimensi

1) Menentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama

2) Menghitung nilai ρ

$$\rho_{hitung} = \frac{f'c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right)$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana (Sumber SNI 2847:2013,66)

Dengan syarat jika $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{max}$ (OKE)

Jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi. Sedangkan jika $\rho_{hitung} > \rho_{max}$, maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

2. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$

Dimana :

A_s = Luas tulangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm^2)

ρ = Rasio Penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

b. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

3. Perencanaan tulangan geser

a. $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$

(SNI 2847-2013 hal.89 pasal 11.2.1.1)

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tapi kurang dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

b. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

Dengan besar faktor reduksi (ϕ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{V_{\text{min}}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 hal 92 pasal 11.4.6.1)

d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{2}$ atau 600 mm

Jika $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5)

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s

A_v = $2 A_s$, dimana A_s = Luas penampang batang tulangan sengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.3.7 Perancangan Pondasi

Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah.

Proses desain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi/jenis struktur atas, beban-beban yang bekerja pada struktur, profil lapisan tanah tempat bangunan, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*). Hasil desain struktur pondasi yang optimal dapat menghasilkan biaya

konstruksi yang minimal tanpa mengurangi tingkat keamanan dan kinerja dari struktur tersebut. Berikut ini merupakan beberapa jenis-jenis pondasi yang biasa diketahui, diantaranya:

1. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman maksimal 2 m dari muka tanah asli. Jenis-jenis pondasi dangkal :

- a. Pondasi telapak, dapat digunakan jika sebuah elemen pondasi memikul sebuah beban kolom tunggal
- b. Pondasi lajur, dapat digunakan jika kolom terletak dalam satu garis dan terletak berdekatan
- c. Pondasi gabungan, dapat digunakan apabila terdapat dua buah kolom yang saling berdekatan dan apabila digunakan pondasi telapak maka kedua pondasi tersebut akan saling bertabrakan satu sama lain.
- d. Pondasi rakit/raft/mat, dapat digunakan pada kondisi lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah, biasanya diperlukan ukuran/ dimensi pondasi yang lebih besar.

2. Pondasi dalam

Pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki kedalaman tanah keras lebih dari 2 meter. Pada beberapa kondisi yang dijumpai di lapangan, terkadang lapisan tanah keras sebagai dasar pondasi, terletak cukup dalam dari lapisan muka tanah. Atau dengan kata lain, lapisan tanah tersebut memiliki daya dukung yang kurang bagus. Sebagai akibatnya, seorang ahli teknik tidak dapat menggunakan sistem pondasi dangkal, dan sebagai alternatifnya dapat dipilih sistem pondasi dalam berupa tiang pancang atau tiang bor. Fungsi dari sebuah pondasi tiang adalah untuk mentransmisikan beban aksial kolom serta beban momen ke lapisan tanah tanah keras.

Langkah-langkah perancangan pondasi :

1. Menentukan daya dukung ijin tanah (Q) melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data tanah yang ada.
 - a. Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f'_{cx} \times A_{\text{tiang}}$$

b. Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{ijin} = \frac{A_{tiang} \cdot p}{f_b} + \frac{o.l.c}{f_s}$$

2. Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat poer}$$

$$n = \frac{Q}{Q_{ijin}}$$

3. Menentukan jarak antar tiang pancang

Apabila telah dilakukan perhitungan jumlah banyaknya tiang pancang, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jarak antar masing-masing tiang pancang.

$$S = 2,5d - 3d$$

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang pancang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (E_g) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \left(\frac{(m-1)n + (n-1)m}{nm} \right)$$

Keterangan :

E_g = efisiensi kelompok tiang

$$\theta = \text{arc. tan} \frac{d}{s}$$

d = Diameter tiang (m)

S = Jarak antar tiang (m)

m = Jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)

n = Jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang (buah)

Daya dukung grup ijin tiang :

$$Q_{ult \text{ grup}} = E_g \cdot Q_{ijin} \cdot n$$

5. Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$Q_i = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum Y^2}$$

Keterangan :

Q = Total beban vertical yang bekerja (ton)

Mx = Momen yang berusaha untuk memutar sumbu x (t.m)

My = Momen yang berusaha untuk memutar sumbu y (t.m)

n = Jumlah tiang (buah)

Xi = Jarak tiang nomor i terhadap sumbu y diukur sejajar sumbu x (m)

Yi = Jarak tiang nomor i terhadap sumbu x diukur sejajar sumbu y(m)

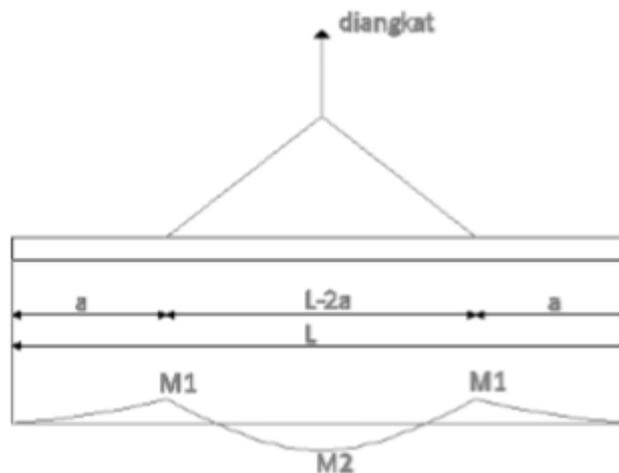
ΣX^2 = Jumlah kuadrat jarak seluruh tiang, terhadap sumbu y (m^2)

ΣY^2 = Jumlah kuadrat jarak seluruh tiang, terhadap sumbu x (m^2)

6. Pengangkatan tiang pancang

a. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan.



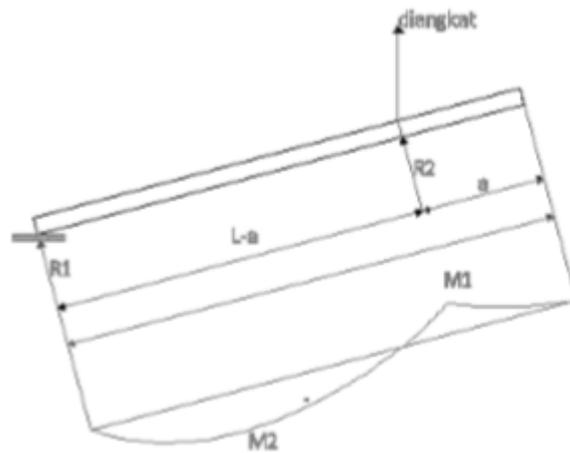
Gambar 2.24 Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

$$1/2 qa^2 = 1/8q(L-2a)^2 - 1/2qa^2$$

b. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan.



Gambar 2.25 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2}qa^2 = \frac{1}{2}q \left(\frac{L^2 - 2aL}{2(L-a)} \right)^2$$

7. Perhitungan tulangan tiang pancang

- Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
- Berdasarkan nilai P yang paling besar

Hitung arah absis x dan absis y

$$\text{absis } x = \frac{P_u}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f'_c} \cdot \left(\frac{e}{h} \right)$$

$$\text{absis } y = \frac{P_u}{\phi \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f'_c}$$

Nilai $\rho_g = 0,001 < \rho_{\text{min}} = 0,01$, maka di pakai ρ_{min}

$$\rho = \rho_{\text{min}} \cdot \beta$$

Sehingga $A_{\text{stot}} = \rho \cdot b \cdot h$

- Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

Menghitung nilai ρ_{hitung}

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}, \text{ atau } \rho_{\text{min}} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

$$\rho_{\text{hitung}} = \frac{f'c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right)$$

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{\text{stot}} = . b \cdot h$$

8. Perhitungan tulangan geser tiang pancang

a. Menghitung nilai V_u

$$V_u = R_1 = \frac{q(L-a)}{2} - \frac{qa^2}{2(L-a)}$$

b. $\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d$

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tapi kurang dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

c. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

Dengan besar faktor reduksi (ϕ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

d. Luas minimum tulangan geser

$$A_{V_{\text{min}}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 hal 92 pasal 11.4.6.1)

e. Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{2}$ atau 600 mm

Jika $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot w}, \text{ untuk } f'c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b \cdot w}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5)

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s

A_v = $2 A_s$, dimana A_s = Luas penampang batang tulangan sengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

9. Perhitungan tulangan geser *pile cap*

a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk menghitung tulangan geser *pile cap* ditinjau dengan 2 cara, yaitu aksi dua arah dan aksi satu arah.

1) Untuk aksi dua arah

- Tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = P_u/A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot B \cdot L - ((a_2 + d) \cdot (a_1 + d))$$

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\phi V_c = 0,33 \lambda \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'c} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\phi V_c = 0,83 \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dari ketiga persamaan diambil yang terkecil. Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

2) Untuk aksi satu arah

- Gaya geser terfaktor

$$P_{ult} = P_u/A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot B \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{C}{2} - d \right)$$

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

b. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

1) Gaya geser terfaktor (V_u)

2) Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

10. Perhitungan tulangan pokok *pile cap*

a. Menghitung nilai ρ

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

$$\rho_{hitung} = \frac{f_c'}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right)$$

b. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho_{min} \times b \times d$$

$$S = \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ pakai}}} \times \text{lebar pile cap}$$

11. Perhitungan kekuatan tulangan pokok pasak

- a. Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

Jika $\phi P_n > P_u$, berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar : $A_{smin} = 0,005A_g$

- b. Kontrol panjang penyaluran pasak

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek (pengelolaan proyek) merupakan suatu proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan *hirarki* (arus kegiatan) vertical maupun horizontal. Fungsi dasar manajemen dikelompokkan menjadi 3 kelompok kegiatan, diantaranya :

1. Kegiatan perencanaan

- a. Penetapan tujuan (*goal setting*)

Penetapan tujuan ini yaitu tahap awal yang harus dilakukan dengan menentukan tujuan utama yang ditetapkan secara spesifik, realistis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian/target.

- b. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan ini dibuat sebagai upaya peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan perencanaan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, maupun perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal).

- c. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan pengorganisasian ini bertujuan untuk melakukan pengaturan dan pengelompokan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan dapat sesuai dengan harapan.

2. Kegiatan pelaksanaan

a. Pengisian staf (*staffing*)

Tahap ini adalah perencanaan personel yang akan ditunjuk sebagai pengelola pelaksanaan proyek. Kesuksesan proyek juga ditentukan oleh kecermatan dan ketetapan dalam memposisikan seseorang sesuai dengan keahliannya.

b. Pengarahan (*briefing*)

Pengarahan ini merupakan tahapan kelanjutan dari pengisian staf. Pada tahap ini dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

3. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

Pengawasan ini merupakan interaksi antar individu-individu yang terlibat dalam organisasi proyek. Proses ini harus dilakukan secara berkelanjutan dari waktu ke waktu guna mendapatkan keyakinan bahwa pelaksanaan kegiatan berjalan dengan lancar sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan

b. Pengendalian (*controlling*)

Controlling atau pengendalian merupakan proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kerja dan langkah perbaikan apabila diperlukan.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Koordinasi yaitu pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat maupun lebih cepat.

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya. Umumnya isi dari RKS terdiri dari tiga bagian yaitu umum, administrasi dan teknis.

1. Syarat Umum
 - a. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
 - b. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
 - c. Syarat- syarat peserta lelang
 - d. Keterangan mengenai perencanaan (Desain)
2. Syarat teknis
 - a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
 - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
 - c. Cara pelaksanaan pekerjaan
 - d. Merk material atau bahan
3. Syarat administrasi
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Syarat pembayaran
 - c. Tanggal waktu penyerahan
 - d. Denda atas keterlambatan
 - e. Besar jaminan penawaran
 - f. Besar jaminan pelaksanaan

Untuk dapat menyusun rencana kerja untuk sebuah proyek, maka harus dibutuhkan :

1. Gambar kerja proyek
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
3. *Bill of quality* (BOQ) atau daftar volume pekerjaan
4. Data lokasi proyek berada

5. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
6. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
8. Data cuaca atau musim dilokasi pekerjaan proyek
9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek
10. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan.
11. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub-kontraktor, material.
12. Data keuangan proyek meliputi arus kas cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran *progress*, dan lainnya.

2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rancangan anggaran biaya (RAB) adalah suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan. Secara garis besar RAB terdiri dari 2 komponen utama yaitu sebagai berikut :

1. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada pada suatu proyek pembangunan. Volume pekerjaan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan ini berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan bisa dalam satuan panjang, luasan, maupun isi/volume terhadap bahan yang digunakan.

2. Analisa harga satuan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat dalam suatu proyek pembangunan. Harga satuan ini berguna agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan setiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan diperoleh total biaya keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Analisa harga satuan terdiri dari harga bahan yang didapat di pasaran lalu dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja yang didapatkan di lokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi, dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

2.4.3 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana kerja merupakan serangkaian tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan pembangunan. Rencana kerja pada suatu proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk berikut ini :

1. *Network Planning* (NWP)

Network planning merupakan suatu hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variables*) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*. Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Berikut ini merupakan manfaat NWP adalah sebagai berikut :

- a. Mengkoordinasikan antar kegiatan
- b. Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan yang lainnya.
- c. Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahulu diselesaikan

d. Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :

a. Urutan pekerjaan yang logis

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.

b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan

Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek tersebut baru biasanya diberi kelonggaran waktu.

c. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai.

Sebelum menggambarkan diagram *network planning*, perlu diingat beberapa hal berikut :

a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.

b. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.

c. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.

d. Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.

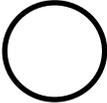
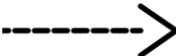
e. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.

f. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari setiap kegiatan.

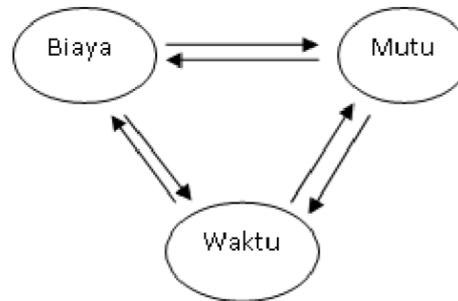
g. Besar kecilnya juga tidak memiliki arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan waktu.

Berikut ini beberapa symbol yang biasa digunakan dalam network planning :

Tabel 2.9 Simbol-Simbol *Network Planning*

No.	Simbol	Keterangan
1		Arrow , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan : adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “ <i>duration</i> ” (jangka waktu tertentu) dan “ <i>resources</i> ” (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
2		Node/event , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		Double arrow , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis (<i>critical path</i>)
4		Dummy , bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu : adalah bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/ aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan <i>duration</i> dan <i>resource</i> tertentu.

Pada proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya ialah untuk menyelaraskan antara biaya proyek yang dioptimalkan, mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi. Adapun ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.26 Diagram Hubungan Biaya, Mutu dan Waktu

Ilustrasi dari 3 lingkaran diatas adalah jika biaya proyek berkurang (dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan juga bisa jadi akan berkurang, dengan demikian secara umum proyek akan merugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang dan proyek tersebut akan merugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan terlambat, maka akan terjadi peningkatan jumlah anggaran biaya dan proyek akan merugi. Proyek dapat dikatakan untung jika waktu pelaksanaan lebih cepat selesai dari rencana dengan mutu yang tetap terjaga dan secara otomatis akan ada keuntungan pada biaya anggaran belanja.

2. *Barchart*

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertical sedangkan dalam kolom horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat dilihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis pekerjaan yang ada di dalam rencana pembangunan
- b. Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan secara bersamaan.

- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

3. Kurva S

Kurva s adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* kegiatan dari setiap pekerjaan atau berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan presentase yang didapat dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran (anggaran biaya).

Penyebab membentuk huruf S di dalam kurva S dikarenakan kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

- a. Kemajuan pada awalnya bergerak lambat.
- b. Diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- c. Akhirnya kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.

Manfaat dan kegunaan kurva S :

- a. Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
- b. Sebagai informasi untuk pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana perubahan ini bisa dalam bentuk presentase pekerjaan lebih cepat atau lebih lambat dari waktu yang sudah ditentukan untuk menyelesaikan proyek.
- c. Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan owner ataupun melakukan pembayaran kepada supplier.