

BAB II **LANDASAN TEORI**

2.1 Uraian Umum

Perancangan adalah sebuah kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan di lapangan. Perancangan suatu bangunan merupakan kegiatan atau proses merancang suatu bangunan berdasarkan konsep ataupun rencana yang telah ada dalam usaha memenuhi kebutuhan. Tahap perancangan ini bertujuan melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan, metode konstruksi, dan taksiran biaya (Ervianto, 2005).

Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perancang dalam melakukan analisis struktur yakni; pembebanan, kekuatan bahan dan pemeriksaan keamanan struktur. 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.

Pada bab ini akan dibahas lagi mengenai tata cara, langkah-langkah sekaligus teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi pelat atap (dak), pelat lantai, tangga, balok, dan kolom sampai dengan perhitungan struktur bawah Sloof dan pondasi. Uraian umum ini bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data yang akan membuat perancangan menjadi lebih akurat dan terarah.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan Struktur

Perancangan sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang harus dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Langkah pertama dalam melakukan suatu perancangan bangunan adalah adanya perencanaan denah bangunan oleh seorang arsitek. Arsitek membuat denah tiap lantai berikut rencana pengembangannya secara mendetail guna memenuhi tuntutan yang diinginkan oleh pemilik (*owner*). Pada tahap ini ahli struktur harus mampu berkomunikasi dengan baik dengan

arsitek mengenai pemilihan komponen-komponen struktur yang penting, baik dimensi maupun posisinya. Beberapa jenis tipe sistem struktur dapat diajukan guna mendapatkan solusi yang paling ekonomis berdasarkan ketersediaan material serta kondisi lingkungan. Guna mendapatkan solusi tersebut, umumnya dilakukan tahapan sebagai berikut:

- a. Membuat model struktur pemikul beban, berikut elemen-elemen strukturnya.
- b. Melakukan perhitungan beban-beban yang mungkin bekerja pada struktur tersebut.
- c. Melakukan analisa struktur menggunakan program komputer ataupun dengan perhitungan manual untuk menentukan gaya-gaya maksimum yang terjadi seperti momen lentur, geser, torsi, gaya aksial ataupun gaya-gaya yang lain.
- d. Menentukan dimensi elemen struktur serta menghitung pembesian yang diperlukan.
- e. Membuat gambar struktur berikut spesifikasi material yang diperlukan serta gambar-gambar detail yang dibutuhkan sehingga memungkinkan kontraktor melakukan pekerjaan dengan tepat dan baik.

Struktur pada suatu bangunan harus bisa mencapai syarat struktur yang baik agar struktur tersebut bersifat kokoh, aman, dan stabil. Adapun struktur pada bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur, yaitu :

a. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya. Dalam perhitungan perancangan untuk struktur atas bangunan tersebut meliputi:

- 1) Perhitungan atap
- 2) Perhitungan pelat atap dan pelat lantai
- 3) Perhitungan tangga
- 4) Perhitungan portal (balok dan kolom)

b. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah di bawahnya. Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah ini meliputi:

- 1) Perhitungan *sloof*
- 2) Perhitungan pondasi

2.3 Dasar-Dasar Perancangan

Pada perancangan Gedung A Sekolah Yayasan Perguruan Islam Adabiyah Palembang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya:

- a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung berdasarkan SNI 03-2847-2019
- b. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain berdasarkan SNI 1727:2013 oleh Badan Standarisasi Nasional.
- c. Perancangan Struktur Beton Bertulang oleh Agus Setiawan yang mengacu pada SNI 2847:2013.
- d. Persyaratan Perancangan Geoteknik berdasarkan SNI 8460:2017 oleh Badan Standarisasi Nasional

2.4 Klasifikasi Pembebanan

Definisi beban menurut SNI 1727:2013 adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Adapun jenis pembebanan tersebut yaitu:

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013).

Tabel 2.1 Berat Sendiri 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
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu Kelas 1	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 (jenuh 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 (timbel)	11.400 kg/m ³

Tabel 2.2 Berat Komponen Gedung Bahan Bangunan

KOMPONEN BANGUNAN	Kg/m²
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 batu 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
Dinding pasangan bataku 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 sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
- kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,8 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

Sumber: PPURG 1987, hal 2

b. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati (SNI 1727:2013).

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain ini berdasarkan tabel pada SNI 1727:2013, yaitu sebagai berikut.

Tabel 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m²)	Terpusat Ib (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang computer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150,18)	
Ruang pertemuan		
- Kursi tetap (terikat dilantai)	100 (4,79)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79) kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (33)

Koridor		
- Lantai pertama	100 (4,79)	
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in × 2 in [50 mm × 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in × 1 in [25 mm × 25 mm])		200,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran	100 (4,79)	
- Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	
Truk dan bus		
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) Tidak boleh direduksi	
Rumah sakit		
- Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
- Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)

- Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
- Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
- Berat	250 (11,97)	3000(13,40)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
- Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hokum		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100,79)	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
- Bangsal dansa dan ruang dansa	100 (4,79)	
- Gimnasium	100 (4,79)	
- Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
- Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
- Loteng yang tidak dapat didiami	20 (0,96)	

dengan gudang		
- Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1,92)	
- Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
- Ruang publik dan koridor yang melayani mereka		
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh	
Rangka tumpu layar penutup	direduksi 5 (0,24) tidak boleh	200 (0,89)
	direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh	
Semua konstruksi lainnya	rangka	
Komponen struktur atap utama, yang		2000 (8,9)

<p>terhubung langsung dengan pekerjaan lantai</p> <p>Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi.</p> <p>Semua komponen struktur atap utama lainnya.</p> <p>Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan</p>	<p>20 (0,96)</p>	<p>300 (1,33)</p> <p>300,33)</p>
<p>Sekolah</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ruang kelas - Koridor di atas lantai pertama - Koridor lantai pertama 	<p>40 (1,92)</p> <p>80 (3,83)</p> <p>100 (4,79)</p>	<p>1000 (4,5)</p> <p>1000 (4,5)</p> <p>1000 (4,5)</p>
<p>Bak-bak/<i>scuttles</i>, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses</p>		<p>200 (0,89)</p>
<p>Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk</p>	<p>250 (11,97)</p>	<p>8000 (35,6)</p>
<p>Tangga dan jalan keluar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rumah tinggal untuk satu keluarga dan dua keluarga 	<p>100 (4,79)</p> <p>40 (1,92)</p>	<p>300</p> <p>300</p>
<p>Gudang diatas langit-langit</p> <p>Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Berat 	<p>20 (0,96)</p> <p>125 (6,00)</p> <p>250 (11,97)</p>	
<p>Toko</p> <p>Eceran</p>		

- Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
- Lantai di atasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, disemua lantai	125 (6,00)	1000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

Sumber: SNI 1727:2013, tentang Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum, hal 25-28

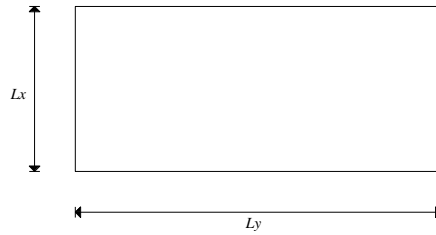
2.5 Metode Perhitungan Struktur

2.5.1 Perhitungan Pelat

Pelat adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom, maupun dinding. Pelat dapat direncanakan sehingga dapat berfungsi menyalurkan beban dalam satu arah (One way slab) atau dapat direncanakan untuk menyalurkan beban dalam dua arah (Two way slab). (Setiawan, 2016). Pada umumnya struktur pelat lantai beton dalam suatu bangunan gedung dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu:

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

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3 – 6 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5 – 5 kN/m². (Setiawan, 2016 : 252).

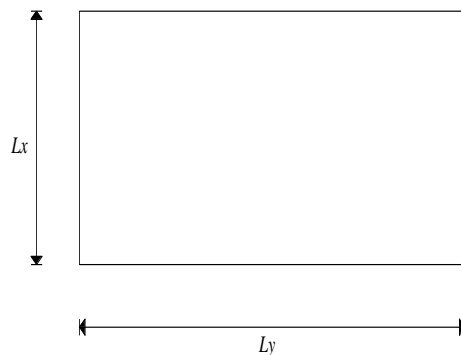


Gambar 2. 1 Pelat Satu Arah

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

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Adapun pelat yang akan ditinjau dalam perancangan Gedung A Sekolah Yayasan Perguruan Islam Adabiyah Palembang adalah pelat dua arah (*Two Way Slab*) Dalam perencanaan struktur pelat dua arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Menghitung tebal minimum pelat



Gambar 2. 2 Pelat Dua Arah

- a. Identifikasi jenis plat dengan syarat yaitu, $\frac{ly}{lx} \leq 2$, adapun Ly sebagai sisi plat terpanjang dan Lx sebagai sisi terpendek.
- b. Untuk plat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, tebal minimum h tidak boleh kurang dari batasan pada tabel berikut :

Tabel 2. 4 Ketebalan minimum plat dua arah tanpa balok interior (mm)

Tegangan leleh, f_y (Mpa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Eksterior		Panel interior	Panel Eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber : Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Tabel 8.3.1.1

c. Untuk plat dua arah dengan balok di antara tumpuan di semua sisi, ketebalan plat keseluruhan h harus memenuhi batasan berikut

- Untuk $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2,0$ tebal pelat minimum adalah :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 125 mm}$$

- Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$ tebal pelat minimum adalah :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

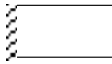
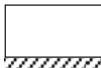
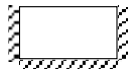
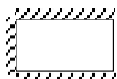
Dimana;

l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm).

β = bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek dari pelat dua arah

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok tepi – tepi dari suatu pelat.

α_f = rasio kekakuan lentur penampang balok ($E_{cb}I_b$) terhadap kekakuan lentur pelat ($E_{cs}I_s$), yang dibatasi secara lateral oleh garis – garis sumbu tengah dari pelat – pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	37	41	45	48	51	53	55	56	56	59	60	60	60	61	61	62	63	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79	
	Mtx = - 0.001.q.Lx ² x	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83	
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42	
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8	
	Mty = - 0.001.q.Lx ² x	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	
Catatan:		= Terletak bebas = Terjepit penuh																	

Sumber : PBI 1971

Dimana:

- Mlx adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-x
- Mly adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-y
- Mtx adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-x
- Mty adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-y

5) Mencari tebal efektif pelat

Rasio tulangan dalam beton (ρ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x (dx) adalah :

$$dx = h - \text{tebal selimut beton (p)} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah x}$$

$$dy = h - \text{tebal selimut beton (p)} - \varnothing \text{ tulangan pokok x} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah y}$$

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

Tabel 2. 6 Tebal Minimum Selimut Beton

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut (mm)
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah		Batang D19 sampai D57	50
		Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 danyang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang 43 dan 57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang tarik	Tulangan utama sengkang, spiral, ikat dan pengegang	40

Sumber : SNI 2847:2019:460

6) Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\Theta = 0,90$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d \cdot e f f^2}$$

Keterangan :

Mu = Momen Rencana/terfaktor pada penampang (KNm)

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

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana

7) Mencari rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

$$\rho_{min} = 0,0020$$

Tabel 2. 7 Rasio Luas Tulangan Ulir Susut dan Suhu terhadap Luas Penampang Beton Bruto

Jenis Tulangan	f_y Mpa	Rasio tulangan minimum	
Batang Ulir	< 420	0,0020	
Batang Ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari:	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$
			0,0020

(Sumber : SNI 2847:2019:553)

8) Mencari luas tulangan (A_s) digunakan rumus:

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{s\text{min}} = \rho \cdot b \cdot h$$

9) Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \phi^2}$$

10) Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000 \times A_b \text{ pakai}}{A_s \text{ tulangan}}$$

11) Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang

12) Memasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x , hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y (d_y) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah $x \rightarrow d_y = h - p - \phi_{\text{arah } x} - \phi_{\text{arah } y}$.

(SNI 2847:2019:553)

13) Gambar penulangan pelat

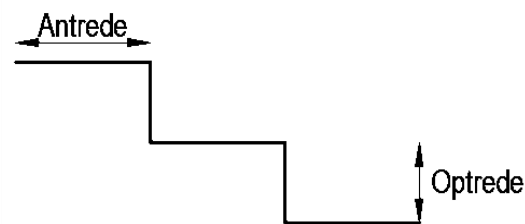
2.5.2 Perhitungan Tangga

Tangga merupakan bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai salah satu sarana penghubung dari dua tempat yaitu lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam keadaan tertentu.

a. Tangga terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

1) Anak tangga

Anak tangga (*trede*) adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk meminjakkan melangkahkan kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar). Anak tangga terbagi menjadi dua bagian yaitu *Antrede* (langkah datar) ialah bidang trede datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki. *Optrede* (langkah tegak/naik) ialah bidang trede tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua trede yang berurutan.



Gambar 2.3 Antrede dan Optrede Tangga

Lebar anak tangga untuk satu orang berjalan dibuat 60-90 cm dan untuk dua orang berjalan dibuat 80-120 cm. Sedangkan untuk bangunan yang berlaku untuk umum seperti sekolah, kantor dan gedung-gedung perntunjukkan diambil lebar 150-300 cm.

2) Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat beristirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah dan atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa tidak mencukupi.

Syarat-syarat perencanaan tangga:

b. Syarat Umum Tangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya dapat ditinjau dari 3 segi, sebagai berikut :

1) Segi Kekuatan

Kokoh dan stabil bila dilalui oleh sejumlah orang + barangnya, sesuai dengan perencanaan.

2) Segi Penempatan

a) Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah diketahui oleh banyak orang

b) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan

c) Diusahakan penempatannya tidak mengganggu ataupun menghalangi lalu lintas banyak orang (untuk tangga ditempat-tempat yang ramai seperti tangga gedung bioskop, pasar dan lain-lain).

3) Segi Bentuk

a) Bentuknya rapih, indah dipandang dan serasi dengan keadaan disekitar tangga itu berada.

b) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.

c. Syarat Khusus Tangga

Pada saat menaiki tangga demi keamanan dan kenyamanan tangga sangat tergantung dari besar kecilnya ukuran rata-rata langkah normal pemakai, langkah datar maupun langkah naik serta besar sudut miring tangga itu sendiri. Syarat-syarat lain agar suatu tangga bisa ideal, antara lain :

1) Sudut kemiringan maksimal 45° dan minimum 25° atau dengan menggunakan perbandingan dibawah ini :

$$2 \text{ opride} + 1 \text{ Antrede} = 1 \text{ langkah (58 cm - 64 cm)}$$

2) Tinggi opride

$$\text{Untuk rumah tinggal} = 20 \text{ cm (maksimum)}$$

$$\text{Untuk bangunan umum} = 17 \text{ cm}$$

- 3) Tinggi Antrede
Untuk rumah tinggal maupun bangunan umum = 25 cm (minimum)
- 4) Lebar tangga
Untuk rumah tinggal = 80 cm – 120 cm
Untuk bangunan umum = 120 cm (minimum)

Tabel 2. 8 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No.	Digunakan Untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 orang	120 – 130	140 - 150
5	3 orang	180 – 190	200 - 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

sumber : Ilmu Bangunan Gedung, 1993

- 5) Panjang bordes digunakan pedoman ukuran satu langkah normal datar pada hitungan (ln) ditambah dengan satu atau dua langkah panjat datar ($Aantrede = a$) . Pada kebanyakan panjang bordes diambil antara 80 cm – 150 cm. Untuk menentukan panjang bordes (L) :

$$L = ln + 1,5 a \text{ s/d } 2.a$$

Dimana :

L = panjang bordes

ln = ukuran satu langkah normal datar

a = Antrede

Untuk menentukan lebar tangga total = Lebar tangga efektif + $2.t$ + $2.s$

Dimana :

t = tebal rimbat tangan (4-6 cm)

s = sisa pijakan = (5-10 cm)

Langkah-langkah perhitungan tangga :

a. Merencanakan Tangga

- 1) Rencanakan tinggi optride dengan tinggi optride 15 cm – 20 cm
- 2) Hitung jumlah optride

$$\text{jumlah optride} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{ukuran optride}}$$

- 3) Hitung tinggi optride sebenarnya

$$\text{tinggi optride sebenarnya} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{jumlah optride}}$$

- 4) Hitung ukuran antrede

$$1 \text{ antrede} + 2 \text{ optrede} = 1 \text{ langkah (58 cm – 64cm)}$$

- 5) Hitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{Optride}}{\text{Antride}}$$

- 6) Hitung ukuran bordes

$$L = ln + a^S/d \quad 2. a$$

- 7) Tentukan tebal pelat

b. Menentukan pembebanan

- 1) Pembebanan pelat anak tangga

a) Beban mati

Berat sendiri pelat + anak tangga

Berat penutup lantai

Berat spesi

Berat sandaran

b) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 4,79 kN (SNI 1727 2013)

- 2) Pembebanan bordes

a) Beban mati

Berat sendiri pelat

Berat penutup lantai

Berat spesi

Berat sandaran

b) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 4,79 kN (SNI 1727:2013)

c. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan program SAP 2000 20.

1. Membuat permodelan tangga pada SAP 2000 20
2. Masukkan material yang digunakan, *Define > Materials > Add New Material*. Lalu akan muncul tampilan *Material Property Data*. Ubah nama material, isi *Material Type* dengan pilih *Concrete*, ganti nilai *Weight per Unit Volume* terlebih dahulu dengan nilai 24 kN,m (nilai berat jenis beton) baru ubah satuannya ke N, mm, c. Ubah nilai *Modulus of Elasticity (E)* dengan rumus $4700 \times \sqrt{F_c^{0.5}}$. Rasio(U) 0,2. *Specified Concrete Compressive Strength (fc)* diisi sesuai F_c yang direncanakan.
3. Memasukkan ketebalan pelat tangga dan bordes dengan cara, *Define > Section Properties > Frame Sections > Add New Property > Pilih Concrete (Rectangular)*. Lalu akan muncul jendela *Rectangular Section*, isi sesuai data dan masukkan material yang sudah dibuat sebelumnya.
4. Memasang tumpuan pada permodelan tangga
5. Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah dikombinasikan antara beban mati dan beban hidup
6. Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “run analysis”, namun “self weight” dijadikan 0 karena beban sendiri dihitung secara manual.

d. Perhitungan tulangan tangga

1. Menentukan tinggi efektif
 $d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$
2. Momen yang bekerja (M_u)
3. Penentuan tulangan yang diperlukan
 Penentuan tulangan dapat dilanjutkan menggunakan cara dan rumus yang sama seperti pada pelat

4. Menentukan faktor panjang efektif

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

Dimana :

k = Faktor panjang efektif (MPa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

Ø = Faktor kuat rencana

5. Menentukan penulangan tangga

a) Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 f_c'}} \right]$$

$$\rho_{min} = 0,0020$$

b) Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Dimana:

A_s : luas tulangan (mm²)

ρ : rasio penulangan

d_{eff} : tinggi efektif (mm)

c) Penentuan tulangan tulangan yang diperlukan

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \times d^2}$$

d) Mencari jarak antar tulangan

$$s = \frac{1000 \times A_b \text{ pakai}}{A_s \text{ tulangan}}$$

e) Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang

6. Menentukan Penulangan balok bordes

a) Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 f_c'}} \right]$$

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

Dalam penggunaan ρ terdapat ketentuan, jika $\rho_{min} < \rho$ maka digunakan ρ dan jika $\rho_{min} > \rho$ maka digunakan ρ_{min}

b) Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Dimana:

A_s : luas tulangan (mm^2)

ρ : rasio penulangan

d_{eff} : tinggi efektif (mm)

c) Penentuan tulangan tulangan yang diperlukan

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

d) Penentuan jumlah tulangan

e) Periksa apakah balok bordes membutuhkan tulangan geser

7. Gambar Penulangan tangga dan balok bordes

2.5.3 Perhitungan Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi atau pendistribusi beban. Pada bangunan bertingkat biasanya terlihat bahwa ujung-ujung balok anak terhubung pada balok induk. Meskipun berukuran lebih kecil daripada balok induk, penggunaan komponen ini untuk mendukung bentang kerja optimal dari pelat lantai. Langkah-langkah dalam perancangan balok anak sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.
2. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok anak untuk kemudian di proses menggunakan program SAP2000 20 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program SAP2000 20.
4. Menghitung tulangan lapangan dan tumpuan
 - a. Mencari nilai ρ

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

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot MU}{1,7 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right]$$

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

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$$

$$\rho_{\text{maks}} = \left[\frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right] \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

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

Dimana:

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

b = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana 0,9 (Sumber SNI-2847-2019, 469)

E_s = Modulus elastisitas baja tulangan (Mpa)

b. Menghitung A_s yang diperlukan

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

Dimana:

A_s = luas penampang (mm²)

ρ = rasio penulangan

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

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

d. Lakukan pemeriksaan akhir, $\phi M_n > M_u$

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

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot F_y \left(d_{\text{eff}} - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana:

A_s = luas penampang (mm²)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana 0,9 (Sumber SNI-2847-2019, 469)

5. Menghitung tulangan geser

a. Hitung gaya geser ultimit (V_u) dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai V_u yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai V_u pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak d dari muka tumpuan.

b. Hitung nilai V_c dari persamaan :

$$V_c = (0,17 \lambda \sqrt{f_c}) b_w \cdot d$$

(SNI 2847 : 2019 hal 190)

c. Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum, dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum
- Jika $V_u > \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

d. Jika $V_u > \phi V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut:

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

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

(Agus Setiawan, hal 99)

e. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot S}{f_y}$$

$$A_{v_1} = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

f. Hitung nilai V_{c1} dan V_{c2} dengan menggunakan persamaan berikut :

$$- V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$- V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/4 \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

Apabila V_s lebih kecil dari V_{c1} , maka proses desain dapat dilakukan ke langkah berikutnya. Namun bila V_s lebih besar dari V_{c1} maka ukuran penampang harus diperbesar.

g. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$S = \frac{Av_1}{Av_{\min}} \times 1000$$

- h. Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini :

- $S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$, jika $V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w.d$
- $S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}$, jika $V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w.d$

S_{maks} dipilih dari nilai terkecil

Jika nilai S_1 yang dihitung lebih kecil dari S_{maks} , maka gunakan S_1 sebagai jarak tulangan sengkang dan jika S_1 yang dihitung lebih besar dari S_{maks} , maka gunakan S_{maks} sebagai jarak tulangan sengkang.

2.5.4 Perhitungan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan yang berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang berdiri sendiri seperti berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati, tanpa dibantu oleh diafragma-diafragma horisontal atau sistem-sistem lantai. Perancangan portal ini dihitung dengan menggunakan program SAP 2000.

Berikut merupakan tahapan dalam merancangan pembebanan pada portal :

1. Menghitung besarnya momen (akibat beban mati dan beban hidup)
 - a. Portal akibat beban mati

Untuk merencanakan portal akibat beban mati ini yang harus dilakukan yakni melakukan pembebanan pada portal. Beban mati ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan akibat beban mati antara lain :

- Beban sendiri pelat
- Beban balok
- Beban penutup lantai dan adukan semen
- Beban pasangan dinding
- Beban plesteran dinding
- Beban plafond dan penggantung

b. Portal akibat beban hidup

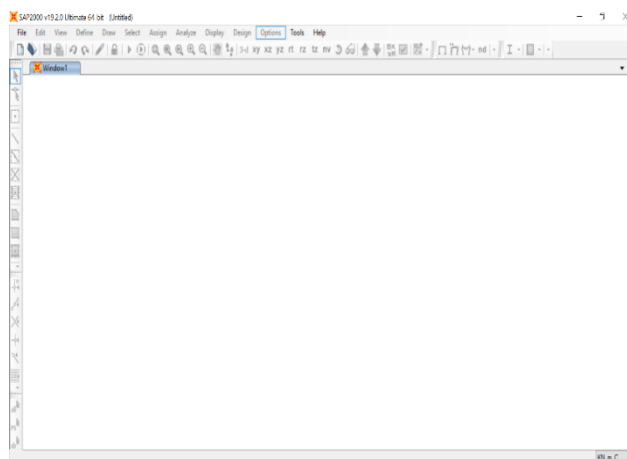
Untuk perancangan portal akibat beban hidup, yang harus dilakukan yakni menentukan beban pada portal serta perhitungan akibat beban hidup sama dengan perhitungan arah beban mati. Berikut ini pembebanan pada portal akibat beban hidup menurut SNI 1727-2013 yaitu:

- Beban hidup untuk pelat lantai ruang kelas diambil sebesar $1,92 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup koridor diambil sebesar $3,83 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup pada atap diambil sebesar $0,96 \text{ kg/m}^2$

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 20 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

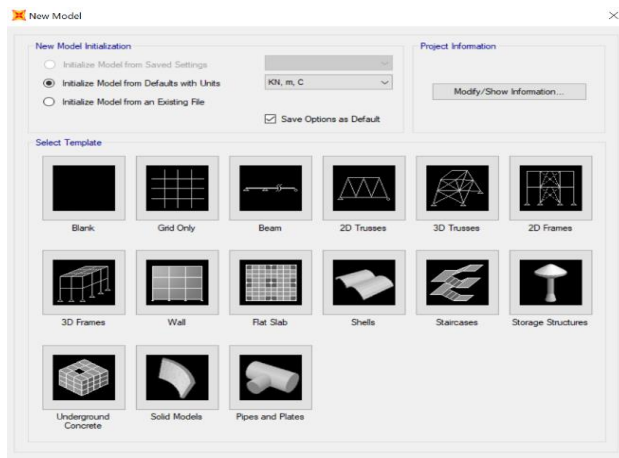
1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

a. Klik *New Model* atau CTRL + N



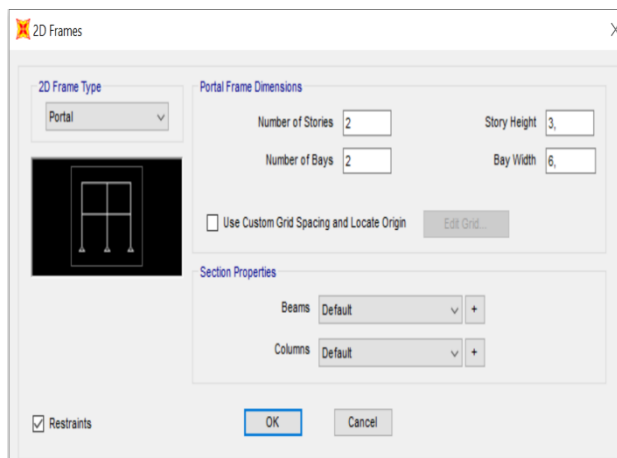
Gambar 2.4 *Toolbar New Model*

b. Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai, misal kgf, m, c.



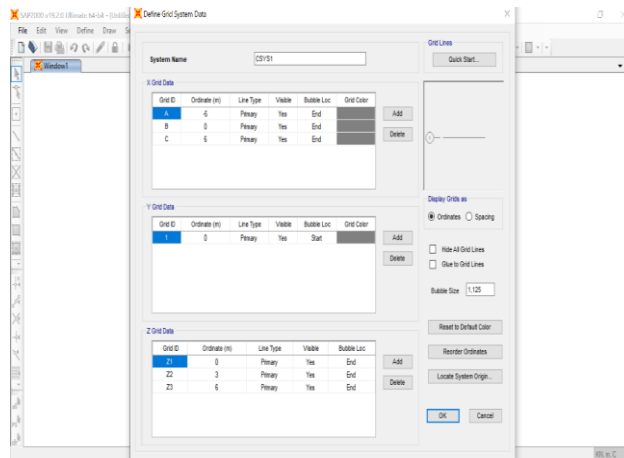
Gambar 2.5 Tampilan *New Model*

- c. Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti Gambar 2.7 isikan *Number of stories*, *stroy height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



Gambar 2.6 Tampilan *2D frames*

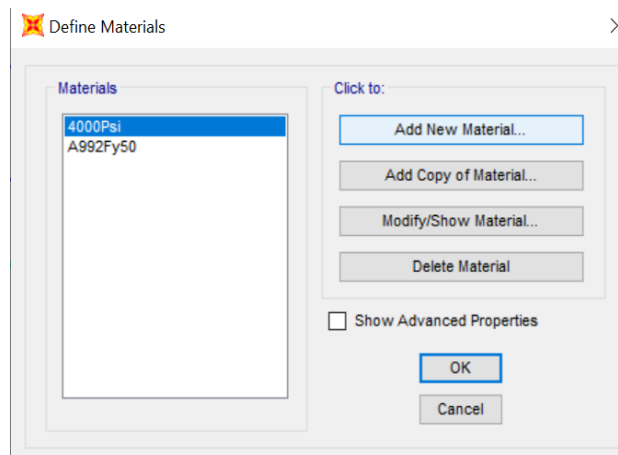
- d. Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid system data* (dapat di lihat pada Gambar 2.7) Setelah itu dapat dilakukan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x, dan z pada SAP v.20



Gambar 2.7 Define Grid System data

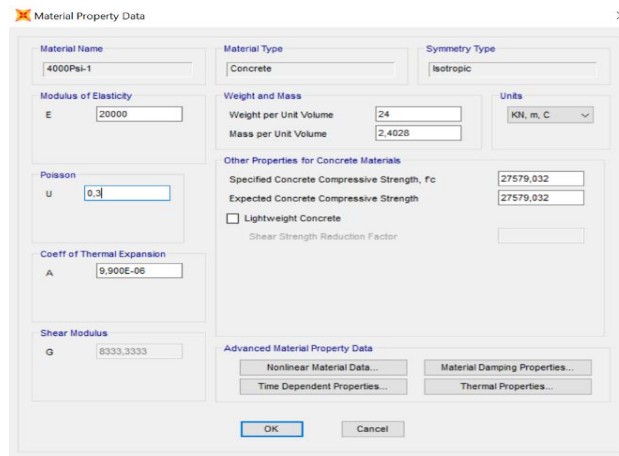
2. Menentukan Material

- a. Langkah pertama klik *Difane* pada Toolbar > salalu klik *Materials* maka akan muncul jendela *Difine Materials*.



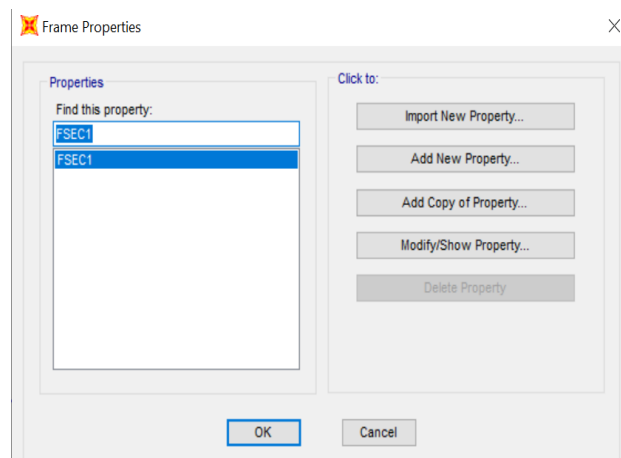
Gambar 2.8 Jendela Define Materials

- b. Pilih Add new Material, maka akan muncul jendela material Property Data. Ganti nilai Weight per unit volume dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). ubah nilai Modulus of Elasticity dengan rumus $4700F_c \cdot 1.1000$, serta ubah juga nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik OK.



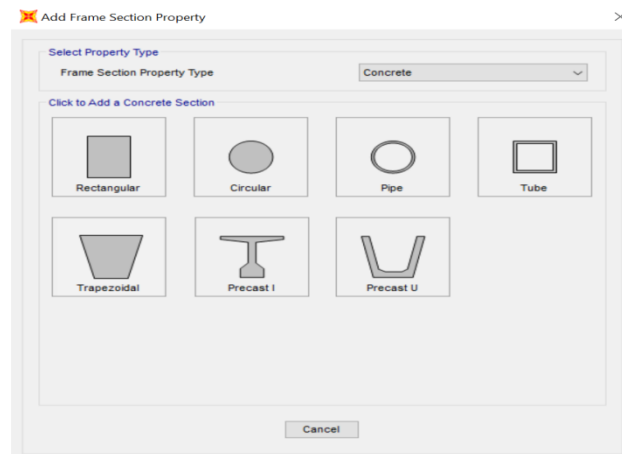
Gambar 2.9 *Jendela Material Property Data*

3. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
 - a. Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada toolbar, *Define > section properties > Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil toolbar Frame Properties seperti pada gambar 2.10

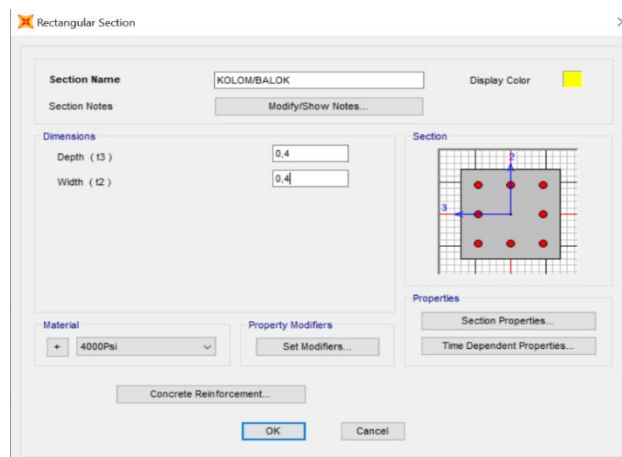


Gambar 2.10 *Toolbar Frame Properties*

- b. klik add new property, maka akan muncul jendela add Frame Election property. Pada *Select Property Type*, Ganti *frame section Property Type* menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada click to add a Concrete section (untuk penampang berbentuk segiempat).



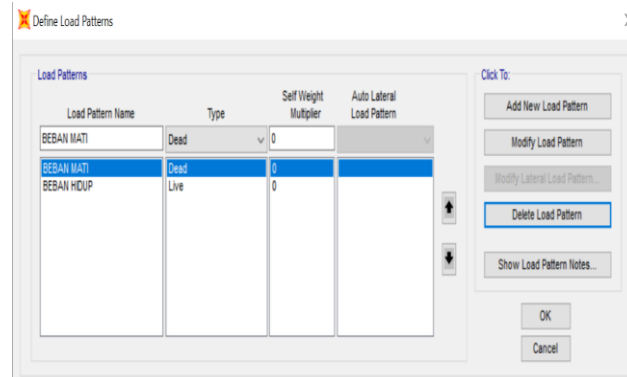
Gambar 2.11 Jendela *Add Frame Section Property*



Gambar 2.12 Jendela *Rectangular Section*

- c. Ganti section name dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (Depth) dan lebar (Width) Balok /Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik Concrete Reinforcement, klik Column (untuk kolom), Beam (untuk balok) lalu klik OK.
 - d. Untuk menentukan frame tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section – pilih Balok atau Kolom.
4. Membuat cases beban mati dan beban hidup.
 - a. Pilih menu pada toolbar, *Define – Load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai

0. Lalu klik *add New Load Pattern* Seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.

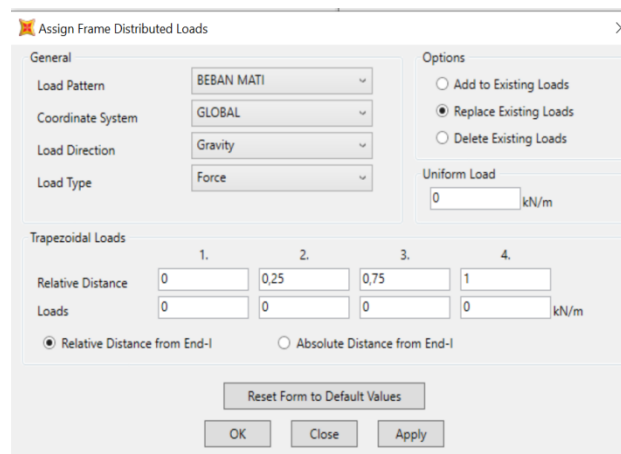


Gambar 2.13 Jendela *Define Load Patterns*

b. Input nilai beban mati dan beban hidup

1. Akibat beban merata

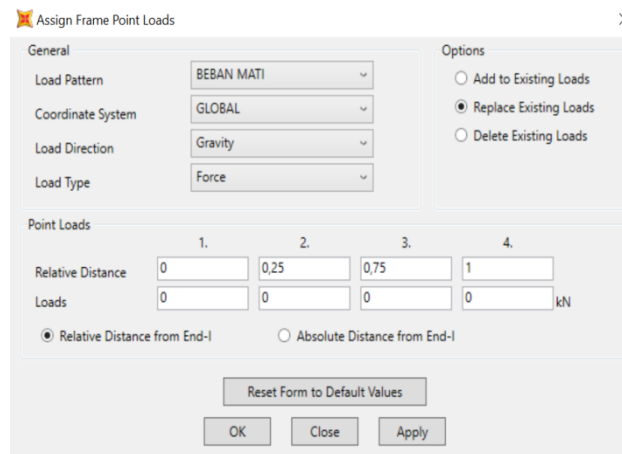
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern Name* – klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut atau dapat dilakukan menggunakan uniform load untuk beban merata yang beban sama rata.



Gambar 2.14 Jendela *Frame Distributed Loads*

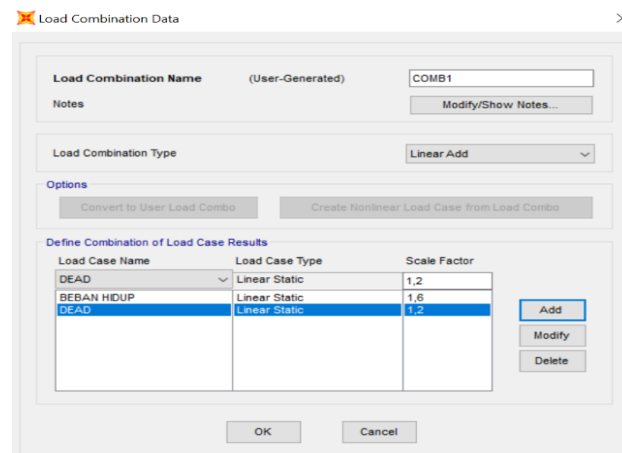
2. Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame* – selanjutnya yang dipilih adalah *Points*. maka akan tampil jendela seperti gambar



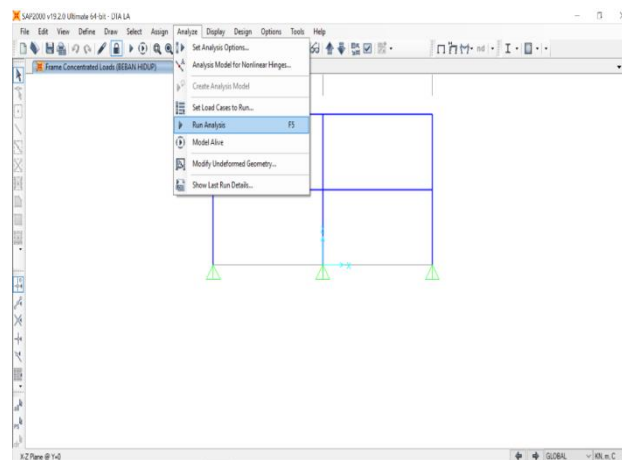
Gambar 2.15 Jendela *Frame Point Loads*

- c. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup. Blok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, *Define – Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti



Gambar 2.16 Jendela *Loads Combination*

5. Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.17 Run Analisis

2.5.5 Perhitungan Balok Induk

Balok induk merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok ini akhirnya didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. Langkah perhitungan balok induk sama seperti balok anak, yang membedakan hanya data momen lentur yang dihitung berdasarkan data gaya dalam dari perhitungan portal pada program SAP2000 20. Adapun langkah-langkah perhitungan balok induk sebagai berikut:

- 1) Menentukan mutu beton yang digunakan
- 2) Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
- 3) Menghitung pembebanan pada balok induk untuk diproses di program SAP2000 20 untuk mendapatkan data gaya dalamnya.
- 4) Penulangan

- a. Menentukan d_{eff}

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

- b. Mencari nilai ρ

$$K = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

$$\rho_{hitung} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

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

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

β_1

Untuk $f'_c \leq 28 \text{ Mpa}$, $\beta_1 = 0,85$

Untuk $28 \text{ Mpa} < f'_c < 56 \text{ Mpa}$, $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7}$

Untuk $f'_c > 56 \text{ Mpa}$, $\beta_1 = 0,65$

$$\rho_{\max} = \left[\frac{0,003 + f_y/E_s}{0,008} \right] \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

Dengan beberapa syarat, seperti :

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

6) Hitung A_s yang diperlukan

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

$A_{s_{\min}}$ harus lebih besar dari :

$$- A_{s_{\min}} > \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

$$- A_{s_{\min}} > \frac{1,4}{f_y} b_w d$$

(SNI 2847:2019 hal. 189 pasal 9.6.1.2)

7) Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

8) Perencanaan tulangan geser

a. Hitung gaya geser ultimit, V_u dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai V_u yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai V_u pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak d dari muka tumpuan.

b. Hitung nilai ϕV_c , $\frac{1}{2} V_c$

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'c} bw d$$

- c. Periksa nilai V_u
- Jika $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser
 - Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat digunakan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum ditentukan langkah 7).
 - Jika $V_u < \phi V_c$, tulangan geser harus disediakan sesuai langkah 4) sampai 8).
- d. Hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser
- $$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$
- e. Hitung nilai V_{c1} , V_{c2}
- Jika $V_{c1} \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$
- Jika $V_{c2} \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$
- Apabila $V_s < V_{c2}$ maka proses desain dapat dilanjutkan ke langkah berikutnya, namun bila $V_s > V_{c2}$ maka ukuran penampang harus diperbesar.
- f. Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan :
- $$S_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$
- g. Peraturan tidak mensyaratkan jarak minimum tulangan sengkang. Namun dalam kondisi normal, sebagai tujuan praktis dapat digunakan $S_{min} = 75$ mm untuk $d \leq 500$ mm, dan $S_{min} = 100$ mm untuk $d > 500$ mm. Jika nilai s yang diperoleh kecil, maka dapat ditempuh jalan memperbesar diameter tulangan sengkang atau menggunakan sengkang dengan kaki lebih dari dua.

2.5.6 Perhitungan Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) stuktur yang memikul beban dari balok. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau pelat atap dan menyalurkan ke pondasi.

Secara umum dapat dikalsifikasi menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Berdasarkan beban yang beerja, kolom dilasifikasi 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 jenis-jenis bentruk kolom yaitu
 - a. Kolom segi empat dengan sengkang,
 - b. Kolom bulat dengan sengkang dan spiral, dan
 - c. Kolom komposit (beton dan profil baja).

Dari semua jenis bentuk, kolom segi empat adalah jenis kolom yang paling banyak digunakan, karena lebih murah dan mudah dalam pengerjaannya.

Berikut langkah-langkah perencanaan kolom, yaitu :

1. Hitung MU ; PU
2. Menghitung ukuran kolom

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi [fc' \cdot \omega (1 - 0,59 \omega)]}$$

$$\omega = \rho \times \frac{fy}{fc'}$$

3. Menghitung luas tulangan yang diperlukan

$$\rho = \rho' = \frac{As \text{ total}}{b \cdot deff} \rightarrow As \text{ total} = As + As' = \rho \cdot b \cdot deff$$

4. Periksa Pu terhadap kondisi seimbang, jika :

a. Jika $\phi \cdot Pnb < Pu \rightarrow$ kolom akan mengalami hancur dengan diawali beton didaerah tekan

b. Jika $\phi \cdot Pnb > Pu \rightarrow$ kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik.

$$\phi \cdot Pnb = \phi(0,85 \cdot fc' \cdot ab \cdot b + As' \cdot fs' - As \cdot fy)$$

$$Cb = \frac{600 \cdot deff}{(600 + fy)} ; ab = \beta_1 \cdot Cb$$

β_1 adalah konstanta yang tergantung dari kuat tekan beton :

- Untuk $f'c \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$
 - Untuk $f'c > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'c - 30) \geq 0,65$
- $$\epsilon_s' = \frac{(cb - d')}{cb} \cdot 0,003 \rightarrow \text{jika} \rightarrow \epsilon_s' \leq \frac{fy}{Es} \text{ maka} \rightarrow f_s' = \epsilon_s' \cdot Es$$
- Jika $\rightarrow \epsilon_s' > \frac{fy}{Es}$ maka $\rightarrow f_s' = fy$

5. Periksa kekuatan penampang

a. Untuk keruntuhan Tekanan

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

b. Untuk Keruntuhan Tarik

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

$$\rho = \frac{As}{b \cdot d}; m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c}$$

Adapun persyaratan diameter tulangan sengkang :

- a. Untuk tulangan memanjang $< D32$ min. tulangan sengkang D10
- b. Untuk tulangan memanjang $> D32$ min. tulangan sengkang D12
- c. Tapi tulangan sengkang tidak lebih dari D16

2.5.7 Perhitungan Sloof

Sloof adalah struktur dari bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan di setiap titik pada pondasi tersebar merata. Berikut langkah-langkah perencanaan perhitungan dalam merencanakan sloof, yaitu :

1. Menentukan dimensi sloof
2. Menentukan pembebanan pada sloof
 - a. Berat sendiri sloof
 - b. Berat dinding dan plesteran

Kemudian beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

$$M_u = 1,2M_D + 1,6M_L$$

Keterangan :

M_u = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

M_D = beban mati

M_L = beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

- a) Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama

$$M_{Rmaks} = \phi \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2 \times K_{\text{maks}}$$

$$K_{\text{maks}} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2}$$

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot K}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

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

- b) Menghitung As yang diperlukan

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

- c) Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang \geq A_s direncanakan

4. Perencanaan tulangan geser

- 1) $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

(SNI 2847-2019 hal.485 pasal 22.5.5.1)

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tetapi 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. (Agus Setiawan, 2016;103)

- 2) Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang dari atau sama dengan kuat geser nominal dikali dengan faktor reduksi (ϕ), atau:

$$V_u < \phi V_n$$

Bila, $V_n = V_c + V_s$

Sehingga

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

Dengan besaran faktor reduksi (ϕ) untuk geser sebesar 0,75. (Setiawan, 2016; 99)

3) Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$, maka $S = d/2$ atau 600 mm

Jika $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$, maka $S = d/4$ atau 300 mm

(SNI 2847-2019 hal. 223 pasal 10.7.6.5.2)

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,062 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ Mpa}$$

$$S_{min} = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$$

(SNI 2847:2019 hal. 192 pasal 11.4.5, R9.6.3)

Rumus sengkang vertikal :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,35 \cdot b_w} \text{ (Setiawan, 2016;99)}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulang geser

A_v = Luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s, 2 A_s

Dimana :

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

D = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

2.5.8 Perhitungan Pondasi dan Pilecap

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan suatu bangunan yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah dibawahnya, tanpa mengalami kegagalan geser dan penurunan tanah.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi:

1. Kondisi bangunan disekitar pondasi
2. Keadaan tanah pondasi
3. Jenis konstruksi bangunan
4. Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum terdapat dua macam pondasi, yaitu :

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal karena kedalaman masuknya ke tanah relatif dangkal, dipakai untuk bangunan bertanah keras atau bangunan-bangunan sederhana.

Termasuk pondasi dangkal antara lain :

- Pondasi batu kali setempat
- Pondasi tapak atau pelat beton setempat
- Pondasi Strauss
- Pondasi lajur batu kali
- Pondasi beton lajur

2. Pondasi Dalam

Dipakai untuk bangunan bertanah lembek, bangunan berbenteng lebar (memiliki jarak kolom lebih dari 6 meter), dan bangunan bertingkat. Yang termasuk pondasi dalam, antara lain:

- Pondasi sumuran
- Pondasi tiang pancang
- Pondasi Bored Pile

Pemilihan bentuk pondasi juga didasarkan pada daya dukung tanah, oleh karena itu perlu diperhatikan hal – hal berikut ini :

- Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak)
- Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya digunakan adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi sumuran atau *borepile*.

- Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Berdasarkan data tanah dari pembangunan gedung yang dijadikan judul dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Adapun langkah – langkah perancangan pondasi adalah sebagai berikut :

Berikut langkah-langkah perhitungan perhitungan pondasi, yaitu :

1. Melengkapi data pembebanan beban vertical dan momen
2. Menentukan daya dukung ijin tanah (Q) melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data tanah yang ada

- a) Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{izin} = \frac{q_c \times A_b}{f_b} + \frac{JHP \times O}{f_s}$$

- b) Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{bahan} = 0,3 \times f^c \times A_{tiang}$$

2. Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang

$$Q = \frac{(P \times 10\%) + P + \text{berat pile cap}}{n} + \frac{my.X \max}{\sum X^2} + \frac{mx.Y \max}{\sum Y^2}$$

3. Menentukan jarak antar tiang pancang

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

Keterangan :

S = jarak antar tiang

d = ukuran *Pile* (Tiang)

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

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

Dimana,

E_g = Efisiensi kelompok tiang

B = Diameter tiang (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)

n = jumlah kolom tiang dalam kelompok (buah)

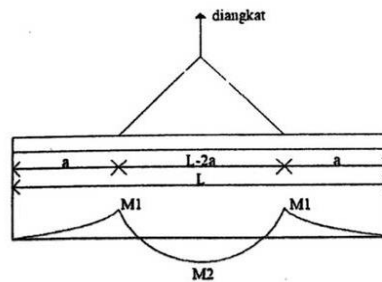
Daya dukung grup ijin tiang :

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

5. Pengangkatan tiang pancang

a) Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

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



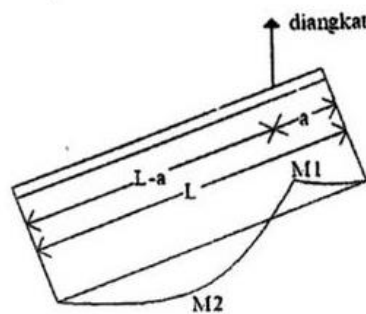
Gambar 2. 18 Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} qa^2 = \frac{1}{8} q (L-2a)^2 - \frac{1}{2} qa^2$$

b) Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

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



Gambar 2. 19 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

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

6. Perhitungan tulangan tiang pancang

- a) Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan pokok
- b) Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

Menghitung nilai ρ_{hitung}

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

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

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{S_{\text{tot}}} = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$

Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{\frac{1}{4} \pi d^2}$$

Menghitung banyaknya tulangan

$$n = \frac{A_s}{A_{\text{btulangan}}}$$

7. Perhitungan tulangan geser tiang pancang

- a) Menghitung nilai V_u , V_u didapatkan dari pola pemancangan
- b) $\emptyset V_c = \emptyset(0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d_{\text{eff}})$

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c$$

Dengan $\emptyset = 0,75$

Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \frac{1}{2} \emptyset V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \emptyset V_c < V_u \leq \emptyset V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum, dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum
- Jika $V_u > \emptyset V_c$, tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.
Jika $V_u > \emptyset V_c$, hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut:

$$V_u = \emptyset V_c + \emptyset V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

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

Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara s_1 dan s_2 berikut ini :

- $S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$, jika $V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$
- $S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}$, jika $V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$
- $S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,35 \cdot b_w}$, untuk $f_c' > 30 \text{ MPa}$

atau

- $S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,62 \cdot b_w}$, untuk $f_c' < 30 \text{ MPa}$

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

8. Perhitungan *Pile Cap*

Pile cap biasanya terbuat dari beton bertulang berfungsi untuk mengikat tiang-tiang pancang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. Adapun langkah-langkah menentukan perhitungan *pile cap* sebagai berikut:

- a) Menentukan dimensi *pile cap*
- b) Memasukkan beban momen yang bekerja M_{ux} , M_{uy}
- c) Menghitung Q_u

$$Q_u = (P_u \times 10\%) + P_u + (\text{berat pile cap} \times 1,2)$$

- d) Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$Q_i = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_{uy} \cdot X_i}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_{ux} \cdot Y_i}{\Sigma Y^2}$$

- e) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

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

- f) Kontrol kekuatan geser

- Untuk aksi dua arah

$$V_u = \frac{p_u}{2}$$

1. Geser dua arah di sekitar kolom

Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$B_o = 4(c+d)$$

$$\phi V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{bc}\right) \sqrt{f_c'} \lambda b_o d$$

$$\phi V_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{a1 \cdot d}{b_o}\right) \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$\phi V_{c3} = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser,

2. Geser dua arah sekitar tiang pancang :

$$B_o = 2(t + d/2)$$

$$\phi V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{bc}\right) \sqrt{f_c'} \lambda b_o d$$

$$\phi V_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{a1 \cdot d}{b_o}\right) \sqrt{f_c'} b_o d$$

$$\phi V_{c3} = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

Dengan $\phi = 0,75$

Periksa nilai V_u

- Jika $V_u < \phi V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser.

g) Perhitungan tulangan pokok *Pile Cap*1. Menghitung nilai ρ

x = jarak As tiang pancang ke tepi kolom – $c/2$

$$M_u = 2 \cdot V_u \cdot x$$

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

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

2. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$S = \frac{A_{stulangan}}{A_{spakai}} \times \text{lebar pile cap}$$

2.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah kegiatan merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Dibagi menjadi tiga pekerjaan dalam pengelolaan proyek itu sendiri, di antaranya RKS (Rencana Kerja dan Syarat-Syarat), RAB (Rencana Anggaran Biaya), dan Rencana Pelaksanaan yang terbagi atas *Barchart*, dan kurva S, *Network Planning*.

2.6.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

2.6.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perencanaan biaya untuk menentukan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. RAB dapat memberikan gambaran mengenai besar biaya yang diperlukan dan pelaksanaannya. Sedangkan Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Maka dari itu anggaran biaya ini ialah harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

1) Daftar harga satuan upah dan tenaga Kerja

Upah tenaga kerja adalah upah setiap tenaga kerja yang diperlukan selama proses pembangunan. Upah tenaga kerja didapat dari PU yang dinamakan Daftar Satuan Tenaga Kerja

2) Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

3) Daftar harga satuan bahan/material

Harga satuan bahan sangat perlu diketahui. Hal tersebut sebagai gambaran harga bangunan yang sedang direncanakan. Gambaran harga bangunan ini dilakukan oleh perencana beserta tim yang bekerja didalamnya. Harga satuan bahan berbeda antara daerah satu dengan daerah lainnya. Harga bahan ini biasanya didapat dari hasil Departemen Pekerjaan Umum yang dinamakan Daftar Harga Satuan Bahan.

4) Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek

2.6.3 Rencana Pelaksanaan Kerja

Sebelum dimulainya pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metode konstruksi yang akan digunakan. Rencana pelaksanaan kerja terdiri dari Network Planning (NWP), barchart, dan kurva S.

a. Barchart

Bar chart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

b. Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari barchart, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

Bentuk dari kurva s menyerupai huruf s dikarenakan pada tahap awal kegiatan adalah kegiatan persiapan yang bobot pekerjaan yang dilakukan masih sedikit, dan pada tahap yang kedua yaitu tahap konstruksi memiliki bobot yang besar sehingga garis pada kurva meningkat, serta pada tahap terakhir sama seperti tahap awal yaitu bobot pekerjaan sedikit dikarenakan pada tahap terakhir ini merupakan kegiatan finishing.

c. Network Planning (NWP)

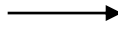
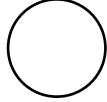
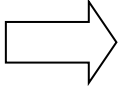
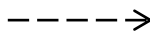
Network planning atau diagram jaringan kerja adalah gambar yang memperlihatkan susunan urutan pekerjaan dan logika ketergantungan antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya serta rencana waktu pelaksanaannya. Berikut kegunaan dari *Network Planning* yaitu mengkoordinasi dan mengetahui ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya, mengetahui pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu, mengetahui berapa lama proyek dapat diselesaikan.

Selain itu, berikut macam-macam dari *Network Planning* (NWP) yaitu:

- 1) CMD : Chart Method Diagram
- 2) NMT : Network Management Technique
- 3) PEP : Program Evaluation Procedure

- 4) CPA : Critical Path Analysis
- 5) CPM : Critical Path Method
- 6) PERT : Program Evaluation and Review Technique

Pada Perkembangannya NWP ini dikenal dalam 2 bahasa/ simbol diagram network, yaitu sebagai berikut :

- 1) even on the node, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam bentuk lingkaran
- 2) Actifity on the node, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam bentuk lingkaran
- 3)  **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu
- 4)  **Node/even** bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
- 5)  **Double arrow** brupa anak panah yang sejajar yang berarti lintas kritis (*Critical Path*)
- 6)  **Dummy** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu.