

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turap

2.1.1 Definisi Turap

Menurut Sri Respati dan Zainal Nur (1995), turap merupakan konstruksi yang dapat menahan tekanan tanah disekelilingnya dan mencegah terjadinya kelongsoran.

Konstruksi dinding turap terdiri dari beberapa lembaran turap yang dipancangkan kedalam tanah, serta membentuk formasi dinding menerus vertikal yang berguna untuk menahan timbunan tanah atau tanah yang berlereng.

Turap terdiri dari bagian-bagian yang dibuat terlebih dahulu (*pre-favricated*) atau dicetak terlebih dahulu (*pre-cast*)

2.1.2 Fungsi Turap

Dalam Pelaksanaan pekerjaan konstruksi sipil turap biasa digunakan untuk berbagai keperluan konstruksi bangunan, seperti :

- a. Struktur penahan air dan atau penahan tanah
- b. Sistem penahan tanah pada galian (sementara/permanen)
- c. Struktur penahan tanah yang berlereng atau curam agar tanah tersebut tidak longsor.
- d. Konstruksi bangunan yang ringan, saat kondisi tanah kurang mampu untuk mendukung dinding penahan tanah.

2.1.3 Jenis-jenis Turap

Tipe – tipe turap dapat dibedakan menurut bahan yang digunakan.

Bahan-bahan turap tersebut bermacam-macam, contohnya : kayu, beton bertulang, dan baja.

a. Turap Kayu

Turap kayu digunakan untuk dinding penahan tanah yang tidak begitu tinggi, karena tidak kuat menahan beban-beban lateral yang besar. Turap ini tidak cocok digunakan pada tanah berkerikil, karena turap cenderung pecah bila dipancang. Bila turap kayu digunakan untuk bangunan permanen yang berada di atas muka air, maka perlu diberikan lapisan pelindung agar tidak mudah lapuk.

b. Turap Beton

Turap beton merupakan balok-balok beton yang telah dicetak sebelum dipasang dengan bentuk tertentu. Turap jenis ini umumnya dalam bentuk unit-unit (*precast members*) dan digunakan berdasarkan perhitungan-perhitungan tegangan terhadap muatan ataupun momen-momennya yang terjadi akibat beratnya unit pada saat pemasangan. Balok-balok pada turap beton, turap dibuat saling mengkait satu sama lain. Masing – masing balok, kecuali dirancang kuat menahan beban-beban yang bekerja pada turap, juga terhadap beban-beban yang akan bekerja pada waktu pengangkatannya. Ujung bawah turap biasanya dibentuk meruncing untuk memudahkan pemancangan.

c. Turap Baja

Jenis turap ini umum dipakai karena sifat-sifatnya sebagai berikut :

1. Tahan terhadap tegangan pemancangan yang tinggi dan berkembang pada bahan yang keras dan berbatu.
2. Mempunyai berat yang relatif ringan.
3. Dapat dipakai berulang-ulang (beberapa kali).
4. Umur pemakaiannya cukup lama, baik diatas maupun dibawah air memakai perlindungan sederhana menurut NBS (1962) yang meringkaskan data tentang sejumlah tiang pancang yang diperiksa setelah pemakaian yang berlangsung lama.

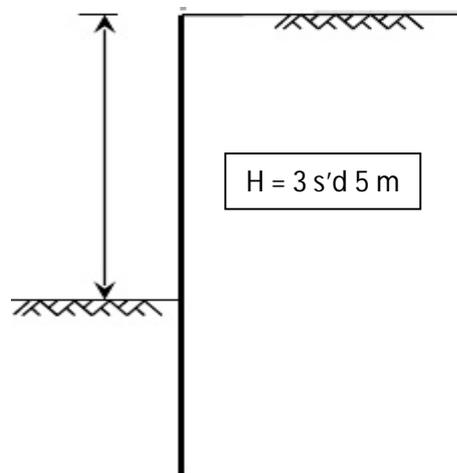
5. Mudah menambah panjang tiang pancang, baik dengan pengelasan atau dengan pemasangan baut.
6. Sambungan-sambungan yang dibuat kecil sekali mengalami deformasi bila di desak penuh dengan tanah dan batuan selama pemancangan.
(sumber : *Jenis Turap dan Turap Kantilever Rekayasa Pondasi II-UMB*)

2.1.4 Tipe – Tipe Dinding Turap

Terdapat 4 Tipe dinding turap yaitu :

1. Dinding Turap Kantilever

Dinding turap kantilever merupakan turap yang dalam menahan beban lateral mengandalkan tahanan tanah di depan dinding. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar pada pemakaian turap kantilever. Karena luas tampang bahan turap yang dibutuhkan bertambah besar dengan ketinggian tanah yang ditahan (akibat momen lentur yang timbul), turap kantilever hanya cocok untuk menahan tanah dengan ketinggian sedang.

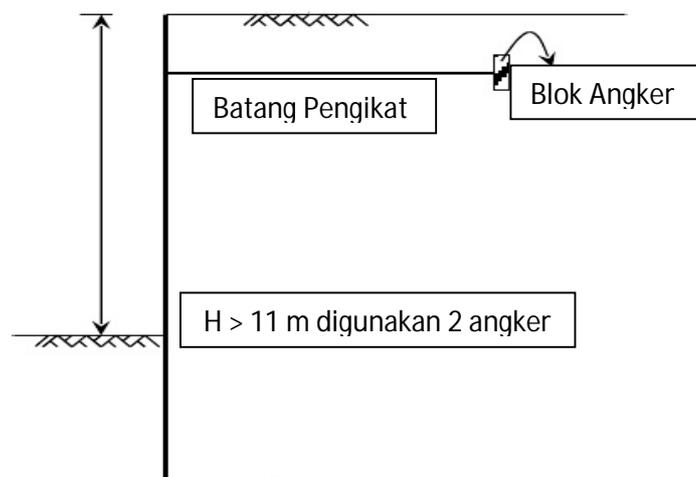


Gambar 2.1. Dinding turap kantilever

2. Dinding Turap Diangker

Dinding turap diangker cocok untuk menahan tebing galian yang dalam, tetapi masih juga tergantung pada kondisi tanah. Dinding turap ini menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian turap yang terpancang ke dalam tanah dengan dibantu oleh angker yang

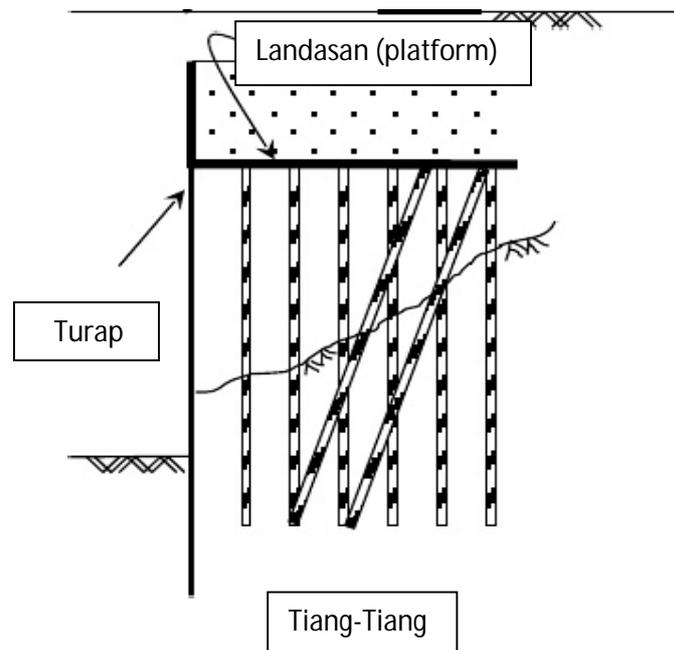
dipasang pada bagian atasnya. Kedalaman turap menembus tanah bergantung pada besarnya tekanan tanah. Untuk dinding turap yang tinggi, diperlukan turap baja dengan kekuatan tinggi. Stabilitas dan tegangan-tegangan pada turap yang diangker bergantung pada banyak faktor diantaranya : kekuatan relatif bahan turap, kedalaman penetrasi turap, kuat geser tanah, keluluhan angker dan lain-lainnya.



Gambar 2.2. Dinding Turap Diangker

3. Dinding Turap Dengan Landasan (*platform*)

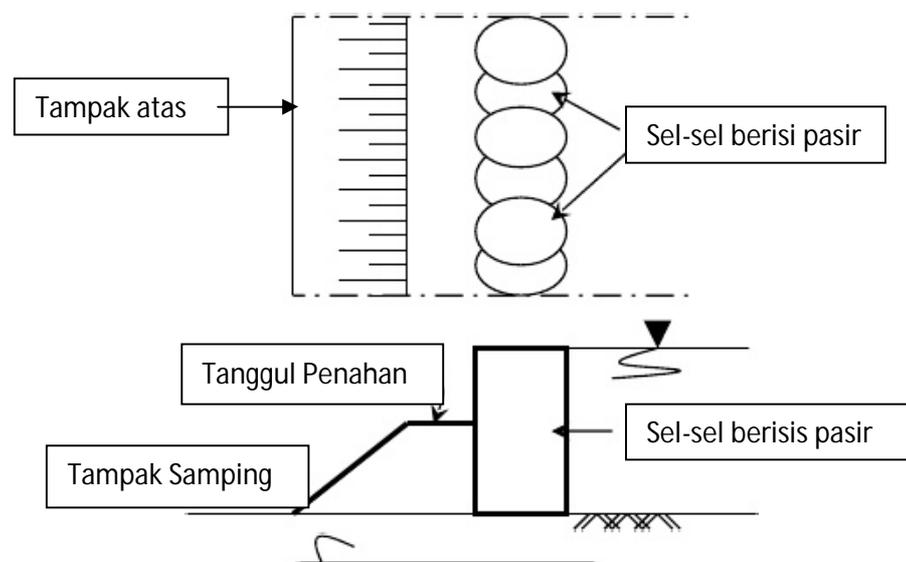
Dinding turap semacam ini dalam menahan tekanan tanah lateral dibantu oleh tiang-tiang tersebut dibuat landasan untuk meletakkan bangunan tertentu. Tiang-tiang pendukung landasan juga berfungsi untuk mengurangi beban lateral pada turap. Dinding turap ini dibuat bila di dekat lokasi dinding turap direncanakan akan dibangun jalan kereta api, mesin derek, atau bangunan-bangunan berat lainnya.



Gambar 2.3. Dinding Turap Dengan Landasan

4. Bendungan Elak Seluler

Bendungan elak seluler (*cellular cofferdam*) merupakan turap yang berbentuk sel-sel yang diisi dengan pasir. Dinding ini menahan tekanan tanah dengan mengandalkan beratnya sendiri.



Gambar 2.4. Bendungan Elak Seluler

(sumber : <http://www.ilmutekniksipil.com/teknik-pondasi/turap>)

2.1.5 Konsep Perencanaan Turap

Berdasarkan hasil penelitian dan survey lapangan yang telah dilakukan pada lokasi yang akan dibangunnya turap ini, serta dengan mempertimbangkan tingkat kesulitan dalam pelaksanaannya, disusun beberapa konsep perencanaan turap antara lain :

1. Turap yang direncanakan tidak mengganggu atau merusak aliran air sungai (tidak mengganggu luas penampang basah sungai)
2. Turap berfungsi sebagai dinding yang dapat menahan kelongsoran tebing sungai dan melindungi tebing sungai terhadap gerusan air.
3. Turap dapat menahan tekanan tanah aktif serta tekanan air dan beban-beban lainnya yang bekerja pada dinding turap.
4. Turap direncanakan memiliki ketahanan jangka panjang pada lingkungan dengan siklus basah, kering dan lembab.
5. Turap juga berfungsi sebagai pelataran terbuka (*open space*) yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan publik.
6. Struktur turap terdiri dari tiang turap, dinding turap dan lantai penutup.
7. Dinding turap memiliki tekanan tanah lateral tanah aktif dan air, sedangkan tiang turap berfungsi memiliki gaya aksial dan lateral yang bekerja pada dinding turap, lantai penutup berfungsi sebagai beban aksial (*counter weight*) dan juga dapat dimanfaatkan sebagai open space.

2.1.6 Metode Perhitungan

Perhitungan stabilitas turap kantilever (*cantilever sheet pile wall*) dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan *free earth method* dan *fixed earth method* dengan memperhitungkan berbagai variasi elevasi muka air pada sisi aktif dan sisi pasif turap. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan momen lentur maksimum (M_{maks}) yang timbul pada turap dan besarnya gaya angkur.

1. Metode Perhitungan Metode Ujung Bebas (*Free Earth Method*)

Dalam metode ini diasumsikan bahwa kedalaman turap tidak mencapai tanah keras sehingga ujung bawah turap tidak cukup kaku dan dapat berotasi.

Kedalaman turap dibawah dasar galian dianggap tidak cukup untuk menahan tekanan tanah yang terjadi pada bagian atas dinding turap.

Anggapan dalam analisis stabilitas turap diangker dengan metode ujung bebas :

- a. Turap merupakan bahan yang sangat kaku dibandingkan dengan tanah disekitarnya.
- b. Kondisi tekanan tanah yang bekerja dianggap memenuhi syarat teori Rankie atau Coulomb.
- c. Turap dianggap berotasi dengan bebas diujung bawah dan tidak diizinkan bergerak secara lateral ditempat angker.

2. Metode Perhitungan Ujung Tetap (*Fixed Earth Method*)

Dalam metode ini diasumsikan bahwa kedalaman turap sudah mencapai tanah keras sehingga ujung bawah turap dianggap kaku. Kedalaman penembusan turap dibawah dasar galian dianggap sudah cukup dalam, sehingga tanah dibawah dasar galian mampu memberikan tahanan pasif yang cukup untuk mencegah ujung bawah turap berotasi.

Anggapan dalam analisis stabilitas turap diangker dengan metode ujung tetap :

- a. Kondisi tekanan tanah yang bekerja dianggap memenuhi syarat teori Rankie atau Coulomb.
- b. Turap bebas berotasi, namun tidak diizinkan bergerak pada angkernya.
- c. Titik balik ditentukan dari teori alastisitas.

Pada metode ujung tetap hanya cocok untuk turap yang secara keseluruhan terletak dalam tanah granuler.

Untuk menghitung stabilitas turap dipakai persamaan tekanan tanah dengan rumus sebagai berikut :

$$P_p = h \tan^2(45^\circ + \frac{1}{2}\theta) + 2c \tan(45^\circ + \frac{1}{2}\theta)$$

$$P_a = (q + h) \tan^2(45^\circ - \frac{1}{2}\theta) - 2c(45^\circ - \frac{1}{2}\theta)$$

- Dimana , Pa : Tekanan tanah aktif (t/m²)
- Pp : Tekanan tanah pasif (t/m²)
- q : Beban yang harus ditahan (t/m²)
- γ : Berat volume tanah dibawah air (t/m³)
- h : Jarak dari permukaan tanah (m)
- θ : Sudut geser dalam untuk tanah (°)
- c : Kohesi tanah (t/m²)

(sumber : *Teknik Pondasi II, Hary Christady Hardianto (2006:16)*)

Cara Menghitung Koefisien Tekanan Tanah yaitu dengan cara sebagai berikut :

$$K\alpha = K\alpha' = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ}$$

$$Kp = Kp' = \frac{1 + \sin 30^\circ}{1 - \sin 30^\circ}$$

$$K = K' = Kp - K\alpha$$

(sumber : *Desain Beton Bertulang Jilid 2 oleh Jack C. McCormac Clemson Universityhal. 58*)

2.2 Pelat Lantai

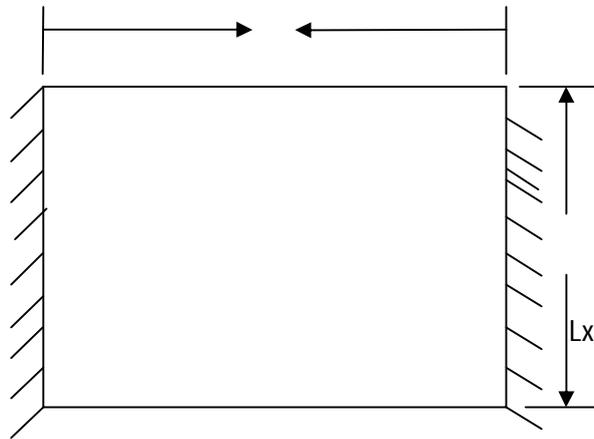
Pelat beton bertulang pada suatu struktur bangunan dipakai pada lantai dan atap. Pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*).

1. Pelat Satu Arah (One Way Slab)

Ciri –ciri Pelat Satu Arah:

- Pelat yang ditumpu pada tepi yang berhadapan

- Pelat persegi yang ditumpu pada keempat sisinya dengan bentang panjang (L_y) dibagi bentang pendek (L_x) lebih besar.

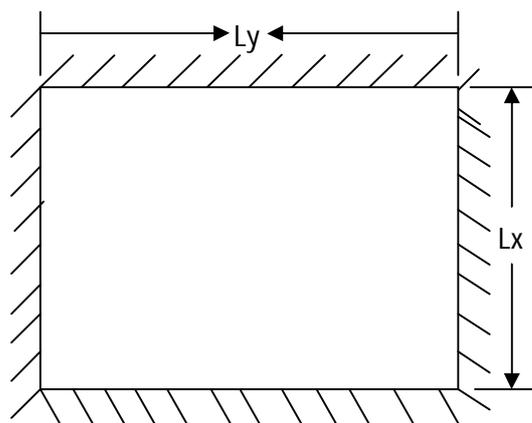


Gambar 2.5. Pelat Satu Arah

2. Pelat Dua Arah (Two Way Slab)

Ciri –Ciri Pelat Dua Arah

- Pelat yang ditumpu keempat sisinya
- Pelat yang ditumpu ketiga sisinya yang tidak saling berhadapan
- Pelat yang ditumpu keempat sisinya, kedua sisinya saling berhadapan
- Bentang panjang (L_y) dibagi bentang pendek lebih kecil dari dua



Gambar 2.6. Pelat Dua Arah

(sumber : *Sistem Pelat Lantai Struktur Beton II*)

2.2.1 Perencanaan dan Perhitungan Pelat Lantai

Untuk menghitung perencanaan pada pelat beton beberapa perhitungan yang harus dilakukan antara lain, yaitu :

a. Penentuan tebal pelat, meliputi :

1) Pelat satu arah

adapun langkah-langkah dalam merencanakan pelat satu arah adalah sebagai berikut :

- Menentukan tebal pelat (SKSNI T-15-1991-03)
- Pembebanan pelat lantai dengan memakai beban terfaktor
- Distribusi momen pelat dilakukan dengan cara tebal atau dengan perhitungan analitis.
- Menggambar tulangan pelat.

Tabel 2.1 Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Komponen Struktur	Tebal Minimum, h			
	Dua Tumpuan Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat Masif Satu Arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau Pelat Rusuk Satu Arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Catatan : Panjang bentang dalam milimeter = bentang bersih + tebal kolom =

Jarak dari as ke as

Nilai yang diberikan harus langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut :

1. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana W_c adalah berat jenis dalam 1500 kg/m^3 .
2. Untuk f_y selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.
 - a. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung kombinasi pembebanan (W_u).

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

DD = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

LL = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

(sumber : *Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK. SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI, Istimawan Dipohusodo*)

- b. Menghitung momen rencana (M_u) dengan metode pendekatan (SNI 2002, pasal 8.3.3) sebagai alternatif. 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 haruslah minimum dua
 2. Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang disebabkan 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 prismatis.

(sumber : SNI-03-2847-2002. *Perencanaan Pelat Beton 1 (satu) Arah*)

2) Pelat dua arah

Pelat dua arah yang ditumpu pada keempat tepinya adalah struktur statis tak tentu, seperti pada pelat satu arah pemakaian tabel dibatasi beberapa syarat:

- Bebanterbagi rata;
- Perbedaan yang terbatas antara besarnya beban maksimum dan minimum pada panel atau lekukan di pelat:

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

- Perbedaan yang terbatas antara beban maksimal pada panel yang berbeda-beda:

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

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

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metoda amplop' x q_d lantai $\cdot l_x$	$\frac{l_y}{l_x}$												
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0				
I		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{txx} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{ly}$	41	54	67	79	87	97	110	117				
			41	35	31	28	26	25	24	23				
			II		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{txx} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tyy} = -0,001 q l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65	
						25	22	18	15	15	15	14	14	
						51	63	72	78	81	82	83	83	
51	54	55				54	54	53	51	49				
III		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{txx} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tyy} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{ly}$				30	41	52	61	67	72	80	83	
			30	27	23	22	20	19	19	19				
			68	84	97	106	113	117	122	124				
			68	74	77	77	77	76	73	71				
			IV A		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{tyy} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{lx}$	24	36	49	63	74	85	103	113	
33	33	32				29	27	24	21	20				
69	85	97				105	110	112	112	112				
IV B		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{txx} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{ly}$				33	40	47	52	55	58	62	65	
						24	20	18	17	17	17	16	16	
			69	76	80	82	83	83	83	83				
			V A		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{tyy} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{ly}$	31	45	58	71	81	91	106	115	
						39	37	34	30	27	25	24	23	
91	102	108				111	113	114	114	114				
V B		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{txx} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{ly}$				39	47	57	64	70	75	81	84	
						31	25	23	21	20	19	19	19	
			91	98	107	113	118	120	124	124				
			VI A		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{txx} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tyy} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{lx}$	25	36	47	57	64	70	79	83	
						28	27	23	20	18	17	16	16	
54	72	88				100	108	114	121	124				
60	69	74				76	76	76	73	71				
VI B		$m_{lx} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 q l_x^2 x$ $m_{txx} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tyy} = -0,001 q l_x^2 x$ $m_{tiy} = \frac{1}{2} m_{ly}$				28	37	45	50	54	58	62	65	
			25	21	19	18	17	17	16	16				
			60	70	76	80	82	83	83	83				
			54	55	55	54	53	53	51	49				

Tabel 2.2 momen yang bekerja pada pelat

Tabel di atas menunjukkan momen lentur yang bekerja pada jalur selebar 1 meter, masing-masing pada arah x dan pada arah y:

M_{lx} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-x;

M_{ly} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-y;

M_{tx} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-x;

M_{ty} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-y;

M_{tx} adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah-x;

M_{ty} adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah-y.

Adapun langkah-langkah dalam merencanakan pelat dua arah adalah sebagai berikut :

- Menentukan tebal minimum dari pelat atau konstruksi dua arah lainnya yang direncanakan berdasarkan ketentuan, yaitu panel harus berbentuk persegi panjang dengan rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendek diukur antara sumbu kesumbu tumpuan, tidak lebih dari 2 (SKSNI T-15-1991-03).
- Tebal dari pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan standar yang berlaku (SKSNI T-15-1991-03), yaitu :

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y'}{1500}\right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0.12\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y'}{1500}\right)}{36 + 9\beta}$$

Dan tidak boleh lebih dari :

$$h = \frac{\ln \left(0.8 + \frac{f_y'}{1500} \right)}{36}$$

(sumber : *Desain Beton Bertulang Jilid 2 oleh Jack C. McCormac Clemson Universityhal. 183*)

Dalam segala hal, tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

Untuk $\alpha_m < \text{dari } 2,0$ tebal minimum adalah 120 mm

Untuk $\alpha_m > \text{dari } 2,0$ tebal minimum adalah 90 mm

Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya harus kurang dari nilai berikut :

Tabel 2.3 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

TEGANGAN LELEH f_y (Mpa)	TANPA PENEBALAN		DENGAN PENEBALAN			
	PANEL EXTERIOR		PANEL INTERIOR	PANEL EXTERIOR		PANEL INTERIOR
	BALOK PINGGIR			BALOK PINGGIR		
	Ya	Tidak		Ya	Tidak	
300	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$
400	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$	$\frac{ln}{33}$
500	$\frac{ln}{28}$	$\frac{ln}{31}$	$\frac{ln}{31}$	$\frac{ln}{31}$	$\frac{ln}{34}$	$\frac{ln}{34}$

- b. Pembebanan pelat dengan beban ultimate

$$W_U = 1.2 W_D + 1.6 W_L$$

(sumber : *Struktur Beton Bertulang* berdasarkan SK. SNI T-15-1991-03
Departemen Pekerjaan Umum RI, Istimawan Dipohusodo)

- c. Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y

$$M_x = 0.001 \times W_U \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_y = 0.001 \times W_U \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

- d. Mencari data dan menentukan tulangan dari momen yang didapat :

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

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

Apabila $\rho < \rho_{min}$ maka dipakai ρ_{min} .

- e. Menggambar tulangan pelat

- Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

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

- Menentukan nilai k_{perlu} .

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

Menentukan nilai rasio tulangan (ρ)

$$\text{Syarat : } \rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

$$\rho_{min} = 0,75 \frac{0,85 f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Jika $\rho_{min} > \rho$ maka pakai ρ_{min}

Jika $\rho_{maks} < \rho$ maka pakai ρ_{maks}

(sumber : *SNI T-15-1991-03. Perencanaan Pelat Dua Arah*)

Setelah pembebanan Balok selesai Dapat di analisis menggunakan program SAP 2000 V14

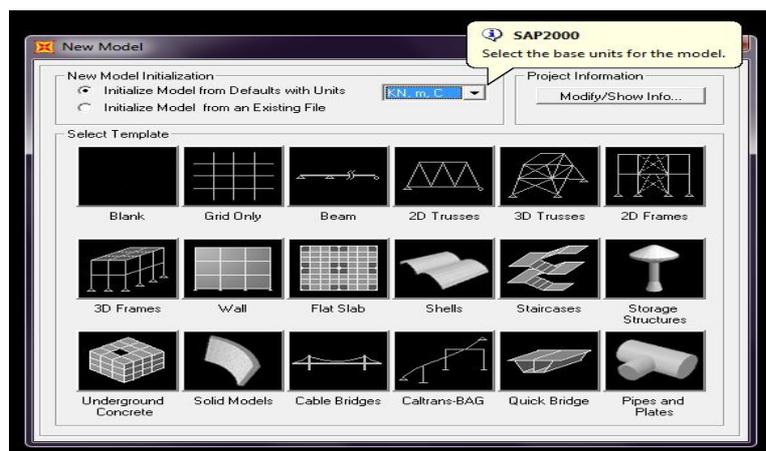
Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan program SAP 2000 V14

1. Buat model struktur klik **File >New model**



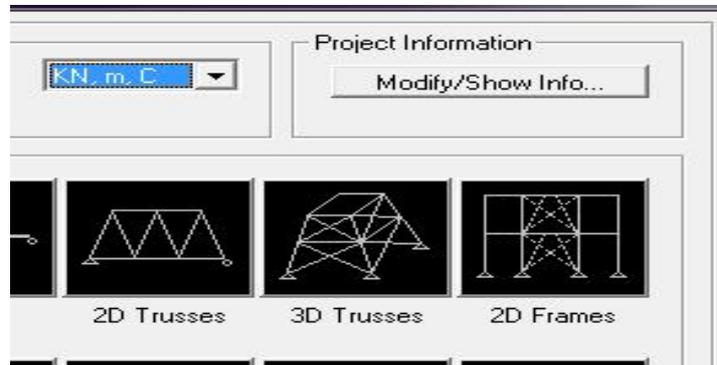
Gambar 2.7. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

2. Pada kotak *New Model Initialization* pilih *Initialize Model From Defaults With Units*. Setelah itu atur satuan menjadi **KN/m/C**.



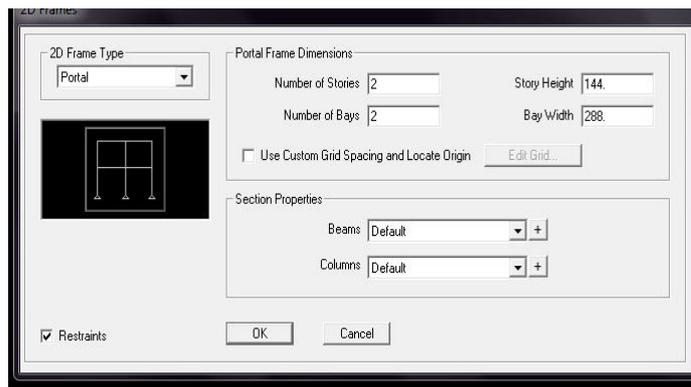
Gambar 2.8. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

3. **Pilih model Balok 2D Frames**, input lebar dan tinggi Balok sesuai perencanaan.



Gambar 2.9. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

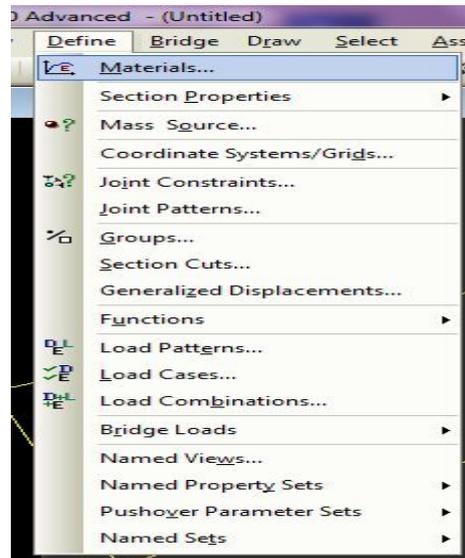
4. Atur jarak dan jumlah balok sesuai dengan cara mengisi di kotak *number of spans dan span length* > klik ok.



Gambar 2.10. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

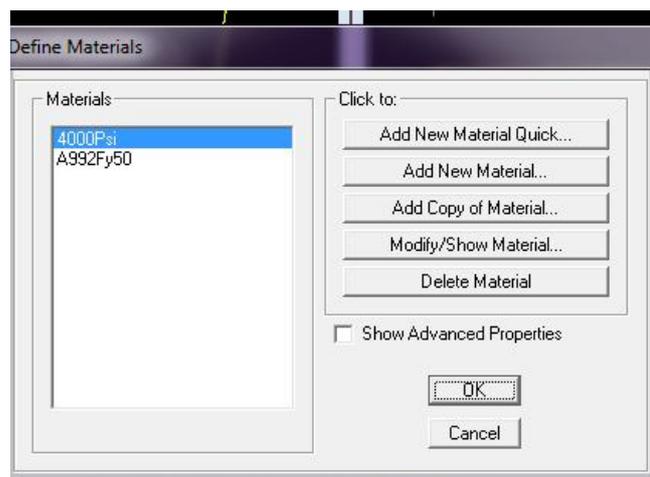
5. Sebelum memulai analisis disarankan untuk menyimpan data SAP 2000 V14 untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan, dengan cara klik **File > Save**.
6. Input data material, masukan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang akan digunakan.

Klik *Define > Material > Add New Material*



Gambar 2.11. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

Pada kotak Define Materials Klik *Add New Material* > *Klik OK*



Gambar 2.12. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

Atur Material sesuai perencanaan , misal material **beton dengan $f_c' 30$ Mpa** > **Selanjutnya Klik Ok**

Material Property Data

General Data
 Material Name and Display Color: Beton
 Material Type: Concrete
 Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass
 Weight per Unit Volume: 24
 Mass per Unit Volume: 2.4473
 Units: KN, m, C

Isotropic Property Data
 Modulus of Elasticity, E: 1.999E+08
 Poisson's Ratio, U: 0.3
 Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05
 Shear Modulus, G: 76903069

Other Properties for Concrete Materials
 Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 30000
 Lightweight Concrete
 Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

Define Materials

Materials
 4000Psi
 A992Fy50
 Beton

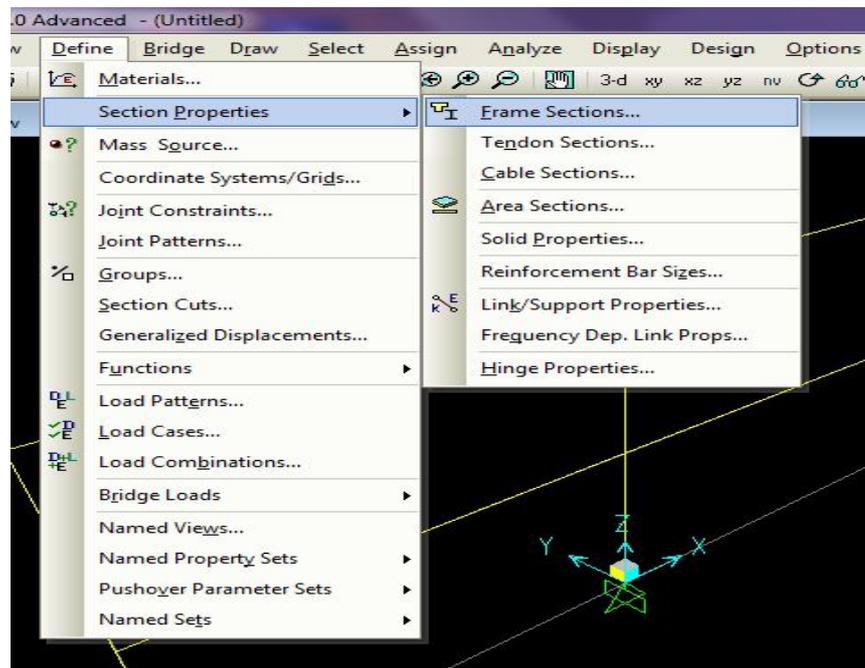
Click to:
 Add New Material Quick...
 Add New Material...
 Add Copy of Material...
 Modify/Show Material...
 Delete Material

Show Advanced Properties

OK
 Cancel

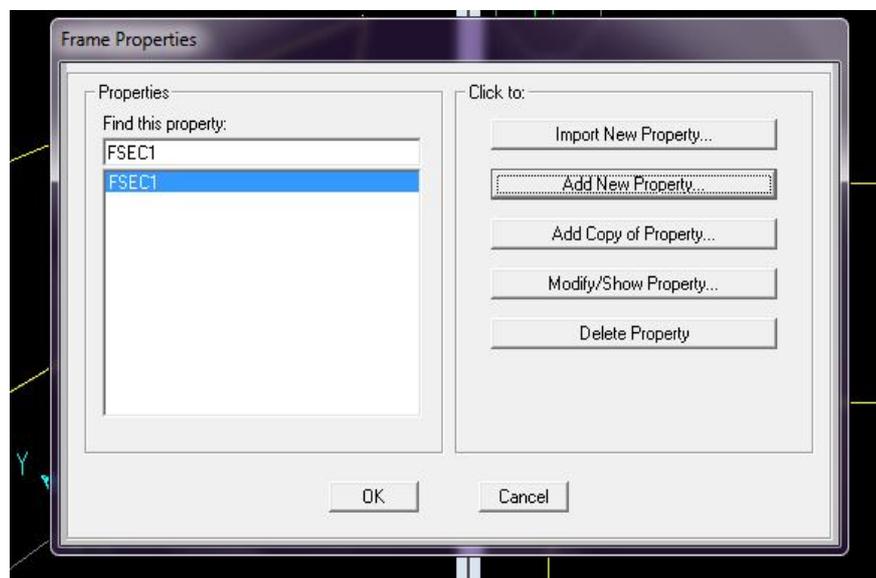
Gambar 2.13. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

7. Selanjutnya input data dimensi Kolom, Balok induk, dan Balok anak dengan cara *Klik define > Section properties > Frame section*



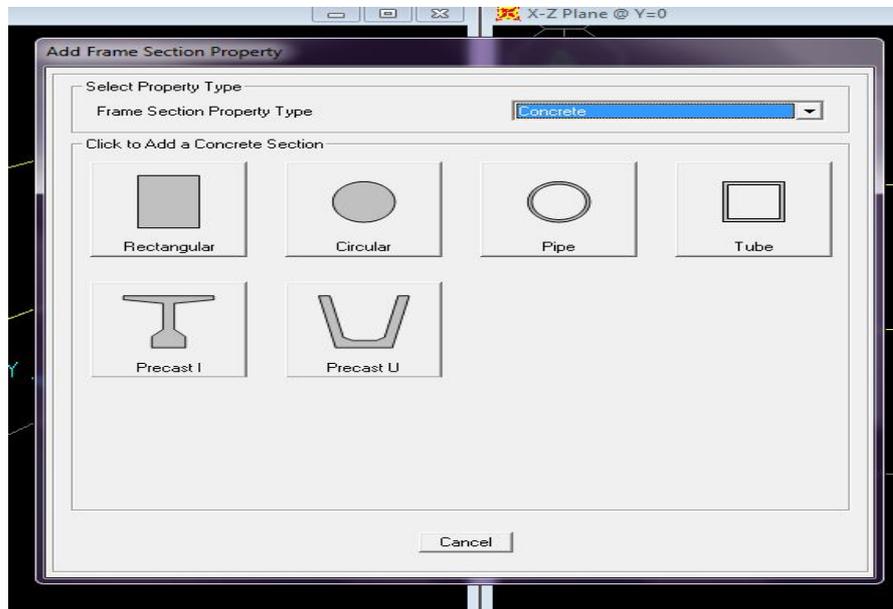
Gambar 2.14. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

Pada kotak frame properties pilih *Add new property*



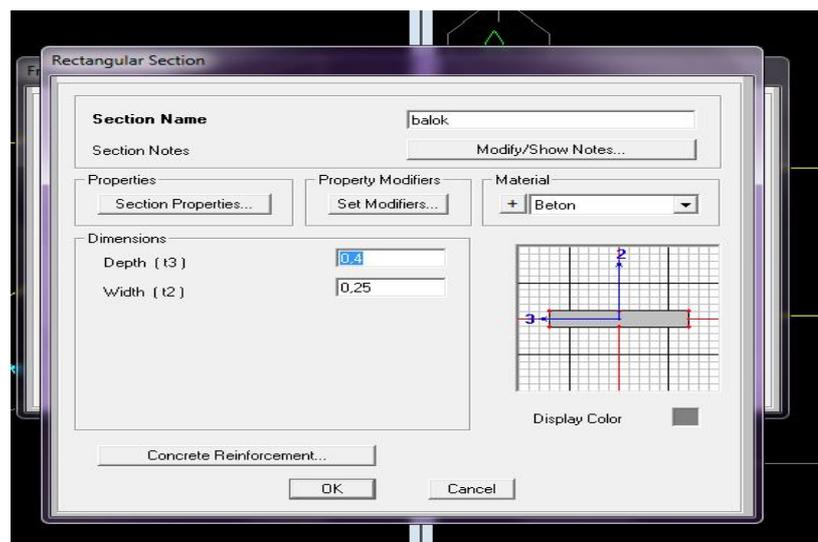
Gambar 2.15. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

Pada kotak frame section property type **pilih concrete** > **pilih Rectangular**

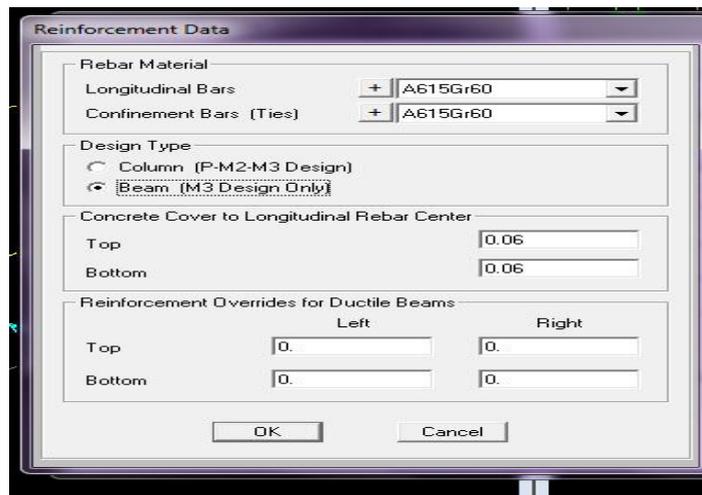


Gambar 2.16. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

Pada kotak section name **ganti dengan nama Balok** (jika ingin membuat dimensi balok) > Pada kotak material ubah menjadi **beton** > pada kotak dimensi ubah dan atur tinggi balok.

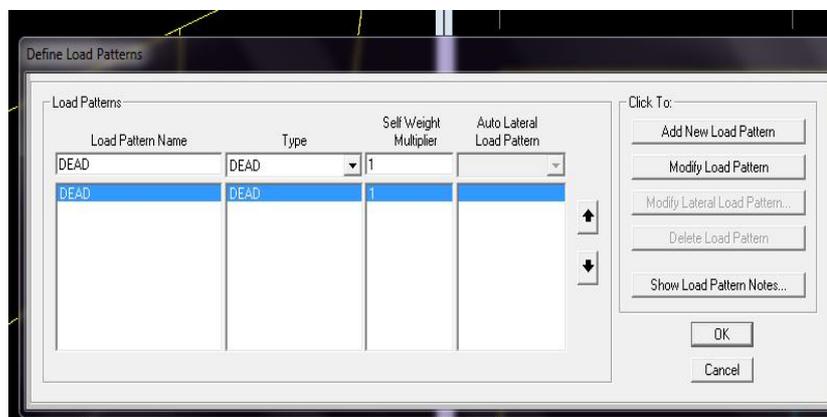
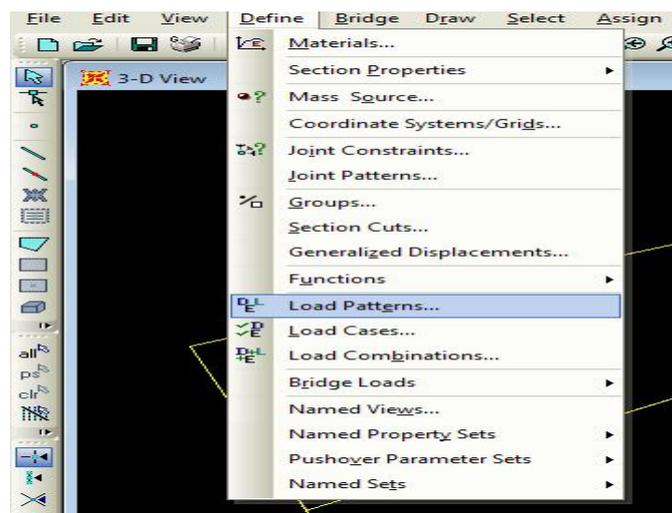


Gambar 2.17. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000



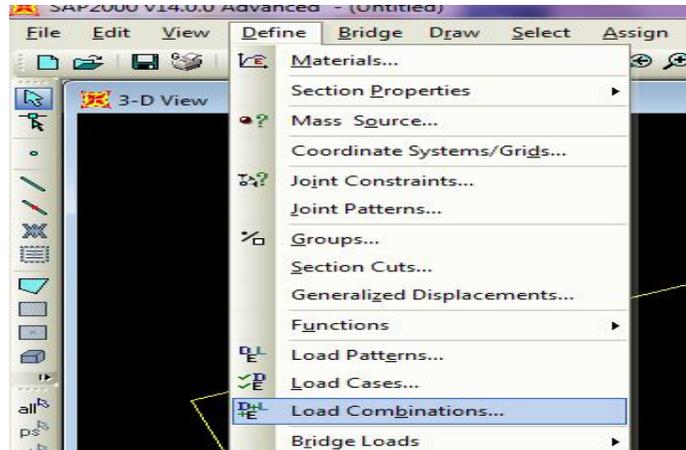
Gambar 2.18. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

8. Atur pola pembebanan dengan cara klik **Define > Load Patterns**.



Gambar 2.19. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

9. Atur kombinasi beban dengan cara klik *Define > Load Combination > Add New Combo*



Gambar 2.20. Perhitungan Balok Dengan SAP 2000

2.3 Perencanaan Balok

Balok merupakan suatu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam momen lentur dan juga geser. Balok juga merupakan bagian struktur yang berfungsi sebagai penghubung dari struktur kolom dan juga menahan pelat lantai. Langkah-langkah perencanaan balok yaitu :

- Mutu beton (f_c) dan baja (f_y) ditentukan terlebih dahulu.
- Mengambil momen-momen maksimum yang terjadi pada setiap tingkat dari pembebanan balok.
- Menentukan tinggi efektif (d) dari balok yang ditinjau. (*Istimawan Dipohusodo, 1994*)

$$\text{Tinggi efektif (d)} = h - s - \frac{1}{2} \text{Ø Tulangan Utama}$$

- Bila momen yang terjadi pada balok yang ditinjau ditumpuan akibat momen negatif, maka penulangannya berdasarkan balok biasa (segi empat) dan bila momen yang terjadi di lapangan akibat momen positif maka penulangan balok berdasarkan balok T atau balok L.
- Menentukan nilai $\frac{Mu}{bd^2}$ untuk mendapatkan rasio penulangan (*Istimawan Dipohusodo, 1994*)
- Mengontrol nilai ρ . (*Istimawan Dipohusodo, 1999:462*)

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

Apabila $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

g. Menghitung tulangan yang dibutuhkan. (*Istimawan Dipohusodo, 1994*)

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

Dimana :

H = Tinggi balok (mm)

b = Lebar balok (mm)

d = H - d' (mm)

A_s = Luas tulangan bawah (mm²)

A_s' = Luas tulangan atas (mm²)

S = Selimut beton (mm)

d' = Selimut beton - Ø Senggang - $\frac{1}{2}$ Ø Tulangan Utama (mm)

Dalam merencanakan balok asumsikan terlebih dahulu balok bertulangan rangkap, selanjutnya

1. Hitung Mu max
2. Tentukan dimensi balok
3. Hitung MR maks balok

$$MR_{\max} = \phi b d^2 k_{\max}$$

K maks dan ρ_{\max} didapat dari tabel Istimawan berdasarkan f_c' dan f_y .

Jika $MR < Mu$, rencanakan balok bertulangan rangkap.

Jika $MR > Mu$, rencanakan balok bertulangan tarik saja.

4. Jika direncanakan balok bertulangan rangkap, hitung

$$\rho = 0,9 \cdot \rho_{\max}$$

ρ_{\max} didapat dari tabel Istimawan

5. Hitung gaya beton tekan dan baja tulangan tarik

$$MR_1 = \phi b d^2 k$$

$$AS_1 = \rho \cdot b \cdot d$$

6. Hitung gaya tulangan baja tekan = baja tarik

$$MR_2 = MU - MR_1$$

$$TS_2 = \frac{MR_2}{\phi \cdot (d - d')}$$

7. Selanjutnya hitung gaya tekan beton dan gaya tulangan baja tarik.

$$a = \frac{AS_1 \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$a = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

8. Berdasarkan diagram regangan tulangan baja tekan maupun tarik

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$s' = \frac{x-d}{x} (0,003)$$

Dengan anggapan tulangan baja tarik leleh, jika :

$s' \geq \epsilon_y$ tulangan baja tekan telah leleh maka $f_s' = f_y$, sedangkan

apabila $s' \leq \epsilon_y$, hitung $f_s' = s' \cdot E_s$

Hitung $AS_2 = \frac{TS_2}{f_s'}$

9. Hitung $AS = AS_1 + AS_2$

Tentukan diameter tulangan yang digunakan, gambarkan tulangan dan periksa penempatan tulangan.

10. Analisis Balok Bertulangan Rngkap

Anggap bahwa segenap tulangan (tarik dan tekan telah leleh), dengan menggunakan pasangan gaya tekan beton dan gaya tulangan baja tarik, hitung :

$$a = \frac{AS^1 \cdot fy}{0,85 \cdot fc \cdot b}$$

$$x = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

11. Berdasarkan diagram regangan tulangan baja tekan maupun tarik

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es}$$

$$s' = \frac{x-d}{x} (0,003)$$

Dengan anggapan $\epsilon_{s'} \geq \epsilon_y$ maka akan timbul dua kondisi :

Kondisi 1 $\epsilon_{s'} \geq \epsilon_y$ = tulangan baja tekan leleh

Kondisi 1 $\epsilon_{s'} \leq \epsilon_y$ = tulangan baja tekan belum leleh

12. Kondisi 1, hitung :

$$MT_{s1} = AS_1 \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$MT_{s2} = AS_2 \cdot fy (d - d)$$

$$M_n = MT_{s1} + MT_{s2}$$

$$MR = \phi M_n$$

Kondisi 2, hitung nilai x dengan persamaan:

$$(0,85 \cdot fc \cdot b \cdot \beta_1)x^2 + (600 \cdot AS_2 - AS \cdot fy)x - 600 \cdot d \cdot AS_2 = 0$$

13. Jika $MR > MU$ maka balok tersebut Aman

14. Hitung ρ aktual = $\frac{AS_1}{b \cdot d}$, ρ maks dari tabel, dan ρ min = $\frac{1,4}{fy}$

Jika ρ min $< \rho$ aktual $< \rho$ maks syarat terpenuhi

15. Terakhir Hitung b perlu balok.

(sumber : sanggapramana.wordpress.com category perhitungan balok)

2.4 Perencanaan Pondasi

Tiang pancang adalah suatu konstruksi pondasi dengan dasar yang berstruktur besar karena memiliki daya dukung besar. Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tersebut berdasarkan :

1. Fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
2. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas.
3. Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan.

2.4.1 Penggolongan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang dapat digolongkan berdasarkan yaitu :

1. Material atau Bahan yang Digunakan :
 - a. Pondasi Tiang Kayu.
 - b. Pondasi Tiang Beton.
 - c. Pondasi Tiang Baja.
 - d. Pondasi Tiang Komposit (Gabungan antara Kayu dengan Beton atau Baja dengan Beton).
2. Teknik Pemasangan :

Pondasi tiang beton berdasarkan teknik pemasangan dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

- a) Pondasi tiang beton pra cetak (*pre-cast concrete pile*)

Pondasi tiang beton pra cetak disebut juga pondasi tiang pancang beton, yaitu pondasi tiang beton yang dicetak terlebih dahulu di tempat lain atau dibuat di pabrik (*prefabricated pile*) dan baru dipancang sesuai umur beton setelah ± 28 hari (untuk beton konvensional), sedang untuk

beton dengan menggunakan bahan tambah (*additive*), waktu dapat lebih dipersingkat. Panjang tiang terbatas sesuai dengan alat transport yang ada (*trailer*), untuk kedalaman yang cukup besar biasanya jenis tiang ini diperlukan penyambungan. Kemudian dipancangkan di tempat yang telah ditentukan.

Pondasi tiang pancang beton, ujungnya dapat dibuat runcing seperti ujung pensil ataupun rata. konstruksinya bisa menggunakan beton konvensional maupun beton pra tegang (*prestress*). Jumlah tulangan ditentukan berdasarkan momen yang terjadi pada saat tiang akan diangkat dan perencanaan konstruksi tiang disesuaikan dengan peraturan Beton Bertulang Indonesia.

Cara pengangkutan tiang beton bertulang dapat dilakukan sebagai berikut:

- 1) Satu tumpuan, bila ukuran tiang pendek.
- 2) Dua tumpuan, bila ukuran tiang panjang.

Dalam hal ini yang penting diusahakan besarnya momen positif sama dengan momen negatif dengan cara menggeser letak tumpuan.

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang beton yaitu berkisar antara 30-50 ton. Kelemahan dari pondasi tiang pancang beton adalah dalam hal pembuatan maupun penanganan setelah selesai dibuat. Diperlukan tempat yang relatif luas untuk pencetakannya, memerlukan waktu untuk siap dipancangkan, memerlukan peralatan berat untuk penanganan transportasi maupun pemancangannya.

b) Pondasi tiang beton cor di tempat (*cast-in place concrete pile*)

yaitu pondasi tiang beton yang dalam pelaksanaannya dilakukan dengan pengeboran tanah terlebih dahulu. Keuntungan penggunaan pondasi ini antara lain :

1. Tidak menimbulkan kebisingan yang berarti
2. Tidak menimbulkan getaran yang kuat terhadap bangunan disekitarnya karena pembuatannya dengan sistem bor.

Pondasi ini sangat cocok bila digunakan pada tempat-tempat yang padat oleh bangunan-bangunan, karena tidak terlalu bising dan getarannya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap bangunan disekitarnya. Namun pembuatan pondasi ini memerlukan alat berat, sehingga hanya digunakan pada pekerjaan atau proyek yang besar-besar saja.

Contoh : Pondasi Tiang Franki, Pondasi Tiang Raymond, Pondasi Tiang bor, Pondasi Tiang Strauss,dll.

3. Cara Penyaluran Bebannya :
 - a. Pondasi Tiang dengan Daya Dukung Ujung (*End Bearing Pile*).
 - b. Pondasi Tiang dengan Daya Dukung Gesek (*Friction Pile*).
 - c. Pondasi Tiang dengan Daya Dukung Kombinasi Daya Dukung Ujung dan Daya Dukung Gesek.

(sumber : *Perencanaan Pondasi Tiang Pancang*)

2.4.2 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung besarnya daya dukung Ultimate tiang tunggal adalah :

$$Q_{all} = \left(\frac{NK.A}{3} \right) + \left(\frac{JHP.O}{5} \right)$$

Berdasarkan data sondir diperoleh

NK =

JHP =

Dimana :

Q_{all} = Daya dukung ijin tiang tunggal (Kg)

NK = Nilai konus rata-rata pada ujung tiang (Kg/cm²)

JHP	= Jumlah hambatan pelekat rata-rata (Kg/cm)
A	= Luas penampang tiang (cm ²)
A	= $\frac{1}{4} \pi (d_1^2 - d_2^2)$
O	= Keliling Tiang (cm)
O	= πd

2.4.3 Kontrol Gaya yang Dipikul Terhadap Gaya Ijin Tiang

Untuk kontrol gaya yang dipikul tiap tiang terhadap daya dukung jin tiang, harus memenuhi syarat sebagai berikut :

Gaya yang dipikul tiap tiang < Daya Dukung Ijin Tiang

Gaya yang dipikul tiap tiang adalah total beban mati dan beban bergerak.

Pembebanan :

- Akibat beban Mati
- Akibat beban hidup

Kombinasi pembebanan (SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.2 hal 13)

Total beban = 1,2 D + 1,6 L

Apabila diasumsikan tiap tiang memikul beban yang sama, sehingga total beban dapat dibagi dengan jumlah tiang

$$\text{Beban yang diipikul per tiang} = \frac{\text{TotalBeban}}{\text{JumlahTiangPancang}}$$

2.4.4 Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok

Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini disebabkan jika tiang pancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah.

Stabilitas kelompok tiang tergantung pada :

1. Kemampuan tanah disekitar tiang dan dibawahnya
2. Pengaruh konsolidasi tanah yang terletak dibawah kelompok tiang.

Untuk menentukan daya dukung tiang maka harus dihitung dulu faktor efisiensi dari tiang tersebut dalam kelompok, karena daya dukung sebuah tiang

berdiri sendiri tidak sama besar dengan tiang yang berada dalam suatu kelompok. Perumusan dari *Uniform Building Code* dari AASHTO adalah :

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

Dimana :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

M = Jumlah tiang dalam deretan baris

n = Jumlah tiang dalam deretan kolom

θ = arc tan (d/s) dalam derajat

s = Jarak antar tiang (as ke as)

d = Diameter

$$\text{Daya Dukung Ijin Tiang Tunggal} = \frac{\text{Beban}}{FK}$$

Dimana Fk = Faktor keamanan (2-3)

Kapasitas daya dukung Tiang kelompok

$$Q_{ijin} = E \times n \times Q_{ijin} \text{ individual}$$

$$= E_g \times \text{jumlah tiang} \times \text{daya dukung ijin tiang tunggal}$$

(sumber : *Analisa dan Desain Pondasi, Joseph E. Bowles Jilid 2*)

Tabel 2.4 Beban Ijin Pondasi Tiang

Jenis Tiang	Beban Ijin (ton)
Kayu	15 – 30
Komposit	20 – 30
Beton cor ditempat	30 – 50
Beton precast	30 – 50
Pipa baja diisi beton	40 – 60
Baja profil H, I	30 – 60

Sumber : *Analisa dan Desain Pondasi, J.E Bowles Hal 354*

Tabel 2.5 Panjang Pondasi Tiang

Jenis Tiang	Panjang maksimum (m)
Kayu	15 – 18
Komposit	45
Beton cor ditempat	15 – 30
Beton precast	15 – 18
Pipa baja diisi beton	Tak terbatas
Baja profil H, I	Tak terbatas

Sumber : *Analisis dan Desain Pondasi, J.E Bowles Hal 354*

2.5 Pengelolaan Proyek

Merencanakan, melaksanakan dan mengendalikan suatu proyek merupakan kegiatan yang relatif kompleks dan sulit dilakukan karena dituntut untuk memperhatikan berbagai aspek seperti waktu, biaya, sumber daya, perkembangan pencapaian tujuan, dan masih banyak lagi. Proyek berbeda dengan yang dilakukan sehari-hari karena tujuan proyek adalah tertentu, bukan peristiwa rutin. Karena tidak rutin, proyek memerlukan perencanaan, pelaksanaan dan pemanfaatan untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan secara efektif dan efisien. Dengan demikian penyelesaian proyek dapat tepat waktu, pelaksanaan proyek membutuhkan dana yang tidak terlalu besar dari yang sudah direncanakan, dan dapat menggunakan sumber daya seefisien mungkin.

Langkah –langkah pengelolaan proyek :

- a. Merencanakan anggaran biaya yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek yang disesuaikan dengan rencana kerja dan syarat-syarat.
 - RKS (Rencana Kerja dan Syarat-Syarat).(Tubagus Haedar Ali, 1995)
RKS Rencana Kerja dan Syarat-Syarat merupakan ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan.
 - Rencana Anggaran Biaya .(Tubagus Haedar Ali, 1995)

Rencana Anggaran Biaya merupakan perencanaan biaya untuk menentukan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Dengan demikian RAB dapat memberikan gambaran mengenai besar biaya yang diperlukan dan pelaksanaannya.

b. Perencanaan penjadwalan proyek dengan menggunakan Net Work Planning (NWP) dan Barchart serta Kurva S.

➤ (NWP) Net Work Planning.(Tubagus Haedar Ali, 1995)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan dibutuhkan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP merupakan sebuah alat manajemen yang dapat lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan untuk pelaksanaan pekerjaan di lapangan agar kegiatan dapat selesai sesuai yang direncanakan.

➤ Barchart dan Kurva S. (Tubagus Haedar Ali, 1995)

Barchart merupakan bentuk diagram batang yang bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan bobot pekerjaan yang perlu dicapai.

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal hingga akhir, yang merupakan persentase dimana diperoleh dari perbandingan antara harga atau nilai suatu pekerjaan dengan harga total keseluruhan pekerjaan.