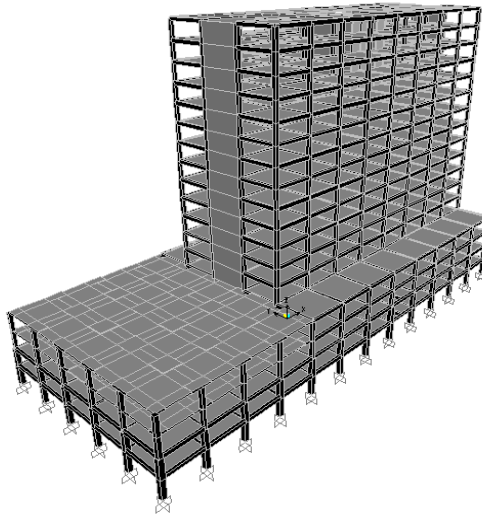


BAB III

ANALISIS STRUKTUR

3.1. Pemodelan Struktur

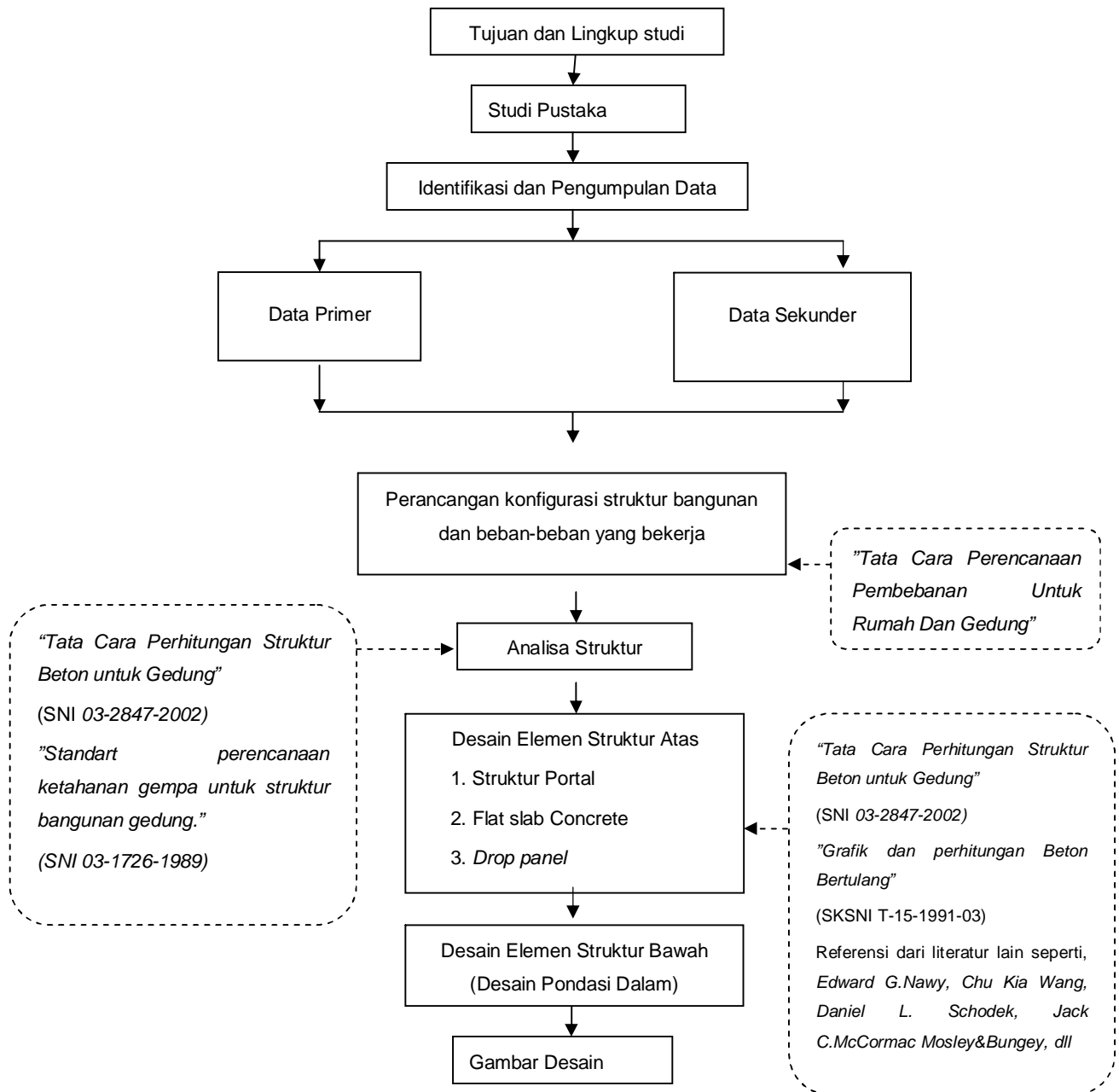
Struktur bangunan Hotel Gumaya Tower terdiri dari dua bagian bangunan yang menjadi satu. Kedua bagian bangunan dimodelkan dalam satu struktur tanpa dilakukan dilatasi karena mengingat fungsi bangunan sebagai hotel yang sangat memperhatikan aspek estetika. Bangunan bagian depan memiliki 15 lantai dan 1 lantai semi *basement* dan 1 lantai *basement* dengan sistem portal dan rangka pemikul beban lateral (*shear wall* dan *core wall*) . Bangunan bagian belakang memiliki 2 lantai dengan sistem pelat *flat slab*, 1 lantai semi *basement* dan 1 lantai *basement*. Pemodelan struktur 3D ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Pemodelan Struktur 3D

3.2. Perencanaan Struktur

Tahap-tahap perencanaan dan analisis perhitungan struktur pada Tugas Akhir ini dilaksanakan pada seluruh struktur bangunan gedung, dengan alur perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Flowchart Perencanaan Struktur

Setelah dilakukan perencanaan konfigurasi struktur (permodelan struktur frame 3 dimensi), kemudian analisis struktur dilakukan dengan bantuan program SAP 2000 vs.10. Output yang dihasilkan berupa gaya-gaya dalam (momen, gaya geser dan gaya normal) selanjutnya dilakukan perencanaan secara manual berdasarkan standar perencanaan yang ada, yaitu SNI 03-2847-2002, Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung dan SNI 03-1726-1989 Standart perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung. Analisis diawali dengan memberikan input data pembebanan terhadap konfigurasi struktur yang ada, yaitu pembebanan untuk beban mati, beban hidup dan juga input pembebanan terhadap gempa.

3.2.1. Beban Mati (*Dead Load*)

Berat sendiri elemen struktur terdiri dari berat sendiri elemen pelat lantai, balok, kolom, *drop panel*, ramp parkir, tangga dan *core/shear wall*. Berat sendiri elemen struktural tersebut akan dihitung otomatis sebagai self weight. Selain berat sendiri elemen struktural, pada beban mati juga terdapat beban lain yang berasal dari elemen arsitektural bangunan (berdasarkan Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung, 1987), yaitu:

Beban lantai (spesi + keramik)	= 90 kg/m ²
Beban plafond dan penggantung	= 18 kg/m ²
Beban dinding bata (3,5 m)	= 3,5(250 kg/m ²) = 875 kg/m

3.2.2. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup pada lantai gedung diambil sesuai dengan standar Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung 1987, yaitu :

Lantai struktur gedung perhotelan	= 250 kg/m ²
Lantai ruang mesin <i>lift</i> maupun lantai parkir	= 400 kg/m ²
Lantai atap gedung perhotelan	= 100 kg/m ²

3.2.3. Beban Gempa (*Quake Load*)

Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1726-2002). Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan Metode Analisis Dinamik Respon Spektrum.

1) Penentuan Jenis Tanah

Jenis tanah ditetapkan sebagai tanah keras, tanah sedang, atau tanah lunak apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 meter paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam SNI 03-1726-2002.

Tabel 3-1 Hasil Nilai Test Penetrasi Standar Rata-Rata (\bar{N})

Lapis Ke-	t (m)	N	t/N
1	1,5 - 1,95	4	0,113
2	3,5 - 3,95	7	0,064
3	5,5 - 5,95	9	0,05
4	8,1 - 8,55	11	0,041
5	8,9 - 9,45	6	0,075
6	11,5 - 11,95	4	0,113
7	13,5 - 13,95	6	0,075
8	15,5 - 15,95	13	0,035
9	18,5 - 18,95	15	0,03
10	19,5 - 19,95	15	0,03
11	21,5 - 21,95	16	0,028
12	23,5 - 23,95	20	0,023
13	25,5 - 25,95	22	0,02
14	27,5 - 27,95	32	0,014
15	29 - 29,45	35	0,013
Jumlah	29,45		0,723

Sumber : Analisis, 2010

$$\bar{N} = \frac{29,45}{0,723} = 41,14$$

Dari Tabel 3-1 Jenis-Jenis Tanah, untuk kedalaman 29,45 meter dengan Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata (\bar{N}) = 41,14 ($15 \leq N \leq 50$), maka tanah di bawah bangunan merupakan tanah sedang.

2) Penentuan Zona Wilayah Gempa

Berdasarkan Peta Wilayah Gempa Indonesia untuk daerah Semarang berlokasi di wilayah gempa 2 dari zona gempa Indonesia. Diagram

Respon Spektrum Gempa Rencana untuk wilayah gempa 2 dengan tanah lunak diperlihatkan pada SNI 03-1726-2002 pasal 4.7, Gambar 2.

3) Faktor Keutamaan Struktur (I)

Dari Tabel Faktor Keutamaan Bangunan SNI 03-1726-2002, pasal 4.1.2 Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (2002). besarnya faktor keutamaan struktur (I) untuk gedung umum seperti untuk perkantoran, hunian dan parkir diambil sebesar 1.

4) Faktor Reduksi Gempa (R)

Dari tabel Faktor Reduksi Gempa SNI 03-1726-2002, pasal 4.3 Standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung (2002), Struktur Gedung ini termasuk dalam kategori struktur sistem ganda struktur rangka penahan momen dengan dinding geser beton bertulang (tingkat daktilitas parsial). Meskipun zona wilayah gempa berada pada wilayah gempa 2 yang termasuk zona gempa ringan, tetapi mempertimbangkan kondisi *existing* tanah dan klasifikasi konstruksi berupa high building (17 lantai), maka struktur ini direncanakan sebagai sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM). Faktor daktilitas dan reduksi gempa SRPMM diambil $\mu = 3,5$ dan faktor $R_m = 6,5$. Dengan nilai tersebut, bangunan bersifat daktail parsial.

5) Arah Pembebanan Gempa

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, ditentukan pembebanan gempa dalam arah utama 100% bersamaan dengan 30% pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama (SNI 03-1726-2002, pasal 5.8.2.)

6) Massa, Titik Berat, dan Titik Kekakuan

Dalam perhitungan gempa dengan Respon Spektrum, beban gempa bekerja pada pusat massa tiap lantai dan dipengaruhi oleh besarnya massa tiap lantai. Selisih pusat massa dan kekakuan yang terlalu besar harus dihindari supaya tidak terjadi puntir pada struktur bangunan. Perhitungan massa, lokasi titik berat, dan titik pusat kekakuan tiap lantai bangunan dihitung menggunakan bantuan software SAP 2000. Perhitungan tersebut ditulis dalam Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Massa, Titik Pusat Massa, dan Titik Pusat Kekakuan Tiap Lantai

Lantai	Massa X	Massa Y	Titik Pusat Massa		Titik Pusat Kekakuan		Selisih CM & CR (cm)	
	ton.s2/m	ton.s2/m	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	Arah-X	Arah-Y
Ground floor	312,87	312,87	17,5	41,74	17,5	41,62	0	11,92
1	299,84	299,84	17,5	41,76	17,5	41,62	0	13,89
2	253,76	253,76	17,5	39,12	17,5	38,31	0	80,89
3	274,98	274,98	17,5	41,76	17,5	41,64	0	11,96
4 s/d 16	110,86	110,86	17,5	56	17,5	56	0	0
atap	103,28	103,28	17,5	56	17,5	56	0	0

Sumber : Analisis, 2010

3.2.4. Kontrol Hasil Analisa Struktur

Setelah dilakukan analisis maka dibutuhkan checking terhadap hasil yang didapat dengan mengacu batasan-batasan pada standar perhitungan gempa (SNI 03-1726-2002).

1) Kontrol Partisipasi Massa

Ragam getar yang ditinjau sebanyak 25 dan efektif jika persentase beban dinamik yang bekerja lebih dari 90% (SNI 03-1726-2002, pasal 7.2.1.).

Data partisipasi massa dari hasil analisa adalah sebagai berikut :

MODAL LOAD PARTICIPATION RATIOS CASE: MODAL				
(TYPE)	(NAME)	(PERCENT)	(PERCENT)	PERIOD
ACC	UX	99.9693	94.7433	2.215723
ACC	UY	99.9378	91.1135	1.833873
ACC	UZ	76.4170	83.1130	0.183691
ACC	RX	99.9964	98.1043	1.864265
ACC	RY	99.9729	87.8967	2.264348
ACC	RZ	99.9686	95.4080	1.858681

(*) NOTE: DYNAMIC LOAD PARTICIPATION RATIO EXCLUDES LOAD APPLIED TO NON-MASS DEGREES OF FREEDOM

2) Pembatasan Waktu Getar Fundamental Struktur

Untuk mendefinisikan waktu getar struktur dilakukan dalam perhitungan modal analysis case. Dari hasil analisis SAP 2000 V.10 diketahui bahwa waktu getar maksimal pada struktur adalah 2.266 detik. Hasil analisis perhitungan waktu getar struktur adalah sebagai berikut :

EIGEN MODAL ANALYSIS

11:58:25

CASE: MODAL

USING STIFFNESS AT ZERO (UNSTRESSED) INITIAL CONDITIONS

NUMBER OF STIFFNESS DEGREES OF FREEDOM = 92430
 NUMBER OF MASS DEGREES OF FREEDOM = 46513
 MAXIMUM NUMBER OF EIGEN MODES SOUGHT = 12
 MINIMUM NUMBER OF EIGEN MODES SOUGHT = 1
 NUMBER OF RESIDUAL-MASS MODES SOUGHT = 0
 NUMBER OF SUBSPACE VECTORS USED = 24
 RELATIVE CONVERGENCE TOLERANCE = 1.00E-09

FREQUENCY SHIFT (CENTER) (CYC/TIME) = .000000

FREQUENCY CUTOFF (RADIUS) (CYC/TIME) = -INFINITY-

ALLOW AUTOMATIC FREQUENCY SHIFTING = NO

Found mode 1 of 12: EV= 7.6858151E+00, f= 0.441230, T= 2.266391

Found mode 2 of 12: EV= 1.1343088E+01, f= 0.536026, T= 1.865581

Found mode 3 of 12: EV= 7.0644357E+01, f= 1.337700, T= 0.747552

Found mode 4 of 12: EV= 1.8375637E+02, f= 2.157453, T= 0.463510

Found mode 5 of 12: EV= 1.8421209E+02, f= 2.160127, T= 0.462936

Found mode 6 of 12: EV= 4.3061610E+02, f= 3.302671, T= 0.302785

Found mode 7 of 12: EV= 7.1706454E+02, f= 4.261861, T= 0.234639

Found mode 8 of 12: EV= 9.0486443E+02, f= 4.787534, T= 0.208876

Found mode 9 of 12: EV= 9.8615702E+02, f= 4.997964, T= 0.200081

Found mode 10 of 12: EV= 1.0170445E+03, f= 5.075632, T= 0.197020

Found mode 11 of 12: EV= 1.4005893E+03, f= 5.956286, T= 0.167890

Found mode 12 of 12: EV= 1.4308034E+03, f= 6.020189, T= 0.166108

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND = 12

NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED = 14

NUMBER OF STIFFNESS SHIFTS = 0

Dalam SNI 03-1726-2002, pasal 5.6., diberikan batasan nilai waktu getar struktur $T < \xi n$, sehingga pembatasan waktu getar untuk bangunan pada wilayah gempa 2 dengan tingkat lantai yang diperhitungkan 17 tingkat adalah sebagai berikut:

$$T < \xi n$$

$$T < 0,19 \times 17$$

$$T < 3.23 \text{ detik}$$

Pada Ragam pertama struktur didapat T sebesar 2.266, maka struktur telah memenuhi persyaratan batas ijin periode getar.

3.3. Perencanaan Komponen Struktur

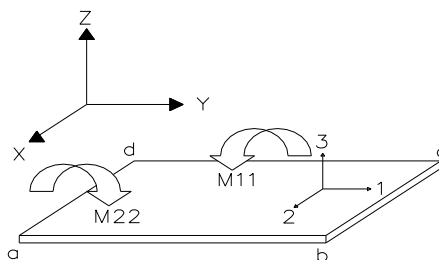
3.3.1. Analisa Perencanaan Komponen Struktur Atas (Up Structure)

Analisa perencanaan ini merupakan analisa desain elemen dari masing-masing komponen dalam konfigurasi struktur yang dipakai, meliputi perencanaan pelat lantai, portal (kolom dan balok), *flat slab* concrete dan *shear/core wall*. Pendimensian elemen struktur didasarkan pada standar perencanaan yang ada, baik dari SNI 03-2847-2002, Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung dan SNI 03-1726-1989 Standart perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung maupun referensi yang relevan untuk kasus yang ada.

1) Perencanaan Pelat

Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan, tetapi juga ukuran dan syarat-syarat dan peraturan yang ada. Pada perencanaan ini digunakan tumpuan terjepit penuh untuk mencegah pelat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir dan juga di dalam pelaksanaan pelat akan dicor bersamaan dengan balok.

Pelat merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja tergantung sistem strukturnya. Dimensi bidang pelat L_x dan L_y ditampilkan pada Gambar 3.3:



Gambar 3.3. Arah Sumbu Lokal Dan Sumbu Global Pada Elemen Pelat

Berikut adalah langkah-langkah untuk merencanakan pelat lantai yang mengacu pada *SNI 03-2847-2002, Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (2002)*:

- a) Menentukan syarat-syarat batas tumpuan dan panjang bentang;
- b) Menentukan tebal pelat lantai;

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk α_m (nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel) yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tebal 100 mm atau 120 mm tergantung dari pemakaian penebalan atau tidak pada pelat.
2. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi:

$$h = \frac{(l_x - \text{---})}{(\text{---})} \quad (3.1)$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

3. Untuk α_m lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{(l_x - \text{---})}{(\text{---})} \quad (3.2)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

- c) Menghitung beban yang bekerja yaitu berupa beban mati dan beban hidup terfaktor;

- d) Menghitung momen-momen yang menentukan;

1. Momen lapangan arah x (M_{lx}) = koef $W_u l_x^2$ (3.3)

2. Momen lapangan arah y (M_{ly}) = koef $W_u l_x^2$ (3.4)

3. Momen tumpuan arah x (M_{tx}) = koef $W_u l_x^2$ (3.5)

4. Momen tumpuan arah y (M_{ty}) = koef $W_u l_x^2$ (3.6)

- e) Menghitung tulangan pelat lantai:

1. Menetapkan tebal penutup beton;
2. Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y;
3. Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y;
4. Mencari rasio penulangan (ρ) dengan persamaan:

$$\text{---} = \rho \phi f_y \left[1 - 0,588 \rho \text{---} \right] \quad (3.7)$$

5. Memeriksa syarat rasio penulangan ($\rho_{min} < \rho < \rho_{mak}$):

$$\min \left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \text{Diambil nilai terbesar} \quad (3.8)$$

$$\text{---} \quad (3.9)$$

$$\rho_{\text{mak}} = 0,75\rho_b \quad (3.10)$$

$$\text{---} \quad (3.11)$$

6. Mencari luas tulangan yang dibutuhkan:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d. \quad (\text{mm}^2) \quad (3.12)$$

2) Perencanaan Balok

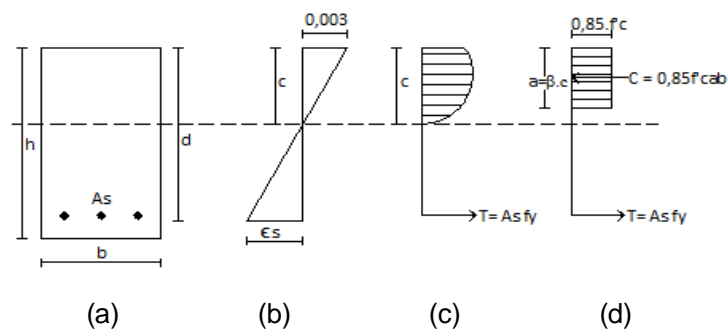
a) Perencanaan Lentur Murni

Asumsi dalam perencanaan berdasarkan *SNI 03-2847-2002 mengenai tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung* adalah :

1. Regangan pada tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral.
2. Regangan maksimum yang dapat dimanfaatkan pada serat tekan beton terluar harus diambil sama dengan 0,003
3. Kuat tarik beton diabaikan

Konsep dasar perencanaan tulangan tunggal beton bertulang

Di dalam perencanaan penampang persegi dengan tulangan tunggal, diagram distribusi regangan dan tegangan yang terjadi ditampilkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Desain Balok Bertulang Tunggal

(a) penampang melintang; (b) diagram regangan (c) diagram tegangan; (d) Gaya dalam

Dari Gambar 3.4. diperoleh

$$= 0,85 \dots \dots \dots (3.13)$$

$$= \dots \dots \dots (3.14)$$

$$= (\dots) \dots \dots (3.15)$$

Syarat Kesetimbangan

$$= \dots \dots \dots (3.16)$$

$$0,85 \dots \dots = \dots \dots \dots$$

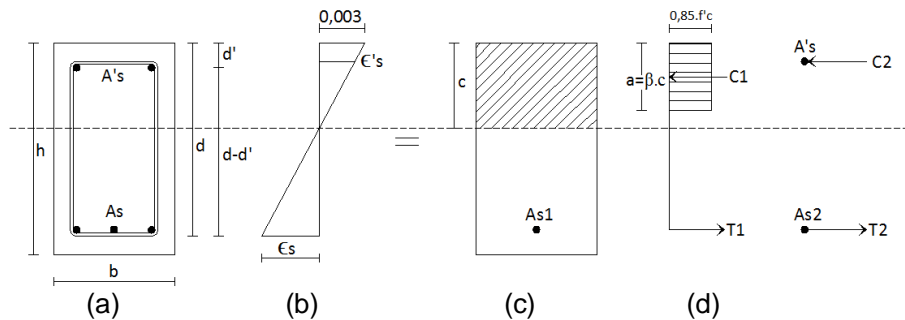
$$= \frac{\dots}{\dots} \dots \dots (3.17)$$

Memasukkan persamaan (3.15) ke dalam persamaan (3.17) menghasilkan

$$= \dots \dots \dots (3.18)$$

Konsep dasar perencanaan tulangan rangkap beton bertulang

Dalam analisis dan desain balok yang mempunyai tulangan tekan A's (tulangan rangkap), penampangnya secara teoritis dibagi menjadi dua bagian (Nawy, 1990) sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.5. Kedua bagian solusi ini terdiri atas (1) bagian yang bertulang tunggal, termasuk juga blok segiempat ekuivalen; dan (2) tulangan baja tarik dan tekan ekuivalen yang luasnya sama, yaitu A's yang membentuk kopel T2 dan C2. Pada analisa ini asumsi awal As leleh.



Gambar 3.5. Desain Balok Bertulang Rangkap; (a) penampang melintang; (b) diagram regangan (c) bagian satu dari solusi bagian bertulang tunggal (d) bagian dua dari solusi kontribusi tulangan tekan

Bagian 1

Gaya tarik $T = \dots$, dari keseimbangan gaya diperoleh \dots ,
 \dots . Akan tetapi, $\dots = - \dots'$ karena syarat
 keseimbangan mengharuskan \dots yang tertarik harus diimbangi
 oleh \dots' yang tertekan. Dengan demikian momen tahanan
 nominalnya adalah :

$$M_n = \dots = (\dots) \dots \quad (3.22)$$

$$\dots = \frac{\dots}{\dots} = \frac{(\dots)}{\dots} \quad (3.23)$$

Bagian 2

$$\dots' = \dots = (\dots) \dots \quad (3.24)$$

$$\dots = \dots = \dots \dots' \quad (3.25)$$

Dengan mengambil momen terhadap tulangan tarik, maka kita
 peroleh :

$$M_n = \dots \dots' (\dots) \quad (3.26)$$

Maka, dengan menjumlahkan momen untuk bagian 1 dan 2
 diperoleh :

$$M_n = \dots + \dots = (\dots) \dots + \dots \dots' (\dots) \quad (3.27)$$

Kekuatan momen rencana ϕM_n harus lebih besar atau sama
 dengan momen luar rencana M_u , jadi :

$$\phi M_n = \phi [(\dots) \dots + \dots \dots' (\dots)] \quad (3.28)$$

Asumsi awal jika tulangan tekan (\dots) belum leleh maka

$$\dots' \neq \dots, (\dots < \dots), \dots' = \epsilon' \dots \quad (3.29)$$

Dan jika tulangan tekan (\dots) leleh maka $\dots = \dots$.

Untuk mengetahuinya dilakukan pemeriksaan (strain compatibility
 check) terhadap tegangan tulangan tekan. Regangan ϵ' dapat
 dihitung dengan perbandingan segitiga yang serupa (diagram
 regangan) pada Gambar 3.4.(b) diagram regangan.

$$\epsilon' = \frac{\dots}{\dots} (\dots)$$

$$\epsilon' = 0,003 \cdot (1 - \dots) \quad (3.30)$$

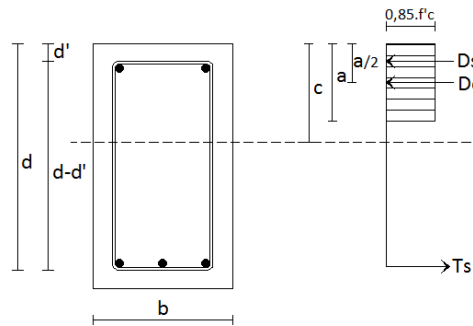
Jika,

$\epsilon' \leq \epsilon$ maka tulangan tekan f' belum leleh

$\epsilon' \geq \epsilon$ maka tulangan tekan f' leleh

Analisa perencanaan tulangan rangkap

Gambar 3.6 menampilkan gaya gaya dalam yang terjadi pada penampang beton bertulangan rangkap.



Gambar 3.6. Gaya Gaya Dalam yang terjadi pada Penampang Beton Bertulangan Rangkap

Berdasarkan gambar 3.6. maka,

$$= + \dots ; \text{ dengan } = f' \text{ dan } = \dots$$

$$= \dots +$$

$$- = \dots \quad (3.31)$$

$$= \dots \quad (3.32)$$

Perbandingan tulangan tekan dengan tulangan tarik diambil dari perbandingan antara M+/M-Dari hasil analisa dari momen balok anak didapat M+ = 18,59 kNm dan M- =42,46 kNm. Maka, M+/M- = 18,59 /42,46 = 0.434 = 43,4 %. Jadi diambil asumsi awal tulangan tekan sama dengan 40% tulangan tarik.

$$f' = 0,4 \cdot (f' + \dots) \quad (3.33)$$

$$0,6 \cdot f' = 0,4 \cdot \dots ; \text{ dengan } = \dots$$

$$f' = - (\dots) \quad (3.34)$$

Jika $a > d'$ artinya a berada pada dibawah tulangan tekan

$a < d'$ artinya a berada pada diatas tulangan tekan. Blok balok yang mengalami tekan relatif kecil. Sehingga penggunaan tulangan tekan tidak efektif lagi.

b) Perencanaan Geser

Rumus-rumus perencanaan geser yang diakibatkan oleh gaya lintang yang terjadi antara lain adalah kekuatan gaya nominal yang disumbangkan oleh beton:

$$v_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.35)$$

Untuk penampang yang menerima beban aksial, besarnya tegangan yang mampu dipikul beton dapat dituliskan sebagai berikut:

$$v_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) b_w d \quad (3.36)$$

Untuk besarnya tegangan geser yang harus dilawan sengkang adalah:

$$\phi v_s = v_u - \phi v_c \quad (3.37)$$

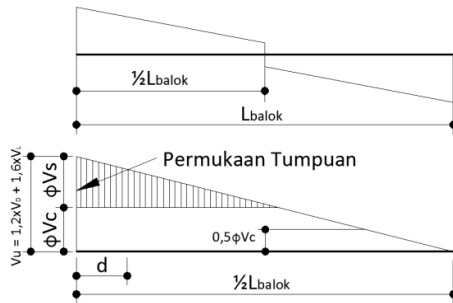
Besarnya tegangan geser yang harus dipikul sengkang dibatasi sebesar:

$$\phi v_{smax} = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \quad (3.38)$$

Untuk besarnya gaya geser yang mampu dipikul oleh penampang ditentukan dengan syarat sebagai berikut:

$$v_u \leq \phi v_n \quad (3.39)$$

Diagram tegangan geser yang terjadi pada bentang balok digunakan untuk menentukan perencanaan tulangan geser dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Diagram Tegangan Geser Untuk Menghitung Tulangan Geser

Tulangan geser dibutuhkan apabila $V_u > \Phi V_c$, besarnya tulangan geser yang dibutuhkan ditentukan dengan rumus berikut:

$$v_s = \frac{V_u - \Phi V_c}{\phi} \quad (3.40)$$

$$s = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (3.41)$$

Namun apabila $0,5\Phi V_c < V_u < \Phi V_c$, harus ditentukan besarnya tulangan geser minimum sebesar:

$$A_{v \min} = \frac{1}{3} \frac{b_w s}{f_y} \quad (3.42)$$

Jarak sengkang dibatasi sebesar $d/2$, namun apabila $V_u > (\Phi'c/3)bwd$ maka jarak sengkang maksimum harus dikurangi setengahnya $d/4$. Sedangkan untuk perhitungan tulangan torsi dapat diabaikan apabila memenuhi syarat berikut:

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) \quad (3.43)$$

Suatu penampang mampu menerima momen torsi apabila memenuhi syarat:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)} < \phi V_c + \phi \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \quad (3.44)$$

Besarnya tulangan sengkang untuk menahan puntir ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$A_t = \frac{T_n s}{2A_o f_{yv} \cot \theta} \quad (3.45)$$

Dengan nilai T_n sebesar:

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} \quad (3.46)$$

Sedangkan besarnya tulangan longitudinal yang harus dipasang untuk menahan puntir dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} p_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cot^2 \theta \quad (3.47)$$

3) Perencanaan Kolom

Langkah-langkah untuk merencanakan kolom :

- a) Analisa gaya-gaya dalam
- b) Penentuan karakteristik material yang digunakan
- c) Perhitungan tulangan kolom
 - 1) Perhitungan pengaruh kelangsingan kolom

Berdasarkan SNI beton pasal 12.11.5 angka kelangsingan dapat ditentukan :

$$= \frac{\dots}{\dots} \quad (3.48)$$

Nilai (k) merupakan nilai faktor panjang efektif kolom yang ditentukan berdasarkan nomogram SNI pasal 12.11.5. Nilai k ini ditentukan ψ , yaitu rasio $\Sigma(EI/L_c)$ dari komponen struktur tekan terhadap $\Sigma(EI/L)$ dari komponen struktur lentur pada salah satu ujung komponen struktur tekan yang dihitung dalam bidang rangka yang ditinjau.

$$= \frac{\Sigma \dots /}{\Sigma \dots /} \quad (3.49)$$

Dengan nilai EI (SNI beton bertulang pasal 12.12.3) :

$$= \frac{\dots}{\dots} \quad (3.50)$$

Nilai (r) merupakan radius girasi yang nilainya boleh diambil samadengan 0,3 kali dimensi total dalam arah stabilitas yang ditinjau.

2) Perhitungan kombinasi pembebanan pada kolom

Perhitungan kombinasi pembebanan dihitung dengan kondisi non-sway (1,2D+1,6L) dan kondisi sway (1,2D+L+Ex/Ey). Dari perhitungan dan analisa akan didapatkan momen rencana dan eksintrisitas terhadap kolom yang akan digunakan untuk perencanaan penulangan.

3) Perhitungan tulangan

Luas tulangan memanjang untuk kolom-kolom dapat ditentukan dengan beberapa cara (Mosley&Bungey, 1989) yaitu :

- a. Membuat grafik perencanaan dengan membuat diagram interaksi P-M
- b. Suatu penyelesaian dari persamaan-persamaan perencanaan dasar
- c. Suatu metode pendekatan
- d. Pada perencanaan ini dihitung dengan metode grafik-grafik perencanaan beton bertulang berdasarkan Grafik dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang (Vis dan Gideon, 1997) dilakukan analisa kapasitas dengan diagram interaksi P-M.

4) Cek rasionalitas penampang

Setelah diketahui luasan tulangan yang diperlukan, maka dilakukan pengecekan rasionalitas antara beban aksial yang mampu ditahan oleh kolom dengan beban maksimum yang bekerja. Diusahakan pemakain kolom yang efektif dan efisien, baik dalam pendimensian ataupun penulangannya.

5) Perhitungan tulangan geser

Perencanaan perhitungan sengkang (tulangan geser) berdasarkan SNI beton pasal 13 :

$$= + \quad (3.51)$$

Dengan :

$$\leq \emptyset. \quad (3.52)$$

$$= 0,3. \overline{r} \dots \overline{1 + \dots} \quad (3.53)$$

$$= - \overline{r} \dots \quad (3.54)$$

Jika, $(V_n - V_c) < \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$ Penampang cukup

$(V_n - V_c) > \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$ Penampang harus diperbesar

- 6) Analisa perhitungan kapasitas kolom rencana
 - a. Beban aksial maksimum ($M_n = 0$)
 - b. Kondisi Balance
 - c. Kondisi Patah tarik
 - d. Kondisi patah tekan
 - e. Beban aksial tarik maksimum ($P_n = 0$)
- 7) Grafik diagram interaksi P-M kolom
- 8) Analisa geser kolom berdasarkan ketentuan untuk SRPMM (SNI beton pasal 23.10.5)

4) Perencanaan *Flat Slab* dan *Drop Panel*

Dalam penulangan pelat tanpa balok (*Flat Slab*) perlu diperhatikan tentang penulangan area jalur kolom dan jalur tengah. Dalam SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.5.3.3 persyaratan tebal pelat minimum yang dapat digunakan dalam perencanaan sistem pelat lantai 2 arah dalam pengendalian lendutan. Proses perencanaan *elemen flat slab* sebagai berikut :

a) Penentuan tebal pelat lantai.

Tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya tergantung pada jarak antar kolom dan harus memenuhi ketentuan yang tercantum pada Tabel 3-3 berikut serta tidak boleh kurang dari:

- 1) Pelat tanpa penebalan (*drop panel*) = 120 mm
- 2) Drop panel = 100 mm

Tabel 3-3 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh Fy (MPa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Exterior Balok Pinggir		Panel Interior	Panel Exterior Balok Pinggir		Panel Interior
	Ya	Tidak		Ya	Tidak	
300	Ln / 33	Ln / 36	Ln / 36	Ln / 36	Ln / 40	Ln / 40
400	Ln / 30	Ln / 33	Ln / 33	Ln / 33	Ln / 36	Ln / 36

Sumber : SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.5.3.3

*) Ln = jarak antar kolom dihitung dari sumbu

3) Pembebanan pada *Flat Slab*

Beban Mati dan Beban Hidup diambil berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah Gedung 1987 Tabel 1 dan Tabel 2. Pembebanan *flat slab* sama seperti pembebanan pada pelat lantai

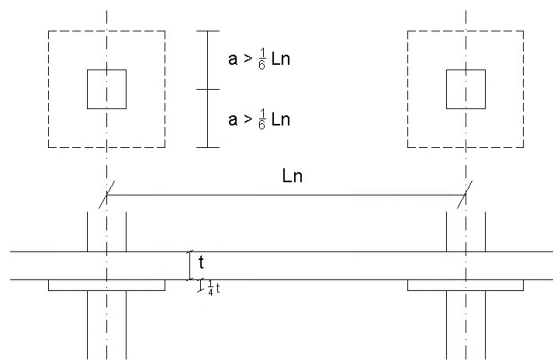
- 4) Penentuan karakteristik material beton
- 5) Analisis dan desain penulangan pelat lantai jalur tengah
- 6) Perhitungan penulangan *flat slab* jalur tengah sama seperti perhitungan penulangan pelat lantai pada bab 2 sub bab 3.3.1 (a) perencanaan pelat.
- 7) Perhitungan penulangan *flat slab* jalur kolom sama seperti perhitungan penulangan pelat balok pada bab 2 sub bab 3.3.1 (b) perencanaan balok.

Perencanaan *flat slab* juga direncanakan menggunakan *drop panel* dengan memberi penebalan pelat disekeliling kolom. *Drop panel* maupun kepala kolom dapat secara simultan digunakan. *Flat slab* umum digunakan untuk memikul beban yang sangat besar. Proses Perencanaan elemen *drop panel* pada *flat slab* sebagai berikut :

1) Pendimensian *drop panel*

Pendefinisian dimensi *drop panel* berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 15.3.7.1 sebagai berikut :

- a. Lebar *drop panel* pada setiap arah minimum $\frac{1}{6} L_n$ panjang bentang dari sumbu ke sumbu kolom.
- b. Tebal *drop panel* minimum $\frac{1}{4} t$ (t = tebal pelat lantai).
- c. Dalam menghitung tulangan pelat yang diperlukan, tebal *drop panel* di bawah pelat tidak boleh diasumsikan lebih besar dari jarak antara tepi penebalan panel sampai tepi kolom. Persyaratan ketebalan Pelat *drop panel* ditampilkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Persyaratan Ketebalan Pelat (*Drop Panel*)

- 2) Analisis dan desain penulangan *drop panel*
- 3) Perhitungan tulangan *drop panel* (Tulangan arah x dan y)
Perhitungan penulangan *drop panel* sama seperti perhitungan penulangan pelat lantai pada bab 2 sub bab 3.3.1 perencanaan pelat.
- 4) Perhitungan kapasitas *drop panel* (Kapasitas arah x dan arah y)

$$M_n < \phi M_n, \quad (3.55)$$

$$\phi M_n = 0,85 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right), \quad (3.56)$$

$$\text{dimana } a = \frac{\sum t l_g x A_s x f_y}{0,85 x f' c x b} \quad (3.57)$$

- 5) Perhitungan geser *pons drop panel*. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, pasal 13.12.2 besarnya tidak boleh melebihi dari nilai terkecil dari ketiga nilai berikut ini

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \quad (3.58)$$

$$V_{c2} = \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \times \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \quad (3.59)$$

$$V_{c3} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \quad (3.60)$$

V_c terjadi = Reaksi Vertikal Kolom – Gaya aksial di atas *Drop Panel*

Syarat : V_c terjadi < V_c ijin

5) Perencanaan *Shear Wall* dan *Core wall*

Dinding geser digunakan untuk menahan gaya lateral saja maupun sebagai dinding pendukung. Selanjutnya, dinding geser yang ditempatkan pada bagian dalam bangunan biasanya disebut dengan inti struktural (*struktural corewall*) yang biasanya diletakkan di ruang *lift* tangga maupun toilet. Dinding struktural dengan penampang melintang persegi yang solid didesain sebagaimana kolom yang menahan beban aksial tekuk. Proses perencanaan *shear wall* dan *core wall* adalah :

a) Penentuan dimensi *shear wall* dan *core wall*

Berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 24.6.6.2 tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari 1/24 tinggi atau panjang bebas, diambil nilai terkecil dan tidak boleh kurang dari 140 mm.

b) Penentuan karakteristik material beton

c) Analisis dan desain penulangan dan *core wall*

Mencari kekakuan lentur, dan beban kritis *shear wall* dan *core wall* berdasarkan SNI 03-2847-2002, pasal 12.12.3

$$= \frac{1}{\dots} \quad (3.61)$$

$$= \frac{1}{(\dots)} \quad (3.62)$$

Kemudian dihitung faktor pembesaran momen yang terjadi

$$= \frac{\dots}{\phi} \quad (3.63)$$

$$= \frac{\dots}{\phi} \quad (3.64)$$

$$= \dots + \dots \quad (3.65)$$

Eksentrisitas dan eksentrisitas minimum

$$= \dots \quad (3.66)$$

$$= 15 + 0,03 \cdot h \quad (3.67)$$

Dari nilai $\frac{\dots}{\phi}$ dimasukkan dalam grafik halaman 92 *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang* didapatkan r

d) Penulangan geser *shear wall* dan *core wall*

Kuat geser nominal yang dipikul oleh *shear wall*

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c}}{16} \cdot b \cdot d + \dots \quad (3.68)$$

Perencanaan penampang *shear wall* terhadap geser berdasarkan *SNI 03-2847-2002, Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (2002)*, pasal 13.1.1:

$$V_u < V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \dots \quad (3.69)$$

e) Pengecekan apakah $V_u < V_n$, jika aman maka desain tulangan dipakai dalam perencanaan struktur tersebut.

3.3.2. Analisa Perencanaan Komponen Struktur Bawah (SubStructure)

Sistem pondasi direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang (produk WIKA-beton), hal ini didasarkan pada analisa kualitatif data tanah yang didapatkan dari penyelidikan oleh Laboratorium Mekanika Tanah - Universitas Diponegoro, baik penyelidikan di lapangan maupun laboratorium. Untuk selanjutnya akan dibahas lebih lanjut pada bab empat. Selain itu juga mempertimbangkan keunggulan pemakaian pondasi tiang pancang yaitu :

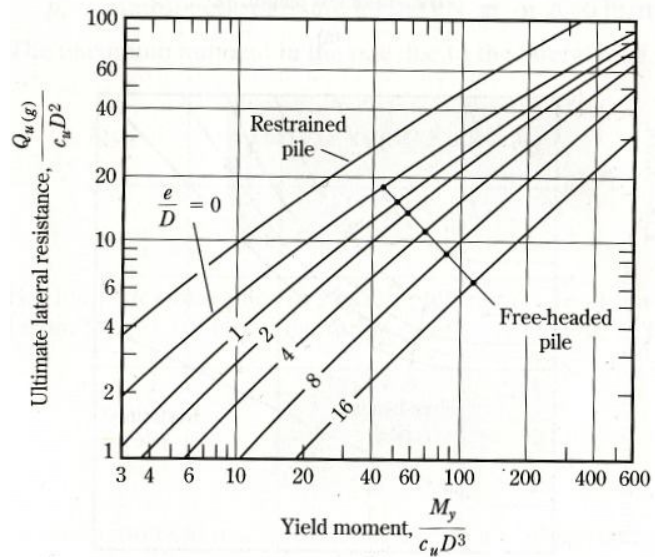
- 1) Konsistensi mutu tinggi yang terjamin, disebabkan diproduksi dalam pabrik yang terlindung (Digunakan produk tiang pancang dari Wika Beton).
- 2) Bentuk penampangnya yang bulat membuat ia mudah diangkat dan diangkut.
- 3) Terdapat lubang (hollow) di penampangnya membuat ia lebih ringan sehingga membuat biaya pemancangannya lebih murah.
- 4) Pelaksanaan pekerjaan pondasi lebih mudah dan waktu pekerjaan relatif singkat.

Analisis-analisis kapasitas daya dukung tiang pancang dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan perhitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat - sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Perencanaan pondasi pada tugas akhir ini menggunakan *End Bearing* yaitu perhitungan tiang pancang didasarkan terhadap tahanan ujung. Proses perencanaan pondasi adalah :

- 1) Pendimensian dan karakteristik material pondasi
- 2) Perhitungan daya dukung vertikal individual tiang pancang
 - a) Berdasarkan kekuatan bahan

$$= (0,85 \cdot \dots \cdot 1)$$
 - b) Berdasarkan nilai N-SPT

$$= 40 \cdot \dots + 0,2 \cdot \check{N}$$
- 3) Perhitungan perkiraan jumlah tiang pancang
- 4) Kontrol momen yang terjadi dengan method brom.



Gambar 3.9. Grafik Brom (Ultimate Lateral Resistance Design)

- 5) Perhitungan dan perencanaan Poer/pile cap
- 6) Kontrol gaya yang bekerja pada tiang pancang, $P_{kelompok} > \Sigma P_v$
- 7) Perhitungan Beban maksimum (P_{max}) yang terjadi akibat pembebanan, $(P_{max}) < P_{ultimate}$
- 8) Cek terhadap geser *pons*
- 9) Penulangan pile cap