

BAB II

DASAR TEORI PENINJAUAN

2.1 Uraian Umum

Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated* merupakan Jalan Tol yang dibangun di atas (*elevated*) Jalan Tol Jakarta – Cikampek yang sudah beroperasi dan memiliki volume traffic yang tinggi dan merupakan urat nadi lalu lintas di Pulau Jawa. Dibangunnya jalan tol tersebut bertujuan untuk menjadi salah satu pelengkap sarana transportasi jalan yang menghubungkan satu tempat ke tempat lain guna menghindari daerah atau kawasan yang selalu menghadapi permasalahan kemacetan lalu lintas dan untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas dan efisiensi.

Jalan layang sepanjang ± 38 km ini dibangun dengan masa konstruksi yang sangat ketat, selama 2 tahun, menggunakan *Steel Box Girder* yang memiliki dimensi cukup besar. Konstruksi bersamaan dengan 4 Proyek Infrastruktur lainnya di koridor yang sama yaitu LRT (*Light Rail Transit*), HSR (*High Speed Railway*), Cibitung – Cilincing, dan Proyek Internal Cabang Jakarta - Cikampek

Tol Jakarta – Cikampek II *Elevated* proses pelaksanaannya seperti pekerjaan jembatan. Konstruksi jembatan sendiri terdiri dari *sub structure* (bangunan bawah) dan *upper structure* (bangunan atas).

2.1.1 Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Bangunan bawah jembatan adalah bagian konstruksi jembatan yang menahan beban dari bangunan atas jembatan dan menyalurkannya ke pondasi yang kemudian disalurkan menuju tanah dasar. Ditinjau dari konstruksinya, struktur bawah jembatan terdiri dari :

1. Pondasi

Pondasi jembatan merupakan konstruksi jembatan yang terletak paling bawah dan berfungsi menerima beban dan meneruskannya ke lapisan tanah keras yang diperhitungkan cukup kuat menahannya.

2. *Pier* / Kolom

Pier adalah suatu konstruksi jembatan yang terdapat tepat dibawah *pier head* yang berfungsi sebagai penyokong beban dari bangunan atas dan meneruskannya ke pondasi.

2.1.2 Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Bangunan atas jembatan adalah bagian konstruksi jembatan yang berfungsi menahan beban – beban hidup yang bekerja pada konstruksi bagian atas. Konstruksi bagian atas jembatan terdiri dari :

1. Lantai kendaraan

Lantai kendaraan adalah seluruh lebar jembatan yang digunakan sebagai jalur lalu lintas.

2. Balok utama (*Steel Box Girder*)

Balok utama adalah bagian struktur atas yang berfungsi sebagai pendukung lantai kendaraan dan beban lalu lintas yang kemudian meneruskannya ke struktur bawah.

2.2 Dasar Teori Perhitungan

Dasar teori merupakan materi yang didasarkan pada buku – buku referensi dengan tujuan memperkuat materi pembahasan, maupun sebagai dasar dalam menggunakan rumus-rumus tertentu guna mendesain suatu struktur. Dalam peninjauan ini, sebagai pedoman perhitungan dipakai referensi sebagai berikut :

1. Peraturan Gempa Indonesia SNI-1726-2012
2. Peraturan Beton Indonesia SNI-2847-2013
3. Data Hasil Penyelidikan Tanah
4. Gambar Rencana

2.3 Pembebanan Jembatan

2.3.1 Beban Mati

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya. Dalam menentukan besarnya beban mati, harus digunakan nilai berat jenis untuk bahan – bahan bangunan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Berat Jenis Bahan untuk Beban Mati

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Masa (kg/m ³)
1	Campuran aluminium	26.7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2240
3	Besi tuang	71.0	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2320
6	Aspal beton	22.0	2240
7	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
8	Beton	22.0-25.0	2240-2560
9	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
10	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
11	Timbal	111	11 400
12	Lempung lepas	12.5	1280
13	Batu pasangan	23.5	2400
14	Neoprin	11.3	1150
15	Pasir kering	15.7-17.2	1600-1760
16	Pasir basah	18.0-18.8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17.2	1760
18	Baja	77.0	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11.0	1120
21	Air murni	9.8	1000
22	Air garam	10.0	1025
23	Besi tempa	75.5	7680

2.3.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan. Beban hidup pada jembatan harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam, yaitu beban "D" yang merupakan beban jalur untuk gelagar dan koefisien kejut.

Tabel 2.2 Jumlah Jalur Lalu Lintas

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana (n)
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25 11,3 - 15,0	2 (3) 4
Banyak arah	8,25 - 11,25 11,3 - 15,0 15,1 - 18,75 18,8 - 22,5	3 4 5 6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

(Sumber RSNI T-02-2005)

2.3.3 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Yang termasuk beban sekunder antara lain :

- a. Beban angin
- b. Gaya rem
- c. Gaya akibat gempa bumi
- d. Gaya akibat gesekan pada tumpuan bergerak

2.3.3.1 Beban Angin (A)

Pengaruh beban angin sebesar $1,5 \text{ kN/m}^2$ pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena

oleh angin ditetapkan sebesar suatu prosentase tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup.

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 4,2 meter di atas lantai kendaraan. Untuk menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut :

a. Keadaan tanpa beban hidup

Untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya.

Luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin (L1):

$$A1 = (100\% \times L1 \times 1,5) + (50\% \times L2 \times 1,5)$$

$$MA1 = A1 \times Y1$$

b. Keadaan dengan beban hidup

Untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang menurut ketentuan (1)

$$L3 = (50\% \times L1) + (50\% \times L2)$$

Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin (L4).

$$L4 = Th1 \times lj$$

$$A2 = (L3 \times 1,5) + (L4 \times 1,5)$$

$$MA_2 = A_2 \times Y_2$$

Keterangan :

l_j = bentang jembatan yang ditahan pilar

A_1 = beban angin tanpa beban hidup

A_2 = beban angin dengan beban hidup

2.3.3.2 Gaya Akibat Gempa Bumi (G_h)

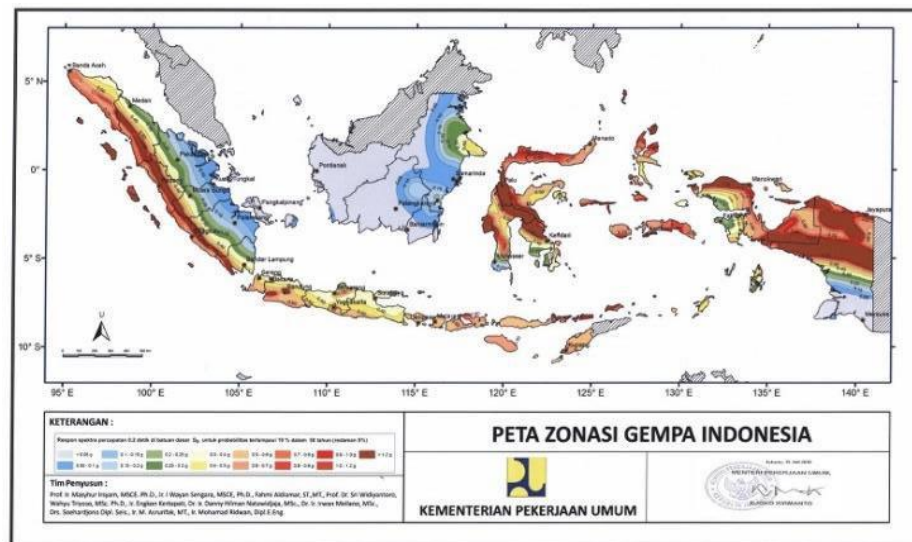
Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya horisontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi/bagian konstruksi yang ditinjau dan perlu ditinjau pula gaya-gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidrodinamik akibat gempa, tekanan tanah akibat gempa.

$$G_h = E \times G$$

Dimana, G_h = gaya horisontal akibat gempa bumi

E = muatan mati pada konstruksi (kN)

G = koefisien gempa



Gambar 2.1 Jalur gempa bumi

2.3.3.3 Gaya Rem dan Traksi (R_m)

Gaya rem merupakan gaya sekunder yang arah kerjanya searah memanjang jembatan atau horizontal. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari muatan “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan.

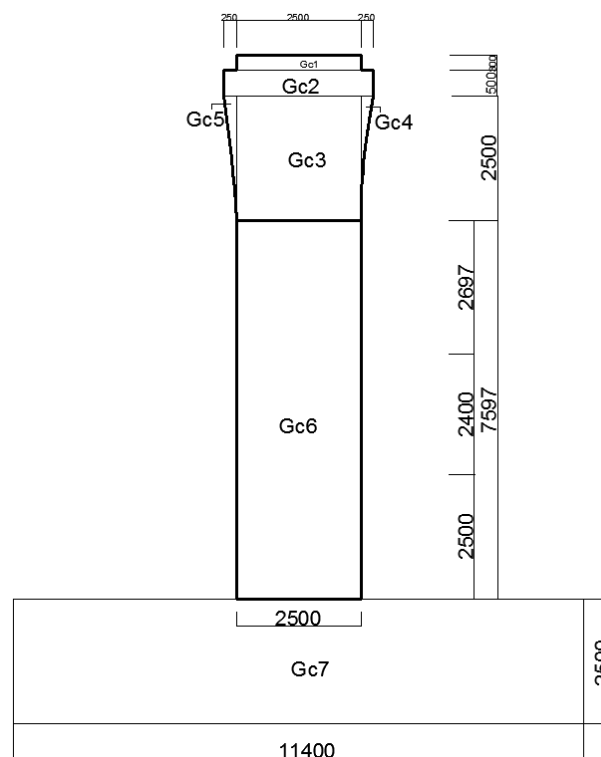
2.3.3.4 Gaya Akibat Gesekan pada Tumpuan Bergerak (G_g)

Gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, terjadi karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan

suhu. Gaya gesekan yang timbul ditentukan berdasarkan koefisien gerak pada tumpuan karet dan beton sebesar (0,15-0,18) diambil 0,18.

2.4 Perhitungan Kolom Jembatan

Adapun perhitungan kolom jembatan yaitu perhitungan beban akibat berat sendiri (Gc)



Gambar 2.2 Beban Akibat Berat Sendiri Kolom

Perhitungan Beban Kolom = $A \times B \times \gamma_{\text{beton}}$

2.5 Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja. Sesuai dengan sifat- sifat serta kemungkinan-kemungkinan pada setiap beban, tegangan

yang digunakan dalam pemeriksaan kekuatan konstruksi yang bersangkutan dinaikkan terhadap tegangan yang diijinkan sesuai keadaan elastis. Tegangan yang digunakan dinyatakan dalam prosen terhadap tegangan yang diijinkan sesuai kombinasi pembebanan dan gaya seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebana Dan Gaya	Tegangan yang digunakan dalam prosen terhadap tegangan izin keadaan elastic
I. $M + (H+K)$	100%
II. $M + Gg + A$	125%
III. Kombinasi I + $Rm + Gg + A$	140%
IV. $M + Gh + Gg$	150%
V. M	130%
VI. $M + (H+K)$	150%

(Sumber : Standar Nasional Indonesia RSNI T-02-2005)

- A : beban angin
 Gg : gaya gesek pada tumpuan bergerak
 Gh : gaya horisontal ekivalen akibat gempa bumi
 (H+K): beban hidup dengan kejut
 M : beban mati
 Rm : gaya rem

2.6 Pemeriksaan Kestabilan Kolom

Pemeriksaan kestabilan kolom meliputi :

1. Kontrol daya dukung tanah
2. Kontrol kolom terhadap gaya geser

2.6.1 Kontrol Daya Dukung Tanah

Dengan adanya beban-beban horisontal yang bekerja pada kolom, yang telah dikombinasikan dengan beban-beban lain yang ada, menyebabkan pada kolom terjadi beban eksentris. Beban eksentris terjadi bila beban yang bekerja tidak terletak pada titik pusat suatu bidang dasar pondasi. Perhitungan daya dukung batas untuk beban eksentris dapat dilakukan dengan cara konsep lebar manfaat.

Eksentrisitas akibat gaya - gaya dan momen yang bekerja :

$$e_x = M_y/V$$

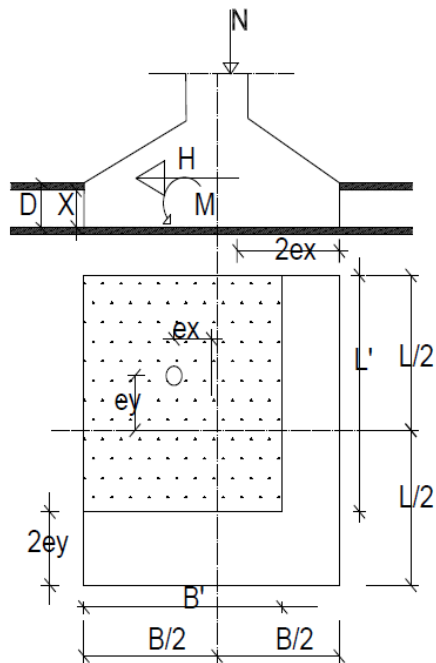
$$e_y = M_x/V$$

Penampang efektif kolom:

$$B \text{ efektif } (B') = B - (2 \cdot e_x)$$

$$L \text{ efektif } (L') = L - (2 \cdot e_y)$$

$$A_{\text{efektif}} = B_{\text{efektif}} \times L_{\text{efektif}}$$



Gambar 2.3 Luas Efektif Daerah Penerimaan Beban

Menggunakan rumus daya dukung tanah Terzaghi:

(sumber: Suyono S /Kazuto, mekanika tanah dan teknik pondasi : 31)

$$q_{ult} = (\alpha \times c \times N_c) + (\beta \times B \times \gamma \times N_\gamma) + (\gamma \times D_f \times N_q)$$

dengan, q_{ult} : daya dukung tanah ultimate (kN/m²)

c : kohesi (kN/m²)

γ : berat isi tanah (kN/m³)

α, β : faktor bentuk dimensi pondasi

N_c, N_γ, N_q : faktor daya dukung Ohsaki

B : lebar pondasi (m)

D_f : kedalaman pondasi (m)

Tabel 2.4 Koefisien Daya Dukung Terzaghi

θ	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5.71	1.00	0	3.81	1.00	0
5	7.32	1.64	0	4.48	1.39	0
10	9.64	2.70	1.2	5.34	1.94	0
15	12.8	4.44	2.4	6.46	2.73	1.2
20	17.7	7.43	4.6	7.90	3.88	2.0
25	25.1	12.7	9.2	9.86	5.60	3.3
30	37.2	22.5	20.0	12.7	8.32	5.4
35	57.8	41.4	44.0	16.8	12.8	9.6
40	95.6	81.2	114.0	23.2	20.5	19.1
45	172	173	320	34.1	35.1	27.0

(sumber: Suyono S /Kazuto, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi : 31)

syarat daya dukung ijin :
$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{SF}$$

Dengan :

q_{ijin} : daya dukung tanah yang diijinkan (kN/m²)

q_{ult} : daya dukung tanah ultimate (kN/m²)

SF : faktor keamanan (diambil angka 2,5 – 3,0)

Harga q_{ijin} dibandingkan dengan tegangan kontak vertical maksimum (σ_{maks}) yang bekerja.

$q_{ijin} > q_{maks}$ (tinjauan terhadap daya dukung tanah aman)

$q_{ijin} < q_{maks}$ (tinjauan terhadap daya dukung tanah tidak aman)

Tegangan tanah yang terjadi dihitung dengan persamaan :

$\sigma_{\text{maks, min}} =$

$$\sigma_{\text{maks, min}} = \frac{V}{A} \pm \frac{6.Mx}{B.L^2} \pm \frac{6.My}{B^2.L}$$

Dengan :

$q_{\text{maks, min}}$: tegangan kontak vertikal (kN/m²)

V : gaya vertikal (kN)

A : luas pembebanan (m²)

B : lebar dasar pondasi (m)

L : panjang pondasi (m)

M_x : momen memutar sumbu x (kN.m)

M_y : momen memutar sumbu y (kN.m)

2.6.2 Kontrol Kolom Terhadap Geser

Kolom jembatan harus mampu menahan gaya lateral berupa gaya geser horisontal. Daya tahan kolom bagian dasar terhadap gaya geser ini dipengaruhi oleh kohesi antara dasar kolom dengan tanah di bawahnya dan beban vertikal yang ditahan kolom. Bila gaya penahan geser yang diperoleh tidak mencukupi, maka untuk memperbesar gaya penahan geser dari dasar pondasi kolom dapat dibuat rusuk pada dasar pondasi.

Gaya penahan geser jika dibuat rusuk : $H_u = CB.A_1 + V \tan \phi_B$

Keterangan :

H_u : gaya penahan geser pada dasar pondasi

CB : kohesi antara dasar pondasi dengan tanah pondasi(kN/m²)

ϕ_B : sudut geser antara dasar pondasi dengan tanah pondasi

A₁ : luas pembebanan efektif (m²)

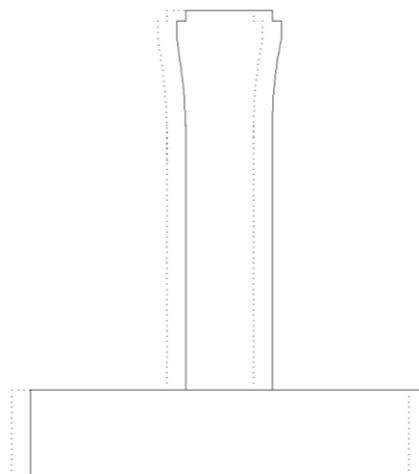
V : beban vertical

Tabel 2.5 Sudut geser serta kohesi antara dasar pondasi dengan tanah pondasi

Kondisi	Sudut geser (koefisien geser ϕ_B)	Kohesi
Tanah dengan beton	$\phi_B = 2/3 \phi$	$C_B = 0$
Batuan dengan beton	$\tan \phi_B = 0,6$	$C_{B } = 0$
Tanah dengan tanah atau batuan dengan batuan	$\phi_B = \phi$	$C_{B } = C$

(Sumber : Dr. Ir., Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 1994 "*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*" Hal: 87.)

Gaya mendatar yang bekerja pada pondasi kolom tidak boleh melebihi gaya penahan geser yang ada kurang dari faktor yang disyaratkan, maka dimensi kolom perlu dianalisis kembali dengan memperbesar dimensi yang ada, atau dengan memasang sumuran. Hal ini dapat menambah gaya penahan geser yang ada:



Gambar 2.4 Sumuran sebagai Penahan Gaya Geser

Gaya penahan geser yang diijinkan dari tanah pondasi dihitung dengan

persamaan sebagai berikut : $SF = \frac{Hu}{Hx}$

Keterangan :

Hu : gaya penahan geser pada dasar pondasi

Hx : gaya mendatar

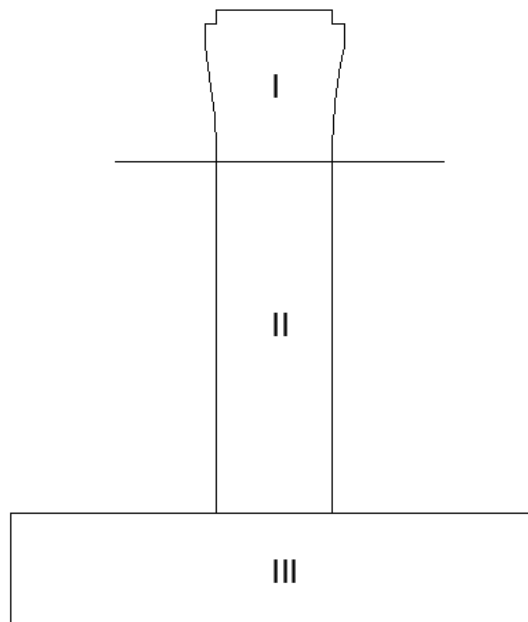
SF : faktor keamanan untuk jembatan jalan raya, diambil > 2

(Sumber : Dr. Ir., Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 1994 “Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi”)

2.7 Perencanaan Penulangan Kolom

Untuk perencanaan penulangan kolom, didasarkan pada SNI 03-2847-2002 serta *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*, karya Ir W. C.

Vis dan Ir Gideon Kusuma M. Eng 1997.



Gambar 2.5 Potongan I-I Pembagian Penulangan Kolom

2.7.1 Langkah Perencanaan Penulangan Potongan I-I (A)

Analisa pembebanan, yang meliputi :

1. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I
2. Kombinasi pembebanan

1. Gaya-gaya yang diperhitungkan meliputi :

- a. Berat sendiri kolom (Gc)

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (A)

- Berat sendiri kolom (Gc)

$$G_c = \text{Luas} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

- a. Kombinasi pembebanan pada potongan I-I

$$\text{Momen berfaktor (Mu)} = 1,2 M_x + 1,6 M_y$$

Kombinasi I

$$M = M_{Gc} + M_m + M_H$$

Kombinasi II

$$M = M_{Gc} + M_M$$

Kombinasi III

$$M = M_{\text{kombinasi I}} + M_{Rm}$$

Kombinasi IV

$$M = M_M + M_{Gc} + M_A + M_{Gh}$$

Dari perhitungan di atas diambil momen yang paling maksimum/paling besar.

b. Perhitungan Tulangan

a. = Tinggi efektif

$$d = h - p - D - \frac{1}{2} \emptyset$$

dimana :

d = tinggi efektif

h = tebal pondasi

p = selimut beton

\emptyset = perkiraan diameter tulangan yang digunakan menurut SNI 03-2847-2002 disebutkan bahwa beton yang dicor langsung di atas tanah dan langsung berhubungan dengan tanah, tebal selimut minimum diperkirakan 70mm.

$$R_u = \frac{Mu}{bxd^2}$$

Dimana :

R_u = tegangan batas

M_u = momen berfaktor pada penampang

B = lebar per meter

d = tinggi efektif

Di dapat Nilai ρ dari perhitungan :

Untuk seluruh mutu beton:

$$\frac{Mu}{bd^2} = \rho \times \theta \times (1 - 0,588 \times \rho \times \frac{f_y}{f_c}) \times 10^3$$

didapat nilai ρ

Dari perhitungan R_u maka dapat dicari nilai ρ dari tabel A dengan cara interpolasi, dimana $\rho_{min} > \rho > \rho_{max}$. Apabila nilai ρ yang didapat adalah $\rho < \rho_{min}$, maka untuk perhitungan luasan dapat dipakai ρ_{min} . Apabila nilai ρ yang didapat adalah $\rho > \rho_{min}$, maka untuk perhitungan luasan dapat dipakai ρ tersebut.

(Sumber : Ir. Sudarmanto, Msc, 1996 „Konstruksi beton 2” dan W.C.Vis,1993

Grafik dan Tabel perhitungan beton Bertulang, berdasarkan SNI 03-2847-2002)

a. Menghitung tulangan utama (As)

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

Dimana :

A_s = luas tulangan

ρ = rasio tulangan tarik non pratekan

b = lebar per 1 meter

d = tinggi efektif

b. Menghitung Tulangan Bagi

Menurut SNI 03-2847-2002

$$\text{Untuk } f_y = 240 \text{ Mpa, } A_s = \frac{0,20 * b * h}{100}$$

$$\text{Untuk } f_y = 400 \text{ Mpa, } A_s = \frac{0,18 * b * h}{100}$$

Dimana :

A_s = luasan tulangan

b = lebar per 1 meter

h = tebal pondasi

c. Kontrol terhadap geser

$$V_u = 1,2 V$$

$$\Phi V_u = \frac{V_H}{b * d}$$

$$\Phi V_c = 0,60 \frac{1}{6} \sqrt{f^1 \cdot c} \cdot b \cdot d.$$

Dari grafik dan tabel Perhitungan Beton Bertulang karya Ir Gideon kusuma M Eng, dengan mutu beton f_c yang telah ditentukan maka akan diperoleh ΦV_c sebagai kontrol terhadap gaya geser yang terjadi.

Syarat :

1. $V_u < \Phi V_c$konstruksi aman

2. $V_u > \Phi V_c$konstruksi tidak aman

Apabila $V_u > \Phi V_c$ (konstruksi tidak aman) maka alternatif pemecahannya adalah dengan menggunakan sengkang.

$$A_v = \frac{\Phi V_s \cdot S}{f_y \cdot d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002})$$

Dimana :

A_v : luas tulangan geser

ΦV_s : kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

S : jarak tulangan

F_y : mutu tulangan

d : tinggi efektif

Apabila $V_u < \Phi V_c$ (konstruksi aman), namun dianggap perlu menggunakan sengkang, maka digunakan sengkang minimum.

$$A_v = \frac{b_w S}{3 \cdot f_y}, \quad S < d/2$$

Dimana : b_w : lebar per 1 meter

S : jarak sengkang

F_y : mutu tulangan

A_v : luas tulangan geser

d : tinggi efektif

2.7.2 Langkah Perencanaan Penulangan Potongan I-I (A dan B)

Analisa pembebanan, yang meliputi :

1. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (A dan B)
 2. Kombinasi pembebanan
- Gaya yang diperhitungkan pada potongan I-I (A dan B)
- a. Berat Sendiri Kolom (G_c)
 - b. Beban Mati (M)
 - c. Beban Hidup (H)
 - d. Gaya Gempa (G_h)
 - e. Gaya Gesek (G_g)
 - f. Gaya Rem (R_m)

- Berat Sendiri Kolom (Gc)

$$Gc1 = \text{luas1} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$Gc2 = \text{luas2} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$Gc3 = \text{luas1} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

- Beban Mati (M)

$$Mm = Mm \times X$$

$$Mmu = 1,2 \cdot Mm$$

- Beban Hidup (H)

$$Mh = Mh \cdot X$$

$$Mhu = 1,6 \cdot Mhu$$

- Gaya Gempa (Gh)

$$MGh = Gh \times Y$$

$$MGhu = 1,6 \cdot MGh$$

- Gaya Gesek (Gg)

$$MGG = Gg \cdot Y$$

$$MGgu = 1,6 \cdot MGg$$

- Gaya Rem (Rm)

$$MRm = Rm \times Y$$

$$MRmu = 1,6 \cdot MRm$$

3. Perhitungan Tulangan

Langkah perhitungan penulangan pada potongan I-I (A dan B) sama seperti pada potongan I-I (A).

2.7.3 Langkah Perencanaan Penulangan Potongan I-I (C)

Analisa pembebanan, yang meliputi :

1. Gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I
2. Kombinasi pembebanan
1. Gaya-gaya yang diperhitungkan meliputi :

- a. Berat sendiri kolom (Gc)

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada potongan I-I (C)

- Berat sendiri kolom (Gc)

$$G_c = \text{Luas} \times \text{lebar} \times \gamma_{\text{beton}}$$

- Gaya-gaya Akaial Sumuran

$$Q_t = n \times E \times P_{\text{max}}$$

$$Q_{tu} = 1,6 \times Q_t$$

$$M_{Qt} = Q_t \times X$$

$$M_{Qtu} = 1,6 \times M_{Qt}$$

Dimana, Q_t = gaya sumuran tunggal

n = jumlah baris

E = efisiensi sumuran

P = Baban Max (kN)

Momen berfaktor : $M_u = M_{Gcu} + M_{qtu}$

3. Perhitungan Tulangan

Langkah perhitungan penulangan pada potongan I-I (C) sama seperti pada potongan I-I (A)