

## **EVALUASI KEKUATAN STRUKTUR GEDUNG H UNIVERSITAS DIAN NUSWANTORO SEMARANG**

Nur Fahria.R.D, Ita Puji Lestari, Himawan Indarto<sup>\*)</sup>, Indrastono.D.A.<sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

### **ABSTRAK**

*Rendahnya mutu pengawasan pada pelaksanaan konstruksi dapat mengakibatkan rendahnya kualitas konstruksi, termasuk mutu betonnya. Evaluasi kekuatan struktur pada bangunan gedung tujuh lantai kompleks Gedung H Universitas Dian Nuswantoro mendemonstrasikan dampak rendahnya mutu beton tersebut. Mutu beton rencana dari K250 turun menjadi K150 akibat rendahnya mutu pengawasan terutama pada lantai 1 sampai 3. Fungsi tiga lantai pertama adalah menopang empat lantai di atasnya dengan mutu beton K300. Evaluasi dampak perbedaan mutu beton pada struktur Gedung H dilakukan dengan membandingkan kesesuaiannya terhadap tiga SNI yaitu SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2013, dan SNI 1727-2013. Evaluasi struktur dilakukan dengan metode simulasi tiga dimensi berdasarkan informasi data lapangan. Berdasarkan hasil simulasi struktur, maka struktur utama memerlukan perkuatan agar mampu menahan beban-beban yang diterima oleh struktur gedung H. Hasil analisis struktur berdasarkan standard yang digunakan diperoleh bahwa beberapa bagian elemen balok memerlukan perkuatan dengan pembesaran luasan penampang dan penambahan rasio tulangan pada elemen kolom.*

**kata kunci :** *kekuatan struktur, Perbedaan mutu beton, perkuatan struktur.*

### **ABSTRACT**

*Poor supervision in the project execution can cause a mediocre performance of construction quality, including concrete quality. Structural Strength Evaluation on the seven stories building, building H of Dian Nuswantoro University has demonstrated the impacts of poor performance of these concrete qualities. The concrete quality have been designed by K250, and decrease to K150 because of that poor supervision from level 1 to 3. The function of first three levels are supporting four stories above by concrete quality K300. The impact evaluation of different concrete quality on the building H is undertaken by comparative assessment throughout three SNI, they are SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2013, and SNI 1727-2013. Structural evaluation is undertaken by three dimensional simulation method from the field data information. Based upon the structural simulation, therefore the main structure need a strengthening to support the service load of the building H. The result of structural analysis due to the standard found that some of beam elements need a strengthening by enlarging section area and increasing reinforcement ratio of the column.*

**keywords:** *structural strength, deviation of concrete quality, retrofit*

---

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

## PENDAHULUAN

Gedung H Universitas Dian Nuswantoro Semarang direncanakan sebagai bangunan gedung 7 lantai dari beton bertulang sebagai material struktur. Proses pembangunan terdiri dari dua tahapan pekerjaan, pekerjaan struktur bawah (*sub structure*) dan pekerjaan struktur atas (*upper structure*). Pada saat pembangunan setelah mencapai lantai 3 diketahui bahwa mutu beton yang terpasang lebih rendah K – 150 (f'c 13 MPa) dari mutu beton yang direncanakan K – 250 (f'c 21 MPa). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa mutu beton tidak memenuhi persyaratan kriteria desain. Pemakaian mutu beton yang lebih rendah dari mutu rencana akan mempengaruhi kekuatan bangunan tersebut dalam menerima beban yang ada, sehingga diperlukan evaluasi kinerja dan kekuatan gedung pada kondisi eksisting, memberikan alternatif solusi perkuatan. Struktur gedung H Universitas Dian Nuswantoro Semarang menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan menggunakan konsep *strong column weak beam*.

## TINJAUAN PUSTAKA

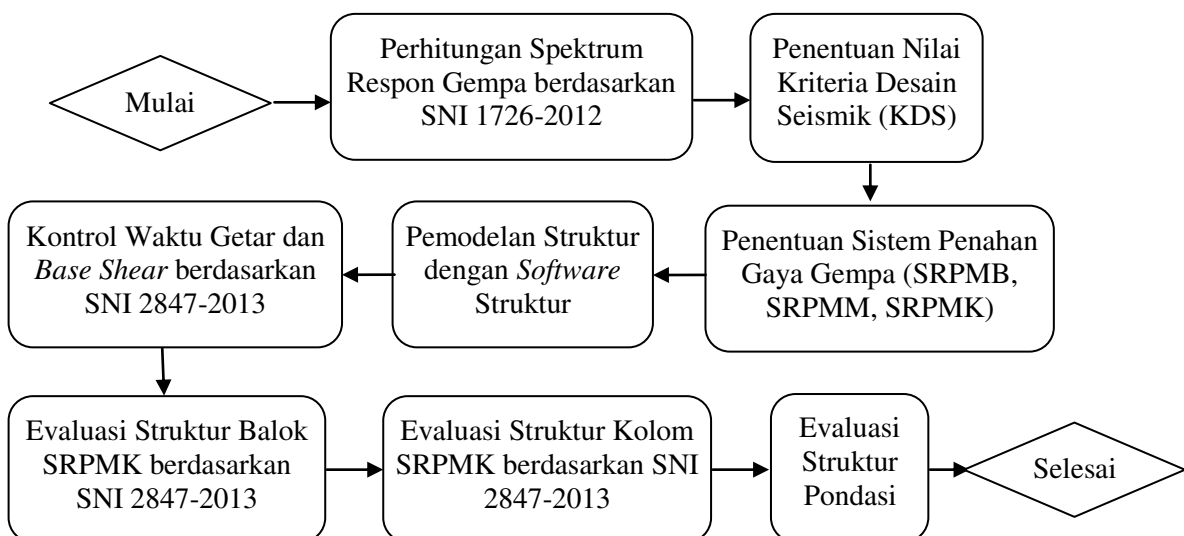
### Dasar Perhitungan dan Pedoman Evaluasi

Pedoman yang digunakan untuk evaluasi adalah sebagai berikut:

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012).
2. Beban minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2013).
3. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).

## METODOLOGI PENELITIAN

Langkah – langkah evaluasi struktur berdasarkan sistem penahan gaya gempa SRPMK disajikan dalam *flowchart* berikut :



Gambar 1. Diagram Alir

## PERHITUNGAN STRUKTUR

### Mutu Bahan

Pada struktur bangunan Gedung H Universitas Dian Nuswantoro Semarang digunakan konstruksi beton bertulang, dengan menggunakan mutu beton K-150 ( $f'c$  13 MPa) pada lantai 1 – 3 dan K-300 ( $f'c$  25 MPa), pada lantai 4 – 7. Untuk struktur bawah digunakan pondasi *bore pile* dengan mutu beton K-300 (25 MPa). Mutu baja tulangan yang digunakan  $f_y$  400 MPa (tulangan *deform*) untuk tulangan utama dan  $f_y$  240 MPa (tulangan *plain*) untuk tulangan geser atau sengkang.

### Pembebanan Struktur

Pembebanan yang digunakan dalam struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

- Beban mati yang digunakan mengacu pada (SNI 1727:2013), pembebanan untuk lantai 1 sampai dengan lantai 7 sebesar  $133 \text{ kg/m}^2$ .
- Beban hidup yang digunakan mengacu pada (SNI 1727:2013), pembebanan untuk lantai 1 sampai dengan lantai 6 sebesar  $300 \text{ kg/m}^2$  sedangkan untuk lantai 7 sebesar  $100 \text{ kg/m}^2$
- Beban gempa yang digunakan mengacu pada (SNI 03-1726-2012)

### Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan untuk analisis evaluasi mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 1726-2012), yaitu :

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L
- $(1,2D + 0,2 \text{ SDS}) D + 100\% \rho Ex + 30\% \rho Ey + L$
- $(1,2D + 0,2 \text{ SDS}) D + 30\% \rho Ex + 100\% \rho Ey + L$
- 1D + 1 L

dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

SDS = Percepatan respons spektral pada perioda pendek

$\rho$  = Faktor redundansi struktur

Ex = Beban gempa arah x

Ey = Beban gempa arah y

### Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan dengan simulasi model struktur 3 dimensi, ditunjukkan pada Gambar 2.



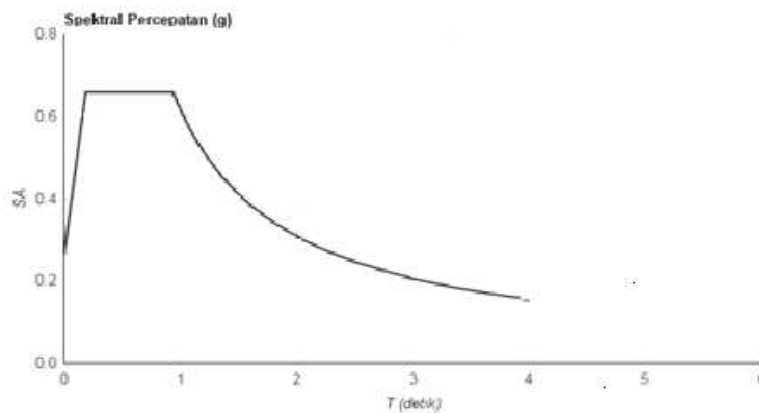
Gambar 2. Pemodelan Gedung Lantai 7 dengan *software* struktur

## Analisis Gempa Dinamis

Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada standar Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012). Dengan data yang digunakan, sebagai berikut:

- a. Lokasi bangunan : Semarang
- b. Kategori risiko : IV
- c. Faktor keutamaan ( $I_e$ ) : 1,5
- d. Koefisien respons ( $R$ ) : 8 (SRPMK)

Penentuan grafik spektrum respon desain didapat dari *website puskim.pu.go.id*. Berdasarkan jenis tanah yang didapatkan dari hasil pengujian tanah pada lokasi perencanaan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Respon Spektrum Semarang (Tanah Lunak)

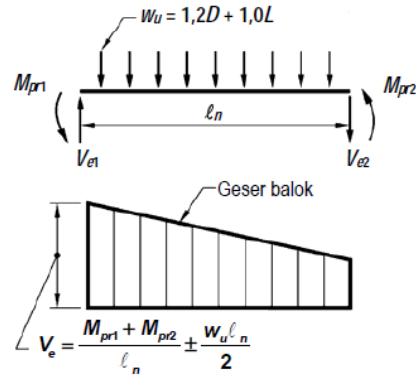
Adapun besaran nilai SDS 0,659g dan SD1 0,617g, hasil dari grafik tersebut.

## EVALUASI STRUKTUR

### Evaluasi Balok Induk

Evaluasi struktur balok dilakukan pada balok induk ukuran (25 x 60) cm pada lantai 2 dengan mutu beton K-150, digunakan metode SRPMK. Hal ini berkaitan dengan fungsi balok yaitu sebagai penerima beban dari plat yang akan disalurkan ke kolom serta diteruskan ke pondasi. Perhitungan yang digunakan untuk evaluasi diantaranya adalah:

- a. Perhitungan tulangan longitudinal.
- b. Perhitungan momen kapasitas balok (MP<sub>r1</sub> dan MP<sub>r2</sub>)  
MP<sub>r</sub> : kekuatan mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka *joint* yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit **1,25 $f_y$**  dan faktor reduksi kekuatan  $\phi$  sebesar 1,0 N.mm.
- c. Perhitungan tulangan geser di desain berdasarkan dengan jumlah nilai MP<sub>r1</sub> dan MP<sub>r2</sub> dibagi dengan panjang bersih bentang balok dan ditambah gaya geser akibat beban luar dengan kombinasi 1,2 D + 1 L, seperti pada Gambar 4.

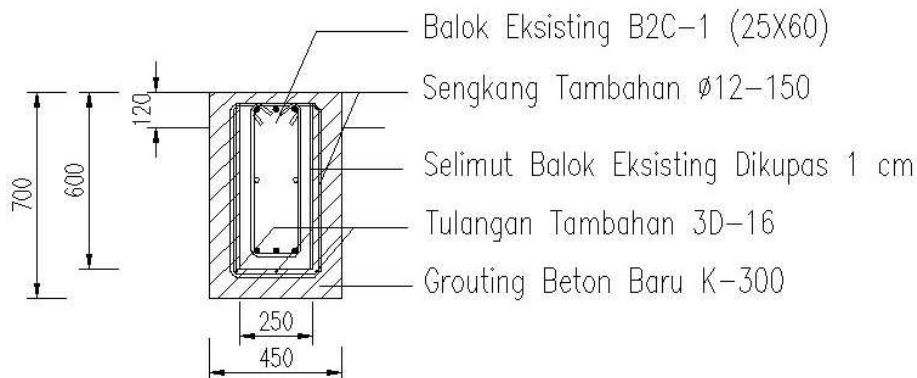


Gambar 4. Gaya Geser Desain untuk Balok

Dari hasil analisis struktur, didapatkan hasil banyaknya tulangan lentur, dan tulangan geser yang perlu dipasang pada balok eksisting struktur. Hasil analisis struktur eksisting untuk balok induk (25 x 60) cm kuat, akan tetapi pada pemeriksaan batasan rasio tulangan, rasio yang ada lebih besar dari rasio maksimum yang disyaratkan.

$$\rho = \frac{A}{b \times d} = \frac{1899,7}{250 \times 539} = 0,014 \quad \rho_{\min} = 0,0035 < \rho > \rho_{\max} = 0,011 \text{ (Tidak Ok)}$$

Pada balok eksisting (25 x 60) cm dari hasil analisa struktur dapat mengalami kegagalan struktur tekan atau *over reinforced*, sehingga perlu diperkuat. Perkuatan dapat dilakukan dengan cara memperbesar dimensi balok (*concrete jacketing*) diperlihatkan pada Gambar 5.



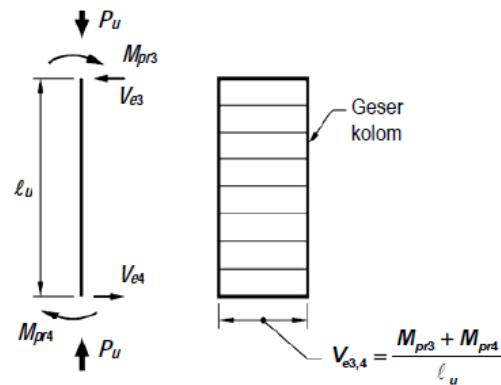
Gambar 5. Perbesaran Dimensi dengan Metode *Concrete Jacketing*

### Evaluasi Kolom

Dari hasil analisa struktur kolom dengan kriteria *strong column weak beam*, dengan tahapan evaluasi terhadap perhitungan seperti berikut:

- a. Pemeriksaan terhadap syarat komponen struktur kolom berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1:
  - Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada kolom melebihi  $0,1 A_g f'_c$
  - Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
  - Rasio penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4.

- b. Menghitung konfigurasi diameter penulangan dan jumlah tulangan yang akan digunakan dengan ketentuan  $0,01 < \rho < 0,06$ .
- c. Menghitung besarnya momen kapasitas kolom dengan Diagram Interaksi.
- d. Kontrol terhadap kekuatan kolom, dengan ketentuan kolom yang didesain harus memenuhi  $\Sigma MPr_{kolom} \geq 1,2 \cdot \Sigma MPr_{balok}$  pada hubungan balok-kolom.
- e. Pada tulangan geser, kolom di desain berdasarkan jumlah MPr3 dan MPr4 dibagi dengan bentang bersih, seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Gaya Geser Desain untuk Kolom

Didapatkan hasil berupa rasio tegangan (*stress ratio*) lebih kecil dari 1 ( $< 1$ ). Sehingga kolom eksisting yang ada masih mampu menahan beban yang bekerja pada struktur, meskipun mutu beton yang digunakan lebih rendah dari pada mutu yang direncanakan. *Stress ratio* maksimum yang ditunjukkan sebesar 0,918 pada kolom (40x40) cm 20D22 dengan mutu beton K-300 lantai 6 dan 7. Untuk memperkecil *stress ratio* pada kolom tersebut, dapat dilakukan pendimensian ulang sebagai perkuatan kolom. Dimensi kolom awal (40x40) cm 20D22 dapat diganti dengan tipe kolom yang berada tepat dibawahnya yaitu kolom (50x50) cm 16D22.

Setelah dilakukan analisis ulang dengan menggunakan dimensi (50x50)cm 16D22 didapatkan *stress ratio* sebesar 0,789. Dari hasil analisis tersebut ditunjukkan bahwa kolom akan lebih kuat menahan beban yang diterima dengan menggunakan dimensi kolom yang lebih besar dan jumlah tulangan yang lebih sedikit.

### Perencanaan Hubungan Balok Kolom

Perencanaan struktur hubungan balok kolom sangat diharuskan terutama pada Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dimana pada konsep desain SRPMK, kolom dan hubungan balok kolom harus mempunyai kapasitas yang lebih besar daripada balok, sehingga kegagalan struktur pada kolom dan joint dapat dicegah dengan membuat titik lemah (sendi plastis) pada balok struktur.

### Evaluasi Pondasi

Pondasi yang digunakan adalah pondasi *bore pile*, penggunaan pondasi jenis *bore pile* dikarenakan lokasi bangunan yang berada di dekat bangunan monumental sehingga diharuskan meminimalisir getaran yang ditimbulkan akibat pekerjaan pondasi. Kedalaman *bore pile* yang digunakan sampai kedalaman 20 m. Langkah-langkah evaluasi pondasi adalah sebagai berikut:

**Perhitungan Daya Dukung Bore Pile**

1. Berdasarkan Hasil Sondir/*Cone Penetration Test (CPT)*

a. Metode *Begemann*

$$Q_{all} = \frac{q_c \times A_b}{3} + \frac{JHP \times O}{5} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- $A_b$  = Luas permukaan ujung tiang
- $O$  = Keliling tiang *bore pile*
- $q_c$  = Tahanan ujung kerucut statis pada dasar tiang
- $JHP$  = Jumlah hambatan pelekat
- $SF$  = *Safety Factor* (3 dan 5)

Dari hasil analisis didapatkan hasil  $Q_{all}$  adalah 94,485 ton.

b. Metode *Trofimankove (1974)*

$$Q_{all} = \frac{kb \times q_c \times A_b + \left(\frac{JHP}{D}\right) Q}{FK} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

- $Q_{all}$  = Kapasitas beban yang diijinkan
- $kb$  = Resistensi factor tahanan ujung tiang (0,75)
- $q_c$  = Tahanan ujung tiang
- $JHP$  = Jumlah hambatan pelekat
- $Q$  = Panjang keliling pondasi tiang
- $FK$  = Faktor keamanan sebesar 3

Berdasarkan metode di atas  $Q_{all}$  perhitungan yang dihasilkan adalah : 127,668 ton.

Dari kedua metode berdasarkan data CPT diambil  $Q_{all}$  terkecil yaitu 94,485 ton.

2. Berdasarkan Hasil Uji Bor / *Soil Penetration Test ( SPT )*

a. Perhitungan  $Q_p$

- Metode (*Meyerhoff*)

$$Q_p = 9 \cdot Cu_{ujung} \cdot A_b \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

- $Q_p$  = Kapasitas beban di ujung tiang
- $Cu_{ujung}$  = Tahanan ujung tiang dikalikan 5

- Metode (*Vesic*)

$$Q_p = A_b \cdot q_p = A_b \cdot ( C' \cdot N_c^* + \sigma_o \cdot N_{\sigma}^* ) \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- $C'$  = Tahanan ujung tiang
- $N_c^*, N_{\sigma}^*$  = *Bearing capacity factor*
- $\sigma_o$  = Tegangan efektif tanah terfaktor

- Berdasarkan Metode (*Janbu*)

$$Q_p = A_b \cdot ( C' \cdot N_c^* + q \cdot N_q^* ) \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

- $C'$  = Tahanan ujung tiang
- $N_c^*, N_{\sigma}^*$  = *Janbu's bearing capacity factor*
- $q$  = Tegangan efektif tanah terfaktor

Dari hasil rata-rata ketiga metode  $Q_p$  rata – rata = 481,053 kN, sehingga digunakan yang paling mendekati nilai rata-rata yaitu  $Q_p$  *Janbu* = 420,760 kN.

b. Perhitungan  $Q_s$

-  $\alpha$  method

$$Q_s = \sum(\alpha_i \cdot C_{ui} \cdot L_i) \cdot p \quad \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

- $Q_s$  = Kapasitas beban di gesekan samping tiang
- $C_{ui}$  = Tahanan ujung tiang per layer
- $L_i$  = Kedalaman per layer tanah
- $p$  = Keliling tiang

-  $\lambda$  method

$$Q_s = L \cdot p \cdot f_{av} \quad \dots\dots\dots(7)$$

dimana :

- $L$  = Kedalaman *bore pile*
- $f_{av}$  = Tahanan gesek tanah rata-rata

$Q_s$  yang digunakan adalah 2602,923 kN dari nilai  $Q_s$  rata-rata.

Hasil  $Q_p$  dan  $Q_s$  digunakan untuk mencari  $Q_{all}$  sesuai dengan perhitungan:

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad \dots\dots\dots(9)$$

didapat  $Q_{all}$  sebesar 100,789 ton.

dimana :

- $Q_{ult}$  = Daya dukung batas pondasi tiang
- SF = *Safety factor* bernilai 2 ~ 3

Berdasarkan data NSPT didapat  $Q_{all}$  yaitu 100,789 ton dan data CPT didapat  $Q_{all}$  sebesar 94,485 ton, maka diambil nilai daya dukung yang terkecil, yaitu 94,485 ton.

**Kontrol Gaya yang Bekerja pada Bore Pile**

Berat sendiri *pile cap* dihitung berdasarkan berat jenis beton bertulang yang digunakan yaitu  $2400 \text{ kg/m}^3$  dikalikan dengan volume beton *pile cap*. Tipe *pile cap* yang digunakan berdasarkan jumlah *bore pile* terdapat dua tipe P2 dan P3.

$$\sum P_v = P_u + W_{pile\ cap} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$P_{ijin} = P_{all} = Eff \times Q_{all} \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$P_{group} = n \times P_{ijin} \quad \dots\dots\dots(12)$$

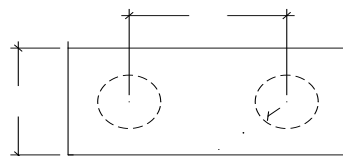
Kontrol terhadap syarat :

$$P_{group} \geq \sum P_v \quad \dots\dots\dots(13)$$

dimana:

Eff = Effisiensi tiang

**Kontrol Beban Maksimum (Pmaks)**



Gambar 7. Konfigurasi Letak *Bore Pile* pada *Pilecap*

Perhitungan gaya  $P_{maks}$  dan  $P_{min}$  pada tiang pondasi dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$P_{maks} = \frac{P_v}{n} \pm \frac{M_x \cdot y}{b \cdot \Sigma y^2} \pm \frac{M_y \cdot x}{a \cdot \Sigma x^2} \dots\dots\dots(14)$$

$$P_{maks} < P_{ijin} \dots\dots\dots(15)$$

dimana :

- $P_{maks}$  = Gaya maksimum pada tiang
- $n$  = Jumlah tiang dalam 1 *pilecap*
- $M_x, M_y$  = Momen kearah x dan y pada tumpuan
- $b$  = Jumlah tiang dalam 1 baris (2)
- $a$  = Jumlah tiang dalam 1 kolom (1)
- $x, y$  = Jarak tiang kearah x dan y

**Kontrol Gaya Lateral (metode Broms)**

Untuk *bore pile* dengan pembebanan lateral, Broms mengembangkan solusi sederhana berdasarkan dua asumsi, yaitu:

- kegagalan geser untuk kasus *short piles*.
- terjadi bending untuk kasus *long piles*.

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui  $\mu$  (lateral) yang mampu ditahan oleh *bore pile*.

a. Faktor kekakuan:

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{nh}} \dots\dots\dots(16)$$

dimana:

- $E$  = Modulus elastisitas tiang (MPa)
- $I$  = Momen inersia tiang
- $T$  = Faktor kekakuan tiang
- $nh$  = Koefisien modulus tanah

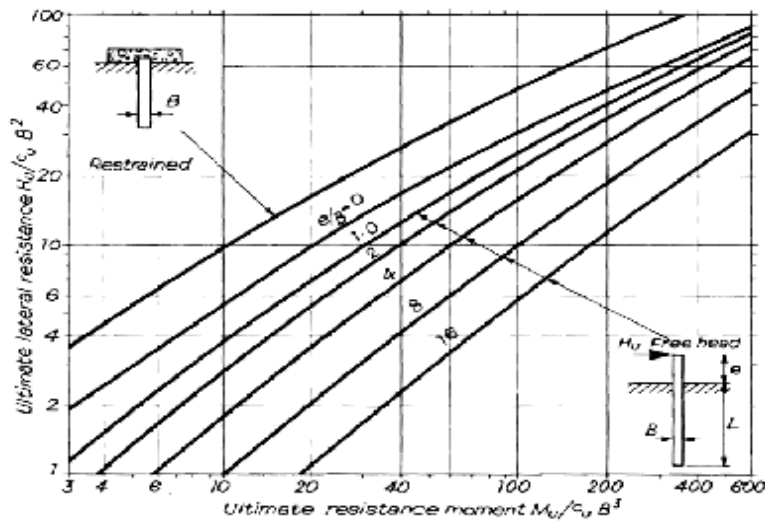
Untuk mencari nilai  $nh$  dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien Modulus Tanah  $nh$

Relative Density	Loose	Medium Dense	Dense
nh for dry or moist soil (Terzaghi)			
kN/m <sup>3</sup>	2,5	7,5	20
tons/feet <sup>3</sup>	7	21	56
nh for submerged soil (Terzaghi)			
mN/m <sup>3</sup>	1,4	5	12
tons/feet <sup>3</sup>	4	14	34
nh for submerged soil (Reese et all)			
mN/m <sup>3</sup>	5,3	16,3	34
tons/feet <sup>3</sup>	15	46	96

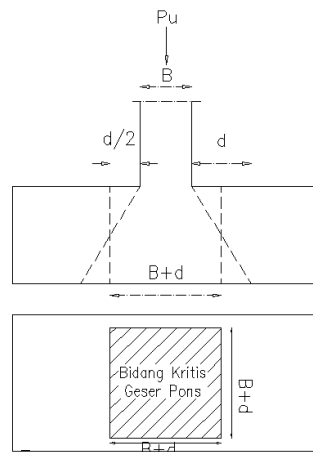
- b. Menentukan jenis tiang, digunakan grafik Broms untuk penentuan kategori pondasi pendek atau panjang. Dibedakan dengan:
- *Bore pile* dengan panjang (L) kurang dari 2 kali faktor kekakuan (T), *bore pile* dianggap pendek dan bebas.
  - *Bore pile* dengan panjang (L) lebih besar atau sama dengan 2 kali faktor kekakuan (T), *bore pile* dianggap panjang dan jepit.
- dimana:  
 T = Faktor kekakuan  
 L = Panjang kedalaman *bore pile*

c. Mencari gaya lateral ijin dengan menggunakan grafik *Broms*



Gambar 8. Grafik *Broms* Tahanan Lateral (Das, 2004)

**Cek terhadap Geser Pons dari Kolom**



Gambar 9. Bidang Kritis Geser Pons

Agar dapat menahan gaya geser pons harus memenuhi persyaratan berikut:

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{6} \dots\dots\dots(17)$$

$$V_c = \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12} \dots\dots\dots(18)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \dots\dots\dots(19)$$

$$d = h - p \dots\dots\dots(20)$$

$$b_o = 4 \times (B + d) \dots\dots\dots(21)$$

dimana:

$V_c$  = Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton  
(diambil nilai  $V_c$  minimum dari ketiga perumusan diatas)

$\beta_c$  = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau daerah tumpuan.

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada *pile cap*

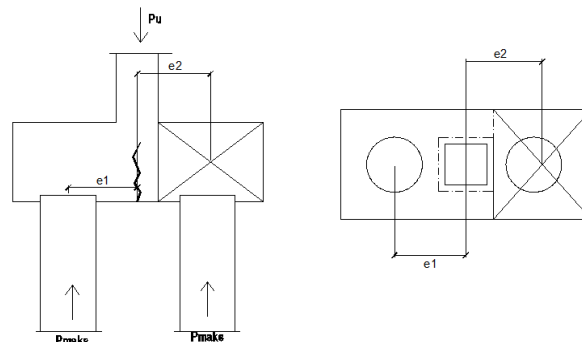
$\alpha$  = 40, untuk kolom tengah

Kontrol terhadap syarat:

$$P_u \leq 0,75 V_c \dots\dots\dots(22)$$

**Perhitungan Tulangan Pile Cap**

Perhitungan tulangan *pile cap* berdasarkan pada momen yang dihasilkan dari analisis sebesar  $M_x = 129,865$  ton.m, untuk arah x dan  $M_y = 0$  ton.m, untuk arah y. Dari hasil analisis didapatkan bahwa rasio tulangan *pile cap* lebih kecil dari rasio tulangan minimum, sehingga tulangan yang digunakan adalah D16-150.



Gambar 10. Tinjauan Bidang Kritis

**Penurunan Pondasi**

Penurunan pondasi dihitung berdasarkan hasil penjumlahan penurunan segera dengan penurunan konsolidasi primer. Penurunan pondasi total dinyatakan dalam rumus berikut:

$$S = S_i + S_c \dots\dots\dots(23)$$

dimana :

$S$  = Penurunan total

$S_i$  = Penurunan segera

$S_c$  = Penurunan konsolidasi primer

Maka berdasarkan metode di atas didapat *settlement* sebesar 12 cm.

## **KESIMPULAN**

Dari hasil evaluasi terhadap struktur gedung H Universitas Dian Nuswantoro dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan melakukan perhitungan menggunakan mutu beton K-150 pada lantai 1, 2, 3, serta mutu K-300 pada lantai 4, 5, 6, 7, didapat bahwa balok pada bangunan Gedung H UDINUS kuat, akan tetapi batas ratio tulangan pada salah satu balok mutu K-150, melebihi batas rasio yang disyaratkan sehingga dapat menyebabkan terjadinya *over reinforced*.
2. Setelah dilakukan peninjauan perhitungan dengan mutu beton K-150 dan K-300, disimpulkan bahwa semua kolom kuat, ditunjukkan dengan hasil *stress ratio* kurang dari 1. *Stress ratio* maksimum kolom bangunan tersebut, adalah 0,789, pada kolom dimensi (50 x 50) cm, dengan tulangan yang terpasang 16D22.
3. Pada struktur pondasi setelah dilakukan peninjauan perhitungan didapatkan bahwa pondasi kuat menahan beban yang ada.

## **SARAN**

Dari hasil evaluasi terhadap struktur gedung H Universitas Dian Nuswantoro diperoleh saran untuk perkuatan struktur sebagai berikut:

1. Disarankan pada balok yang tidak memenuhi batas rasio tulangan agar dilakukan *concrete jacketing*, yaitu suatu metode dengan memperbesar dimensi dan ditambah dengan tulangan praktis.
2. Disarankan pada kolom dimensi (40 x 40) cm dengan *stress rasio* kolom yang maksimum dilakukan pembesaran dimensi dan pengurangan tulangan agar kolom lebih kuat. Pembesaran dimensi dapat menggunakan dimensi 50x50 dan tulangan 16D22 sesuai dengan kolom di bawahnya dengan hasil *stress rasio* lebih kecil yaitu 0,789.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anugrah Pamungkas, 2008. *Desain Pondasi Tahan Gempa*, Andi, Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Braja M. Das, 2007. *Principles of Foundation Engineering Sixth Edition*, Nelson, Canada.
- Hary Christady Hardiyatmo, 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Joetata Hadihardaja, 1997. *Rekayasa Pondasi II Pondasi Dangkal dan Pondasi Dalam*, Gunadarma, Jakarta.
- Zainul Arifin, 2007. *Komparasi daya dukung aksial tiang tunggal dihitung dengan beberapa metode analisis*, Tesis Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.