

VISUALISASI PEMBELAJARAN DESAIN PENULANGAN DINDING GESER DENGAN BAHASA PEMROGRAMAN *DELPHI*

Yosafat Aji Pranata¹, Maradona Ramdani Nasution, dan Pricillia Sofyan Tanuwijaya

¹ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Suria Sumantri 65, Bandung
Email: yosafat.ap@eng.maranatha.edu

ABSTRAK

Bahasa pemrograman *DELPHI* merupakan suatu bahasa pemrograman, yang menggunakan bahasa *PASCAL*. Bahasa pemrograman ini memberikan berbagai fasilitas pembuatan aplikasi visual yang didukung dengan *IDE (Integrated Development Environment)*. Perencanaan dinding geser sebagai elemen struktur penahan beban gempa pada gedung bertingkat bisa dilakukan dengan konsep gaya dalam, yaitu dengan hanya meninjau gaya-gaya dalam yang terjadi akibat kombinasi beban gempa atau dengan konsep desain kapasitas. Konsep desain dinding geser berdasarkan gaya dalam ini yang mengacu pada SNI 03-2847-2002 dan ACI 318-05. Kuat geser perlu dinding struktural diperoleh dari analisis beban lateral dengan faktor beban yang sesuai. Konsep Desain Kapasitas, berdasarkan SNI beton, struktur beton bertulang tahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas. Dengan konsep ini, gaya gempa elastik dapat direduksi dengan suatu faktor modifikasi respons struktur, yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur. Dalam penulisan ini disampaikan visualisasi pembelajaran analisis dan desain penulangan dinding geser beton bertulang dengan perangkat lunak yang dikembangkan dengan bahasa pemrograman *DELPHI*. Desain penulangan direncanakan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 dan studi kasus menggunakan contoh perencanaan dinding geser (*shearwall*) berdasarkan peraturan beton Indonesia SNI 03-2847-02. Hasil penelitian dalam penulisan ini adalah sebuah perangkat lunak sederhana, yang mempunyai fitur untuk menghitung analisis dan desain penampang dinding geser beton bertulang, dengan output utama adalah hasil jumlah dan gambar penulangan penampang dinding geser.

Kata kunci: visualisasi, pembelajaran, dinding geser, beton bertulang, perangkat lunak

1. PENDAHULUAN

Bahasa pemrograman *DELPHI* merupakan suatu bahasa pemrograman, yang menggunakan bahasa *PASCAL*. Bahasa pemrograman ini memberikan berbagai fasilitas pembuatan aplikasi visual yang didukung dengan *IDE (Integrated Development Environment)*.

Perencanaan dinding geser sebagai elemen struktur penahan beban gempa pada gedung bertingkat bisa dilakukan dengan konsep gaya dalam (yaitu dengan hanya meninjau gaya-gaya dalam yang terjadi akibat kombinasi beban gempa) atau dengan konsep desain kapasitas.

Dalam penulisan ini disampaikan visualisasi pembelajaran analisis dan desain penulangan dinding geser beton bertulang dengan perangkat lunak yang dikembangkan dengan bahasa pemrograman *DELPHI*. Desain penulangan direncanakan sesuai dengan SNI 03-2847-2002.

2. TINJAUAN LITERATUR

Bahasa Pemrograman *DELPHI*

Perangkat lunak *DELPHI* merupakan suatu bahasa pemrograman yang menggunakan bahasa *PASCAL* yang memberikan berbagai fasilitas pembuatan aplikasi visual yang didukung dengan *IDE (Integrated Development Environment)*. Bahasa *PASCAL* pertama kali diciptakan oleh Niklaus Wirth, seorang profesor dari swiss, pada akhir tahun 70-an. *TURBO PASCAL* memperkenalkan sebuah *Integrated Development Environment (IDE)* dimana pemrograman dapat mengedit kode (editor kompatibel *WORDSTAR*), menjalankan kompiler, melihat kesalahan dan menunjukkan baris-baris kesalahan. Fasilitas ini sebelumnya belum ada.

Setelah versi 9 dari *TURBO PASCAL (BORLAND)*, pada tahun 1995 diluncurkan versi *DELPHI*, sebuah bahasa pemrograman visual. *DELPHI* memperluas *PASCAL* dengan sejumlah kemampuan-kemampuan, termasuk

pemrograman berorientasi objek yang berbeda dengan objek *PASCAL* sebelumnya. Dalam penulisan ini digunakan bahasa pemrograman *DELPHI* versi 7.

Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser biasanya dikategorikan berdasarkan geometrinya [Imran et al., 2008] yaitu *Flexural wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \geq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur. Kategori kedua adalah *Squat wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \leq 2$, dimana desain dikontrol oleh perilaku geser. Kategori ketiga adalah *Coupled shear wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 (SNI, 2002), dinding geser beton bertulang kantilever adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana.

Konsep Gaya Dalam, menurut konsep ini dinding geser didesain berdasarkan gaya dalam V_u dan M_u yang terjadi akibat beban gempa. Konsep desain dinding geser berdasarkan gaya dalam ini yang mengacu pada SNI 03-2847-2002 dan ACI 318-05. Kuat geser perlu dinding struktural (V_u) diperoleh dari analisis beban lateral dengan faktor beban yang sesuai. Kuat geser nominal (V_n) didesain memenuhi persamaan,

$$V_n \leq A_{cv} \left(\alpha_c \cdot \sqrt{f'_c} + \rho_n \cdot f_y \right) \quad (1)$$

Dimana A_{cv} adalah luas penampang total dinding struktural, α adalah bernilai 0,25 untuk rasio $h_w/l_w \leq 1,5$ atau bernilai 1/6 untuk rasio $h_w/l_w \geq 2$. sedangkan ρ_n adalah rasio penulangan arah horizontal (transversal).

Konsep Desain Kapasitas, berdasarkan SNI beton yang berlaku (SNI 03-2847-02), struktur beton bertulang tahan gempa pada umumnya direncanakan dengan mengaplikasikan konsep daktilitas. Dengan konsep ini, gaya gempa elastik dapat direduksi dengan suatu faktor modifikasi response struktur (faktor R), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur. Dengan penerapan konsep ini, pada saat gempa kuat terjadi, hanya elemen-elemen struktur bangunan tertentu saja yang diperbolehkan mengalami plastifikasi sebagai sarana untuk pendisipasian energi gempa yang diterima struktur. Elemen-elemen tertentu tersebut pada umumnya adalah elemen-elemen struktur yang keruntuhannya bersifat daktil.

Elemen-elemen struktur lain yang tidak diharapkan mengalami plastifikasi haruslah tetap berperilaku elastis selama gempa kuat terjadi. Selain itu, hirarki atau urutan keruntuhan yang terjadi haruslah sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu cara untuk menjamin agar hirarki keruntuhan yang diinginkan dapat terjadi adalah dengan menggunakan konsep desain kapasitas. Pada konsep desain kapasitas, tidak semua elemen struktur dibuat sama kuat terhadap gaya dalam yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain. Hal ini dibuat demikian agar di elemen atau titik tersebutlah kegagalan struktur akan terjadi di saat beban maksimum bekerja pada struktur.

3. STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

Dalam penulisan ini, studi kasus perhitungan yang dilakukan menggunakan rumus dan persamaan berdasarkan literatur yang dipelajari [Imran et al., 2008] dan SNI 03-2847-2002.

Studi Kasus

Studi kasus menggunakan contoh sebagai berikut, perencanaan dinding geser (*shearwall*) berdasarkan peraturan beton Indonesia SNI 03-2847-02. Diketahui data dinding geser dengan tebal (h) 300 mm, panjang (L_w) 5780 mm, dan tinggi (h_w) 35000 mm. Data material $f'_c = 25$ MPa, $f_y = 400$ MPa, dan faktor phi 0,75.

1. Estimasi *boundary element*.

Estimasi *boundary element* sebagai berikut: B = 500 mm, D = 500 mm, selimut = 40 mm, $\delta_u = 8,69$ mm, $V_u = 433910,6$ N, $P_u = 233,37$ kN, dan $M_u = 37,30$ kNm.

Luas geser $A_{cv} = h \cdot L_w = 1734000$ mm², sedangkan panjang badan $L = L_w - D = 5280$ mm.

2. Kontrol penampang akibat kuat geser maksimum:

Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa $V_u < V_{u\text{-maksimum}}$, maka penampang dapat digunakan.

$$V_{u-\text{maksimum}} = \phi \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_{cv} = 4335000 \text{ N.}$$

Kuat geser maksimum: $\frac{5}{6} A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 7225000 \text{ N}$, gaya geser yang bekerja masih di bawah batas atas kuat geser *shearwall*.

3. Menentukan lapis tulangan: $V_u \leq \frac{1}{6} \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 1445000 \text{ N}$, sehingga diperlukan 1 lapis tulangan.

4. Menentukan baja tulangan horisontal dan transversal yang dibutuhkan

$V_u \leq \frac{1}{12} \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 722500 \text{ N}$, maka rasio minimum tulangan vertikal dan horisontal harus mengacu pada SNI 03-2847-2002 sehingga kondisi harus diisi.

5. Rasio minimum tulangan horisontal.

Rasio minimum tulangan horisontal $\rho_{n-\text{minimum}} = 0,002$, berdasarkan pasal 16.3 SNI 03-2847-02 kondisi 1 dimana bila batang ulir yang digunakan tidak lebih besar daripada D16 dengan tegangan leleh yang disyaratkan tidak kurang daripada 400 MPa. Sehingga luas *shearwall* per meter panjang: $0,3 \text{ m}^2$. Maka minimal tulangan yang dibutuhkan per meter adalah: $0,3 \text{ m}^2 \cdot 0,002 = 0,0006 \text{ m}^2 = 600 \text{ mm}^2$. Selanjutnya digunakan tulangan D16 dengan dipasang 1 lapis, atau $A_{s \text{ tulangan}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 = 201,06 \text{ mm}^2$. Maka menggunakan tulangan D 16 dengan jarak 300 mm.

6. Menentukan baja tulangan yang diperlukan untuk menahan geser

$$V_n = A_{cv} \cdot \left[\alpha_c \cdot \sqrt{f'_c} + \rho_n \cdot f_y \right]$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{35000}{5780} = 6,1 > 2 \text{ sehingga } \alpha_c = 0,1667$$

$$\rho_n = \frac{\text{Lapis} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \left(\frac{\text{Panjang}}{\text{Spasi}} \right)}{\text{Lebar} \cdot \text{Panjang}} = \frac{1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \left(\frac{5780}{300} \right)}{300 \cdot 5780} = 0,0022 < \rho_n$$

Maka dapat dihitung $V_n = 1734000 \cdot \left[0,167 \cdot \sqrt{25} + 0,0022 \cdot 400 \right] = 2973810 \text{ N}$, hasil perhitungan memperlihatkan bahwa $V_u < V_n$, maka *shearwall* kuat menahan geser, sehingga dapat digunakan 1 lapis tulangan D 16 dengan spasi 30 cm.

Boundary element diperlukan bila:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \cdot y}{I} > 0,2 \cdot f'_c$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot 0,3 \cdot 3,5^3$$

$$I = 3,680 \text{ m}^4$$

$$\frac{233,37}{1,584} + \frac{37,30 \cdot 2,64}{3,680} = 174,088 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 0,174088 \text{ MPa.}$$

$$0,2 \cdot f'_c = 0,2 \cdot 25 = 5 \text{ MPa}$$

$0,174088 \text{ MPa} < 5 \text{ MPa}$, sehingga tidak membutuhkan *boundary element* yang detail.

Tampilan Perangkat Lunak

Hasil penelitian yaitu perangkat lunak ditampilkan pada Gambar 1.

The screenshot shows the 'Form1' application window with a menu bar (File, Analysis, About) and three main input/output sections:

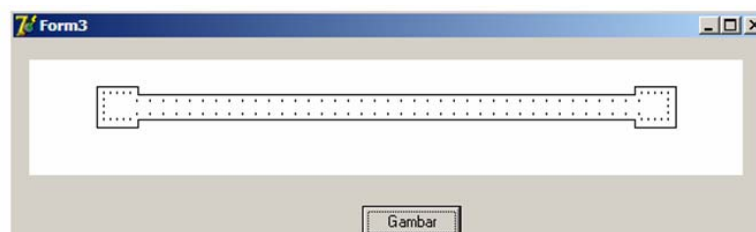
- Data Material:** f_c : 25 Mpa, f_y : 400 Mpa, Φ : 0.75
- Boundary Element:** B: 500 mm, Cover: 40 mm, Displacement: 8.9 mm, V_u : 386400 N
- Data Dinding (Shear/Wall):** Tebal: 300 mm, Panjang: 6000 mm, Tinggi: 35000 mm
- Hasil Analisis:**
 - Acv = 1800000 mm
 - Panjang Badan (L) = 5500 mm
 - Kontrol Penampang = Penampang Dapat Digunakan
 - Menentukan Lapis Tul. = 1 Lapis Tulangan
 - Menentukan Rasio Tul. Horizontal Min. = Kondisi Dapat Diisi
 - Rasio Minimum Tul. Horizontal = 0.002
 - Tul. Badan Dinding Geser (Lamda C) = 0.166666666666667
 - Rasio Tul. Horizontal = 0.002
 - Rasio Min. Tul. Vertikal = 0.0015
 - Rasio Tul. Vertikal = 0.002

Gambar 1. Tampilan fitur untuk analisis.

The screenshot shows the 'Form2' application window with input fields on the left and calculation results on the right:

- Tulangan Horizontal:** Diameter = 16 mm, n Leg = 1
- Tulangan Vertikal:** Diameter = 22 mm, n Leg = 1
- GroupBox4:** P_u = 2365 kN, M_u = 4632 kN · m
- Data Dinding:** Tebal: 300 mm, Panjang: 6000 mm, Cover: 40 mm
- Result:**
 - Jarak Tulangan Horizontal (sh) = 335.103216382911 mm
 - Rasio Tulangan Horizontal Terpasang = 0.002
 - Jarak Tulangan Vertikal = 450
 - Rasio Tulangan Vertikal Terpasang = 0.00281579785988419
 - Special Boundary Element diperlukan
- Buttons: RUN, EXIT, DETAIL

Gambar 2. Hasil perhitungan penulangan.



Gambar 3. Gambar detail penulangan.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian dalam penulisan ini adalah sebuah perangkat lunak sederhana, yang mempunyai fitur untuk menghitung analisis dan desain penampang dinding geser beton bertulang, dengan output utama adalah hasil jumlah

dan gambar penulangan penampang dinding geser. Program mandiri *DELPHI* dapat digunakan untuk menghitung analisis dan pendesainan *shearwall* (dinding geser) beserta output berupa gambar. Tampilan gambar dari program mandiri delphi dapat membantu hasil penulangan.

Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa analisis dengan menggunakan perangkat lunak *ETABS* didapat luas tulangan sebesar 800 mm² sedangkan menggunakan perangkat lunak *DELPHI* didapat 802,248 mm². Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa analisis dengan menggunakan perangkat lunak *ETABS* didapat luas tulangan sebesar 325,62 mm² sedangkan menggunakan perangkat lunak *DELPHI* didapat 330 mm².

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318 (2005). "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318-05)", 436 pp.
- Borland Software (2002), "Delphi 7 Manual", Borland Software Corporation.
- Computer and Structures, Inc. (2006). "ETABS Nonlinear version 8.5.7 Manual", Computer and Structures, Inc., Berkeley, CA.
- Ghosh, S.K. (2003). "Seismic Design using Structural Dynamic". *International Code Council, USA*.
- Hill Jr., F.S. (1990). "Computer Graphics", Macmillan Publishing Company, New York.
- Imran, I., Hendrik, F. (2008). "Structural Wall of Building", Seminar HAKI 2008.
- Imran, I., Yuliari, E., Kristianto, A. (2008). "Aplicability Metoda Desain Kapasitas pada Perancangan Struktur Dinding Geser Beton Bertulang", Seminar HAKI 2008.
- Purwono, R. Tavio, Imran, I., Raka I.G.P. (2007). "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2006) dilengkapi Penjelasan", ITSPress, Surabaya, Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia (2002). "SNI-03-2847-2002 - Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung", Standar Nasional Indonesia.

*KoNTeKS 3, UPH – UAJY
Jakarta, 6 – 7 Mei 2009*