

PERENCANAAN DINDING GESER PADA GEDUNG KULIAH 7 LANTAI DENGAN SISTEM GANDA

Nur Khotimah Handayani^{1*}, Iksanudin², Budi Setiawan³, Yenny Nurchasanah⁴

^{1,2,3,4} Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Surakarta 57162, Jawa Tengah, Indonesia

*Email: nur.k.handayani@ums.ac.id

Abstrak

Perencanaan struktur gedung beton bertulang tahan gempa perlu dilakukan untuk daerah yang memiliki gempa besar sebagai upaya mitigasi bencana. Penelitian ini merencanakan gedung 7 lantai dengan sistem ganda yang akan digunakan untuk perkuliahan di Yogyakarta. Sistem ganda dipilih karena gedung berlokasi di daerah dengan parameter percepatan spektrum respons desain (S_{DS}) yang cukup tinggi sebesar 0,605 g dan memiliki kategori desain seismik (KDS) D. Sistem ganda yang dipilih adalah kombinasi antara sistem rangka momen pemikul momen khusus (SRPMK) dengan dinding geser. Artikel ini akan menunjukkan tahapan perencanaan dinding geser yang memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 dengan analisis gempa respon spektrum sesuai SNI 1726:2019 dan beban minimum sesuai RSNi 1727-2018. Perencanaan struktur gedung dilakukan dengan struktur ganda dimana struktur rangka menahan gaya lateral minimal 25%. Hal ini terlihat dari hasil analisis struktur yang menunjukkan gaya lateral yang diakibatkan oleh beban gempa respons spectrum diserap oleh dinding geser sebesar 70,54% pada arah - X dan 45,58% pada arah - Y. Perhitungan elemen struktur dilakukan sehingga menghasilkan dimensi balok anak 325/600, balok induk 350/650, 400/700, kolom 720/720, 750/750, 780/780 dan dinding geser/shear wall dengan ketebalan 250 mm telah memenuhi persyaratan sesuai ketentuan dalam SNI 2847 – 2013.

Kata kunci: dinding geser, sistem struktur ganda, struktur beton bertulang, struktur tahan gempa

Abstract

The design of earthquake-resistant reinforced concrete structures is very necessary for areas that have large earthquakes in an effort to mitigate disasters. This study aims to design a 7-story building with a dual system that will be used for lectures in Yogyakarta. The dual system was chosen because the building is located in an area with a fairly high design response spectrum (SDS) acceleration parameter of 0.605 g and has a seismic design category (KDS) D. The dual system chosen is a combination of a special moment resisting frame system (SRPMK) and shear wall. This article will show the stages of shear wall planning that meet the requirements of SNI 2847:2013 with an earthquake response spectrum analysis according to SNI 1726:2019 and a minimum load according to RSNi 1727-2018. The design of the building structure is carried out with a dual structure where the frame structure withstands a minimum lateral force of 25%. This can be seen from the results of the structural analysis which shows that the lateral forces caused by the earthquake load, the response spectrum absorbed by the shear wall is 70.54% in the -X direction and 45.58% in the -Y direction. The calculation of structural elements is carried out so as to produce the dimensions of the beams. 325/600, main beam 350/650, 400/700, column 720/720, 750/750, 780/780 and shear walls with a thickness of 250 mm have met the requirements in accordance with the provisions of SNI 2847 – 2013.

Keywords: earthquake resistant structure, dual system structure, reinforced concrete structure, shear wall

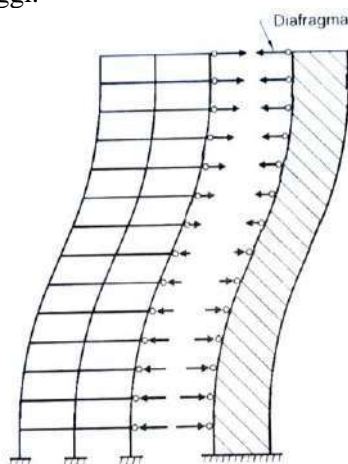
1. PENDAHULUAN

Umumnya, perencanaan bangunan gedung beton bertulang pada kawasan rawan gempa menggunakan struktur rangka pemikul momen atau dinding geser. Dinding geser merupakan dinding struktural yang direncanakan mampu menahan kombinasi gaya geser, momen dan aksial sehingga mampu menahan gempa kuat tanpa kehilangan kekakuan dan kekuatan (Moehle dkk., 2012). Dinding geser juga cukup efektif untuk mengurangi simpangan dan

menahan gaya lateral akibat gempa (Wibowo dan Zebua, 2021).

Penelitian ini merencanakan gedung 7 lantai dengan sistem ganda yang akan digunakan untuk perkuliahan di Yogyakarta. Sistem ganda dipilih karena gedung berlokasi di daerah dengan parameter percepatan spektrum respons desain (S_{DS}) yang cukup tinggi sebesar 0,605 g dan memiliki kategori desain seismik (KDS) D. Sistem ganda yang dipilih adalah kombinasi antara sistem rangka momen pemikul momen khusus (SRPMK) dengan dinding geser.

Sistem ganda pada penelitian ini menggunakan kombinasi rangka yang kaku dan dinding struktural untuk menghasilkan sistem penahan gaya lateral yang efisien. Perbedaan karakteristik geser dan lentur serta lendutan lateral dari rangka momen dan dinding struktural harus diperhatikan agar dapat memperbaiki respon lateral struktur dengan mengurangi lendutan lateral (American Concrete Institute, 2018). Interaksi antara dua sistem ini didesain agar rangka dan dinding geser memiliki lendutan lateral sama pada tiap lantainya dengan koneksi diafragma lantai (Gambar 1). Sistem ganda ini dipilih dalam merencanakan gedung kuliah 7 lantai di Yogyakarta untuk mengurangi simpangan lateral akibat beban gempa yang cukup tinggi.



Gambar 1. Sistem ganda rangka momen dan dinding geser (Tavio dan Wijaya, 2019)

2. METODOLOGI

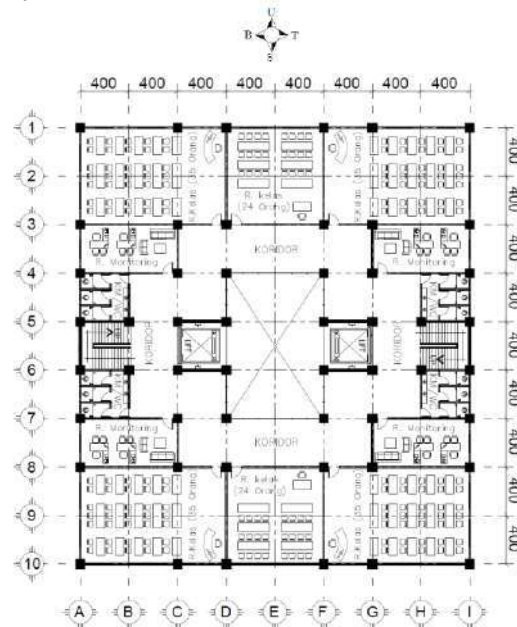
2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan merencanakan struktur gedung kuliah 7 lantai di wilayah Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lantai 1 sampai 3 direncanakan untuk perpustakaan, ruang kantor, ruang pertemuan dan ruang komputer. Lantai 4 sampai 7 direncanakan untuk ruang kelas. Data tanah berdasarkan uji SPT diketahui tanah keras pada kedalaman 22 meter dan muka air tanah pada kedalaman -9,00 meter. Denah rencana dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

2.2. Perencanaan Struktur

Perencanaan dimulai dengan perhitungan desain pendahuluan pada pelat dan tangga sesuai denah yang direncanakan. Proses selanjutnya adalah pembebanan. Beban mati ditambahkan berdasarkan kebutuhan struktur seperti keramik, dinding nonstruktural, plafon, mekanikal

elektrikal dan elemen non-struktural lainnya. Beban hidup ditambahkan sesuai desain minimum RSNI 1727:2018 (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Selanjutnya pembebanan gempa dan batasan perencanaan struktur tahan gempa direncanakan berdasarkan SNI 1726:2019 dengan spektrum desain diambil dari Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021 (Ditjen Cipta Karya, 2021).



Gambar 2. Denah tipikal lantai 4-7



Gambar 3. Tampak depan rencana gedung

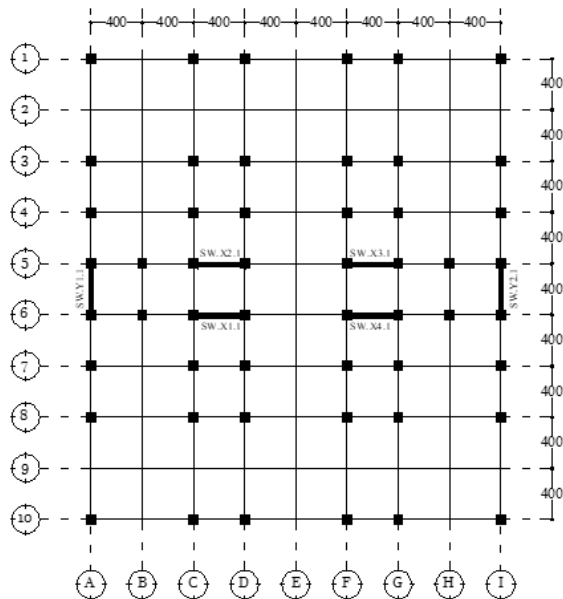
Spesifikasi struktur beton bertulang yang digunakan adalah mutu baja (f_y) tulangan longitudinal 400 MPa, mutu baja (f_y) tulangan geser kolom 350 MPa, mutu baja (f_{yt}) tulangan geser balok 320 MPa, mutu beton (f'_c) tangga 25 MPa dan mutu beton (f'_c) untuk pelat, balok. Kolom, dinding geser dan fondasi 30 MPa.

Dimensi balok anak 325/600, balok induk 350/650, 400/700, kolom 720/720, 750/750, 780/780 dan dinding geser dengan ketebalan 250

mm. Denah penempatan dinding geser dapat dilihat pada Gambar 4.

2.3. Analisis Struktur

Pemodelan struktur menggunakan program SAP2000 dan analisis gempa menggunakan prosedur analisis spektrum respons ragam sesuai SNI 1726:2019. Kelas situs pada lokasi diketahui termasuk tanah sedang (SD) berdasarkan klasifikasi situs SNI 1726:2019 (Badan Standarisasi Nasional, 2019).



Gambar 4. Denah kolom dan dinding geser tipikal lantai 1-3

Elemen balok dan kolom dimodelkan sebagai rangka batang (*frame*) sedang elemen dinding geser dimodelkan sebagai *shell*. Pemilihan tipe *shell* untuk pemodelan dinding geser ini didasari oleh pertimbangan bahwa selain memikul beban searah bidang dinding, element dinding geser juga memikul beban vertikal (gravitasi), sehingga bisa timbul pula deformasi tegak lurus pada bidangnya (Batara, 2019). Pemodelan struktur gedung 3D dengan SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 5.

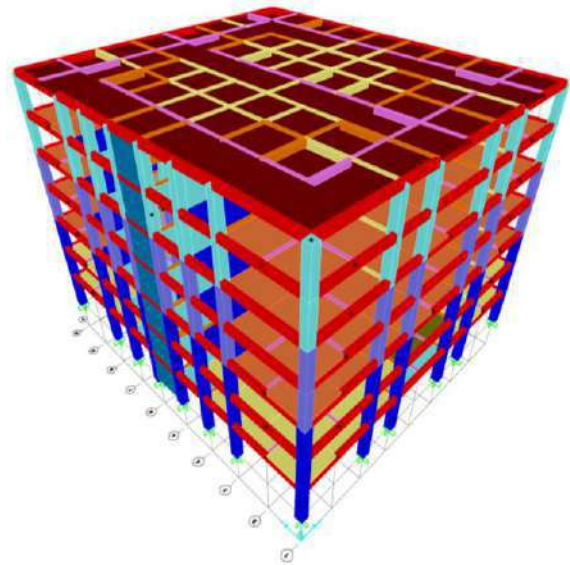
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Ragam pada Pemodelan Struktur

Analisis gempa menggunakan prosedur analisis spektrum respons ragam sesuai SNI 1726:2019 mensyaratkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100%, dengan pengecualian peraturan mengizinkan massa ragam

terkombinasi paling sedikit 90%. Partisipasi massa ragam terkombinasi pada arah X didapatkan 99,65% dengan periode struktur 0,599 detik dan pada arah Y didapatkan 99,67% dengan periode struktur 0,623 detik.

Batasan periode fundamental (T_a) untuk sistem ganda (disebut sebagai struktur lainnya pada Tabel 18 SNI 1726:2019) dengan ketinggian 28 meter adalah 0,594 detik dan $C_u T_a$ sebesar 0,831 detik. Berdasarkan hasil periode analisis struktur didapat T_C diantara T_a dan $C_u T_a$ maka perhitungan gaya geser dasar statik ekuivalen (V) tetap menggunakan periode hasil analisis struktur T_C arah X dan Y namun masih menghasilkan nilai $V = 6794.74$ kN yang sama untuk arah X maupun arah Y.

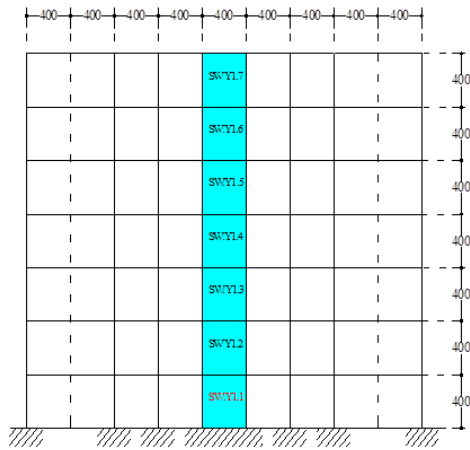


Gambar 5. Pemodelan struktur pada SAP2000

Gaya geser dasar struktur hasil analisis spektrum respons ragam senilai 7226 kN untuk arah X dan 7440 kN untuk arah Y. Hal ini menunjukkan semua gaya geser dasar analisis dinamik tersebut lebih besar dari 100% gaya geser statik ekuivalen sesuai persyaratan SNI 1726:2019. Simpangan antar lantai juga memenuhi syarat dimana seluruh lantai memiliki simpangan antar lantai tidak lebih dari 28 mm.

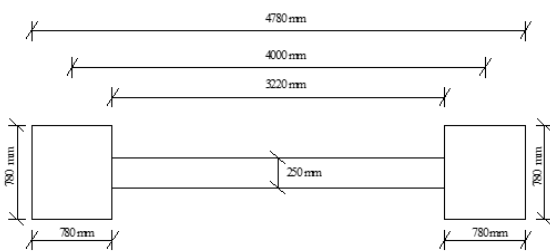
3.2. Perencanaan awal dinding geser

Perletakan dinding geser ditunjukkan pada Gambar 4, yaitu sumbu X terdapat 4 segmen dan sumbu Y terdapat 2 segmen. Dinding geser SW.Y1 difungsikan untuk menahan gaya horisontal gempa yang searah dengan sumbu - Y. Perletakan dinding geser SW.Y1 pada Portal dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perletakan dinding geser SW.Y1 pada Portal

SNI 2847-2013 pasal 15.4.3.1 mensyaratkan ketebalan dinding pendukung (tipe tumpuan) tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil dan tidak boleh kurang dari 100 mm (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2013). Berdasarkan data perencanaan didapat panjang dinding geser adalah 4000 mm dan tinggi dinding geser pada lantai 1 4000 mm, maka diambil yang terkecil 4000 mm. Sehingga 1/25 dari 4000 mm adalah 160 mm dan pada perencanaan ini digunakan tebal dinding geser 250 mm. Hal ini karena pengankuran tulangan geser sesuai persyaratan SNI 2847 akan sulit diaplikasikan pada pelat yang lebih tipis dari 250 mm. Dimensi dinding geser dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Dimensi penampang dinding geser SW.Y1.1

3.3. Kontrol Syarat Sistem Ganda

Pasal 7.2.5.1 SNI 1726-2019 mensyaratkan untuk sistem ganda rangka pemikul momen khusus harus mampu memikul paling sedikit 25% gaya seismik desain. Selanjutnya hasil perhitungan gaya geser yang ditahan oleh rangka pemikul momen dan dinding geser dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rasio gaya seismik desain ditahan rangka pemikul momen

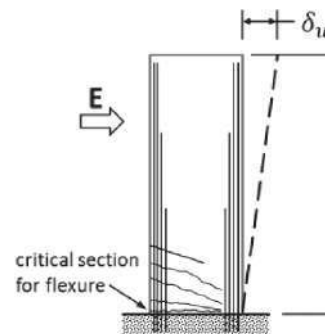
Arah	Gaya seismik desain struktur total (kN)	Gaya seismik desain ditahan dinding geser (kN)	Rasio gaya seismik desain ditahan rangka pemikul momen (%)
X	7209,18	5085,34	29,46
Y	5254,09	2394,95	54,42

Berdasarkan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa beban gempa respons spektrum diserap oleh dinding geser sebesar 70,54% pada arah – X dan 45,58% pada arah – Y. Berdasarkan hasil kontrol sistem pemikul gaya seismik dapat disimpulkan pemodelan struktur telah memenuhi persyaratan. Dinding geser arah X lebih banyak menyerap beban gempa dibanding dinding geser arah Y karena jumlah dinding geser yang digunakan lebih sedikit.

3.4. Penulangan dinding geser

Hasil analisis untuk kombinasi beban terbesar pada SW.Y1.1 (dinding geser arah Y as A lantai 1) dipilih sebagai dasar penulangan karena area tersebut merupakan titik kritis dinding geser (Gambar 8) dalam menahan gaya gempa lateral (E) arah Y dimana sendi plastis terjadi. Hasil gaya dalam pada dinding geser tersebut adalah gaya aksial (P_u) sebesar 3433,56 kN, gaya geser (V_u) sebesar 2548,25 kN dan momen perlu (M_u) sebesar 25407,5 kNm.

Sendi plastis pada dinding geser dipasang di ujung bawah kaki dinding dimana dinding geser sudah diperkuat dengan Elemen Pembatas Khusus (*boundary element*) disekeliling dinding tersebut, oleh sebab itu ketentuan sendi plastis dinding menyesuaikan ketentuan sendi plastis kolom SRPMK (Asroni, Muntafi dan Solikin, 2020).



Gambar 8. Area kritis dinding geser pada lantai dasar (Moehle dkk., 2012)

3.4.1. Tulangan vertikal

Penulangan dinding geser dimulai dengan perhitungan tulangan vertikal pada badan dimana sendi plastis dinding geser terjadi. Tulangan vertikal berfungsi sebagai penahan gaya aksial dan momen lentur yang bekerja pada dinding geser. Perencanaan tulangan vertikal diawali dengan pembuatan diagram interaksi desain dinding geser. Hasil analisis gaya aksial perlu dan momen perlu akan diplotkan pada diagram desain dinding geser.

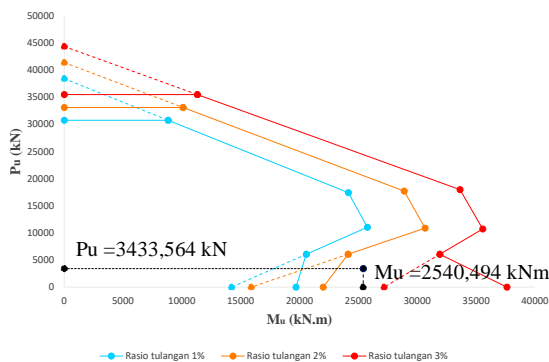
a. Penulangan vertikal badan

Rasio tulangan badan (ρ_{sw}) terdistribusi untuk $V_u > 0,083 \lambda A_{cv} \sqrt{f'_c}$ (V_u 2548,25 kN > 365,96 kN) harus lebih dari 0,25 % berdasarkan pasal 21.9.2.1 SNI 2847:2013. Dimana A_{cv} adalah luas penampang beton arah vertikal, λ adalah koefisien beton (untuk beton normal $\lambda = 1$). Persyaratan juga diberlakukan untuk $V_u > 0,17 \lambda A_{cv} \sqrt{f'_c}$ (V_u 2548,25 kN > 749,56 kN) harus pakai dua tirai tulangan.

Berdasarkan persyaratan tersebut dicoba ρ_{sw} ditingkatkan menjadi 1% menggunakan tulangan D22 sehingga didapat kebutuhan tulangan dalam 1 meter sebanyak 22 batang dimana jarak antar tulangan (2 lapis) menjadi 268 mm. Syarat spasi tulangan dinding geser pada daerah sendi plastis ≤ 200 mm, maka dipilih yang terkecil dan dibulatkan ke bawah dan diambil $s = 200$ mm. Jadi untuk lantai 1 dipakai tulangan vertikal badan D22 dengan 2 lapis dan dengan jarak 200 mm (2D22-200).

b. Penulangan vertikal sayap arah – Y

Syarat dinding geser SRPMK adalah $P_u \leq P_{n,b}$, didapat $P_u = 3433,564$ kN $\leq P_{n,b} = 17429,100$ kN – 17982,102 kN (aman). Selanjutnya nilai P_u dan M_u diplot kedalam diagram, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 9. Pengeplotan P_u dan M_u pada diagram dinding geser SW.Y1.1

Berdasarkan Gambar 8 diperoleh $\rho_{sf,y}$ 2,3%, sehingga luas tulangan vertikal sayap arah Y ($A_{sf,y}$) didapat 13933,200 mm². Tulangan vertikal sayap dipakai D32, maka didapat tulangan 18D32.

c. Tulangan vertikal sayap arah – X

Momen perlu yang terjadi pada arah – X diperoleh nilai yang relatif kecil yaitu 126,059 kN. Maka tulangan vertikal pada arah – X diambil $\rho = 1\%$ sehingga didapat tulangan 8D32.

3.4.2. Tulangan horisontal

Tulangan horisontal berfungsi sebagai penahan gaya geser. Sendi plastis dinding geser direncanakan terjadi pada dinding geser SW.Y1.1 lantai 1.

a. Gaya geser horisontal dinding (V_u)

Syarat dinding geser untuk sistem ganda dengan SRPMK adalah V_u harus $\leq \phi \cdot 0,83 \cdot A_{dh} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}$ dimana V_u 2548,25 kN $\leq 6893,475$ kN sehingga struktur aman.

b. Gaya geser yang ditahan beton (V_c)

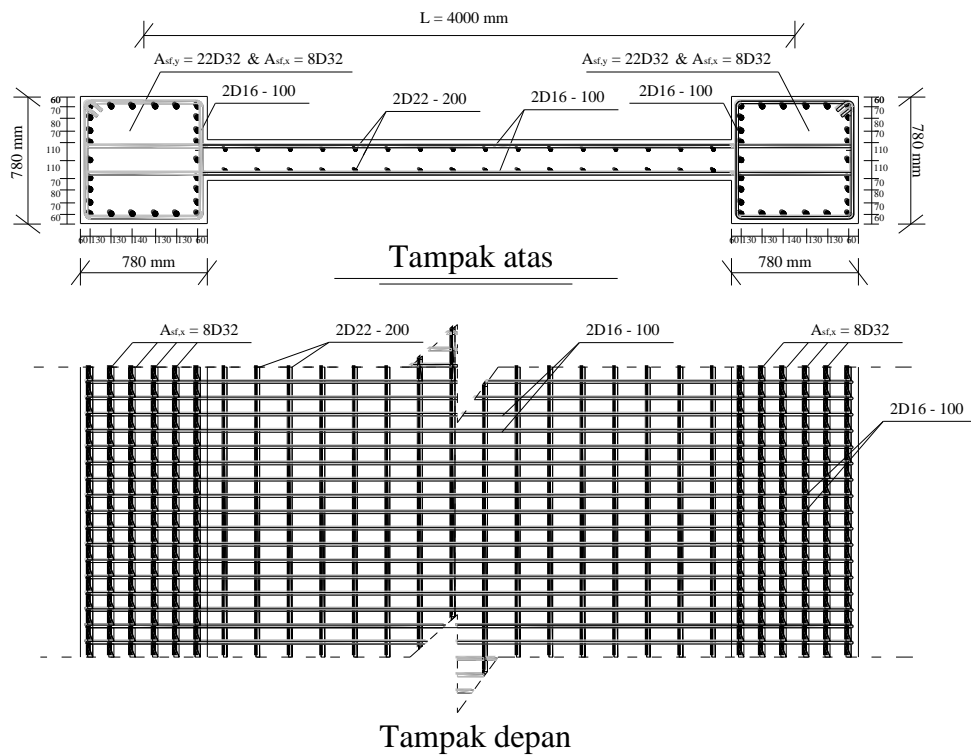
Perhitungan gaya geser yang dapat ditahan beton (V_c) untuk P_u berupa gaya tarik adalah $V_c \leq 0,17 \cdot (1 + 0,29 \cdot P_u / A_g) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$, dimana $d = 0,8 \cdot l_w$ sehingga didapat $V_c = 600,63$ kN.

c. Luas tulangan geser horisontal ($A_{sh,u}$) dan jarak tulangan s

Sepanjang daerah sendi plastis harus memenuhi syarat $V_{u,d} / \phi < V_{sh,max}$ dengan $V_{sh,max} = 0,66 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_{dh}$. Perhitungan menunjukkan $V_{u,d} / \phi$ 3397,665 kN < $V_{sh,max}$ 7308,744 kN sehingga dinding geser memenuhi persyaratan.

Selanjutnya perhitungan luas tulangan horisontal pada daerah sendi plastis dihitung berdasarkan $A_{sh,u} = (V_{sh} \cdot S) / (f_{yt} \cdot d)$ dengan persyaratan $A_{sh,u} \geq 0,25\% \cdot b_w \cdot S$ dan $A_{sh,u} \geq 0,09 \cdot s_b \cdot f'_c \cdot S / f_{yt}$. Dipakai tulangan horisontal 2 lapis, diameter 16 mm dengan jarak tulangan sedemikian hingga memenuhi syarat $s \leq 1/3 \cdot b_w$; $s \leq 6 \cdot D$; $s \leq 150$ mm; $s \geq 100$ mm. Dipakai yang kecil dan memehi syarat $s = 100$ mm, sehingga dipakai tulangan horisontal 2D16-100.

Detail tulangan dinding geser SW.Y1.1 lantai 1 dari hasil perhitungan disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Detail tulangan dinding geser SW.Y1.1

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan struktur dinding geser pada gedung kuliah 7 lantai dengan sistem ganda didapat beberapa kesimpulan meliputi:

- Perencanaan struktur sistem ganda pada perencanaan gedung perkuliahan 7 lantai merupakan perancangan konservatif, hal ini ditunjukkan dengan nilai periode struktur hasil analisis struktur T_c berada diantara batasan periode fundamental pendekatan (T_a) dan batas atas $C_u T_a$.
- Gaya lateral yang diakibatkan oleh beban gempa respons spektrum diserap oleh dinding geser sebesar 70,54% pada arah - X dan 45,58% pada arah - Y. Perencanaan struktur gedung memenuhi syarat struktur ganda dimana struktur rangka menahan gaya lateral minimum 25%.
- Tebal dinding geser minimum hitung sebesar 160 mm namun dipakai 250 mm sesuai rekomendasi SNI 2847 terkait persyaratan pengungkuran tulangan geser.
- Tulangan vertikal pada badan (web) dinding geser dipakai 2D22-200, tulangan vertikal

sayap arah Y dipakai 18D32 dan tulangan vertikal sayap arah X dipakai 8D32.

- Tulangan horizontal dinding geser memakai 2D16-100.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute, 2018, 'The reinforced concrete design handbook - a companion to ACI 318M-14', (14).
- Astroni, A., Muntafi, Y. and Solikin, M., 2020, *Dasar Perencanaan Portal Daktail menurut SNI 2847-2013*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Badan Standardisasi Nasional, 2018, 'RSNI2 1727:2018 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain', *Badan Standardisasi Nasional*, p. 196. Available at: www.bsn.go.id.
- Badan Standardisasi Nasional, 2019, 'Standar Nasional Indonesia 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung'.

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2013, 'SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung', pp. 1–265.
- Batara, I., 2019, *Modul Pelatihan Program SAP2000*. Available at: www.ismailbatara.com.
- Ditjen Cipta Karya, 2021, *Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021, Kementerian PUPR*. Available at: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>.
- Moehle, J. P. *et al.*, 2012, 'Seismic Design of Cast-in-Place Concrete Special Structural Walls and Coupling Beams: A Guide for Practicing Engineers', *NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 6*, (6), p. 41.
- Available at: <https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr11-917-11.pdf>.
- Taviodan Usman Wijaya, 2019, *Buku Panduan Desain Struktur Beton Bertulang Dasar (Sesuai ACI 318M-14 Code)*, Yogyakarta: Deepublish Publisher.
- Wibowo, L. S. B. and Zebua, D., 2021, 'Analisis Pengaruh Lokasi Dinding Geser Terhadap Pergeseran Lateral Bangunan Bertingkat Beton Bertulang 5 Lantai', *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil*, 4(1), pp. 16–20. doi: 10.25139/jprs.v4i1.3490.