

STUDI PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG MENGGUNAKAN SRPMK DAN DINDING GESER PADA GEDUNG KANTOR DEWAN PIMPINAN WILAYAH NASIONAL DEMOKRAT PAPUA BARAT

Risma Aprilia Diah Rahayu¹, Yoga C. V. Tethool², Mayang K. F. Puteri³

^{1,2,3} Teknik Sipil, Teknik, Universitas Papua

Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat

*Email: rismaapriliad@gmail.com

Abstrak

Gedung Kantor Dewan Pimpinan Wilayah Nasional Demokrat menggunakan sistem ganda yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Geser. Desain struktur mengacu pada standar SNI 2847:2019, konstruksi tahan gempa mengacu pada standar SNI 1726:2019, dan analisis beban untuk beban mati dan beban hidup mengacu pada standar SNI 1727:2020. Dari hasil desain diketahui bahwa beban gempa terbagi telah memenuhi persyaratan untuk SRPMK menerima beban lebih besar dari 25% dan dinding geser menerima beban kurang dari 75% beban yang terjadi. Pada gedung kantor, simpangan beban gempa dinamik dan beban statik ekuivalen yang bersesuaian dalam arah x maupun arah y lebih kecil dari simpangan antar tingkat izin, yaitu 0,08 m. Didapat dimensi kolom 50x50 cm, dengan tulangan pokok 12D19, tulangan transversal pada tumpuan 3D13-100, dan 3D13-114 pada tulangan lapangan. Dimensi balok induk 30x40 cm diperkuat pada bidang tumpuan dengan tulangan atas 5D19 dan tulangan bawah 5D19, pada bidang lapangan dengan tulangan atas 5D19 dan tulangan bawah 5D19, tulangan sengkang pada bidang tumpuan 3Ø10-85 dan lapangan 2Ø10-150. Direncanakan dinding geser memiliki panjang 250 cm, tebal 17 cm, dan digunakan dua lapis tulangan. Digunakan tulangan horizontal 2D16-200, tulangan transversal 2D16-200, dan tulangan confinement 2Ø10-100.

Kata kunci: Gedung, SRPMK, Dinding Geser, Tulangan

Abstract

The Office Building of the Dewan Pimpinan Wilayah Nasional Demokrat is planned to use a dual system, namely the Special Moment Resisting Frame System (SMRF) and the Shear Wall. Structural design refers to SNI 2847:2019 standard, earthquake-resistant design refers to SNI 1726:2019 standard, and load analysis for dead loads and live loads refers to SNI 1727:2020 standard. From design result it is known that the divided earthquake loads meets the requirements for the SMRF to accept a loads greater than 25% and the shear walls to receive a loads of less than 75% of the applied load. In office buildings, the corresponding dynamic seismic load and equivalent static loads in the x direction and y direction are smaller than the deviation between the permit levels, namely 0.08 m. The column dimensions are 50x50 cm, with 12D19 main reinforcement, 3D13-100 transverse reinforcement, and field reinforcement 3D13-114. The dimensions of main beam 30x40 cm are reinforced on the pedestals with 5D19 top reinforcement and 5D19 bottom reinforcement, on the field plane with 5D19 top reinforcement and 5D19 bottom reinforcement, stirrup reinforcement on the support planes 3Ø10-85 and field 2Ø10-150. It is planned that the shear wall has a length 250 cm, a thickness 17 cm, and two layers of reinforcement are used. 2D16-200 horizontal reinforcement, 2D16-200 transverse reinforcement, and 2Ø10-100 confinement reinforcement.

Keywords: Building, SMRF, Shear Wall, Reinforcement

1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada pertemuan lempeng Pasifik, lempeng Eurasia, dan lempeng Australia, serta merupakan daerah rawan gempa (Huzain dkk, 2021). Untuk mengurangi risiko kerusakan gempa, bangunan harus dirancang untuk memenuhi persyaratan. Ketika merancang struktur di daerah rawan gempa, struktur bangunan harus memiliki sistem ketahanan lateral dan vertikal lengkap, yang memberikan kekuatan dan kekakuan yang cukup, serta menahan pergerakan tanah yang direncanakan dalam batas deformasi dan kekuatan yang ditentukan. Sistem Ganda adalah sistem gabungan dari sistem struktur yang terdiri dari rangka yang pemikul beban gravitasi dan pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka pengaku dengan rangka penahan momen (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Gedung Dewan Pimpinan Wilayah Nasional Demokrat merupakan gedung perkantoran yang didesain ulang dengan 5 lantai menggunakan sistem ganda yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser. Dinding geser bangunan yang direncanakan pada gedung nantinya akan berada di inti pusat bangunan yang diisi dengan tangga atau poros elevator. Dalam perancangan bangunan, sistem ini digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan struktur terhadap gaya-gaya lateral. Kombinasi kekakuan antara kolom, balok, dan dinding geser, memungkinkan terjadinya interaksi antara struktur rangka dan dinding geser. Selain itu, dengan menggunakan sistem ganda, defleksi lateral berkurang seiring bertambahnya jumlah lantai dalam konstruksi struktur.

2. METODOLOGI

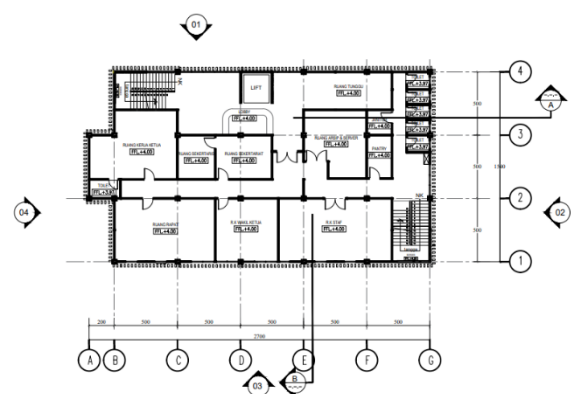
2.1. Lokasi Penelitian

Direncanakan penelitian ini dengan 5 lantai untuk struktur gedung perkantoran di Kabupaten Manokwari, Papua Barat. Ruang yang dirancang pada lantai 1 dan lantai 5 merupakan ruang pertemuan, sedangkan pada lantai 2 sampai lantai 4 dirancang sebagai ruang kerja, arsip, dan server. Diketahui bahwa tanah lokasi penelitian merupakan tanah sedang yang diperoleh dari

hasil uji penetrasi dengan sedalam 12 meter. Desain denah rencana ditunjukkan pada Gambar 1.

2.2. Perencanaan Struktur

Langkah dalam merencanakan gedung dimulai dengan memperhitungkan desain pendahuluan untuk balok, kolom, dan dinding geser. Proses selanjutnya adalah pembebanan struktur. Pada pembebanan digunakan beban mati yang ditambahkan sesuai dengan kebutuhan struktur seperti halnya keramik, spesi, dinding nonstruktural, *ducting mekanikal*, plafond, dan komponen nonstruktural lainnya. Selain beban mati, digunakan beban hidup yang ditambahkan berdasarkan beban desain minimum SNI 1727:2020. Beban gempa juga diterapkan menggunakan spektrum desain yang diperoleh dari Spektrum Respon Desain Indonesia 2021 (Ditjen Cipta Karya, 2021). Beban gempa yang direncanakan berdasarkan SNI 1727:2020.



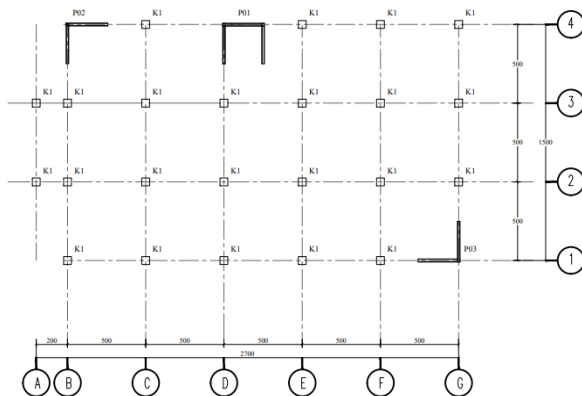
Gambar 1. Denah Tipikal Lantai 2-4

Mutu bahan yang digunakan dalam penelitian adalah mutu beton (f_c') 30 Mpa untuk balok, kolom, dan dinding geser. Sedangkan mutu baja (f_y) tulangan longitudinal 420 Mpa dan mutu baja (f_y) tulangan geser 280 Mpa untuk balok, kolom, dan dinding geser. Dimensi balok utama 30/40, balok anak 25/30, kolom 50/50, dan ketebalan dinding geser 17 cm. Denah kolom dan dinding geser dapat dilihat pada Gambar 2.

2.3. Analisis Struktur

Program bantu yang digunakan untuk pemodelan struktur adalah ETABS V19 dan tahapan analisis spektrum respon sesuai SNI

1726:2019 sebagai analisis gempa yang digunakan. Klasifikasi situs menurut SNI 1726:2019 diperoleh di lokasi penelitian termasuk dalam kelas situs tanah sedang (SD).



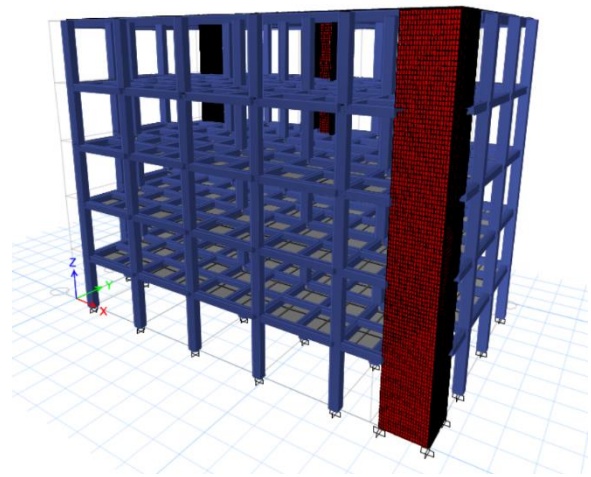
Gambar 2. Denah Kolom dan Dinding Geser

Pemodelan sebagai rangka batang digambarkan pada struktur balok dan kolom, sedangkan dinding geser dimodelkan sebagai *shell*. Dapat dilihat pada Gambar 3 pemodelan struktur menggunakan ETABS V19.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Struktur Terhadap Beban Gempa

Kontrol periode fundamental (T_a) untuk sistem ganda (sebagai struktur lainnya disebut pada Tabel 18 SNI 1726:2019). Ketinggian dengan 20 meter nilai T_a adalah 0,462 detik dan $C_u T_a$ sebesar 0,646 detik. Dari hasil periode diperoleh T_c untuk arah X berada diantara T_a dan $C_u T_a$, sedangkan T_c untuk arah Y melebihi $C_u T_a$ maka yang digunakan $C_u T_a$ sebagai pengganti dari T_c . Sehingga perhitungan gaya geser dasar seismik (V) menghasilkan nilai $V = 2245,491$ kN yang sama untuk arah X dan arah Y.



Gambar 3. Pemodelan Struktur pada ETABS

Hasil analisis dari pemodelan struktur gaya geser dasar seismik untuk respon spektrum arah X sebesar 2233,8842 kN dan 2231,440 kN arah Y. Dengan demikian semua gaya geser dasar untuk gaya dinamik lebih besar dari 100% gaya geser statik ekuivalen berdasarkan persyaratan SNI 1726:2019. Kontrol terhadap simpangan antar tingkat juga memenuhi syarat dengan seluruh lantai memiliki simpangan antar tingkat tidak lebih dari simpangan antar izin 80 mm.

Berdasarkan SNI 1726:2019 analisis respon dinamik disyaratkan jumlah ragam yang cukup untuk memperoleh partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100%, dengan pengecualian diizinkan jumlah ragam minimum untuk massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%. Diperoleh pada arah X periode struktur 0,037 detik dengan partisipasi massa ragam 99,50%, dan pada arah y periode struktur 0,037 detik dengan partisipasi massa ragam 99,49%.

3.2. Kontrol Syarat Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.5.1 mensyaratkan bahwa sistem ganda sistem rangka dalam sistem ganda harus memikul sekurang-kurangnya 25% dari gaya gempa yang bekerja. Perletakaan SRPM dan dinding geser yang diperoleh dari hasil analisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1
Persentasi antara SRPM dan Dinding Geser

Arah	Gaya seismik SRPM (kN)	Gaya Seismik Dinding Geser (kN)	Persentase SRPM (%)	Persentase Dinding Geser (%)
X	29498,76 4	21602,264	57,73%	42,27%
Y	27243,47 6	29709,313	47,84%	52,16%

Pada Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa beban gempa yang dipikul pada arah X untuk SRPM sebesar 57,73% dan 47,84% pada arah Y. Sehingga kontrol syarat sistem ganda telah memenuhi persyaratan dengan SRPM pada arah X lebih banyak memikul beban gempa dibandingkan dinding geser pada arah Y.

3.3. Perencanaan Balok

Data perencanaan balok induk:

F_c'	=	30 Mpa
F_y' Ulir	=	420 Mpa
F_y' Polos	=	280 Mpa
Tul. Pokok (D)	=	19 mm
Tul. Polos (\emptyset)	=	10 mm
Tebal selimut	=	40 mm

a. Persyaratan SRPMK

Syarat untuk elemen struktur lentur rangka pemikul momen khusus berdasarkan SNI 2847:2019 perlu memenuhi sebagai berikut:

$$P_u < A_g f_c' \rightarrow 178,991 \text{ kN} < 360 \text{ kN (OK)}$$

$$l_n > 4d \rightarrow 5000 \text{ mm} > 1368 \text{ mm (OK)}$$

$$b_w > 0,3 h \rightarrow 300 \text{ mm} > 120 \text{ mm (OK)}$$

$$b_w > 300 \text{ mm} > 250 \text{ mm (OK)}$$

b. Penulangan lentur balok

Berdasarkan hasil perhitungan pada penulangan didapatkan jumlah tulangan lentur pada balok induk untuk tulangan tumpuan dan lapangan adalah 5D19.

c. Penulangan transversal balok

Dari hasil perhitungan penulangan transversal digunakan tulangan sengkang tumpuan 3 \emptyset 10-85 dan tulangan lapangan 2 \emptyset 10-85.

3.4. Perencanaan Kolom

Data perencanaan kolom:

F_c'	=	30 Mpa
F_y' Ulir	=	420 Mpa
Tul. Pokok (D)	=	19 mm
Tul. Geser (\emptyset)	=	13 mm
Tebal selimut	=	40 mm

a. Persyaratan SRPMK

Syarat kolom SRPMK pada SNI 2847:2019 Pasal 18.7.2 yaitu:

$$b_k > 300 \text{ mm} \rightarrow 500 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OK)}$$

$$b_k/h_k > 0,4 \rightarrow 1,0 > 0,4 \text{ (OK)}$$

b. Kontrol kelangsingan kolom

Arah x

$$k.l_u/r \leq 34 + 12 (M_1/M_2) \leq 40$$

$$26,667 \leq 22,412 \leq 40 \text{ (OK)}$$

Arah y

$$k.l_u/r \leq 34 + 12 (M_1/M_2) \leq 40$$

$$26,667 \leq 19,641 \leq 40 \text{ (OK)}$$

c. Penulangan pokok kolom

$$A_g = 500 \times 500 = 250000 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 0,01 \times A_g = 2500 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{aktual}} = n \times 0,25 \times 3,14 \times 192 / (b \times h)$$

$$\rho_{\text{aktual}} = 0,0136$$

Maka digunakan tulangan D19 sebanyak 12 buah dengan rasio tulangan yang terpasangan adalah 0,0136.

$$0,01 \leq \rho \leq 0,06$$

$$0,01 \leq 0,0136 \leq 0,06 \text{ (OK)}$$

d. Penulangan geser kolom

Syarat

$$V_u > 1/2 V_c$$

$$125,450/0,75 > 1/2 \times 203,684$$

$$167,267 \text{ kN} > 101,842 \text{ kN}$$

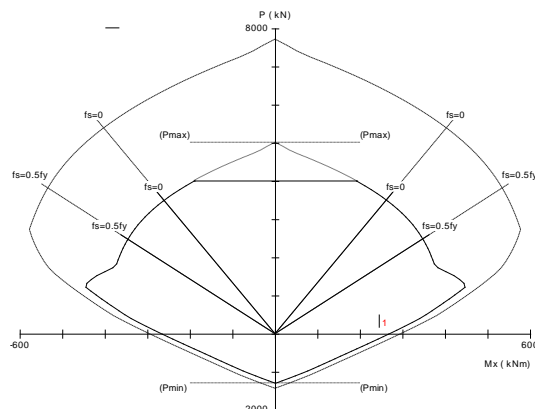
Sehingga dibutuhkan tulangan geser pada kolom. Luas untuk sengkang daerah l_0 , dimana jumlah tulangan geser yang digunakan pada kolom jika digunakan tulangan dengan diameter D13 ($A_v = 132,665 \text{ mm}^2$). Digunakan sengkang pada tumpuan 3D13-100 sepanjang l_0 dan 3D13-114 sepanjang diluar l_0 untuk tulangan sengkang pada lapangan.

e. Kuat kolom

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$363,967 \text{ kNm} \geq 1,2 \times 179,487 \text{ kNm}$$

$$363,967 \text{ kNm} \geq 215,384 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$



Gambar 4 Diagram Interaksi Kuat Kolom

f. Kontrol hubungan balok dan kolom

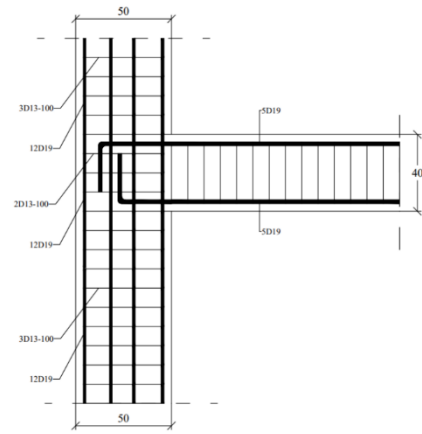
Perhitungan kuat geser sambungan yang dibatasi pada balok tiga atau dua sisi balok adalah sebagai berikut.

$$V_n = 1,2\lambda\sqrt{f_c'} \times A_g = 1643,168 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 1643,168 = 1232,376 \text{ kN}$$

$$\phi V_n > V$$

$$1232,376 \text{ kN} > 618,436 \text{ kN}$$



Gambar 5 Hubungan Balok dan Kolom

3.5. Perencanaan Dinding Geser

Hasil yang diperoleh untuk gaya dalam pada dinding geser adalah V_u sebesar 780,605 kN, M_u sebesar 1902,634 kN, dan P_u sebesar 2036,646 kN.

a. Kontrol ketebalan minimum dinding geser

Ketebalan dinding geser tidak boleh kurang dari sesuai SNI 2847:2019 Pasal 14.3.1.1:

$$1/24 \times H = 166,667 \text{ mm} < 170 \text{ mm} (\text{OK})$$

$$1/24 \times P = 104,167 \text{ mm} < 170 \text{ mm} (\text{OK})$$

b. Kontrol kebutuhan dua lapis

Tulangan dipasang pada dinding sekurang-kurangnya dua lapis, jika gaya geser pada dinding dipengaruhi oleh bidang terfaktor yang bekerja lebih dari (SNI 2847:2019).

$$V_u > 0,17 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f_c'}$$

$$780,605 \text{ kN} > 0,17 \times (170 \times 2500) \times 1,0 \times \sqrt{30}$$

$$780,705 \text{ kN} > 395,730 \text{ kN}$$

Maka digunakan dua lapis tulangan

c. Dimensi penampang kontrol geser dinding

$$V_u \leq 0,83 \times A_{cv} \times \lambda \times \sqrt{f_c'}$$

$$780,605 \text{ kN} \leq 1932,091 \text{ kN}$$

Gaya geser masih dibawah kuat geser dinding geser Tulangan 2D16-200 ($A_s = 401,920 \text{ mm}^2$) digunakan untuk tulangan longitudinal

dan transversal digunakan tulangan dengan dua lapis tulangan.

d. Kekuatan geser dinding geser

$$V_n = A_{cv}(\alpha c \times \lambda \times \sqrt{f_c'} + \rho_t \times f_y) = 2537,730 \text{ kN}$$

Kuat geser perlu

$$\phi V_n = 0,75 \times 2537,730 = 1903,298 \text{ kN}$$

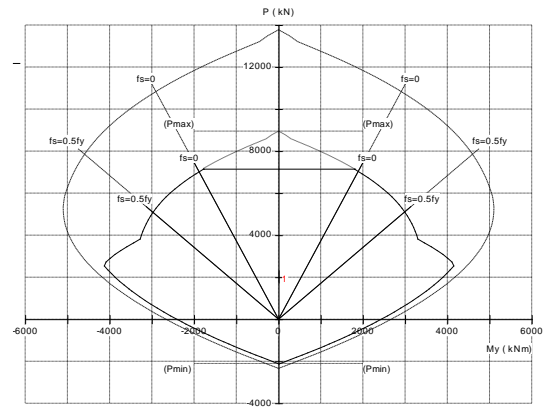
Batas gaya geser nominal maksimum dinding geser (SNI 2847:2019).

$$V_{n-max} = 0,83 \times A_{cv} \times \sqrt{f_c'} = 1932,091 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_n < V_{n-max}$$

$$780,605 \text{ kN} < 1903,298 \text{ kN} < 1932,091 \text{ kN}$$

Kontrol untuk kombinasi aksial lentur terhadap kebutuhan tulangan dan hasil yang diperoleh adalah dinding geser mampu memikul beban yang bekerja, dimana tanda (+) berada dalam diagram.



Gambar 6 Diagram Interaksi Kekuatan Geser pada Dinding Geser

e. Kebutuhan sengkang

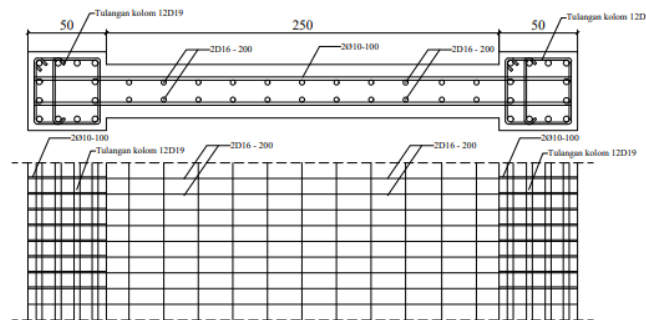
$$A_{s-perlu} = (0,09 \times s \times bc \times f_c')/f_y'$$

$$A_{s-perlu} = 96,429 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s-perlu}/A_{s-pakai}$$

$$n = 96,429/78,500 = 1,228 \approx 2 \text{ kaki}$$

Maka sesuai perhitungan dipasang tulangan 2Ø10-100.



Gambar 7 Detail Penulangan Dinding Geser

4. Kesimpulan

Dari hasil perencanaan struktur beton bertulang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser pada gedung kantor Dewan Pimpinan Wilayah Nasional Demokrat dengan 5 lantai dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Desain besaran beban gempa pada sistem ganda yang dipadukan dengan kombinasi arah orthogonal X dan Y menggunakan kombinasi 100% gaya seismik satu arah, dan

30% gaya pada arah tegak lurus yaitu 51101,028 kN untuk Fx dan 56952,790 kN untuk Fy. Berdasarkan analisis distribusi beban gempa memenuhi persyaratan bahwa SRPMK menerima lebih dari 25% gaya total dan dinding geser menerima kurang dari 75% gaya total.

- b. Pada gedung perkantoran, simpangan antar tingkat akibat beban gempa dinamik dan beban statik ekuivalen pada arah x dan arah y memenuhi persyaratan yaitu lebih kecil dari simpangan antar tingkat izin. Dengan

simpangan antar tingkat desain struktur terbesar terjadi pada lantai 5 akibat dinamik pada arah x yaitu $0,052 \text{ m} < 0,08 \text{ m}$ simpangan antar tingkat izin.

- c. Dari hasil perhitungan diperoleh struktur balok induk dengan dimensi $30 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$, tulangan bidang tumpuan untuk tulangan atas dan tulangan bawah adalah 5D19 dan tulangan bidang lapangan untuk tulangan atas dan tulangan bawah adalah 5D19. Tulangan transversal didapatkan pada bidang tumpuan $3\emptyset 10-85$ dan $2\emptyset 10-150$ bidang lapangan. Perhitungan hasil struktur kolom diperoleh dimensi $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ dengan tulangan pokok 12D19 dan tulangan transversal pada bidang tumpuan 3D13-100 dan 3D13-114 untuk bidang lapangan.
- d. Hasil perhitungan didapatkan tebal dinding geser struktur tipe P01, P02, dan P03 adalah 17 cm dan panjang dinding geser adalah 250 cm dengan dua lapis tulangan. Tulangan horizontal dan transversal dinding geser adalah 2D16-200 dan tulangan confinement $2\emptyset 10-100$.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggani, K. C., 2017. *Desain Struktur Hotel untuk Dibangun di Daerah Surabaya dengan Metode Sistem Ganda (Dual System) dan Metode Pelaksanaan Balok dan Plat Lantai*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- B. S. N., 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. *SNI 2847:2019*.
- B. S. N., 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. *SNI 1726:2019*.
- B. S. N., 2020. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain. *SNI 1727:2020*.
- Huzain, R. M. I., Warsito & Suprpto, B., 2021. Perencanaan Gedung Rumah Sakit Islam Ahmad Yani Surabaya Menggunakan Sistem Struktur Ganda. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Agustus, 10(5), pp. 53-61.
- Lumbantobing, E. G., Nababan, S., I. & S., 2013. Perencanaan Struktur Kondotel Grand Darmo Suite Surabaya. *Jurnal Karya Teknik Sipil S1 Undip*, pp. 1-11.
- Muhibbudin, K., Warsito & Suprpto, B., 2017. Studi Perencanaan Struktur dengan Sistem Ganda (Dual System) untuk Menahan Beban Lateral pada Pembangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Islam Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(1), pp. 1-9.
- Nurkasanah, Warsito & Suprpto, B., 2021. Studi Perencanaan Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Ganda (Dual System) pada Gedung Psikologi dan Kesehatan Kampus 2 UIN Sunan Ampel Surabaya. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Agustus, 10(2), pp. 1-15.
- Rahayu, T. & Zulkifli, 2021. Perencanaan Apartemen 10 Lantai dengan Sistem Ganda SRPMK dan Shearwall untuk Kota Cianjur. *Jurnal Momen*, 4(1), pp. 10-16.
- Ramadhanita, M., 2017. *Modifikasi Struktur Gedung Perkuliahan Fakultas Pertanian di Surabaya Menggunakan Dual System (Sistem Ganda) serta Metode Pelaksanaan Konstruksi Kolom dan Shearwall*, Surabaya: s.n.
- T. & Kusuma, B., 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. 1 ed. Surabaya: ITS Press.