

Analisis Kapasitas Geser Kolom Beton Bertulang dengan Pengaruh Dinding *Masonry*

Tri Mardi Jaya Putra*, Maidiawati & Yessy Yusnita

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang – 25 143, Indonesia

Email: 2021210165.trimardi@itp.ac.id

Dikirim: 8 Februari 2024

Direvisi: 10 Juli 2024

Diterima: 23 Juli 2024

ABSTRAK

Masonry merupakan elemen pengisi struktur rangka beton bertulang dengan memberikan kontribusi gaya tekan diagonal terhadap ujung-ujung struktur kolom sehingga dapat mempengaruhi kekuatan geser kolom. Gaya tekan diagonal dinding *masonry* dapat ditentukan dengan model analisis strut diagonal. Penelitian ini menganalisis pengaruh dinding penuh dan dinding parsial terhadap kapasitas geser kolom yaitu kasus kolom gedung pemadam kebakaran yang telah mengalami kerusakan akibat gempa Palu tanggal 28 September 2018 dengan membuat model struktur rangka kolom yang terdiri dari struktur rangka kolom tanpa dinding, kolom dengan dinding penuh, dan kolom dengan dinding parsial. Gaya aksial kolom dari beban struktur atas dan gaya aksial akibat pengaruh dinding digunakan untuk menganalisis kekuatan geser kolom. Sebagai hasilnya, didapatkan kekuatan geser kolom tekan dan kolom tarik pada semua model kolom. Pada kolom tekan dan kolom tarik, model 1 dan model 2, dinding penuh dan dinding parsial berpengaruh terhadap kekuatan geser kolom dan juga kekuatan geser kolom tekan lebih besar daripada kekuatan geser kolom tarik, disebabkan adanya penambahan beban aksial dari dinding terhadap kolom tekan dan pengurangan beban aksial akibat beban dinding terhadap kolom tarik.

Kata kunci: kapasitas geser, *masonry*, strut diagonal

1. PENDAHULUAN

Serangkaian gempabumi kuat telah melanda beberapa daerah di Indonesia, seperti Aceh pada tahun 2004, Nias pada tahun 2005, Yogyakarta pada tahun 2006, Sumatera Barat pada tahun 2009, Lombok dan Sulawesi Tengah pada tahun 2018. Gempa tersebut telah merusak banyak gedung seperti gedung dengan bangunan rangka beton bertulang dan dinding pengisi dari pasangan bata. Kerusakan gedung itu umumnya terjadi pada struktur kolom, balok dan elemen dinding. Tipe kerusakan pada struktur kolom akan dipengaruhi oleh adanya dinding dan tanpa dinding. Kolom tanpa dinding umumnya terjadi kerusakan di ujung-ujung kolom pada daerah sendi plastis. Penelitian yang dilakukan oleh Samsunan dan Febrianti (2018) mendapatkan bahwa kolom dengan dinding penuh kerusakan ditandai dengan mengelupasnya selimut beton pada kolom dan putusnya sebagian sengkang. Kolom dengan dinding parsial, yang dikenal sebagai kolom pendek, kerusakan terjadi pada bagian kolom yang tidak terdapat dinding.

Berdasarkan pengujian dari beberapa peneliti didapatkan bahwa keberadaan dinding pengisi dalam struktur rangka akan berkontribusi terhadap kapasitas geser kolom. Tanjung dan Maidiawati (2016) telah melakukan pengujian pada struktur rangka beton bertulang tanpa dan dengan dinding bata penuh yang mendapatkan bahwa dinding bata penuh dapat meningkatkan kekuatan lateral struktur rangka beton bertulang secara signifikan. Struktur rangka dengan adanya dinding akan menyebabkan adanya gaya tekan diagonal dari dinding terhadap ujung-ujung struktur kolom. Maidiawati *dkk.* (2017) melakukan pengujian pada struktur rangka beton bertulang yang diisi dengan dinding bata diketahui bahwa dengan pertambahan beban lateral pada struktur rangka beton bertulang maka terbentuk strut diagonal yang menunjukkan adanya gaya tekan diagonal pada dinding terhadap ujung-ujung struktur kolom. Maidiawati *dkk.* (2020) menyatakan bahwa gempa Palu pada tanggal 28 September 2018 yang mengakibatkan kerusakan pada struktur kolom gedung pemadam kebakaran, yaitu kolom dengan adanya dinding penuh, dinding parsial, dan kolom tanpa dinding, maka diasumsikan kolom-kolom tersebut memiliki kapasitas geser yang berbeda. Foto kerusakan kolom lantai 1 gedung pemadam kebakaran ditunjukkan pada Gambar 1. Untuk itu perlu dianalisis kapasitas geser kolom dengan adanya dinding penuh, dinding parsial, dan kolom tanpa dinding. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dinding penuh dan dinding parsial terhadap kapasitas geser kolom.



Gambar 1. Kerusakan Kolom Lantai 1 Gedung Pemadam Kebakaran

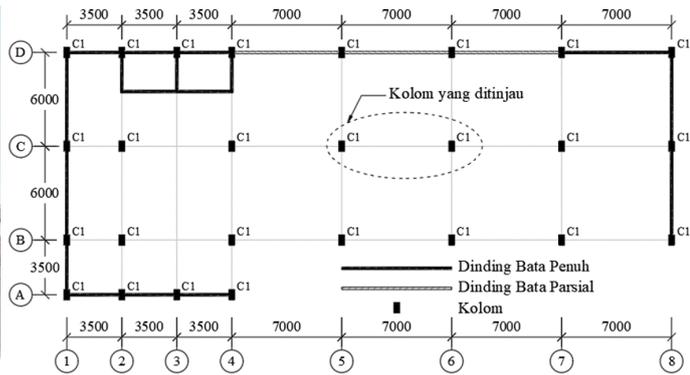
2. METODE PENELITIAN

2.1. Model Struktur

Dalam penelitian ini model struktur diambil dari gedung Dinas Pemadam Kebakaran yang telah mengalami kerusakan akibat gempa Palu pada tanggal 28 September 2018 yang terdapat pada jurnal (Maidiawati *et al.*, 2020). Gedung ini merupakan bangunan struktur rangka beton bertulang yang terdiri dari 2 lantai. Foto gedung Dinas Pemadam Kebakaran kota Palu ditunjukkan pada Gambar 2(a). Kolom yang ditinjau dalam penelitian ini yaitu kolom as 5-C dan 6-C pada lantai 1 gedung pemadam kebakaran, yang ditunjukkan pada Gambar 2(b).



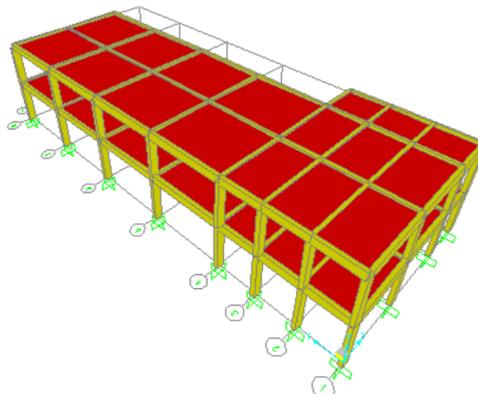
(a)



(b)

Gambar 2. Gedung Dinas Pemadam Kebakaran Kota Palu

Data yang dikumpulkan berupa data sekunder yaitu terkait deskripsi gedung dinas pemadam kebakaran dan data-data struktur gedung dari referensi (Afifah *et al.*, 2019; Maidiawati *et al.*, 2020). Berdasarkan data struktur gedung tersebut beban aksial kolom ditentukan dari beban struktur atas dengan menggunakan program SAP 2000. Bentuk model 3D SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar 3.

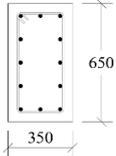
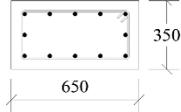


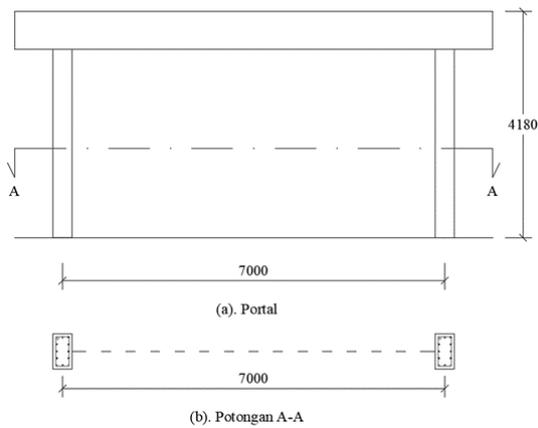
Gambar 3. Bentuk Model 3D SAP 2000

Pada penelitian ini, dibuat model struktur rangka beton bertulang dengan penampang kolom berbentuk persegi panjang berdasarkan pada gedung pemadam kebakaran. Model struktur terdiri dari struktur rangka kolom tanpa dinding, kolom dengan dinding penuh, dan kolom dengan dinding parsial seperti yang

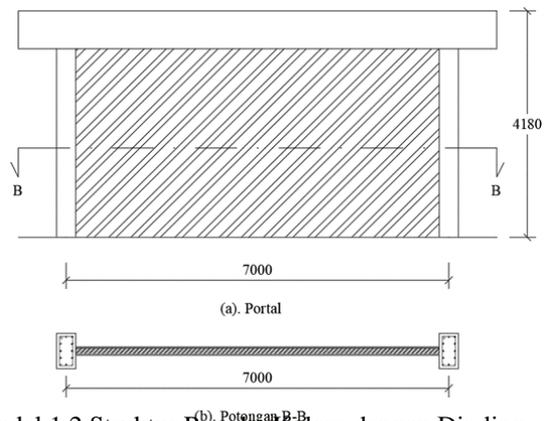
dijelaskan pada Tabel 1 dan ditunjukkan pada Gambar 4 untuk sketsa model 1 dan Gambar 5 untuk sketsa model 2.

Tabel 1. Jenis Model Struktur Rangka Kolom

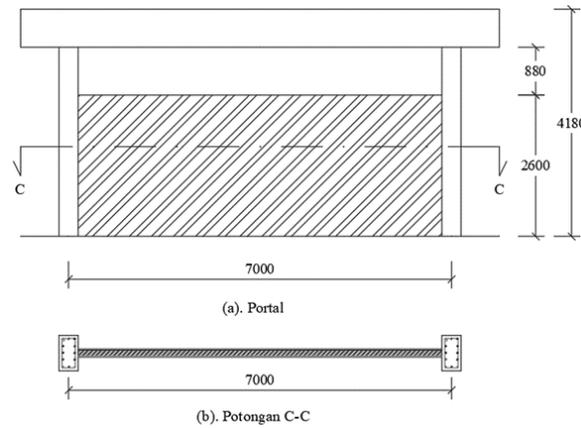
| Model | Keterangan |
|--|--|
| Model 1 - Model 1.1 - Model 1.2 - Model 1.3 | Model 1 ukuran kolomnya sama dengan ukuran kolom yang ditinjau pada Gedung Pemadam Kebakaran dengan ukuran penampang kolom 350×650 mm sebagai berikut:  Model 1 terdiri dari 3 jenis model, yaitu: Struktur Rangka Kolom tanpa Dinding Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Penuh Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Parsial |
| Model 2 - Model 2.1 - Model 2.2 - Model 2.3 | Model 2 ukuran kolomnya sama dengan ukuran kolom yang ditinjau pada Gedung Pemadam Kebakaran, tetapi penampang kolomnya dengan arah yang berbeda dengan ukuran 650×350 mm sebagai berikut:  Model 2 terdiri dari 3 jenis model, yaitu: Struktur Rangka Kolom tanpa Dinding Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Penuh Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Parsial |



Model 1.1 Struktur Rangka Kolom Tanpa Dinding: (a). Portal dan (b). Potongan A-A

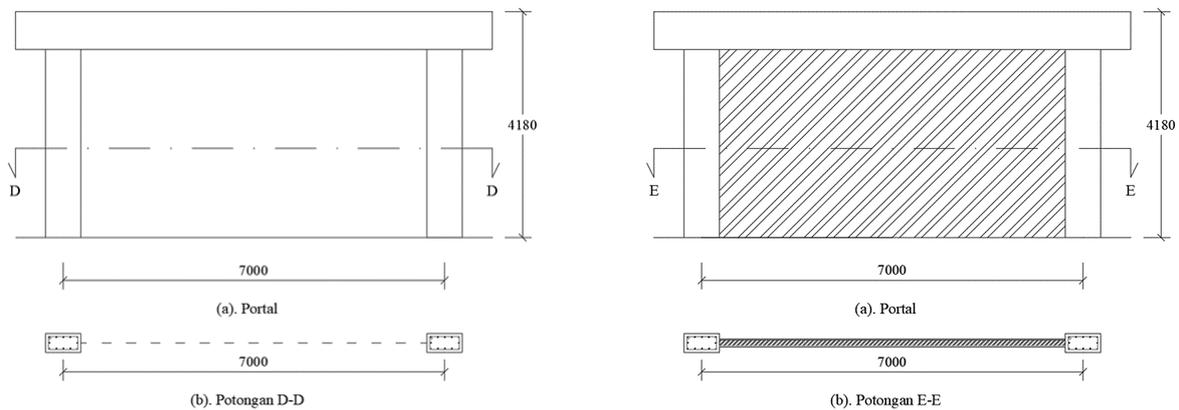


Model 1.2 Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Penuh: (a). Portal dan (b). Potongan B-B



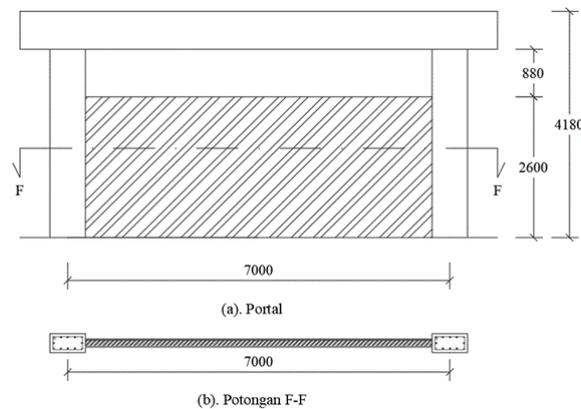
Model 1.3 Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Parsial: (a). Portal dan (b). Potongan C-C

Gambar 4. Sketsa Model 1



Model 2.1 Struktur Rangka Kolom Tanpa Dinding: (a). Portal dan (b). Potongan D-D

Model 2.2 Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Penuh: (a). Portal dan (b). Potongan E-E



Model 2.3 Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Parsial: (a). Portal dan (b). Potongan F-F

Gambar 5. Sketsa Model 2

2.2. Pemodelan Analitik Dinding Masonry

Di dalam model ini ada perhitungan beban aksial akibat pengaruh dinding terhadap struktur kolom, dihitung dengan menggunakan model analisis strut diagonal, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 untuk model struktur rangka dengan dinding penuh dan pada Gambar 7 untuk model struktur rangka dengan dinding

parsial. Lebar strut (w) dihitung dengan menggunakan model Paulay and Priestley (1992), yang diberikan dalam Persamaan 1. Gaya tekan diagonal (C_s) ditentukan dengan menggunakan model Maldiawati dan Sanada (2016), yang diberikan dalam Persamaan 2. C_s diwakili oleh dua kali C_s' , yang diberikan dalam Persamaan 3. Kemudian C_s' diuraikan menjadi komponen horizontal (C_{sh}') dan vertikal (C_{sv}'), yang diberikan dalam Persamaan 4 dan 5, maka beban aksial kolom akibat pengaruh dinding didapatkan dari Persamaan 5. Tinggi kontak antara dinding dan kolom (h_s) pada setiap model dihitung dengan menggunakan model Maldiawati dan Sanada (2016), yang diberikan dalam Persamaan 6.

$$w = \frac{d}{4} \tag{1}$$

$$C_s = w t f_m' \tag{2}$$

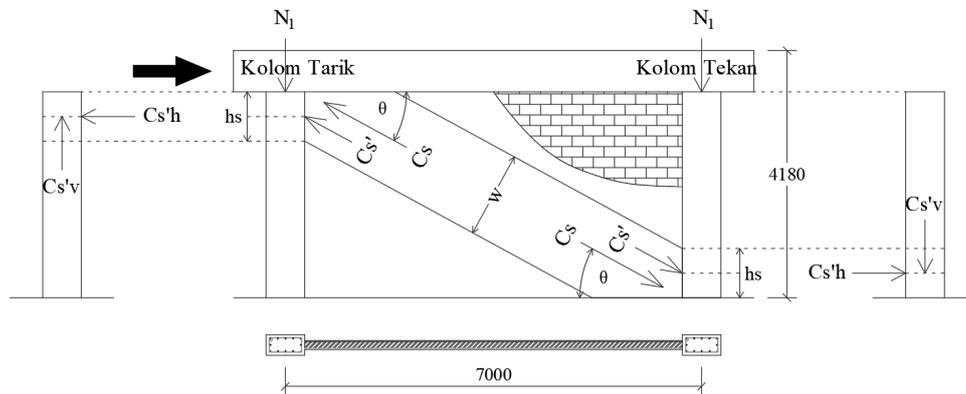
$$C_s' = \frac{1}{2} C_s \tag{3}$$

$$C_{sh}' = C_s' \cos \theta \tag{4}$$

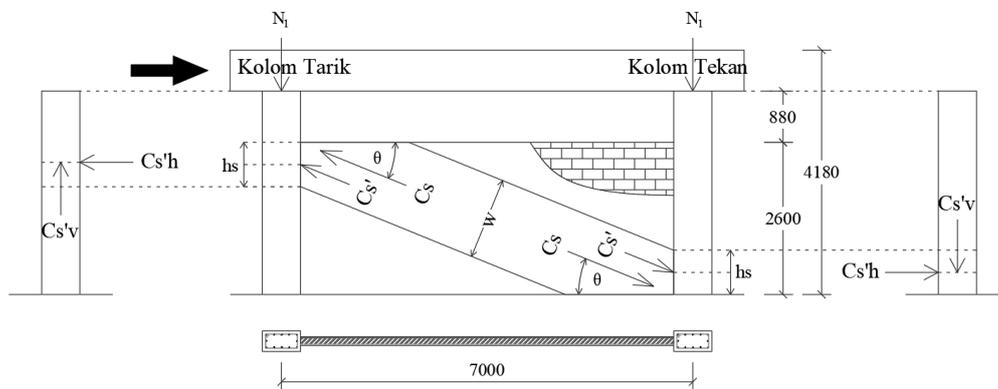
$$C_{sv}' = C_s' \sin \theta \tag{5}$$

$$h_s = \frac{w}{2 \cos \theta} \tag{6}$$

di mana, d adalah panjang diagonal pengisi, t adalah tebal dinding, f_m' adalah kuat tekan dinding, dan θ adalah sudut kemiringan strut terhadap horizontal.



Gambar 6. Beban Aksial Struktur Kolom yang ditinjau pada Model Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Penuh



Gambar 7. Beban Aksial Struktur Kolom yang ditinjau pada Model Struktur Rangka Kolom dengan Dinding Parsial

2.3. Kapasitas Geser Kolom

Kapasitas geser kolom dianalisis dengan menggunakan metode Priestley *et al.* (1994), di mana kekuatan geser kolom (V_n) ditentukan dari kekuatan geser beton (V_c), kekuatan geser dari beban aksial (V_p), dan kekuatan geser dari tulangan sengkang (V_s), yang masing-masing diberikan pada Persamaan 7-10.

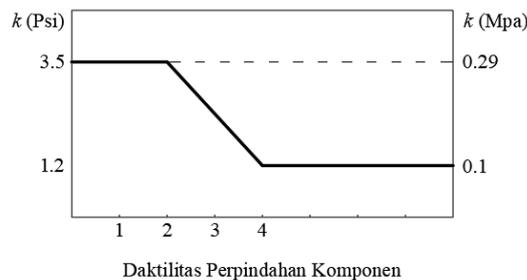
$$V_n = V_c + V_p + V_s \tag{7}$$

$$V_c = k \sqrt{f'_c} (0,8A_g) \tag{8}$$

$$V_p = \frac{D - c}{2a} P \tag{9}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y D'}{s} \cot 30^\circ \tag{10}$$

di mana k adalah penurunan kekuatan beton yaitu dari 0,29 sampai 0,1 untuk daktilitas perpindahan 2 sampai 4, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8, f'_c adalah kuat tekan beton, A_g adalah luas penampang kolom, D adalah tebal kolom, c adalah jarak sumbu netral, a adalah panjang bentang geser, P adalah gaya aksial kolom, A_v adalah luas penampang tulangan sengkang, f_y adalah tegangan leleh tulangan sengkang, D' adalah jarak antara pusat ke pusat dalam satu tulangan sengkang, dan s adalah jarak tulangan sengkang sepanjang kolom. Gaya aksial kolom untuk model struktur dalam penelitian ini berasal dari beban struktur atas (N_l) yang dianalisis dengan menggunakan program SAP 2000 v14.2.2 dan beban aksial akibat pengaruh dinding ($C_s'v$) yang dihitung dengan menggunakan model analisis strut diagonal.



Gambar 8. Penurunan Kekuatan Geser Beton dengan Daktilitas Perpindahan

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Gaya Dinding Masonry

Berdasarkan Persamaan 1-6 maka didapatkan lebar strut (w), gaya tekan diagonal (C_s), setengah gaya tekan diagonal (C_s') yang diuraikan menjadi komponen horizontal ($C_s'h$) dan vertikal ($C_s'v$), serta tinggi kontak antara dinding dan kolom (h_s) untuk enam model struktur rangka kolom, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 untuk kolom tekan dan Tabel 3 untuk kolom tarik.

Tabel 2. Hasil Gaya dan Model Strut Dinding Masonry pada Kolom Tekan

| Model | w (mm) | Cs (N) | Cs' (N) | Cs'h (N) | Cs'v (N) | hs (mm) |
|-------|----------|--------------|------------|------------|------------|----------|
| 1.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.2 | 1.876,38 | 1.407.285,87 | 703.642,93 | 623.437,50 | 326.250,00 | 1.058,89 |
| 1.3 | 1.785,05 | 1.338.788,08 | 669.394,04 | 623.437,50 | 243.750,00 | 958,32 |
| 2.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.2 | 1.810,26 | 1.357.698,10 | 678.849,05 | 595.312,50 | 326.250,00 | 1.032,14 |
| 2.3 | 1.715,42 | 1.286.562,92 | 643.281,46 | 595.312,50 | 243.750,00 | 926,82 |

Tabel 3. Hasil Gaya dan Model Strut Dinding Masonry pada Kolom Tarik

| Model | w (mm) | Cs (N) | Cs' (N) | Cs'h (N) | Cs'v (N) | hs (mm) |
|-------|----------|--------------|------------|------------|------------|----------|
| 1.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.2 | 1.876,38 | 1.407.285,87 | 703.642,93 | 623.437,50 | 326.250,00 | 1.058,89 |
| 1.3 | 1.785,05 | 1.338.788,08 | 669.394,04 | 623.437,50 | 243.750,00 | 958,32 |
| 2.1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.2 | 1.810,26 | 1.357.698,10 | 678.849,05 | 595.312,50 | 326.250,00 | 1.032,14 |
| 2.3 | 1.715,42 | 1.286.562,92 | 643.281,46 | 595.312,50 | 243.750,00 | 926,82 |

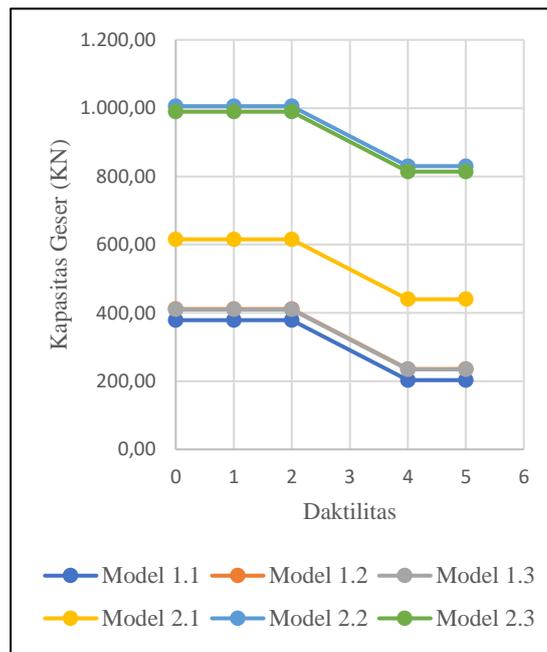
3.2. Gaya Aksial Kolom

Gaya aksial kolom dari beban struktur atas (N_l) didapat berdasarkan hasil SAP 2000, maka untuk kolom yang ditinjau yaitu kolom 5-C (Gambar 1b) dengan $N_l = 861.578,38$ N dan kolom 6-C dengan $N_l = 862.022,74$ N. Untuk gaya aksial kolom akibat pengaruh dinding (C_{sv}), ditunjukkan pada Tabel 2 untuk kolom tekan dan Tabel 3 untuk kolom tarik.

3.3. Kapasitas Geser Kolom dengan Pengaruh Dinding Masonry

3.3.1 Kolom Tekan

Berdasarkan persamaan kekuatan geser kolom pada Persamaan 7 sampai 10, maka didapatkan hasil grafik kekuatan geser kolom tekan untuk enam model kolom, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Dilihat dari grafik kolom tekan pada model 1 dan model 2, dinding itu berpengaruh terhadap kekuatan geser kolom. Dilihat dari model 1, kekuatan geser kolom pada model 1.1 yaitu kolom tanpa dinding adalah 378,76 KN, pada model 1.2 yaitu kolom dengan dinding penuh adalah 411,17 KN, dan pada model 1.3 yaitu kolom dengan dinding parsial adalah 409,96 KN, sehingga dengan adanya dinding penuh, kekuatan geser kolom tekan pada model 1 meningkat sebesar 8,56% terhadap kolom tanpa dinding dan dengan adanya dinding parsial, kekuatan geser kolom tekan pada model 1 meningkat sebesar 8,24% terhadap kolom tanpa dinding. Dilihat juga dari model 2, kekuatan geser kolom pada model 2.1 yaitu kolom tanpa dinding adalah 615,59 KN, pada model 2.2 yaitu kolom dengan dinding penuh adalah 1.005,67 KN, dan pada model 2.3 yaitu kolom dengan dinding parsial adalah 989,57 KN, sehingga dengan adanya dinding penuh, kekuatan geser kolom tekan pada model 2 meningkat sebesar 63,37% terhadap kolom tanpa dinding dan dengan adanya dinding parsial, kekuatan geser kolom tekan pada model 2 meningkat sebesar 60,75% terhadap kolom tanpa dinding. Dilihat dari grafik kolom tekan pada model 1 dan model 2, peningkatan kekuatan geser kolom akibat pengaruh dinding penuh dan dinding parsial pada model 2 lebih besar daripada model 1. Ini disebabkan oleh nilai a (shear span) yang ada dalam Persamaan 9 pada model 2 lebih besar daripada model 1, sehingga mengakibatkan nilai V_p dan V_n pada model 2 lebih besar daripada model 1.

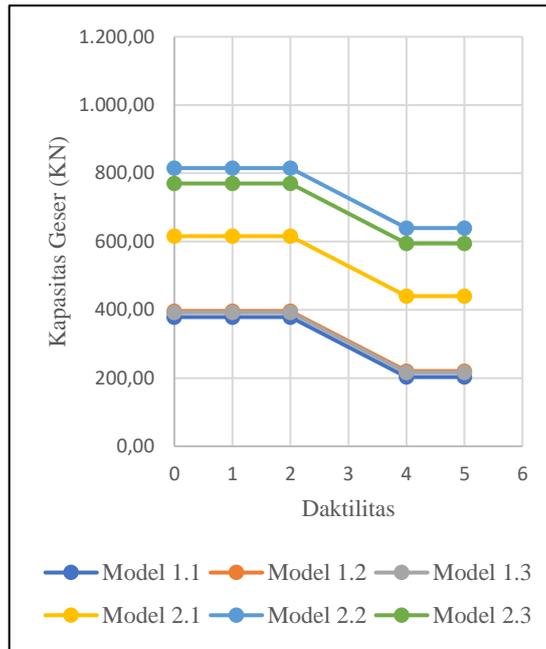


Gambar 9. Kekuatan Geser Kolom Tekan

3.3.2 Kolom Tarik

Berdasarkan persamaan kekuatan geser kolom pada Persamaan 7 sampai 10, maka didapatkan hasil grafik kekuatan geser kolom tarik untuk enam model kolom, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Dilihat dari grafik kolom tarik pada model 1 dan model 2, dinding itu berpengaruh terhadap kekuatan geser kolom. Dilihat dari model 1, kekuatan geser kolom pada model 1.1 yaitu kolom tanpa dinding adalah 378,76 KN, pada model 1.2 yaitu kolom dengan dinding penuh adalah 396,03 KN, dan pada model 1.3 yaitu kolom dengan dinding parsial adalah 392,30 KN, sehingga dengan adanya dinding penuh dan dengan adanya dinding parsial, kekuatan geser kolom tarik pada model 1 meningkat sebesar 4,56% terhadap kolom tanpa dinding dan dengan adanya dinding parsial, kekuatan geser kolom tarik pada model 1 meningkat sebesar 3,58% terhadap kolom tanpa dinding. Dilihat juga dari model 2, kekuatan geser kolom pada model 2.1 yaitu kolom tanpa dinding adalah 615,59 KN, pada model 2.2 yaitu kolom dengan dinding penuh adalah 815,14 KN, dan pada model 2.3 yaitu kolom dengan dinding parsial adalah 770,07 KN, sehingga dengan adanya dinding penuh, kekuatan geser kolom tarik pada model 2 meningkat sebesar 32,42% terhadap kolom tanpa dinding dan dengan adanya dinding parsial, kekuatan geser kolom tarik pada model 2 meningkat sebesar 25,09% terhadap kolom tanpa dinding. Dilihat dari grafik kolom tarik pada model 1 dan model 2, peningkatan kekuatan geser kolom akibat pengaruh dinding penuh dan

dinding parsial pada model 2 lebih besar daripada model 1. Ini disebabkan oleh nilai a (shear span) yang ada dalam Persamaan 9 pada model 2 lebih besar daripada model 1, sehingga mengakibatkan nilai V_p dan V_n pada model 2 lebih besar daripada model 1.



Gambar 10. Kekuatan Geser Kolom Tarik

Berdasarkan kekuatan geser kolom tekan dan kolom tarik yang telah didapatkan pada semua model kolom, maka dilakukan perbandingan antara kekuatan geser kolom tekan dengan kolom tarik. Dilihat dari grafik kolom tekan dan kolom tarik, kekuatan geser kolom tekan lebih besar daripada kekuatan geser kolom tarik. Jika dibandingkan model 1.2 pada kolom tekan dengan model 1.2 pada kolom tarik yaitu kolom dengan dinding penuh, model 1.3 pada kolom tekan dengan model 1.3 pada kolom tarik yaitu kolom dengan dinding parsial, model 2.2 pada kolom tekan dengan model 2.2 pada kolom tarik yaitu kolom dengan dinding penuh, dan model 2.3 pada kolom tekan dengan model 2.3 pada kolom tarik yaitu kolom dengan dinding parsial, maka peningkatan kekuatan geser kolom tekan terhadap kolom tarik sekitar 3 - 29%. Ini disebabkan adanya penambahan beban aksial dari dinding terhadap kolom tekan dan pengurangan beban aksial akibat beban dinding terhadap kolom tarik, sehingga menghasilkan nilai V_p pada kolom tekan lebih besar dari nilai V_p pada kolom tarik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis model struktur rangka beton bertulang dengan dinding *masonry*, maka adanya dinding penuh pada model 1 kekuatan geser kolom tekan meningkat sebesar 8,56% dan dengan adanya dinding parsial kekuatan geser kolom tekan meningkat sebesar 8,24% dibandingkan terhadap kolom tanpa dinding. Namun untuk struktur dengan kolom model 2, adanya dinding penuh kekuatan geser kolom tekan meningkat sebesar 63,37% dan dengan adanya dinding parsial kekuatan geser kolom tekan meningkat sebesar 60,75% terhadap kolom tanpa dinding.

Pada model 1, kekuatan geser kolom tarik dengan dinding penuh meningkat sebesar 4,56% dan dengan adanya dinding parsial meningkat sebesar 3,58% dibandingkan terhadap kolom tanpa dinding. Kekuatan geser kolom tarik pada model 2, dengan dinding penuh meningkat sebesar 32,42% dan dengan adanya dinding parsial meningkat sebesar 25,09%. Peningkatan kekuatan geser kolom akibat pengaruh dinding penuh dan dinding parsial pada model 2 lebih besar daripada model 1 baik pada kolom tekan maupun kolom tarik, disebabkan peningkatan nilai *shear span, a* yang signifikan pada model 2, sehingga mengakibatkan nilai gaya geser akibat aksial jadi meningkat. Kekuatan geser kolom tekan lebih besar daripada kekuatan geser kolom tarik disebabkan adanya penambahan beban aksial dari dinding terhadap kolom tekan dan pengurangan beban aksial akibat beban dinding terhadap kolom tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, S.N., Maidiawati, Tanjung, J., 2019. Kapasitas Seismik Gedung Beton Bertulang Kota Palu, Sulawesi Tengah dengan Metode Pushover, in: Menuju Pembangunan Infrastruktur Yang Ramah Bencana Dan Berkelanjutan Di Era Revolusi 4.0. Presented at the 6th ACE Conference, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, Padang.
- Maidiawati, M., Tanjung, J., Medriosa, H., 2017. Pengaruh Dinding Bata dengan Bukaan (Lobang) terhadap Ketahanan Lateral Struktur Rangka Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil* 24, 145–152. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.2.5>
- Maidiawati, Sanada, Y., 2016. R/C frame–infill interaction model and its application to Indonesian buildings. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 46, 221–241. <https://doi.org/10.1002/eqe.2787>
- Maidiawati, Tanjung, J., Sanada, Y., Nugroho, F., Wardi, S., 2020. Seismic analysis of damaged buildings based on post-earthquake investigation of the 2018 palu earthquake. *GEOMATE Journal* 18, 116–122.
- Paulay, T., Priestley, M.J.N., 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings* | Wiley. Wiley.
- Priestley, M.J.N., Verma, R., Xiao, Y., 1994. Seismic Shear Strength of Reinforced Concrete Columns. *Journal of Structural Engineering* Vol 120. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1994\)120:8\(2310\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1994)120:8(2310))
- Samsunan, S., Febrianti, D., 2018. Analisa Tingkat Kerusakan Struktur Kolom Terkena Tsunami. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi* 4. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v4i1.591>
- Tanjung, J., Maidiawati, M., 2016. Studi Eksperimental tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil* 23, 99–106. <https://doi.org/10.5614/jts.2016.23.2.2>