

**PENGARUH VARIASI JARAK TULANGAN HORIZONTAL DAN KEKANGAN
TERHADAP DAKTILITAS DAN KEKAKUAN DINDING GESER DENGAN
PEMBEBANAN SIKLIK (QUASI-STATIS)**

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh
gelar Sarjana Teknik**



ANDREW TIMOTHY SILALAH

NIM. 125060101111020

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

PENGARUH VARIASI JARAK TULANGAN HORIZONTAL DAN KEKANGAN TERHADAP DAKTILITAS DAN KEKAKUAN DINDING GESER DENGAN PEMBEBANAN SIKLIK (QUASI-STATIS)

Andrew Timothy Silalahi, Ari Wibowo, Christin Remayanti N

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341)567886
Email : andrew_tim17@yahoo.com

ABSTRAK

Dinding geser berfungsi untuk menahan gaya lateral yang diterima oleh suatu bangunan. Perencanaan dinding geser yang tepat dapat menghasilkan dinding geser dengan kekuatan lebih dengan biaya yang sama. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak tulangan horizontal dan kekangan pada dinding geser saat gempa. Perilaku yang diamati adalah daktilitas dan kekakuan dinding geser. Percobaan ini menggunakan 3 buah benda uji dan 3 variasi. Sebuah benda uji dengan perbedaan jarak tulangan horizontal tanpa kekangan (SW-50) dan 2 buah benda uji dengan 2 variasi jarak tulangan horizontal dengan kekangan (DGK-75 dan DGK-150). Masing-masing benda uji memiliki dimensi 1000x400x350 mm untuk pondasi dan 400x80x800 mm untuk dinding geser dan $f'c$ 20 Mpa. Pada saat pengujian, beban aksial diberikan secara konstan sebesar 0,05 Pu dan beban siklik hingga dinding geser melewati keruntuhan beban lateral dengan metode *displacement control*, dimana untuk drift 0-2%, kenaikan drift tiap siklusnya sebesar 0.25% sedangkan untuk drift 2-3% kenaikan siklus yang diberikan sebesar 0,5% dan untuk drift di atas 3% kenaikan siklus sebesar 1%. Beban lateral dan perpindahan tiap siklus dari percobaan dicatat untuk kemudian digunakan dalam analisis daktilitas dan kekakuan dinding geser. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dinding geser SW-50 memiliki nilai daktilitas yang lebih besar dibandingkan DGK-150, sedangkan dinding geser DGK-75 memiliki peningkatan daktilitas yang lebih besar dari DGK-150, dan DGK-75 memiliki peningkatan daktilitas yang tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan SW-50.

Kata kunci : dinding geser, beton bertulangan, daktilitas perpindahan, kekakuan, beban gempa, kekangan, tulangan horizontal

ABSTRACT

Shear wall has function to resist lateral. Well designed shear wall can achieve more capacity with the same cost. This study has aim to know the performance of ductility and stiffness of reinforced concrete shear wall with confinement subjected to earthquake. There are 3 tested shear walls and 3 variations. A specimen with horizontal reinforced variation but without confinement (SW-50) and 2 specimens with horizontal reinforced variation and confinement variation. Each specimen have size 1000x400x350 mm for bottom and 400x80x800 mm for shear wall and $f'c$ 20 Mpa. Axial load is constantly given about 0,05 Pu and cyclic load with displacement control method until the shear wall is over lateral load failure. For drift 0%-2%, the difference in every cycle is 0,25%, for drifts 2-3%, the difference in every cycle is 1%, and for drifts which are over 3% using 0,5% difference in every cycle. Lateral load and displacement data in every cycle are used to analyze the displacement ductility and stiffness of reinforced concrete shear wall. The experimental result of this study shows that unconfined shear wall SW-50 have a higher ductility and stiffness than confinement shear wall DGK-150, shear wall DGK-75 have a significant improvement on ductility and stiffness than DGK-150, and shear wall DGK-75 with confinement have a higher ductility and stiffness than unconfined shear wall SW-50, although the ductilities and stiffness are not significantly different.

Keywords: shear wall performance, reinforced concrete, displacement ductility, stiffness, earthquake load, confinement, horizontal reinforcement

PENDAHULUAN

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah permintaan lahan untuk hunian maupun perkantoran pada kota-kota besar yang memiliki keterbatasan lahan kosong adalah dengan membangun gedung bertingkat tinggi/ *high rise building*. Namun perencanaan dalam mendesain struktur bangunan untuk gedung bertingkat tinggi harus memperhatikan gaya lateral yang akan diterima akibat gaya luar. Salah satu komponen yang mampu menahan gaya lateral adalah dinding geser. Indonesia merupakan daerah dengan potensi gempa yang tinggi sehingga perlu diperhatikan perencanaan yang matang untuk dinding geser dalam menahan gaya lateral akibat gempa pada bangunan bertingkat tinggi. Perlu diperhatikan bahwa selain menahan gaya-gaya lateral, dinding geser juga berfungsi untuk meningkatkan kekakuan suatu struktur bangunan. Namun, keruntuhan pada dinding geser harus didesain akibat momen lentur yang terjadi bukan diakibatkan oleh gaya geser pada kaki dinding geser setelah terbentuk sendi plastis.

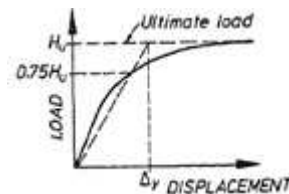
Dinding geser dari beton bertulang merupakan jenis yang paling banyak digunakan. Hal ini dikarenakan biayanya yang lebih murah dibandingkan dengan dinding geser plat besi. Namun walaupun lebih murah, harganya masih tetap tergolong mahal. Salah satu tujuan skripsi ini adalah menghasilkan dinding geser beton bertulang yang lebih murah dari sisi ekonomisnya tanpa mengurangi kapasitas kekuatan dari dinding geser tersebut. Salah satu faktor yang dapat mengurangi biaya produksi dinding geser adalah penggunaan besi sebagai tulangan. Pada penelitian dinding geser ini akan dilakukan variasi jarak tulangan horizontal dan kekangan. Diharapkan dengan adanya variasi ini dapat menghasilkan perbedaan yang cukup signifikan dan menunjukkan bahwa letak tulangan vertikal yang tepat pada jarak

tertentu dapat menghasilkan nilai daktilitas dan kekakuan yang lebih besar.

METODOLOGI PENELITIAN

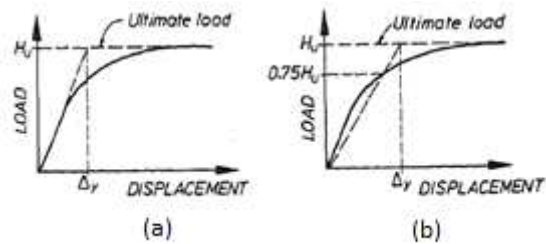
Penelitian ini diawali dengan perencanaan benda uji meliputi mutu beton, diameter tulangan, jarak tulangan vertikal dan horizontal, jarak kekangan, dan jumlah benda uji. Setelah itu dilanjutkan dengan pembuatan benda uji hingga pengujian bahan pembuat dinding geser yaitu baja tulangan serta beton dan dilanjutkan dengan pengujian siklik pada dinding geser dengan hasil berupa data hubungan beban – perpindahan untuk mendapatkan nilai daktilitas perpindahan dan kekakuan.

Daktilitas perpindahan dapat dicari dengan membagi nilai perpindahan ultimit dengan nilai perpindahan saat leleh. Perpindahan ultimit diambil ketika beban mengalami penurunan sebesar 20% setelah melewati beban puncak. Perpindahan saat leleh dapat dicari dengan menarik garis lururs dari perpotongan antara beban saat puncak, beban sebesar 75% dari beban puncak, dan dari titik awal grafik.



Gambar 1 Penentuan titik leleh

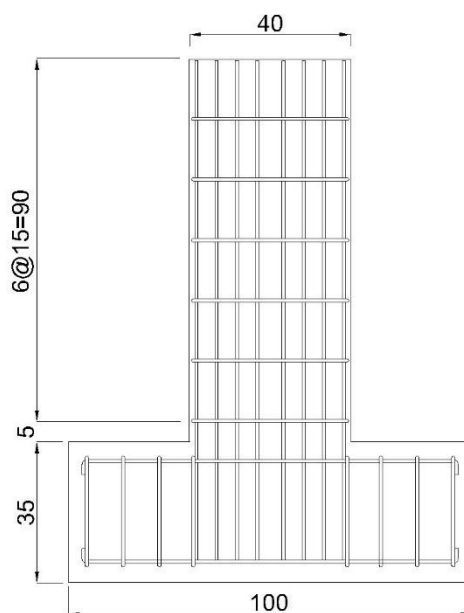
Kekakuan didapatkan dengan mencari nilai kemiringan antara beban puncak dengan perpindahan. Ada dua metode yang akan digunakan pada percobaan ini dalam mencari nilai kekakuan yaitu metode tangen dan sekan. Metode tangen didapatkan dengan mencari nilai kemiringan dari awal grafik hingga kondisi sebelum leleh (garis lurus). Sementara metode sekan didapatkan dengan mencari nilai kemiringan dari awal grafik hingga kondisi beban sebesar 75% dari beban puncak.



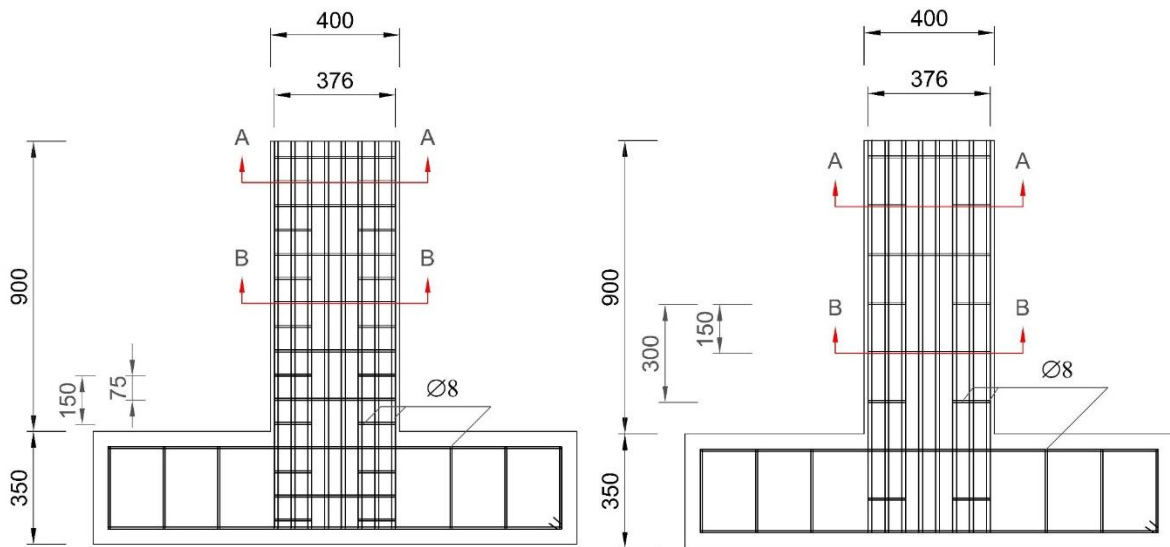
Gambar 2 (a) Metode Tangen, (b) Metode Sekan

Tabel 1 Spesifikasi Benda Uji

Kode Dinding Geser	Dimensi (mm)	Tinggi (mm)	Aspek Rasio Badan	Pv (%)	Ph (%)	Tulangan Sengkang	Tulangan Longitudinal	F'c (Mpa)
SW - 50	400 x 80	800	2	2.44	0.55	Ø8 - 150	16 Ø8 - 50	20
DGK - 75	400 x 80	800	2	2.44	1.02	Ø8 - 75	16 Ø8 - 50	20
DGK - 150	400 x 80	800	2	2.44	0.55	Ø8 - 150	16 Ø8 - 50	20

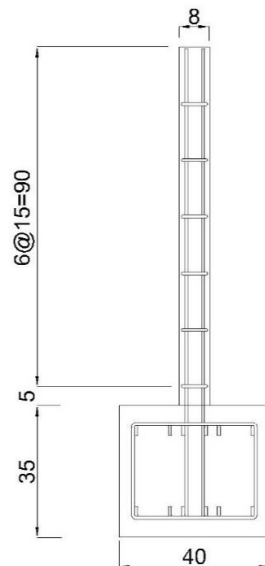


Gambar 3 SW-50 (Tampak Depan)

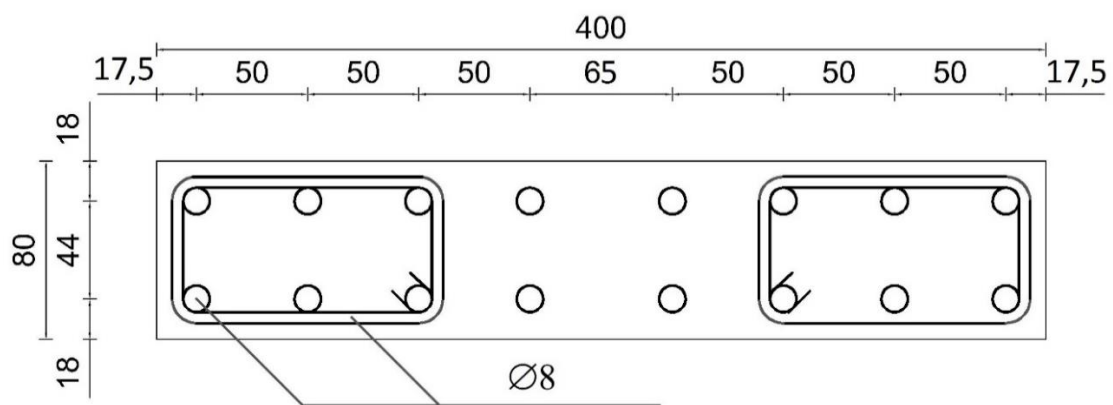


Gambar 4 (a) DGK-75 (Tampak Depan)

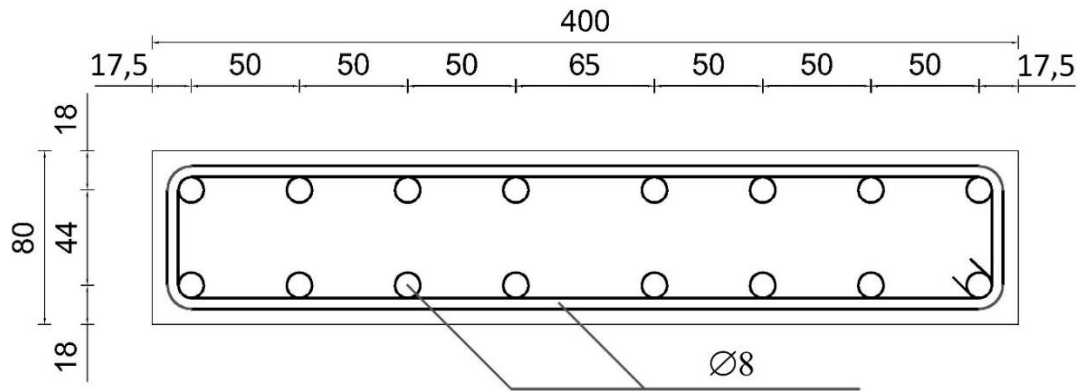
(b) DGK-150 (Tampak Depan)



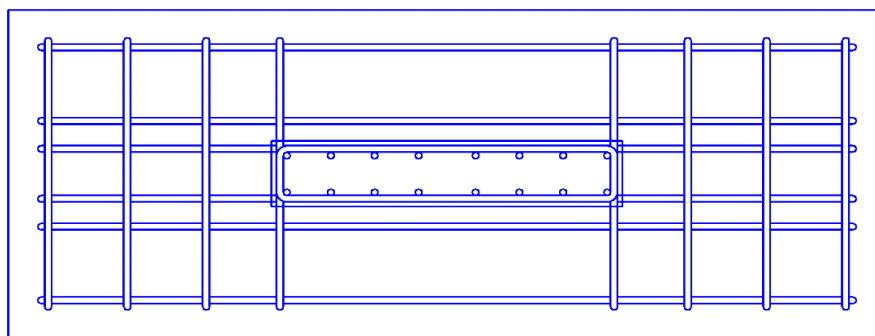
Gambar 5 SW-50 dan DGK-150 (Tampak Tampak Samping)



Gambar 6 Potongan A-A



Gambar 7 Potongan B-B



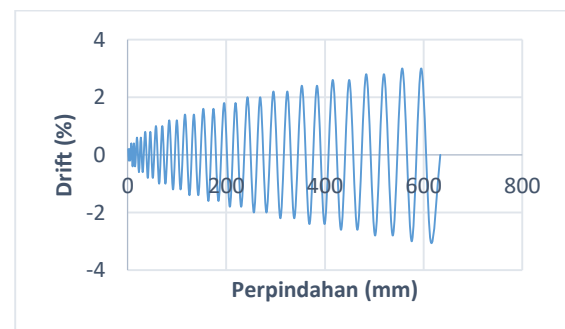
Gambar 8 Benda Uji (Tampak Atas)

Rancangan Penelitian

Dinding geser yang akan diuji sebanyak 3 buah dengan masing-masing benda uji memiliki 1 buah cadangan. Dimensi pondasi dinding geser sebesar 1000x400x350 mm. Sementara dimensi dinding geser sebesar 400x80x800 mm. Kuat tekan rencana beton (f'_c) sebesar 20 Mpa dengan menggunakan besi polos berdiameter 8 mm.

SW-50 adalah dinding geser dengan jarak tulangan horizontal sebesar 150 mm dan tanpa kekangan. Benda uji DGK-75 memiliki jarak antar tulangan horizontal dan kekangan sebesar 75 mm. Benda uji DGK-150 memiliki jarak antar tulangan horizontal dan kekangan sebesar 150 mm. Saat pengujian, ketiga dinding geser diberikan beban siklik.

Sementara beban aksial diberikan sebesar 5% dari beban aksial ultimit. Pembacaan perpindahan dan beban dilakukan secara bertahap. Dimulai dari beban nol hingga beban saat ultimit secara siklik. Pembacaan akan dihentikan bila dinding geser diasumsikan sudah mencapai keadaan ultimit atau penurunan beban lateral sebesar 20% dari beban lateral maksimumnya.



Gambar 9 Siklus Pembebanan Lateral berdasarkan Drift

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Bahan Penyusun Beton

Tabel 2 Mutu Beton Aktual

Kolom	Analog Hammer Test (MPa)	Uji Tekan Silinder (MPa)
SW-50	29,47	13,35
DGK-75	23,3	23,3
DGK-150	21,42	14,351

Pengujian mutu beton menggunakan 2 metode yaitu uji tekan silinder dan *analog hammer test*. Namun yang digunakan adalah mutu beton dari pengujian uji tekan silinder. Hal ini dikarenakan *analog hammer test* digunakan untuk mengetahui mutu beton secara cepat sehingga dalam penggunaannya harus dilakukan dengan benar agar hasilnya presisi. Dan *analog hammer test* hanya sebagai pembanding terhadap uji tekan silinder. Hasil uji tekan silinder tidak semua benda uji memenuhi perencanaan. Hal ini dikarenakan pelaksanaan pengecoran saat menyiapkan benda uji silinder untuk uji tekan beton tidak dilakukan dengan benar sehingga menurunkan mutu betonnya.

Tabel 3 Hasil Uji Tarik Tulangan Baja

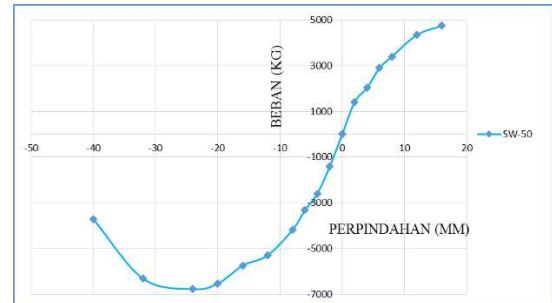
Nomor Tulangan	Diameter	Diameter Aktual (mm2)	A (mm ²)	P (N)	fy (Mpa)
1	Ø8	7,88	48,744	16406	336,57
2	Ø8	7,88	48,744	19660	403,33
3	Ø8	7,88	48,744	19335	396,66
Fy rata-rata					378,86 Mpa

Dari tabel di atas didapatkan tegangan leleh (f_y) rata-rata untuk diameter Ø8 sebesar 378,86 MPa.

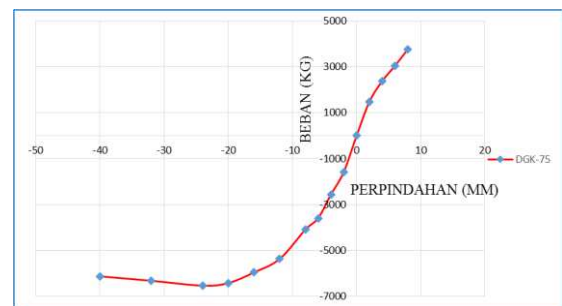
Hasil Pengujian Beban Siklik

Hasil dari pengujian menggunakan beban siklik akan menghasilkan kurva positif dan negatif. Kurva positif dan negatif tidak dapat dibandingkan secara langsung. Kurva positif harus dibandingkan dengan kurva positif lainnya, begitu juga sebaliknya kurva negatif harus dibandingkan dengan kurva positif lainnya. Hal ini dikarenakan ketika pengujian siklus

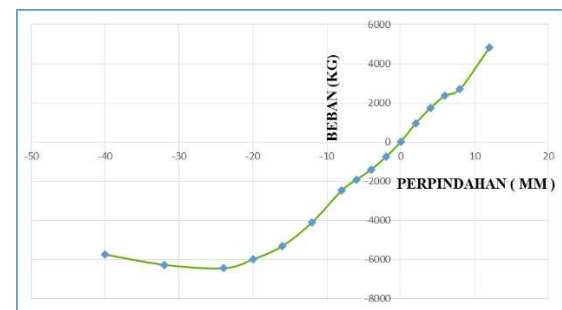
negatif dilakukan telah terjadi penurunan kekuatan akibat pengujian terhadap siklus positif yang lebih dulu dilakukan.



Gambar 10 Kurva Envelope SW-50



Gambar 11 Kurva Envelope DGK-75



Gambar 12 Kurva Envelope DGK-75

Analisis Beban Lateral Maksimum

Tabel 4 Beban Lateral Maksimum Searah Negatif

Kolom	Ph Aktual (kg)	Ph Teoritis (kg)	Selisih %
DGK-150	-6460.00	-5066.57	27.50252
DGK-75	-6528.00	-4903.79	33.12158
SW-50	-6780.00	-4829.52	40.38654

Pada tabel diatas tampak bahwa nilai yang ditampilkan hanya searah negatif. Hal ini dikarenakan keterbatasan alat untuk pengujian searah positif sehingga pada saat

percobaan dilakukan, pengujian searah positif dihentikan walau belum mencapai hasil maksimum. Sehingga data yang digunakan hanya data searah negatif.

Tampak bahwa nilai dari beban lateral maksimum hasil eksperimen lebih besar dari hasil teoritis. Benda uji SW-50 memiliki nilai beban lateral aktual yang cukup signifikan dari nilai teoritisnya dibandingkan dengan benda uji lainnya. Walaupun benda uji SW-50 dan DGK-150 sama-sama memiliki jarak antar sengkang yang sama, namun nilai beban lateralnya berbeda jauh. Hal ini dikarenakan tulangan vertikal SW-50 lebih dirapatkan ke masing-masing tepi dinding yang akhirnya memberikan kekuatan lebih pada dinding untuk menahan gaya lateral.

Analisis Daktilitas Perpindahan

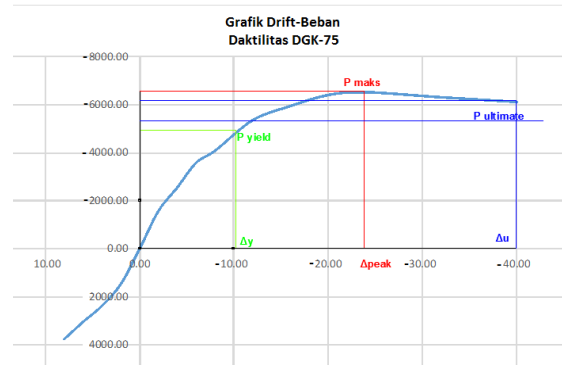
Tabel 5 Nilai Beban Lateral Aktual

Kolom	Ph (kg)	0.75 Ph (kg)	0.8 Ph (kg)
DGK-150	-6460,00	-4845,00	-5168,00
DGK-75	-6528,00	-4896,00	-5222,40
SW-50	-6780,00	-5085,00	-5424,00

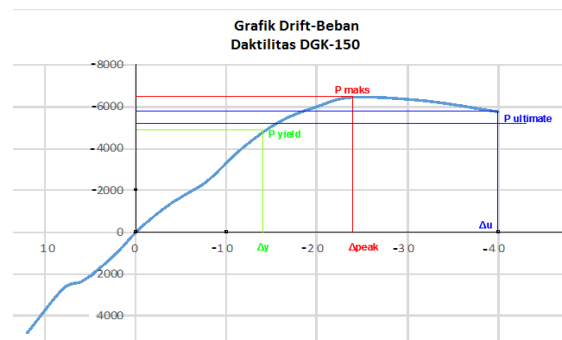
Dapat dilihat bahwa dengan semakin rapat jarak kekangan akan meningkatkan nilai kapasitas beban lateral. Hal ini terbukti dari tabel bahwa nilai beban lateral dari DGK-75 lebih besar dari DGK-150. Sementara dengan semakin rapatnya tulangan vertikal ke arah tepi dinding geser dapat menaikkan nilai beban lateral. Hal ini terbukti dari tabel bahwa SW-50 memiliki nilai lateral paling tinggi.



Gambar 13 Perpindahan saat Ultimit dan Leleh SW-50



Gambar 14 Perpindahan saat Ultimit dan Leleh DGK-75



Gambar 15 Perpindahan saat Ultimit dan Leleh DGK-150

Dari gambar-gambar di atas dapat dilihat bahwa hanya SW-50 yang nilai ultimitnya dapat dihitung. Hal ini dikarenakan SW-50 telah mencapai penurunan beban lateral sebesar 20% sebelum perpindahan mencapai nilai 40 mm searah negatif. Sementara DGK-75 dan DGK-150 masih membutuhkan perpindahan yang lebih besar agar mencapai penurunan beban lateral sebesar 20%. Pada pengujian di laboratorium saat perpindahan telah terjadi sebesar 5% atau 40 mm searah negatif, maka pengujian akan dihentikan walaupun benda uji belum runtuh. Hal ini dikarenakan keterbatasan panjang lengan dari hydraulic jack, panjang LVDT pada posisi sejajar dengan beban lateral, serta jarak dari puncak dinding geser dengan frame yang tidak cukup besar bila dilakukan pengujian lebih lanjut.

Sehingga untuk membandingkan nilai daktilitas ($\mu\Delta$) dari masing-masing spesimen tidak dapat digunakan nilai perpindahan saat ultimit (Δ_u) maupun

menggunakan data akhir (ujung grafik) dari perpindahan (Δ_{akhir}). Untuk membandingkan nilai daktilitas dari masing-masing spesimen, maka nilai perpindahan saat ultimit diganti dengan nilai dari perpindahan saat beban lateral maksimum (Δ_{peak}).

Dapat dilihat juga bahwa benda uji DGK-75 memiliki bentuk grafik yang sangat curam sebelum kondisi leleh bila dibandingkan dengan benda uji lainnya. Sementara grafik pada benda uji SW-50 setelah mencapai beban lateral maksimum menunjukkan penurunan nilai yang lebih tajam dibandingkan dengan benda uji lainnya yang cenderung turun dengan

grafik linear dengan kemiringan yang rendah. Seperti yang ditunjukkan pada tabel 5 bahwa benda uji SW-50 memiliki nilai beban lateral maksimum paling besar di antara semuanya namun penurunan setelah beban lateral maksimum sangat curam. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan pada benda uji tipe DGK dengan rasio tulangan ρ_h 0,8% memiliki penurunan beban lateral setelah beban lateral maksimum yang cenderung kecil dibandingkan dengan benda uji SW dengan rasio tulangan ρ_h 1,1% yang cenderung curam. Berikut ini tabel dari daktilitas masing-masing benda uji.

Tabel 6 Nilai Daktilitas

Kolom	Δu (mm)	Δy (mm)	$\mu \Delta$	Δu peak (mm)	Δu akhir (mm)	$\mu \Delta$ akhir	$\mu \Delta$ peak
DGK-150	-	-14,1099279	0	-24	-40	2,834883	1,70093
DGK-75	-	-10,3066293	0	-24	-40	3,880997	2,328598
SW-50	-35,444	-10,91762	3,246493283	-24	-40	3,663802	2,198281

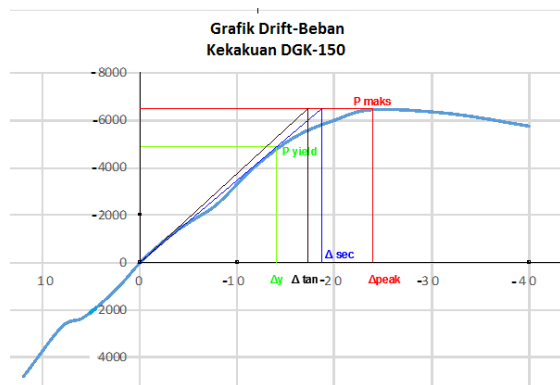
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai daktilitas akhir ($\mu \Delta$ akhir) lebih besar dari nilai daktilitas puncak ($\mu \Delta$ peak). Nilai daktilitas akhir ($\mu \Delta$ akhir) diambil dari data akhir percobaan saat perpindahan sebesar -40 mm atau saat *drift* mencapai nilai 5% sementara nilai daktilitas puncak ($\mu \Delta$ peak) didapatkan dari data beban lateral maksimum. Bila dilihat nilai daktilitas akhir lebih besar dari nilai daktilitas puncak. Hal ini dikarenakan perpindahan saat puncak lebih kecil dari nilai perpindahan saat penelitian dihentikan. Nilai perpindahan saat beban lateral mencapai puncak dapat diperoleh lebih dahulu dibandingkan saat penelitian benda uji dihentikan. Bahkan nilai perpindahan saat beban lateral puncak dapat mencapai setengah bahkan sekitar 60% dari nilai perpindahan saat penelitian benda uji dihentikan. Itu sebabnya nilai daktilitas saat akhir bisa mencapai hampir dua kali dari nilai perpindahan saat puncak.

Dari tabel diatas juga dapat dilihat bahwa nilai daktilitas puncak dari DGK-75 merupakan yang terbesar sebesar 2,328598 dan yang nilai daktilitas puncak terkecil oleh DGK-150 sebesar 1,70093. Nilai daktilitas puncak dari DGK-75 dan DGK-150 membuktikan bahwa dengan semakin rapatnya jarak kekangan akan meningkatkan nilai daktilitas yang sangat signifikan. Sementara nilai daktilitas puncak dari SW-50 menunjukkan bahwa semakin rapatnya tulangan vertikal ke arah tepi dinding geser dapat meningkatkan daktilitas bahkan hampir menyamai dengan dinding geser yang memiliki kekangan dengan jarak sengkang yang sama yaitu DGK-75. Dikarenakan nilai perpindahan saat beban ultimit belum didapatkan pada masing-masing benda uji DGK karena keterbatasan kemampuan alat uji, maka digunakan perbandingan daktilitas saat puncak ($\mu \Delta$ peak). Namun bila grafik pada masing-masing benda uji DGK diperpanjang dan didapatkan nilai 80%

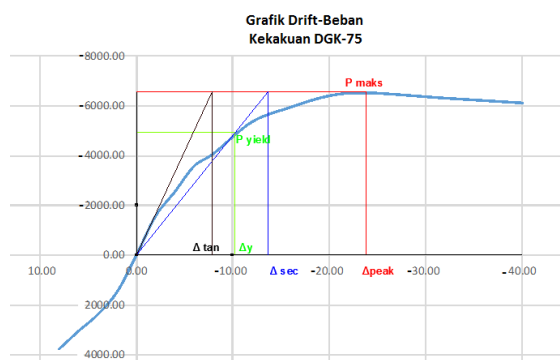
beban lateral atau saat mencapai kondisi ultimit, benda uji DGK-150 memiliki daktilitas ultimit lebih besar dibandingkan dengan SW-50.

Analisis Kekakuan

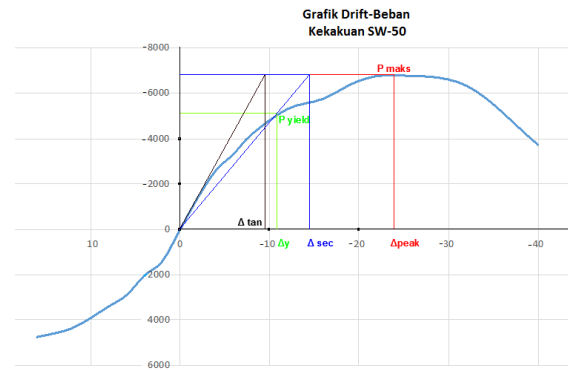
Nilai kekakuan bila menggunakan metode tangen akan lebih besar dibandingkan bila menggunakan metode sekan. Namun metode sekan dianggap lebih pasti menggambarkan kondisi dari benda uji karena grafiknya menunjukkan keadaan rata-rata saat sesudah leleh dan sebelum mencapai beban maksimum. Berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan metode sekan dan tangen untuk mencari kekakuan.



Gambar 16 Grafik Kekakuan DGK-150



Gambar 17 Grafik Kekakuan DGK-75



Gambar 18 Grafik Kekakuan SW-50

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kemiringan dari metode sekan lebih curam dari metode tangen. Metode sekan dapat dikatakan lebih tepat dalam menggambarkan kekakuan suatu benda uji dikarenakan posisinya yang berada diantara kondisi leleh maupun kondisi maksimum. Sedangkan metode tangen hanya menggambarkan keadaan saat kondisi leleh. Dari grafik juga dapat dilihat bahwa garis lurus pada awal grafik dimulai dari titik nol yang menggambarkan kondisi sebelum leleh tidak selalu memiliki nilai 75% dari kekuatan beban lateral maksimum bahkan jauh di bawahnya. Hal inilah yang membuat metode sekan dibutuhkan dalam percobaan ini. Namun pada analisa kekakuan dari hasil percobaan tetap akan dicari nilai kekakuan dari kedua metode tersebut dan akan dilihat perbandingannya.

Bila dilihat dari grafik di atas, kemiringan grafik DGK-150 sebelum kondisi leleh sangat landai dibandingkan dengan benda uji lainnya, sementara pada DGK-75 paling curam. Hal ini sangat berpengaruh pada pencarian nilai kekakuan dimana pada tabel 7 dibuktikan bahwa DGK-75 merupakan benda uji dengan nilai kekakuan paling tinggi sementara DGK-150 memiliki nilai kekakuan paling rendah. Berikut ini merupakan tabel kekakuan dari masing-masing spesimen dengan menggunakan metode tangen.

Tabel 7 Nilai Kekakuan dengan Metode Tangen

Kolom	Δ (mm)	Ph (kg)	k (kg/mm)
DGK-150	-17,7968	-6460	362,9875
DGK-75	-7,9358	-6528	822,5972
SW-50	-9,6038	-6780	705,9670

Dari tabel di atas didapatkan nilai kekakuan paling besar dimiliki oleh benda uji DGK-75 sebesar 822,5972 kg/mm dan nilai kekakuan paling kecil dimiliki oleh benda uji DGK-150 sebesar 362,9875. Perbedaan jarak kekangan benda uji DGK-75 dan DGK-150 sebesar 75 mm memberikan perbedaan kekakuan yang sangat signifikan sebesar 55,87%. Sementara benda uji DGK-150 dan SW-50 yang sama-sama memiliki jarak kekangan sebesar 150 mm memiliki perbedaan nilai kekakuan sebesar 48,58%. Walaupun DGK-150 dan SW-50 sama-sama memiliki jarak kekangan sebesar 150 mm, namun DGK-150 memiliki rasio tulangan horizontal ρ sebesar 0,8% dan SW-50 memiliki ρ sebesar 1,1%. Perbedaan nilai rasio tulangan horizontal ρ sebesar 0,3% dapat mengakibatkan perbedaan nilai kekakuan yang sangat signifikan.

Bila kita membandingkan nilai kekakuan dari benda uji DGK-75 dan SW-50, kita dapat menemukan perbedaan kekuatan kekakuan sebesar 14,18%. Walaupun jarak kekangan DGK-75 lebih rapat sebesar 75 mm dari SW-50, namun perbedaan ρ sebesar 0,3% memberikan nilai kekakuan yang tidak terlalu signifikan. Namun perlu diperhatikan bahwa nilai ρ mempengaruhi penggunaan tulangan pada dinding geser. Semakin besar nilai ρ , maka penggunaan tulangan semakin banyak. Bila dilihat dari segi ekonomisnya, SW-50 lebih ekonomis dari DGK-75 karena nilai ρ SW-50 lebih kecil dari DGK-75. Hal ini dikarenakan jarak tulangan horizontal SW-50 yang lebih besar dari DGK-75 yang membuat penggunaan tulangan lebih sedikit.

Berikut ini merupakan tabel kekakuan dari masing-masing spesimen dengan menggunakan metode sekan.

Tabel 8 Nilai Kekakuan dengan Metode Sekan

Kolom	Δ (mm)	Ph (kg)	k (kg/mm)
DGK-150	-19,2628	-6460	335,3621
DGK-75	-13,7422	-6528	475,0327
SW-50	-14,5568	-6780	465,7617

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai kekakuan terbesar dimiliki oleh DGK-75 sebesar 475,0327 dan nilai kekakuan terkecil dimiliki oleh DGK-150 sebesar 335,3621. Perbedaan kekangan benda uji DGK-75 yang lebih rapat sebesar 75 mm dari DGK-150 menghasilkan perbedaan kekakuan sebesar 29,402%. Perbedaan persentase kekakuan tersebut lebih kecil sebesar 26,47% dibandingkan dengan kekakuan yang menggunakan metode tangen.

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan perbandingan nilai kekakuan menggunakan metode tangen dan metode sekan.

Tabel 9 Perbandingan Nilai Kekakuan

Kolom	Tangen (kg/mm)	Sekan (kg/mm)	Selisih %
DGK-150	362,988	335,362	7,610573
DGK-75	822,597	475,033	42,25209
SW-50	705,967	465,762	34,02501

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa perbedaan nilai kekakuan pada DGK-150 saat menggunakan metode tangen maupun metode sekan tidak terlalu signifikan. Berbeda halnya dengan benda uji DGK-75 dan SW-50. Metode tangen menunjukkan bahwa perbedaan nilai kekakuan setiap spesimen sangat besar. Sementara metode perbedaan nilai kekakuan pada metode sekan tidak terlalu signifikan. Seperti yang sudah dibahas di atas bahwa metode sekan merupakan metode yang lebih masuk akal karena merupakan nilai rata-rata antara

kondisi sesudah leleh dan sebelum kondisi puncak serta ultimit. Sementara metode tangan menggambarkan nilai kekakuan saat kondisi belum leleh.

Dari tabel 9 dapat kita lihat bahwa nilai kekakuan yang diperoleh menggunakan metode sekan lebih kecil dari metode tangan. Selisih terbesar dari nilai kekakuan kedua metode tersebut sebesar 42,25% yang dimiliki oleh benda uji DGK-75. Sementara selisih terkecil dari nilai kekakuan kedua metode tersebut sebesar 7,61% yang dimiliki oleh benda uji DGK-150. Walaupun demikian, nilai kekakuan terbesar hingga terkecil berturut-turut dengan menggunakan metode tangan dan sekan dimiliki oleh DGK-75, SW-50, dan DGK-150. Ini membuktikan bahwa pengaruh kekangan di kedua tepi dinding geser dengan jarak 75 mm dapat meningkatkan kekakuan yang cukup signifikan dibandingkan dengan jarak kekangan yang lebih besar 1 kali lipat atau sebesar 150 mm seperti yang ditunjukkan oleh benda uji DGK-50 yang lebih besar dari DGK-150. Selain itu, perhitungan kekakuan tersebut membuktikan juga bahwa jarak kekangan yang sama besar namun bisa meningkatkan nilai kekakuan yang cukup signifikan apabila dilakukan peningkatan rasio tulangan horizontal sebesar 0,3% seperti yang ditunjukkan oleh hasil dari SW-50 yang lebih besar dari DGK-150.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis dan pembahasan mengenai penelitian dinding geser untuk mengetahui pengaruh variasi jarak tulangan dan kekangan pada dinding geser terhadap daktilitas dan kekakuan jika diberi beban siklik dapat ditarik kesimpulan berupa:

1. Dinding geser DGK-75 dan DGK-150 yang sama-sama diberi kekangan namun memiliki jarak kerapatan kekangan yang berbeda sebesar 1 kali lipat atau sebesar 75 mm didapatkan peningkatan kekakuan sebesar 126,62% dengan

metode tangan dan 41,65% dengan metode sekan. Hal ini dikarenakan jarak kekangan pada DGK-150 lebih panjang 75 mm dari jarak kekangan pada DGK-75. Bila dibandingkan antara DGK-75 dengan SW-50 yang sama-sama memiliki jarak sengkang yang sama namun DGK-75 memiliki kekangan, terjadi peningkatan kekakuan sebesar 16,52% menggunakan metode tangan dan 1,99% dengan menggunakan metode sekan.

2. Dinding geser DGK-75 dan DGK-150 yang sama-sama diberi kekangan namun memiliki jarak kerapatan kekangan yang berbeda sebesar 1 kali lipat atau sebesar 75 mm didapatkan peningkatan daktilitas puncak sebesar 36,9%. Hal ini dikarenakan jarak kekangan pada DGK-150 lebih panjang 75 mm dari jarak kekangan pada DGK-75. Bila dibandingkan antara DGK-75 dengan SW-50 yang sama-sama memiliki jarak sengkang yang sama namun DGK-75 memiliki kekangan, terjadi peningkatan kekakuan sebesar 5,93%
3. SW-50 yang tidak memiliki kekangan memiliki penurunan grafik setelah beban lateral maksimum sebesar 1885 kg/mm. Sedangkan DGK-75 serta DGK-150 yang diberi kekangan berturut-turut memiliki penurunan grafik sebesar 200 dan 409. Ini menunjukkan dinding geser yang diberi kekangan memiliki kemampuan menahan gaya lateral yang lebih kuat setelah beban lateral maksimum dibandingkan tidak diberi kekangan.

Terdapat beberapa saran yang direkomendasikan dan perlu diperhatikan untuk penelitian serupa yang akan datang:

1. Pelaksanaan saat pembuatan benda uji sebaiknya dilakukan dengan benar terutama saat membuat sample untuk uji tekan karena sangat berpengaruh terhadap nilai kuat tekan.
2. Perencanaan beban lateral dan aksial sebaiknya memperhatikan dengan ketersediaan alat-alat di lab agar tidak mendapatkan kesulitan saat pelaksanaan pengujian.
3. Hendaknya dalam pelaksanaan pembuatan dan pengujian harus dilakukan pengecekan secara menyeluruh terhadap alat-alat agar tidak mencederai peneliti.
4. Penelitian ini bisa menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya dalam mencari pengaruh uji beban siklik terhadap daktilitas dan kekakuan dinding geser dengan variasi aspek rasio ataupun terhadap energi disipasi dengan variasi kekangan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 318. 2002. *Building Code Requirements for Reinforced Concrete*. Michigan : American Concrete Institute.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. SNI-03-1726-2002. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. SNI 03-2847-2002. Jakarta.
- Dini, Restian. 2008. *Analisis Pengaruh Dimensi Balok dan Kolom Portal Terhadap Lebar Retak Pada Bangunan*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- FEMA-273. 1997. *NEHRP Guideline for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington DC : Federal Emergency Management Agency.
- Fernandes, Dede. 2012. *Pola Retak dan Lebar Retak balok dalam Kondisi Gempa Akibat Pengaruh dari Variasi Prosentase Luas Tulangan Tekan Terhadap Tulangan Tarik Pada Tumpuan*. Laporan Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Nawy, Edward. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT Refika Aditama.
- Paulay dan Priestley. 1994. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: Wiley Interscience
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Buildings*. Victoria : Swinburne University of Technology.
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Lightly Reinforced Structural Walls for Design Purposes*. ICE Magazine of Concrete Research. Australia: ICE Publishing.