

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan kasih karunia-Nya di berbagai kesempatan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pengaruh Variasi Jarak Senggang dan Kekangan terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Statis)”** sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi S1 di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan maksimal tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, tak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Jasmin Silalahi dan Aldrine Juliet Sihombing, serta kedua adik tersayang, Sharon Rachel Silalahi dan Jemima Ivana Silalahi yang telah melimpahkan berbagai macam dukungan hingga saat ini
2. Keluarga besar Silalahi dan Sihombing yang selalu mendoakan agar dilancarkan segala urusan perkuliahan
3. Bapak Ir. Sugeng P. Budio, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya
4. Bapak Dr.Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Brawijaya
5. Bapak Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D dan Ibu Christin Remayanti N, ST., MT. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian serta penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Sipil yang telah memberikan saran dan masukan selama masa perkuliahan
7. Pak Sugeng, Pak Hadi dan Mas Dino selaku pihak Laboratorium Struktur dan Konstruksi Bahan yang telah membantu selama kegiatan peneltiaian di laboratorium
8. Jogi dan Jackson sebagai teman satu kamar asrama yang sudah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini
9. Jogi, Jackson, Jonathan, Aldi dan Yehuda sebagai tim untuk mendapat gelar ST.

10. Teman-teman *God Bless* (Aldi, Ari, Christin, Daniel, Ester, Helzon, Regina, Rio, Roberto, Ruth, Tjahya, William, dan Yemima) sebagai keluarga di Malang yang selalu memberi semangat, dorongan serta doa
11. Teman-teman dari GMAHK di Malang yang telah memberikan doa dan semangat
12. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil yang telah membantu dan mendukung selama masa perkuliahan

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penelitian-penelitian selanjutnya. Untuk kesempurnaan tugas akhir ini, kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan.

Malang, 12 Januari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

<u>KATA PENGANTAR</u>	i
<u>DAFTAR ISI</u>	iii
<u>DAFTAR TABEL</u>	vi
<u>DAFTAR GAMBAR</u>	vii
<u>DAFTAR LAMPIRAN</u>	ix
<u>BAB I PENDAHULUAN</u>	1
1.1 <u>Latar Belakang</u>	1
1.2 <u>Identifikasi Masalah</u>	2
1.3 <u>Rumusan Masalah</u>	2
1.4 <u>Batasan Masalah</u>	2
1.5 <u>Tujuan Penelitian</u>	3
1.6 <u>Manfaat Penelitian</u>	3
<u>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</u>	5
2.1 <u>Beton Bertulang</u>	5
2.1.1 <u>Jarak Tulangan dan Selimut Beton untuk Beton Bertulang</u>	5
2.1.2 <u>Pengekangan Beton</u>	5
2.1.3 <u>Syarat Penulangan Tulangan Horizontal Dinding Geser</u>	6
2.2 <u>Dinding Geser</u>	7
2.2.1 <u>Jenis Dinding Geser</u>	8
2.3 <u>Parameter yang Mempengaruhi Perilaku Dinding Geser</u>	8
2.3.1 <u>Rasio Beban Aksial (n)</u>	8
2.3.2 <u>Aspek Rasio (a)</u>	8
2.3.3 <u>Rasio Tulangan Vertikal (ρ_v)</u>	9
2.3.4 <u>Rasio Tulangan Horizontal (ρ_h)</u>	9
2.4 <u>Beban Siklik</u>	10

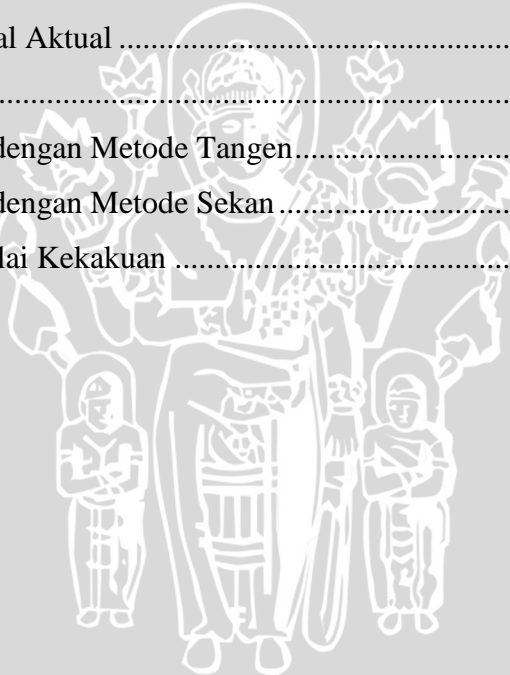


2.5	<u>Perpindahan (<i>Displacement</i>)</u>	11
2.5.1	<u>Perpindahan Lentur (Δ_{fl})</u>	12
2.5.2	<u>Perpindahan Penetrasi Leleh (Δ_y)</u>	13
2.5.3	<u>Perpindahan Geser (Δ_{sh})</u>	14
2.6	<u>Daktilitas</u>	14
2.6.1	<u>Daktilitas Regangan</u>	15
2.6.2	<u>Daktilitas Kurvatur</u>	16
2.6.3	<u>Daktilitas Perpindahan</u>	16
2.7	<u>Kekakuan</u>	17
<u>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</u>		19
3.1	<u>Tempat dan Waktu Penelitian</u>	19
3.2	<u>Alat dan Bahan</u>	19
3.3	<u>Tahapan Penelitian</u>	22
3.4	<u>Rancangan Penelitian</u>	22
3.4.1	<u>Campuran Beton</u>	22
3.4.2	<u>Jumlah Benda Uji</u>	23
3.5	<u>Prosedur Penelitian</u>	27
3.5.1	<u>Persiapan Penelitian</u>	27
3.5.2	<u>Pengujian Tarik Baja</u>	27
3.5.3	<u>Uji Tekan Silinder Beton</u>	27
3.5.4	<u>Pembuatan Model Dinding Geser</u>	27
3.5.4.1	<u>Penulangan</u>	27
3.5.4.2	<u>Uji Slump</u>	28
3.5.4.3	<u>Pengecoran dan Masa Curing</u>	28
3.5.5	<u>Setting Up</u>	28
3.5.6	<u>Beban Rencana</u>	31
3.5.7	<u>Pelaksanaan Pengujian Siklik</u>	31

3.6	<u>Variabel Penelitian</u>	32
3.7	<u>Data Pengamatan</u>	33
3.8	<u>Analisis Hasil</u>	33
3.9	<u>Hipotesa Penelitian</u>	35
<u>BAB VI PEMBAHASAN</u>		37
4.1	<u>Hasil Pengujian dan Analisa Material Penyusun Benda Uji</u>	37
4.1.1	<u>Beton</u>	37
4.1.2	<u>Slump</u>	39
4.1.3	<u>Analog Hammer Test</u>	40
4.1.4	<u>Baja Tulangan</u>	41
4.2	<u>Kekuatan Dinding Geser Teoritis</u>	44
4.3	<u>Hasil Pengujian Beban Lateral Siklik</u>	45
4.3.1	<u>Analisis Beban Lateral Maksimum</u>	46
4.3.2	<u>Analisis Daktilitas Perpindahan</u>	47
4.3.3	<u>Analisis Kekakuan</u>	52
<u>BAB V PENUTUP</u>		59
5.1	<u>Kesimpulan</u>	59
5.2	<u>Saran</u>	59
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

<u>Tabel 3.1 Spesifikasi Benda Uji Dinding Geser</u>	23
<u>Tabel 3.2 Form Data Hasil Pengujian Beban dengan Deformasi</u>	34
<u>Tabel 4.1 Mutu Beton Tiap Spesimen</u>	38
<u>Tabel 4.2 Nilai Standar Slump</u>	39
<u>Tabel 4.3 Nilai Slump dan Mutu Beton Dinding Geser Berdasarkan Uji Tekan</u>	40
<u>Tabel 4.4 Mutu Beton Dinding Geser Berdasarkan Uji Analog Hammer Test</u>	41
<u>Tabel 4.5 Mutu Beton Dinding Geser Berdasarkan Uji Analog Hammer Test</u>	41
<u>Tabel 4.6 Tegangan Leleh Tulangan Kolom</u>	42
<u>Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Dinding Geser Teoritis</u>	44
<u>Tabel 4.8 Beban Lateral Maksimum Searah Negatif</u>	46
<u>Tabel 4.9 Nilai Beban Lateral Aktual</u>	47
<u>Tabel 4.10 Nilai Daktilitas</u>	51
<u>Tabel 4.11 Nilai Kekakuan dengan Metode Tangen</u>	55
<u>Tabel 4.12 Nilai Kekakuan dengan Metode Sekan</u>	56
<u>Tabel 4.13 Perbandingan Nilai Kekakuan</u>	56



DAFTAR GAMBAR

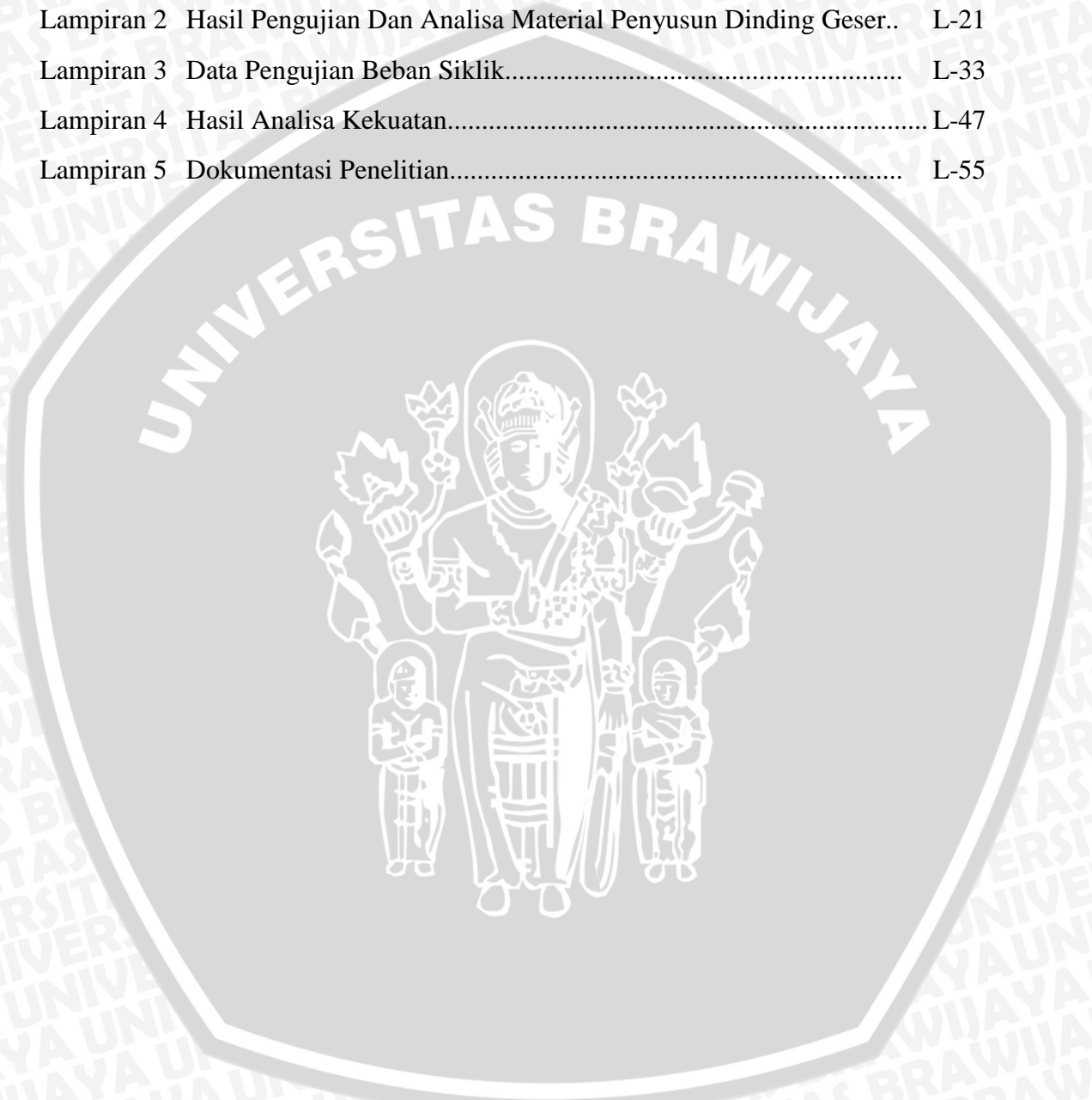
<u>Gambar 2.1</u> <i>Histeresis Loop</i>	11
<u>Gambar 2.2</u> Perpindahan Lentur	12
<u>Gambar 2.3</u> Mekanisme <i>Yield Displacement</i>	13
<u>Gambar 2.4</u> Alternatif Pengambilan Lendutan pada Titik Leleh	13
<u>Gambar 2.5</u> Perpindahan Geser	14
<u>Gambar 2.6</u> Definisi Daktilitas Kurvatur	16
<u>Gambar 2.7</u> Daktilitas Perpindahan pada Kantilever	17
<u>Gambar 2.8</u> Alternatif Pengambilan Perpindahan pada Titik Leleh	17
<u>Gambar 3.1</u> Diagram Alir Tahapan Penelitian	22
<u>Gambar 3.2</u> Benda Uji SW-50 (Tampak Depan).....	24
<u>Gambar 3.3</u> Benda Uji DGK-75 (Tampak Depan).....	24
<u>Gambar 3.4</u> Benda Uji DGK-150 (Tampak Depan).....	25
<u>Gambar 3.5</u> Benda Uji SW-50 dan DGK-150 (Tampak Samping).....	25
<u>Gambar 3.6</u> Potongan A-A	26
<u>Gambar 3.7</u> Potongan B-B	26
<u>Gambar 3.8</u> Benda Uji (Tampak Atas).....	26
<u>Gambar 3.9</u> Skema Pengujian Semi Siklik.....	31
<u>Gambar 3.10</u> Siklus Pembebanan Lateral berdasarkan Drift.....	32
<u>Gambar 3.11</u> Hubungan Beban (P) dengan Deformasi (Δ).....	35
<u>Gambar 4.1</u> Pengujian Kuat Tekan Beton.....	38
<u>Gambar 4.2</u> Pengujian Slump.....	40
<u>Gambar 4.3</u> Pengujian Tarik Tulangan Baja.....	42
<u>Gambar 4.4</u> Pengujian Tarik Tulangan Baja.....	43
<u>Gambar 4.5</u> Pengujian Tarik Tulangan Baja.....	43
<u>Gambar 4.6</u> Pengujian Tarik Tulangan Baja.....	44
<u>Gambar 4.7</u> Perpindahan saat Ultimit dan Leleh SW-50.....	48
<u>Gambar 4.8</u> Perpindahan saat Ultimit dan Leleh DGK-75.....	48
<u>Gambar 4.9</u> Perpindahan saat Ultimit dan Leleh DGK-150.....	49
<u>Gambar 4.10</u> Kondisi Akhir Percobaan DGK-75 Belum Runtuh.....	50
<u>Gambar 4.11</u> Metode Tangen.....	52
<u>Gambar 4.12</u> Metode Sekan.....	52
<u>Gambar 4.13</u> Grafik Kekakuan DGK-150.....	53

Gambar 4.14 Grafik Kekakuan DGK-75 53
Gambar 4.15 Grafik Kekakuan SW-50 54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Desain Dinding Geser	L-1
Lampiran 2	Hasil Pengujian Dan Analisa Material Penyusun Dinding Geser..	L-21
Lampiran 3	Data Pengujian Beban Siklik.....	L-33
Lampiran 4	Hasil Analisa Kekuatan.....	L-47
Lampiran 5	Dokumentasi Penelitian.....	L-55





RINGKASAN

Andrew Timothy Silalahi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2016, *Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Horizontal dan Kekangan terhadap Daktilitas dan Kekakuan Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik (Quasi-Static)*, Dosen Pembimbing: Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D dan Christin Remayanti N, ST., MT.

Dinding geser beton bertulang memiliki fungsi utama untuk menahan gaya geser atau lateral akibat gempa. Jika dinding geser mengalami suatu kegagalan, maka bisa dipastikan kekakuan struktur bangunan tersebut berkurang. Pada saat terjadi gempa keruntuhan akibat geser pada dinding geser sangatlah dihindari. Semakin tinggi suatu bangunan maka gaya lateral yang diterima juga semakin besar. Namun perencanaan dinding geser pada bangunan pada umumnya dirasa kurang efisien. Hal tersebut dikarenakan kurangnya pengetahuan dari perencana struktur. Dengan perencanaan dinding geser yang tepat, terutama pada letak tulangan vertikal maupun horizontal, maka akan diperoleh dinding geser dengan kapasitas sama namun dengan biaya lebih murah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku dinding geser bertulang bila diberi kekangan ketika gempa, perilaku yang dimaksud adalah daktilitas perpindahan dan kekakuan.

Dinding geser yang diuji berjumlah 3 buah dengan ukuran 400x80 mm dengan mutu beton ($f'c$) 20 MPa dan tinggi dinding geser 800 mm. Pada penelitian ini dilakukan variasi sebanyak tiga buah, yaitu: variasi jarak tulangan horizontal 150 mm yang tidak terkekang (SW-50) dan jarak 300 mm dengan kekangan (DGK-75), jarak kekangan pada DGK-75 dan DGK-150 (75 mm dan 150 mm), dan dinding geser yang diberi kekangan (DGK-75) dan tidak (SW-50) dengan jarak tulangan horizontal yang sama (150 mm). 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 sebesar 29% dan peningkatan kekakuan yang sangat signifikan sebesar 94%, sedangkan dinding geser DGK-75 memiliki peningkatan daktilitas yang lebih besar dari DGK-150 sebesar 37% dan peningkatan kekakuan yang sangat signifikan sebesar 127%, dan DGK-75 memiliki peningkatan daktilitas yang tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan SW-50 sebesar 6% dan peningkatan kekakuan sebesar 16%. Bila dilihat akibat dari variasi jarak kekangan yang lebih rapat sebesar 75 mm memberikan peningkatan daktilitas dan kekakuan pada dinding geser sangat signifikan dan untuk variasi kekangan memberikan peningkatan daktilitas dan kekakuan namun tidak terlalu signifikan.

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

SUMMARY

Andrew Timothy Silalahi, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, December 2016, *The Effects of Variation of Horizontal Reinforcement and Confinement to Ductility and Stiffness of Shear Wall Subjected to Cyclic Quasi-Static) Loading*, Academic Supervisor: Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D and Christin Remayanti N, ST., MT

Reinforced concrete shear wall has main function to resist shear or lateral due to earthquake. When a shear wall experiences failed, surely the building's rigidity is reduced. At the time of quake collapse due to shear on shear wall must be avoided. The higher a building is, the more bigger lateral force received. But planning shear wall in general is less efficient. It's caused by the less of builder structure knowledge. With proper planning of shear wall, especially on vertical reinforcement and confinement location will achieved cheaper shear wall with the same capacity. 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 which have size 400x800 mm with f'_c 20 MPa and 800 mm shear wall height. This research uses three kind of variations, those are unconfined shear wall (SW-50) and confinement shear wall (DGK-300) with 300 horizontal reinforcement gap, horizontal reinforcement of DGK-75 and DGK-150 (75 mm and 150 mm), and confinement shear wall (DGK-75) and not (SW-50) which both have 150 mm horizontal reinforcement. Axial load is constantly given about 0,05 P_u 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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berjalannya waktu, jumlah populasi manusia semakin bertambah berkali lipat. Namun pertumbuhan populasi tidak berbanding lurus dengan pertumbuhan lahan. Setiap tahunnya permintaan lahan untuk tempat hunian maupun bisnis terus meningkat bersamaan dengan pertumbuhan ekonomi. Hal ini membuat lahan kosong terutama di daerah perkotaan semakin terbatas dan harganya semakin tidak terjangkau. Banyak solusi yang dibuat untuk mengatasi masalah ini. Salah satu solusi yang dianggap paling tepat untuk masa sekarang dan untuk masa yang akan datang adalah dengan membangun *high rise building*/ bangunan bertingkat tinggi.

Semakin tinggi bangunan, semakin banyak juga hambatan yang dihadapi saat pembangunan maupun setelah selesai dibangun. Salah satu masalah pada bangunan bertingkat tinggi ketika selesai dibangun adalah kemampuannya dalam menghadapi gaya-gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa. Perlu diingat bahwa Indonesia disebut sebagai daerah cincin api yang membuatnya rawan terhadap gempa.

Secara geografis, Indonesia berada pada perbenturan tiga lempeng kerak bumi yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik dan lempeng India-Australia. Sementara secara geologis, Indonesia berada pada pertemuan 2 jalur gempa utama. Hal ini membuat sebagian besar wilayah di Indonesia rawan gempa dengan resiko cukup tinggi. Dikarenakan intensitas gempa di Indonesia yang terjadi cukup tinggi, perlu desain khusus untuk bangunan yang tahan gempa. Salah satu komponen yang menjadi perhatian khusus dalam mendesain bangunan yang tahan gempa adalah dinding geser. Dinding geser sudah sangat banyak diaplikasikan pada gedung-gedung pencakar langit di Indonesia. Salah satu keuntungan penggunaan dinding geser adalah dapat memperkecil dimensi kolom dibanding pada bangunan yang tidak menggunakan dinding geser. Dengan mengecilnya dimensi kolom, maka akan mengurangi biaya pembuatan bekesting maupun penggunaan bahan material.

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 kapasitas kekuatan yang lebih besar.

1.2 Identifikasi Masalah

Dimensi dinding geser sangat berpengaruh terhadap kekakuannya (*stiffness*). Semakin besar dimensinya maka semakin kaku dinding geser tersebut. Namun dimensi yang terlalu besar terutama pada lebar dinding geser jarang ditemui karena akan banyak memakan tempat dan biaya. Untuk itu diperlukan perencanaan khusus agar dengan dimensi yang diinginkan dapat dihasilkan kapasitas kekakuan yang diinginkan pula. Ada aturan-aturan yang menjadi acuan dalam mendesain dinding geser yang menunjukkan pengaruh tinggi dan lebar dinding geser serta dampaknya pada jumlah penggunaan tulangan yang secara tidak langsung akan mempengaruhi biaya produksinya.

1.3 Rumusan Masalah

Untuk mendapatkan hasil yang lebih relevan, maka dalam penelitian ini diperlukan rumusan masalah sebagai berikut: berapa besar daktilitas dan kekakuan yang dimiliki dinding geser akibat beban lateral semi siklik dengan variasi jarak tulangan horizontal dan kekangan?

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyelesaian penelitian ini diberikan batasan masalah atau ruang lingkup studi sebagai berikut :

1. Pengaruh lingkungan luar diabaikan.
2. Benda uji berupa dinding geser tinggi (H_w) 800 mm, tinggi *bottom* 350 mm dan tinggi *top* 100 mm, lebar dinding geser (L_w) 400 mm, tebal dinding geser (t_w) 80 mm dengan rasio badan (a) sebesar 4, rasio pembebanan (n) sebesar 0,25, rasio tulangan vertical (ρ_v) sebesar 1,96%, rasio tulangan horizontal (ρ_h) sebesar 0,55% untuk benda uji SW-50 dan DGK-150 serta 1,02% untuk benda uji DGK-75.
3. Mutu beton yang digunakan $f_c = 20$ Mpa.

4. Semen yang digunakan adalah PPC tipe 1.
5. Pengujian dilakukan pada saat beton pada dinding geser telah berumur 28 hari atau lebih.
6. Dinding geser diasumsikan terjepit penuh pada bagian bawah dan ujung bebas (dinding kantilever).
7. Pengujian dilakukan di laboratorium struktur Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kekakuan pada dinding geser akibat beban lateral semi siklik dengan variasi jarak sengkang dan pengekang.
2. Mengetahui daktilitas pada dinding geser akibat beban lateral semi siklik dengan variasi jarak sengkang dan pengekang.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan gambaran terhadap perilaku yang akan terjadi pada dinding geser dengan pembebanan siklik.
2. Evaluasi terhadap biaya struktur dengan variasi efisiensi jarak sengkang dan pengekang.
3. Untuk mengetahui kemampuan elemen struktur terhadap variasi jarak sengkang dan pengekang sehingga dapat diaplikasikan terhadap bangunan-bangunan bertingkat banyak dengan *biaya struktur* yang besar.
4. Menambah pengetahuan dan wawasan akan perencanaan dinding geser terhadap tinjauan jarak tulangan horizontal.
5. Dapat digunakan sebagai referensi oleh penulis, pembaca, dan pengusaha maupun pengembang sebagai pertimbangan untuk pembangunan gedung dan rumah dengan dinding geser.
6. Dapat digunakan sebagai referensi mahasiswa yang akan meneliti lebih lanjut tentang penelitian ini.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Bertulang

Beton bertulang (*reinforced concrete*) merupakan kombinasi antara beton dan baja sebagai tulangan. Beton tahan terhadap kuat tekan yang tinggi, tetapi kuat tariknya sangat lemah. Sementara tulangan baja dapat menahan gaya tarik dan geser. Penggunaan kedua material tersebut pada suatu struktur bangunan memungkinkannya untuk menahan gaya tekan, tarik, dan geser sekaligus sehingga struktur menjadi lebih kuat dan aman.

2.1.1 Jarak Tulangan dan Selimut Beton untuk Beton Bertulang

Dalam mendesain struktur beton bertulang, jarak antar tulangan sering dipengaruhi oleh jumlah tulangan yang digunakan. Ketika tulangan yang digunakan sedikit, maka dapat mendesain jarak antar tulangan yang renggang, sebaliknya jika tulangannya banyak, maka jaraknya menjadi rapat. Bila jarak antar tulangan sangat rapat, maka campuran beton basah belum tentu seluruhnya dapat melewati tulangan baja tanpa terjadi pemisahan material. Pada umumnya, kandungan agregat untuk beton struktural berisi agregat kasar berukuran 0.75 inch (diameter 19 mm) sehingga diperlukan jarak antar tulangan minimal dan selimut beton minimal. Selain itu, selimut beton minimal diperuntukkan untuk melindungi tulangan dari karat dan kehilangan kekuatannya ketika terjadi kasus kebakaran. Maka beberapa peraturan mensyaratkan tebal selimut beton minimal yang diperlukan. Beberapa persyaratan utama pada peraturan adalah:

1. Jarak bersih antar tulangan paralel dalam satu acuan tidak boleh kurang dari d_b atau 1 inch (25,4 mm).
2. Jarak bersih antar tulangan memanjang tidak boleh kurang dari $1,5 d_b$ atau 1,5 inch (38,1 mm).
3. Tebal selimut beton minimum untuk balok dan dinding geser yang dicor di tempat tidak boleh kurang dari 1,5 inch (38,1 mm) bila tidak berhubungan langsung dengan udara luar maupun tanah; persyaratan ini berlaku juga untuk sengkang, sengkang miring, dan spiral.

2.1.2 Pengekangan Beton

Pengekangan pada beton mempengaruhi besarnya mutu beton itu sendiri. Beton yang tidak diberikan pengekangan (*unconfined*) dan beton yang diberikan pengekangan

(*confined*) memiliki perbedaan pada mutu beton. Tujuan pemasangan sengkang adalah meminimasi ukuran retak tarik diagonal atau untuk memikul tegangan tarik diagonal dari satu sisi retak ke sisi retak lainnya. Sangat sedikit tarik yang dipikul oleh sengkang sampai setelah retak mulai terbentuk. (McCormac. 2000)

Pengekangan pada inti penampang dinding geser (*concrete core*) yang diakibatkan adanya tulangan horizontal berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tekan beton pada daerah terkekang dalam menerima kuat tekan secara aksial. Perbandingan jarak antar tulangan horizontal terhadap inti penampang dinding geser (*concrete core*) daerah terkekang merupakan salah satu variabel yang berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan dinding geser.

Dengan adanya dinding geser dengan pengekangan yang diakibatkan karena tulangan tulangan horizontal sangat berpengaruh sekali terhadap ketahanan struktur yang direncanakan, sehingga dinding geser tersebut memiliki kekuatan yang lebih besar dan pada penampang dinding geser lebih dapat menerima gaya aksial yang lebih besar.

2.1.3 Syarat Penulangan Tulangan Horizontal Dinding Geser

Berdasarkan SK SNI 03-2847- 2002, persyaratan penulangan tulangan horizontal untuk dinding geser harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Semua batang tulangan non-pratekan harus diikat dengan sengkang dan ikat lateral, paling sedikit ukuran D-10 untuk tulangan vertikal lebih kecil dari D-32, dan palin tidak D-13 untuk tulangan D-36, D-44, D-56, dan *bundle* tulangan vertikal. Sebagai alternatif, boleh juga digunakan kawat ulir atau jaringan kawat las dengan luas penampang ekuivalen.
2. Spesi vertikal sengkang dan sengkang ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter ukuran tulangan vertikal, 48 kali diameter batang atau kawat sengkang dan kait ikat, atau ukuran terkecil dari komponen struktur tersebut.
3. Sengkang dan kait ikat harus diatur sedemikian hingga setiap sudut dan tulangan vertikal yang berselang harus mempunyai dukungan lateral yang didapat dari sudut sebuah sengkang atau kait ikat yang sudut dalamnya tidak lebih dari 135° , dan tidak boleh ada batang tulangan yang jarak bersihnya lebih dari 150 mm pada setiap sisi sepanjang sengkang atau sengkang ikat terhadap batang tulangan yang didukung secara lateral. Jika tulangan vertikal terletak di sekeliling perimeter suatu lingkaran, maka sengkang berbentuk lingkaran penuh dapat dipergunakan.

4. Sengkang dan sengkang ikat di atas pondasi atau lantai pada tiap tingkat harus diletakkan secara vertikal tidak lebih dari $\frac{1}{2}$ jarak spasi sengkang dan sengkang ikat, sedangkan di bawah tulangan horizontal terbawah dari panel atau drop panel yang berada di atas harus berjarak tidak lebih dari $\frac{1}{2}$ jarak spasi sengkang.

5. Jika terdapat balok atau konsol pendek yang menyatu pada keempat sisi suatu dinding geser, sengkang dan kait ikat boleh dihentikan tidak lebih dari 75 mm di daerah tulangan terbawah dari balok atau konsol pendek yang paling kecil dimensi vertikalnya.

2.2 Dinding Geser

Dinding geser merupakan suatu dinding struktural pada gedung yang memiliki fungsi utama untuk dapat menahan gaya geser atau lateral akibat pengaruh gempa. Keruntuhan pada dinding geser disebabkan oleh momen lentur bukan oleh gaya geser yang terjadi sendi plastis pada kaki dinding (SNI 03-1726-2002).

Semakin tinggi suatu gedung, simpangan horizontal yang terjadi akibat gaya lateral akan semakin besar. Dinding geser menjadi alternatif pada gedung tinggi untuk meningkatkan kekakuan pada struktur bangunan sehingga dapat mengurangi simpangan yang terjadi. Fungsi lain dari penggunaan dinding geser adalah untuk mereduksi momen yang diterima oleh struktur rangka akibat gaya lateral sehingga dimensi struktur rangka pada bangunan tinggi dapat dibuat lebih efisien.

Gaya lateral yang terjadi pada suatu gedung akibat beban gempa maupun angin akan disebar melalui struktur lantai yang berfungsi sebagai diafragma horizontal yang kemudian akan ditahan oleh dinding geser karena memiliki kekakuan yang besar untuk menahan gaya lateral (Shueller, 1989). Dinding geser dapat dianggap sebagai balok yang tebal karena kakuannya dan kemampuannya berinteraksi terhadap gaya lateral serta lentur dalam menahan gaya lateral, torsi, dan momen guling tergantung dari konfigurasi geometri, orientasi, dan lokasi dinding geser pada suatu bangunan.

Pada dinding geser, banyaknya tulangan harus dikontrol agar dinding geser dapat berperilaku duktail. Apabila beban pada dinding geser bertambah, maka akan timbul retak-retak pada daerah yang bertepatan dengan lokasi-lokasi tulangan horizontal, saat dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton di luar tulangan horizontal akan terlepas. Jika beban terus bertambah akan terjadi keruntuhan dan tekuk lokasi tulangan memanjang pada panjang yang tak tertumpu oleh tulangan horizontal. Sehingga dapat dikatakan bahwa dalam keadaan

batas keruntuhan, selimut beton akan terlepas lebih dahulu sebelum lekatan baja-beton hilang.

2.2.1 Jenis Dinding Geser

Jenis dinding geser berdasarkan letak dan fungsinya yaitu :

1. Bearing walls adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antar apartemen yang berdekatan.
2. Frame walls adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris dinding geser.
3. Core walls adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam gedung, yang biasanya diisi tangga atau poros lift. Dinding yang terletak di kawasan inti pusat memiliki fungsi ganda dan dianggap menjadi pilihan ekonomis.

2.3 Parameter yang Mempengaruhi Perilaku Dinding Geser

Beberapa hal sebagai parameter yang mempengaruhi kekuatan dan deformasi dari dinding geser adalah: rasio beban aksial, aspek rasio, rasio tulangan vertikal, dan rasio tulangan melintang.

2.3.1 Rasio Beban Aksial (n)

Rasio beban aksial merupakan perbandingan antara beban aksial terhadap kapasitas beban dukung aksialnya $A_g f'_c$ sebagai berikut:

$$n = \frac{P}{A_g f'_c} \quad (2-1)$$

Beban tekan aksial pada umumnya mengurangi kapasitas keruntuhan daktilitas karena peningkatan kedalaman daerah tekan pada struktur. Hal tersebut dapat menyebabkan peningkatan keruntuhan leleh dan penurunan keruntuhan ultimit. Tingginya beban aksial dapat mengurangi kekuatan dan daktilitas dinding geser, namun di sisi lain dapat meningkatkan kekuatan geser dinding geser. Peningkatan kekuatan geser pada dinding geser tersebut terjadi karena beban aksial dapat membuat dinding geser lebih kaku yang menghasilkan penundaan retak dan peningkatan efek *shear friction*.

2.3.2 Aspek Rasio (α)

Aspek rasio (α) merupakan perbandingan panjang dinding geser dengan tinggi penampang dinding geser seperti yang diberikan oleh:

$$\alpha = \frac{L}{D} \quad (2-2)$$

Dimana:

L = panjang bentang geser dinding geser

D = tinggi penampang dinding geser

Aspek rasio dapat digunakan sebagai indikator untuk perilaku runtuhnya perkuatan dinding geser beton akibat beban lateral. Jika aspek rasio meningkat, keuletan meningkat dan perilaku kegagalan berganti dari mode ke mode. Peningkatan nilai aspek rasio dapat meningkatkan daktilitas.

2.3.3 Rasio Tulangan Vertikal (ρ_v)

Rasio tulangan vertikal (ρ_v) merupakan perbandingan dari luas total tulangan vertikal dengan luas efektif pada beton. Ditunjukkan sebagai berikut:

$$\rho_v = \frac{A_s}{b D} \quad (2-3)$$

Dimana:

A_s = luas total tulangan vertikal

b = lebar dinding geser

D = tinggi penampang dinding geser

Tulangan vertikal (tulangan memanjang) yang dikenal juga sebagai tulangan lentur memiliki fungsi utama untuk menahan gaya lentur. Oleh karena itu, jumlah dan luas tulangan vertikal pada suatu struktur dapat berpengaruh terhadap kekuatan struktur tersebut dalam menahan gaya lentur. Di sisi lain, kegagalan menahan beban lateral tergantung pada kekuatan lentur suatu struktur.

2.3.4 Rasio Tulangan Horizontal (ρ_h)

Tulangan horizontal (senggang) adalah tulangan yang memiliki fungsi utama untuk menahan geser, karena fungsi tersebut tak jarang tulangan horizontal disebut sebagai tulangan geser. Rasio tulangan horizontal adalah suatu perbandingan khusus yang memiliki banyak defini tentang tulangan horizontal. Berikut ini adalah dua jenis rasio tulangan horizontal yang sering digunakan pada penelitian-penelitian :

a. Rasio Volumetrik : merupakan rasio antara volume tulangan horizontal dengan volume inti beton yang diukur hingga di bagian luar tulangan horizontal. Peneliti yang menggunakan rasio volumetrik adalah Park dan Paulay (1975)

$$\rho_h = \frac{A_v(2b_s+2h_s)}{b_h h_h s} \quad (2-4)$$

Dimana:

A_v = luas penampang tulangan horizontal

b_s dan h_s = dimensi terhadap garis tengah tulangan horizontal

b_h dan h_h = dimensi inti beton diukur ke bagian luar tulangan horizontal

b. Rasio luas: merupakan rasio antara luas penampang tulangan horizontal dengan luas penampang beton yang tegak lurus dengan arah beban lateral

$$A_{v.min} = \frac{0.35 b_v s}{f_{sy}} \quad (2-5)$$

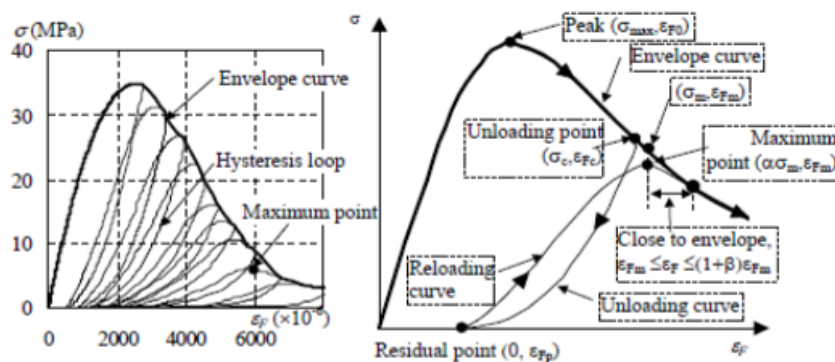
Dimana:

b_v = lebar efektif pada web untuk geser ($b_w - \Sigma d_d$)

2.4 Beban Siklik

Beban siklik merupakan beban berulang yang diterima oleh suatu struktur dan berpotensi menyebabkan fraktur kelelahan (*fatigue*). Kegagalan struktur juga bisa disebabkan oleh beban siklik yang terjadi, meskipun desain awal struktur memiliki kekuatan yang memenuhi persyaratan yang ditentukan. Kegagalan *fatigue* yang merupakan fenomena dimana beton pecah ketika mengalami beban berulang pada tegangan lebih kecil daripada kekuatan tekan maksimum dan kekuatan *fatigue* yang didefinisikan sebagai kekuatan yang dapat didukung untuk sejumlah siklus tertentu. Kekuatan *fatigue* dipengaruhi oleh berbagai pembebanan, tingkat pembebanan, *load history*, dan sifat material. (Al-Sulayfani & Al-Tae, 2008)

Pada struktur dinding geser, beban aksial merupakan representatif dari berat sendiri dan beban siklik merupakan beban luar yang terjadi berulang, misalkan beban gempa. Beban aksial dan siklik ini akan bekerja secara bersamaan pada struktur dinding geser.



Gambar 2.1 Hysteresis Loop
 Sumber : Parmo, dkk. 2013

Untuk memprediksi perilaku struktur beton dibawah pembebanan seismik, model tegangan-tegangan beton dibawah beban siklik (*hysteresis loop*) adalah hal yang penting untuk diamati. (Watanabe at. All) Selain itu, tingkat pembebanan dan jumlah siklus sangat mempengaruhi respon tegangan-regangan beton. Seperti dinyatakan dalam model Mander dkk. (1988) untuk beton terkekang. (Saadatmanesh at. All, 1994)

Dari gambar 2.1 dapat dilihat bahwa : *unloading point* adalah titik dimana *unloading* dimulai, *residual point* adalah titik ketika *unloading* penuh (tegangan mencapai nol), dan *maximum point* adalah persimpangan *unloading point* dengan *unloading curve*. (Al-Sulayfani & Al-Tae, 2008) Unloading curve (σ, ϵ_{Fu}) adalah jika nilai ϵ_F di wilayah pasca-puncak berkurang dengan tegangan (σ) : antara *unloading point* (σ_c, ϵ_{Fc}) dan *residual point* ($0, \epsilon_{Fp}$) (tegangan mencapai 0 kN). Setelah benar-benar *unloading* diturunkan sampai nol, tegangan dan regangan meningkat lagi dari *residual point*. Kemudian, pendekatan ke *maximum point* ($\alpha\sigma_m, \epsilon_{Fm}$) yang disebut *reloading curve* ($\sigma - \epsilon_{Fr}$). Titik akhir dari *reloading curve* dan titik awal *unloading curve* disebut *envelope curve*. (Watanabe at. All)

2.5 Perpindahan (*Displacement*)

Saat dinding geser memperoleh beban lateral maka akan terjadi perpindahan sebagian komponen struktur dari kondisi awal. Secara umum terdapat 3 jenis perpindahan akibat beban lateral, yaitu perpindahan lentur, perpindahan saat leleh, dan perpindahan geser. Sedangkan rumus untuk perpindahan total adalah sebagai berikut.

$$\Delta = \Delta_{fl} + \Delta_y + \Delta_{sh} \quad (2-6)$$

Keterangan :

Δ = Perpindahan total

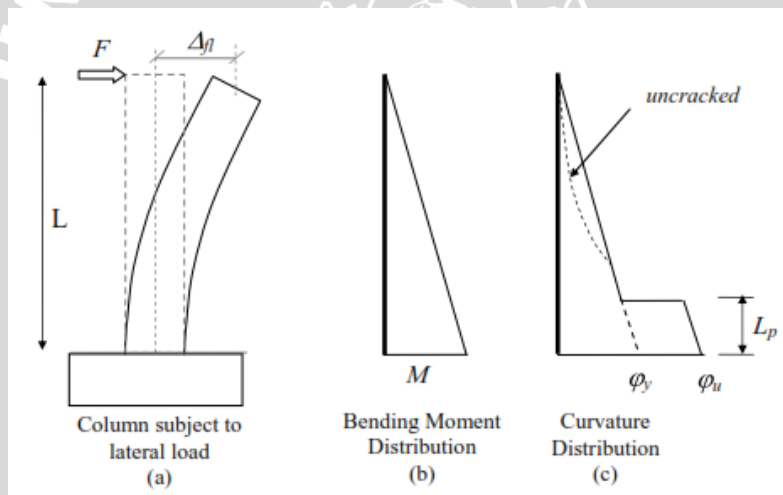
Δ_{fl} = Perpindahan lentur

Δ_y = Perpindahan saat leleh

Δ_{sh} = Perpindahan geser

2.5.1 Perpindahan Lentur (Δ_{fl})

Pada saat terjadi perpindahan lentur terdapat dua tahap perpindahan yang dialami oleh suatu struktur yaitu perpindahan elastis dan plastis. Perpindahan elastis terjadi jika struktur diberi beban lateral dan akan terjadi *displacement* namun masih dapat kembali ke bentuk semula, sedangkan perpindahan plastis terjadi saat beban lateral terus diberikan dan terjadi *displacement* hingga struktur berubah bentuk dan tidak dapat kembali ke bentuk asalnya. Pada saat terjadi perpindahan plastis akan muncul sendi plastis pada daerah pertemuan antara dinding geser dengan balok dengan panjang plastis yang dapat dianalisa.



Gambar 2.2 Perpindahan Lentur

Sumber : Wibowo (2012 : 22)

Estimasi perpindahan lentur bisa didapatkan dengan mengidealisasi-kan distribusi kelengkungan pada daerah elastis dan plastis.

$$\Delta_{fl} = \Delta_{fe} + \Delta_{fp} \quad (2-7)$$

Keterangan :

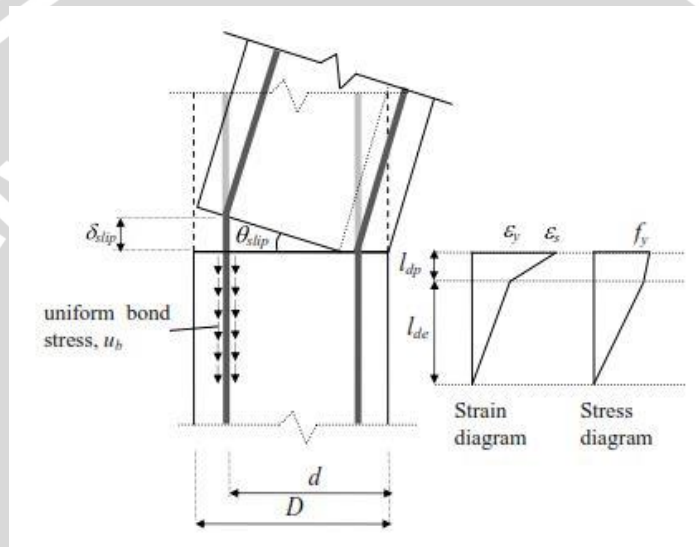
Δ_{fl} = Perpindahan lentur

Δ_{fe} = Perpindahan lentur elastis

Δ_{fp} = Perpindahan lentur plastis

2.5.2 Perpindahan Penetrasi Leleh (Δ_y)

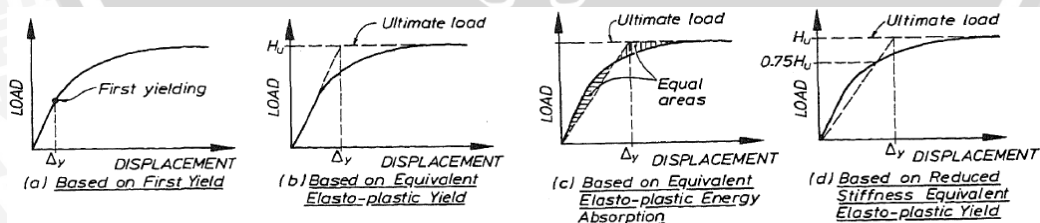
Perpindahan penetrasi leleh (*yield penetration displacement*) disebut juga sebagai *slip penetration*. Perpindahan saat leleh terjadi saat adanya rotasi pada struktur yang kaku pada ujung dinding geser, dimana keadaan leleh dicapai saat muncul celah yang terbuka di hubungan pondasi dengan dinding geser dari penetrasi tegangan plastis pada regangan tulangan di pondasi. Rotasi pada struktur yang kaku dapat meningkatkan total *drift* dengan sangat signifikan yang dipisahkan dari deformasi lentur yang didapatkan dari distribusi kelengkungan pada tinggi dinding geser.



Gambar 2.3 Mekanisme Yield Displacement

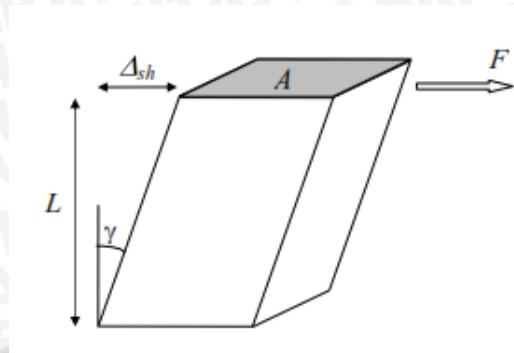
Sumber : Wibowo (2012 : 26)

Lendutan pada titik leleh dapat diambil dari titik potong beban yang mana beban diambil 75% dari beban *ultimate* (Park, 1988).



Gambar 2.4 Alternatif Pengambilan Lendutan pada Titik Leleh

2.5.3 Perpindahan Geser (Δ_{sh})



Gambar 2.5 Perpindahan Geser

Sumber : Wibowo (2012 : 35)

Terdapat beberapa metode yang dapat memodelkan perpindahan geser yaitu metode ACI 318-2002, FEMA 273, Priestley (1994), dan Sezen & Moehle (2004). Ke empat metode tersebut bisa digunakan sebagai perbandingan untuk mendapatkan nilai perpindahan geser. Secara umum, keempat metode tersebut dapat direpresentasikan pada rumus di bawah ini.

$$V = V_c + V_s + V_p \quad (2-8)$$

Keterangan :

V = Perpindahan geser total

V_c = Kekuatan geser pada beton

V_s = Kekuatan geser pada baja

V_p = Kekuatan geser pada *inclined strut* (hanya untuk model Priestley)

2.6 Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan dari suatu struktur untuk tidak mengalami keruntuhan secara tiba-tiba, tetapi masih mampu berdeformasi cukup besar pada saat mencapai beban maksimum sebelum struktur tersebut mengalami keruntuhan (Park dan Paulay, 1975).

Sementara menurut SNI 03-1726-2002, daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

Daktilitas sering dijadikan tujuan akhir yang ingin dicapai oleh bangunan tahan gempa karena daktilitas mampu mencegah keruntuhan secara mendadak agar terdapat waktu yang cukup agar penghuni gedung dapat menyelamatkan diri. Daktilitas menunjukkan kemampuan struktur dalam menahan pengaruh deformasi akibat kondisi pembebanan yang berlebihan dan menyerap pengaruh energi gempa.

Perilaku daktail dapat dipastikan dengan mendesain balok, dinding geser, dan pertemuannya dengan hati-hati, sehingga keruntuhan dapat dihindari, bahkan ketika terjadi gempa yang menghancurkan. Pendetailan yang daktail adalah suatu proses untuk memastikan bahwa ketentuan di atas diberlakukan ketika memproporsikan elemen struktur rangka beton bertulang dan menyediakan baja tulangan yang dibutuhkan. Hal ini dapat dicapai melalui pemilihan dimensi dan pengaturan tulangan balok, dinding geser, dan titik pertemuannya dengan tepat.

Daktilitas suatu struktur dikelompokkan kedalam 3 jenis berdasarkan segi yang ditinjau dalam perhitungan yaitu daktilitas tegangan (*strain ductility*), daktilitas lengkungan (*curvature ductility*), daktilitas lendutan (*displacement ductilty*).

2.6.1 Daktilitas Regangan

Daktilitas bisa didefinisikan sebagai kemampuan dari material untuk dapat menahan tegangan plastis tanpa penurunan yang drastis. Dari pengertian tersebut terlihat ada hubungan khusus antara tegangan dengan daktilitas. Daktilitas regangan merupakan perbandingan antara total tegangan yang terjadi dengan tegangan yang terjadi saat leleh. (Paulay, 1992)

$$\mu_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{\epsilon_y} \quad (2-9)$$

Keterangan :

μ_{ϵ} = Daktilitas regangan

ϵ = Tegangan total

ϵ_y = Tegangan saat leleh

Daktilitas yang berarti hanya bisa didapatkan jika tegangan plastis dapat dikembangkan hingga panjang yang cukup. Jika tegangan plastis terbatas sehingga panjang yang terbentuk kurang, maka akan muncul kebutuhan daktilitas tegangan yang sangat besar.

2.6.2 Daktilitas Kurvatur

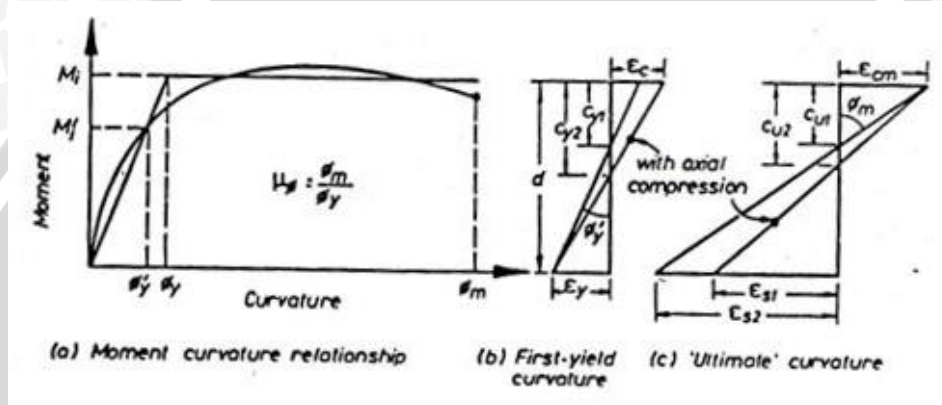
Hal yang paling berpengaruh pada deformasi struktur plastis adalah rotasi pada daerah yang berpotensi sendi plastis. Oleh karena itu perlu adanya hubungan antara rotasi per unit panjang dengan momen lentur, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan berikut ini.

$$\mu_{\phi} = \frac{\phi_m}{\phi_y} \quad (2-10)$$

Keterangan :

ϕ_m = kelengkungan maksimum yang diharapkan

ϕ_y = kelengkungan saat terjadi leleh



Gambar 2.6 Definisi Daktilitas Kurvatur
Sumber : Paulay dan Priestley, 1994

2.6.3 Daktilitas Perpindahan

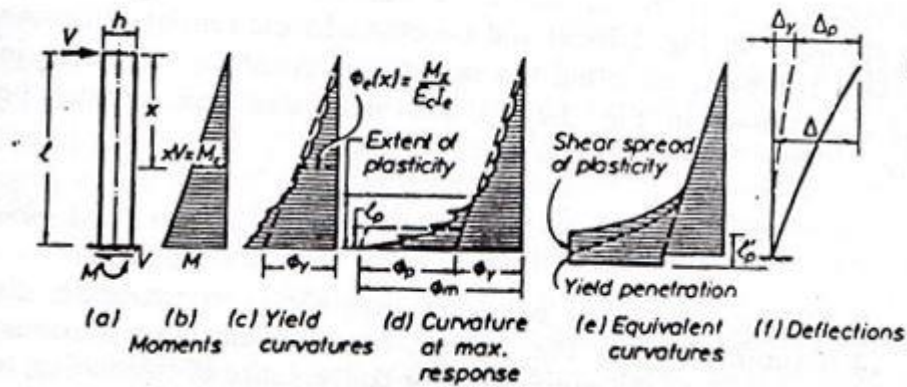
Daktilitas perpindahan umumnya digunakan untuk mengevaluasi struktur yang dikenai beban gempa. Daktilitas lendutan merupakan perbandingan dari total lendutan yang terjadi dengan lendutan saat awal terjadi leleh.

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (2-11)$$

Keterangan:

Δ_u = Perpindahan total saat ultimit

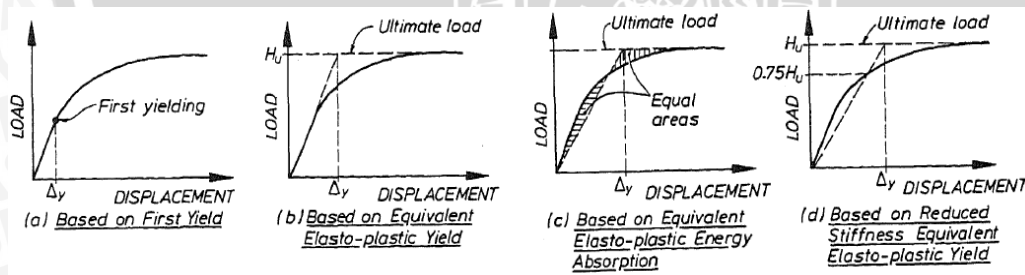
Δ_y = Perpindahan saat terjadi leleh



Gambar 2.7 Daktilitas Perpindahan pada Kantilever
 Sumber : Paulay, 1988

Pada struktur, ketika respon gempa yang terjadi melebihi beban rencana maka deformasi inelastis harus tercapai. Ketika struktur mampu merespon keadaan inelastis tanpa penurunan kemampuan yang drastis, maka hal ini bisa disebut dalam keadaan daktail. Keadaan sempurna terjadi saat *ideal elastic/ perfectly plastic (elastoplastic)*.

Perpindahan pada saat leleh dapat diambil dari titik potong beban yang mana beban diambil 75% dari beban *ultimate*. (Paulay, 1988)



Gambar 2.8 Alternatif Pengambilan Perpindahan pada Titik Leleh
 Sumber : Paulay, 1988

2.7 Kekakuan

Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang dibutuhkan suatu elemen untuk menghasilkan suatu lendutan atau merupakan rasio antara beban dengan perpindahan dinding geser. Rumus umum kekakuan adalah : (Genre & Timoshenko, 1996)

$$k = \frac{P}{x} \tag{2-12}$$



Keterangan:

P = Beban yang terjadi (kg)

x = Deformasi searah beban (m)

k = Kekakuan struktur (kg/m)

Kekakuan aksial dipengaruhi oleh nilai modulus elastisitas bahan serta luas penampang dinding geser terhadap panjang efektif dinding geser tersebut. Penurunan kekakuan aksial secara teori dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = \frac{E \cdot A}{L} \quad (2-13)$$

Keterangan:

K = Nilai kekakuan aksial

E = Modulus elastisitas

A = Luas Penampang

L = Panjang efektif



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian mengenai “Pengaruh Variasi Jarak Tulangan Horizontal dan Kekangan Terhadap Daktilitas dan Kekakuan Pada Dinding Geser dengan Pembebanan Siklik” ini termasuk dalam penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Pembuatan benda uji serta pengujian semi siklik dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Agustus 2016 sampai bulan September 2016.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Peralatan

a. Alat Pemotong Tulangan

Digunakan untuk memotong baja tulangan polos dan ulir sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan.

b. Alat Pembengkok Tulangan

Digunakan untuk membengkokkan tulangan baja sesuai dengan detail yang dibutuhkan.

c. Alat Uji Tarik Baja

Digunakan untuk uji tarik baja tulangan.

d. Alat *Slump Test*

Digunakan untuk pengujian nilai *slump* dan adukan beton.

e. *Vibrator*

Digunakan untuk memadatkan beton segar setelah dituang kedalam bekisting.

f. Timbangan

Digunakan untuk menimbang bahan pembentuk beton dan berat silinder sebelum dilakukan test uji tekan pada benda uji.

g. Cetakan Baja

Merupakan cetakan silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk mencetak sample uji tekan beton.

h. *Compression Testing Machine*

Digunakan untuk melakukan uji kuat tekan silinder beton.

i. *Loading Frame*

Digunakan untuk menopang benda uji kolom dan beban saat uji siklik dilakukan serta merupakan frame konstruksi baja WF dengan kapasitas beban 7 ton.

j. *Hydraulic Jack*

Digunakan untuk memberikan beban aksial dan lateral ke benda uji kolom beton bertulang.

k. *Load Cell*

Digunakan untuk membaca beban dari *hydraulic jack* sehingga hasil pembebanan dapat terbaca sesuai dengan tahap pembebanan yang direncanakan.

l. *Linear Variable Displacement Transducer (LVDT)*

Digunakan untuk mengukur *displacement* pada spesimen kolom dengan jumlah 9 buah.

m. *Dial Gauge*

Digunakan untuk mengukur besarnya deformasi yang terjadi pada kolom.

n. *Alat Tulis dan Mistar*

Digunakan untuk membuat kotak-kotak di permukaan kolom beton bertulang dengan ukuran 5 cm x 5 cm untuk menandai retak yang terjadi, sehingga dapat terlihat pola retaknya.

o. *Handycam dan Kamera*

Digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan selama penelitian dan gambar-gambar yang diperlukan.

p. *Alat Pendukung Lain*

Digunakan untuk membantu pelaksanaan penelitian seperti cetok, cangkul, dan ember.

2. Bahan

a. Beton

Beton yang digunakan dalam penelitian ini direncanakan dengan $f'c = 17,6$ Mpa pada 14 hari, atau $f'c = 20$ Mpa pada 28 hari.

b. Besi Tulangan

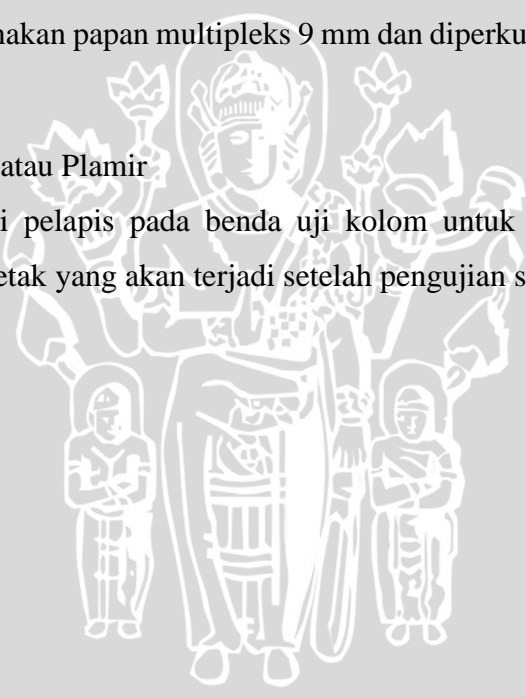
Baja tulangan longitudinal adalah tulangan polos $\varnothing 8$ sebanyak 16 tulangan pokok untuk masing-masing benda uji dinding geser, sedangkan tulangan sengkang menggunakan tulangan polos $\varnothing 8$. Sebelum digunakan, dilakukan uji kuat tarik pada baja tulangan. Kawat bendrat digunakan sebagai pengikat antara tulangan dengan sengkang agar kedudukan tulangan tidak berubah.

c. Bekisting

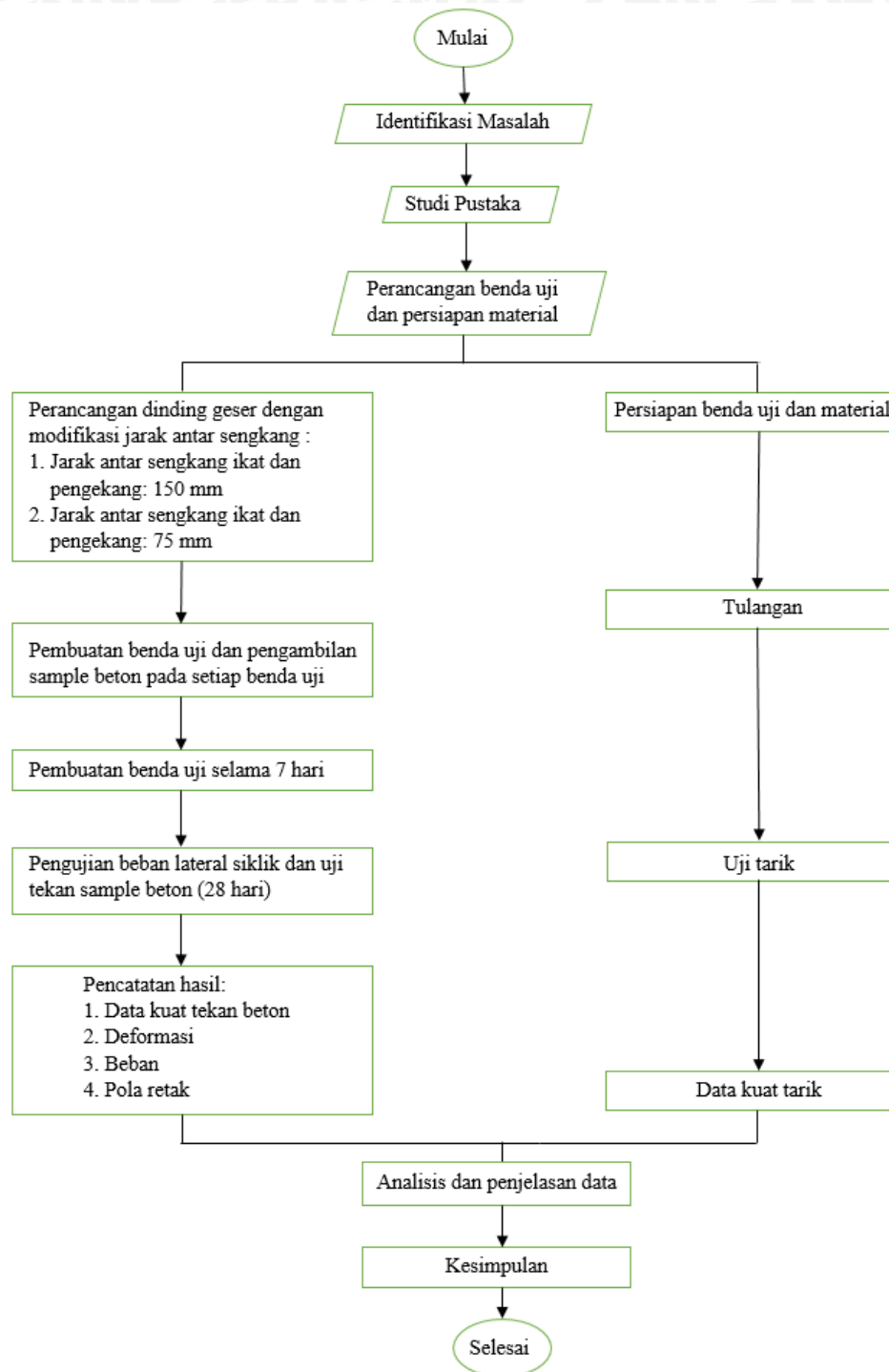
Bekisting menggunakan papan multipleks 9 mm dan diperkuat dengan balok kayu 3x5 cm.

d. Cat Tembok Putih atau Plamir

Digunakan sebagai pelapis pada benda uji kolom untuk memudahkan dalam pengamatan pola retak yang akan terjadi setelah pengujian semi siklik dilakukan.



3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

4.1 Rancangan Penelitian

3.4.1. Campuran Beton

Beton direncanakan dengan kuat tekan beton persegi rata-rata f'_c yakni sebesar 20 MPa.

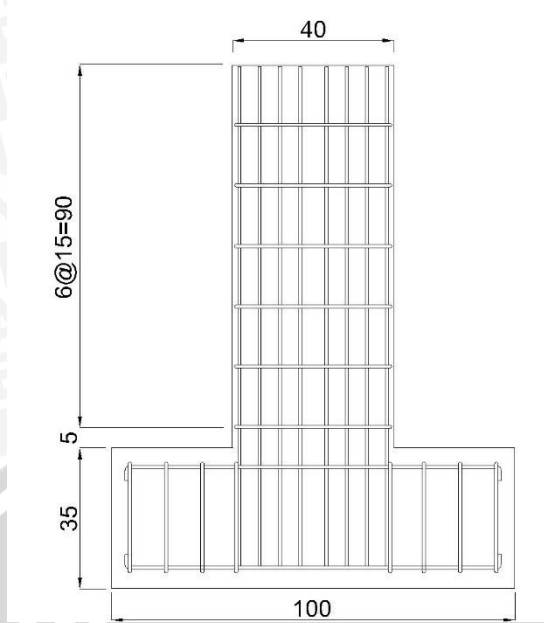
3.4.2. Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji dalam penelitian ini adalah 6 (enam) buah yang terdiri dari sebagai berikut :

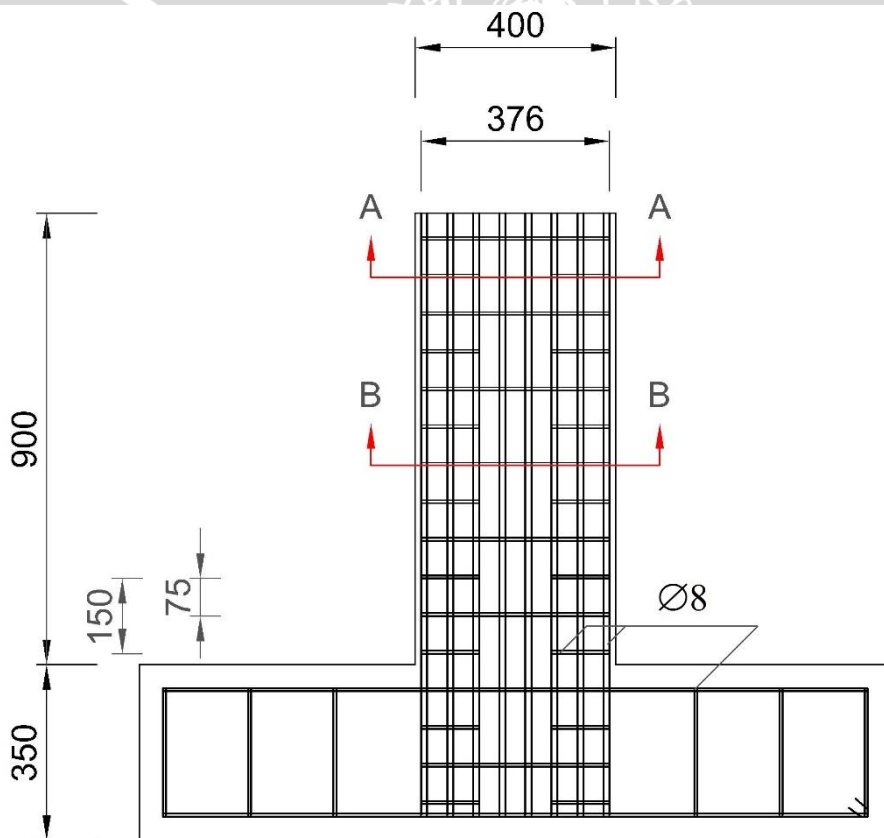
1. 2 benda uji dinding geser bernama SW-50 dengan dimensi 80 mm x 400 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal \varnothing 4-50 mm di sebelah kiri dan kanan serta \varnothing 2-65 dengan variasi jarak tulangan sengkang ikat seragam \varnothing 8-150 mm.
2. 2 benda uji dinding geser bernama DGK-75 dengan dimensi 80 mm x 400 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal \varnothing 4-50 mm di sebelah kiri dan kanan serta \varnothing 2-65 dengan variasi jarak tulangan sengkang ikat kombinasi yakni \varnothing 8-75 mm di ujung dan tulangan sengkang ikat seragam \varnothing 8-150 mm.
3. 2 benda uji dinding geser bernama DGK-150 dengan dimensi 80 mm x 400 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal \varnothing 4-50 mm di sebelah kiri dan kanan serta \varnothing 2-65 dengan variasi jarak tulangan sengkang ikat kombinasi yakni \varnothing 8-150 mm di ujung dan tulangan sengkang ikat seragam \varnothing 8-300 mm.

Tabel 3.1 Spesifikasi Benda Uji Dinding Geser

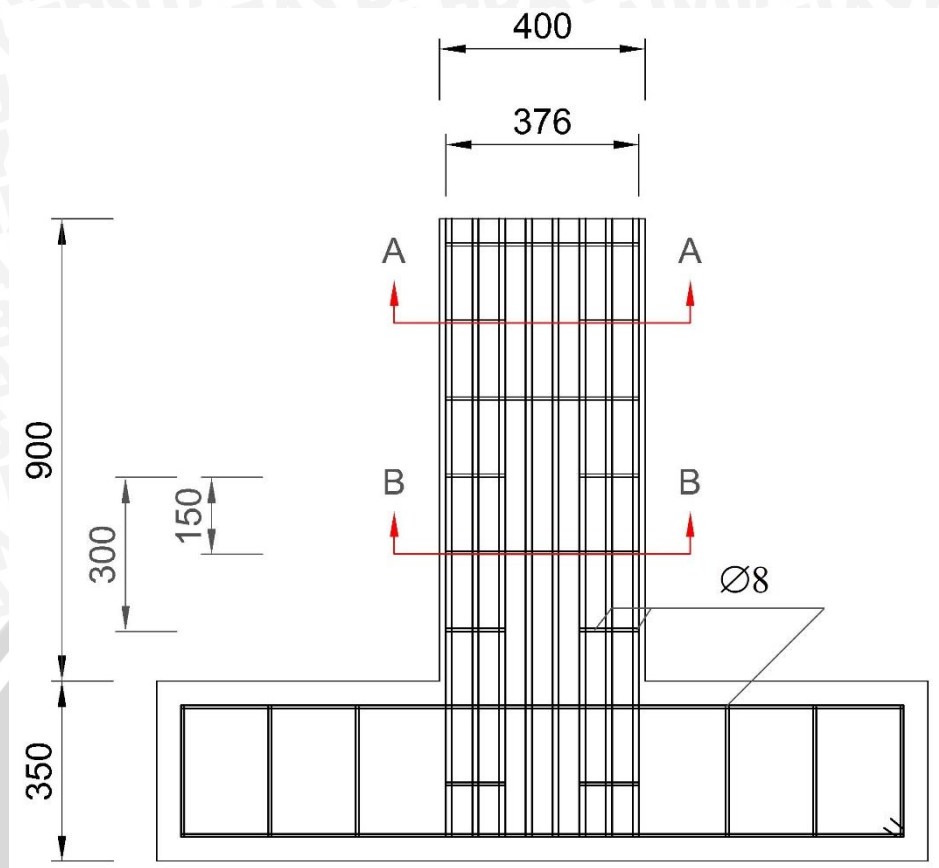
Kode Dinding Geser	Dimensi (mm)	Tinggi (mm)	Aspek Rasio Badan	Pv (%)	Ph (%)	Tulangan Sengkang	Tulangan Longitudinal	F'c (Mpa)
SW - 50	400 x 80	800	2	2.44	0.55	\varnothing 8 - 150	16 \varnothing 8 - 50	20
DGK - 75	400 x 80	800	2	2.44	1.02	\varnothing 8 - 75	16 \varnothing 8 - 50	20
DGK - 150	400 x 80	800	2	2.44	0.55	\varnothing 8 - 150	16 \varnothing 8 - 50	20



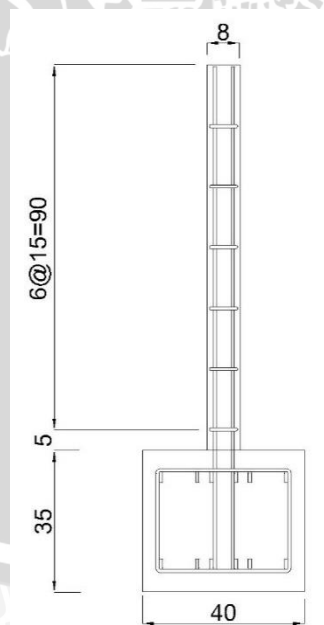
Gambar 3.2 Benda Uji SW-50 (Tampak Depan)



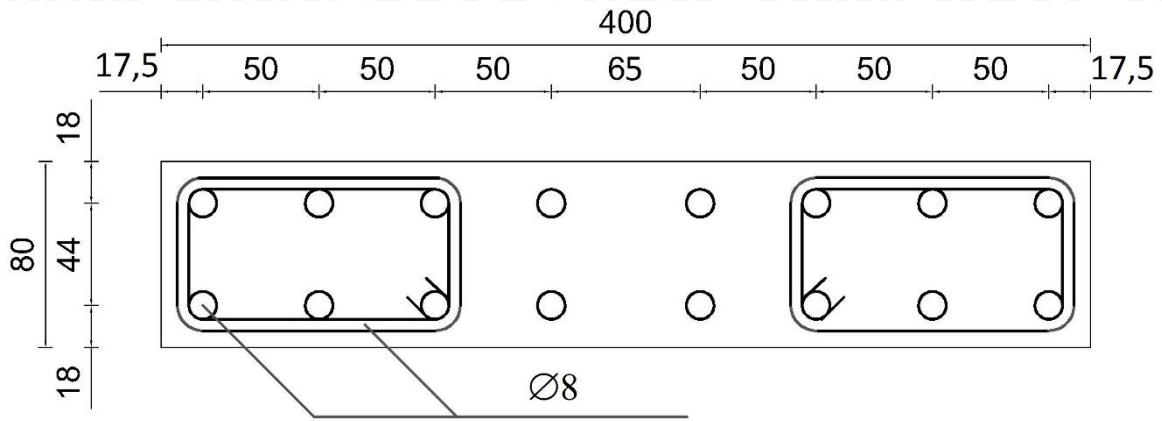
Gambar 3.3 Benda Uji DGK-75 (Tampak Depan)



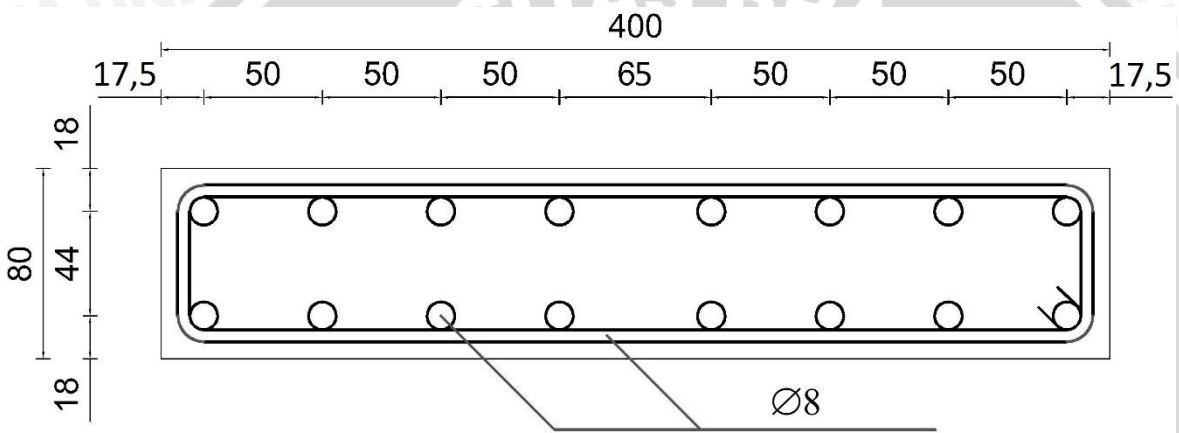
Gambar 3.4 Benda Uji DGK-150 (Tampak Depan)



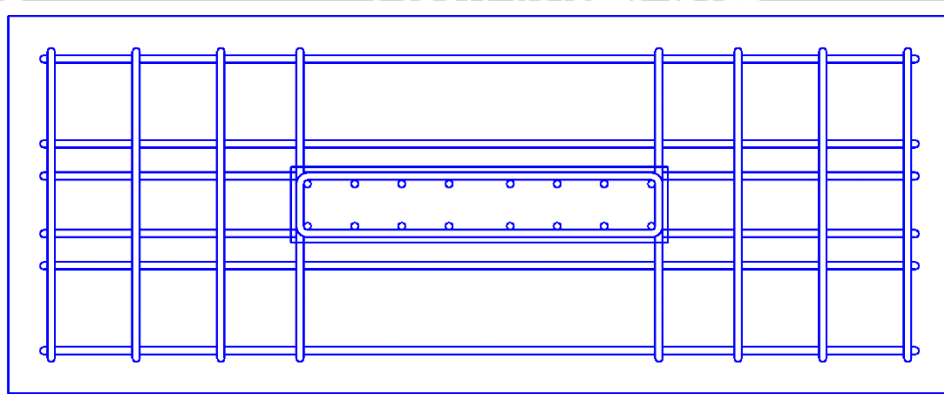
Gambar 3.5 Benda Uji SW-50 dan DGK-150 (Tampak Tampak Samping)



Gambar 3.6 Potongan A-A



Gambar 3.7 Potongan B-B



Gambar 3.8 Benda Uji (Tampak Atas)

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1. Persiapan penelitian

Pekerjaan persiapan berupa pengadaan bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan cetakan/bekisting, pengadaan tulangan, pengadaan beton dengan $f'c = 17,6$ MPa pada 14 hari atau $f'c = 20$ MPa pada 28 hari serta persiapan untuk *setting up* alat pengujian siklik. Persiapan dilanjutkan dengan pengujian tahap awal lainnya, yaitu pengujian tarik baja dan uji tekan silinder beton.

3.5.2. Pengujian Tarik Baja

Pengujian tarik dilakukan pada tulangan baja yang dipakai untuk tulangan longitudinal dan sengkang pada spesimen yang diambil secara acak sehingga diharapkan dapat mewakili tegangan tarik pada tulangan spesimen. Untuk tulangan longitudinal $\varnothing 8$ disiapkan 3 batang tulangan masing-masing sepanjang 20 cm. Selain itu, juga disiapkan 3 batang tulangan sengkang $\varnothing 8$ sepanjang 20 cm. Nilai yang diperoleh merupakan rerata dari ketiga sampel tulangan yang diuji.

3.5.3. Uji Tekan Silinder Beton

Digunakan cetakan baja silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk masing-masing benda uji diambil sampel sebanyak 2 silinder. Setelah berusia 1 hari dan telah kering, cetakan baja dibuka, kemudian silinder langsung direndam didalam air. Dan 3 hari sebelum uji tekan dilakukan, silinder diangkat dan dikeringkan, sehingga diharapkan pada saat uji tekan kondisi beton sudah benar-benar kering. Pengujian tekan dilakukan pada hari ke 7 dan hari saat spesimen diuji.

3.5.4. Pembuatan Model Dinding Geser

3.5.4.1 Penulangan

Untuk semua benda uji penulangan longitudinal dinding geser digunakan 16- $\varnothing 8$ yang dipasang rapat pada kedua sisi dinding geser dengan jarak 50 mm. Tulangan horizontal $\varnothing 8$ -150 digunakan untuk mengikat tulangan longitudinal dan diikat dengan kawat bendrat pada benda uji SW-50 dan DGK-75. Sementara untuk benda uji DGK-150 dipasang tulangan horizontal $\varnothing 8$ -300.

Tulangan kekangan $\varnothing 8$ -150 dipasang di kedua sisi ujung pada benda uji DGK-75 dan kekangan $\varnothing 8$ -300 dipasang di kedua sisi ujung pada benda uji DGK-150.

3.5.4.2 Uji Slump

Bersamaan dengan pengecoran, dilakukan juga pengujian kelecakan (*slump test*) yang bertujuan untuk mengetahui nilai *slump* beton. Uji *slump* dilakukan pada akhir pengecoran, dengan tujuan untuk mendapatkan nilai *slump* yang diukur dari tinggi permukaan alat sampai tinggi permukaan beton jatuh.

3.5.4.3 Pengecoran dan Masa Curing

Pengecoran dilakukan dalam ruangan. Bekisting dikondisikan tidak berubah posisi sampai beton benar-benar kering. Untuk pemadatan, digunakan *vibrator*. Selama masa *curing*, permukaan beton senantiasa ditutup karung basah untuk menjaga beton selalu dalam kondisi lembab. Karena kapasitas molen yang terbatas, setiap benda uji diisi dengan 2 adukan molen.

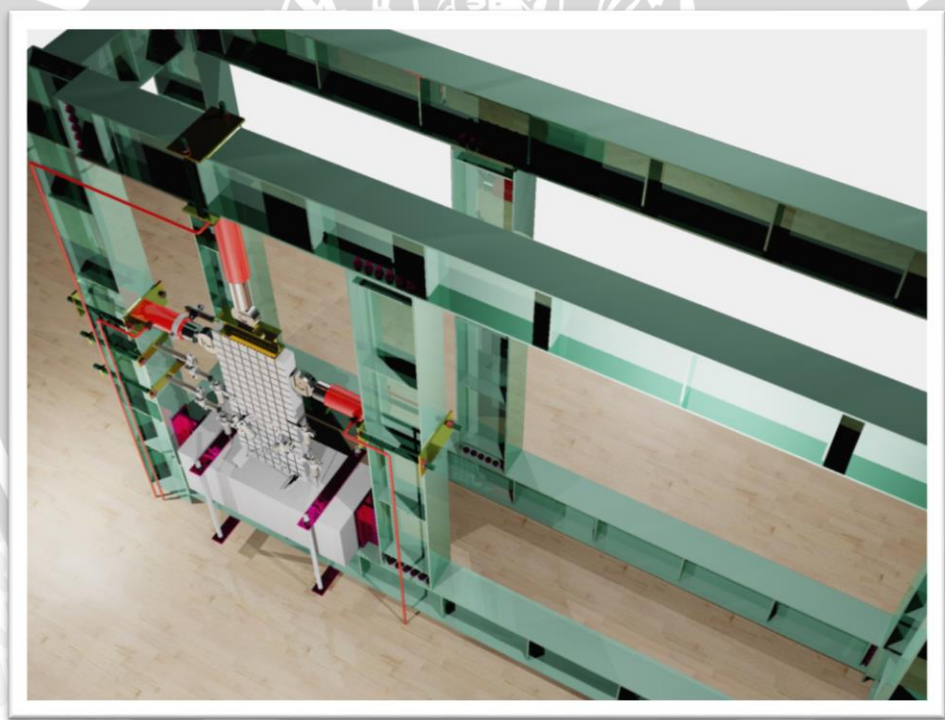
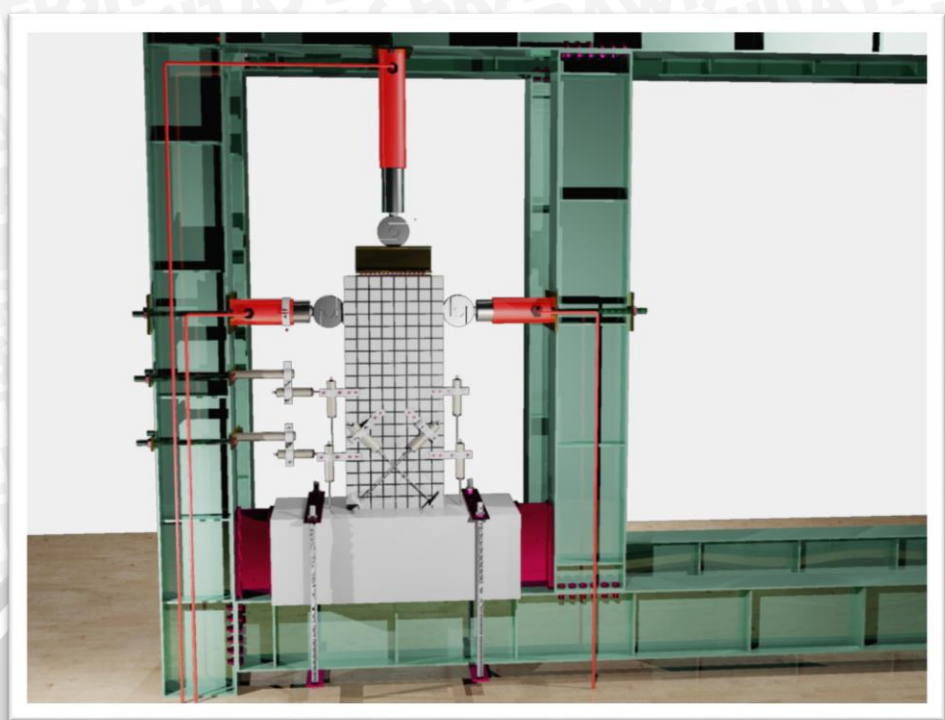
Untuk melihat pola retak, kolom beton diberi pewarna putih menggunakan cat tembok sehingga pola retak yang terjadi dapat dilihat dengan jelas serta dapat diberi tanda. Untuk memudahkan pengamatan, dibuat garis kotak-kotak di permukaan dinding geser dengan ukuran 5 cm x 5 cm untuk menandai retak yang terjadi sehingga dapat terlihat pola retaknya.

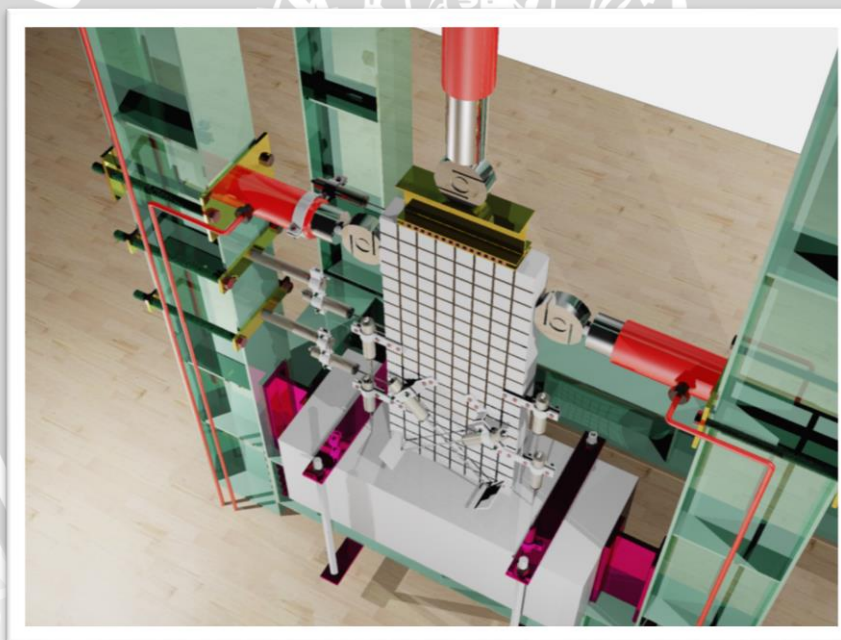
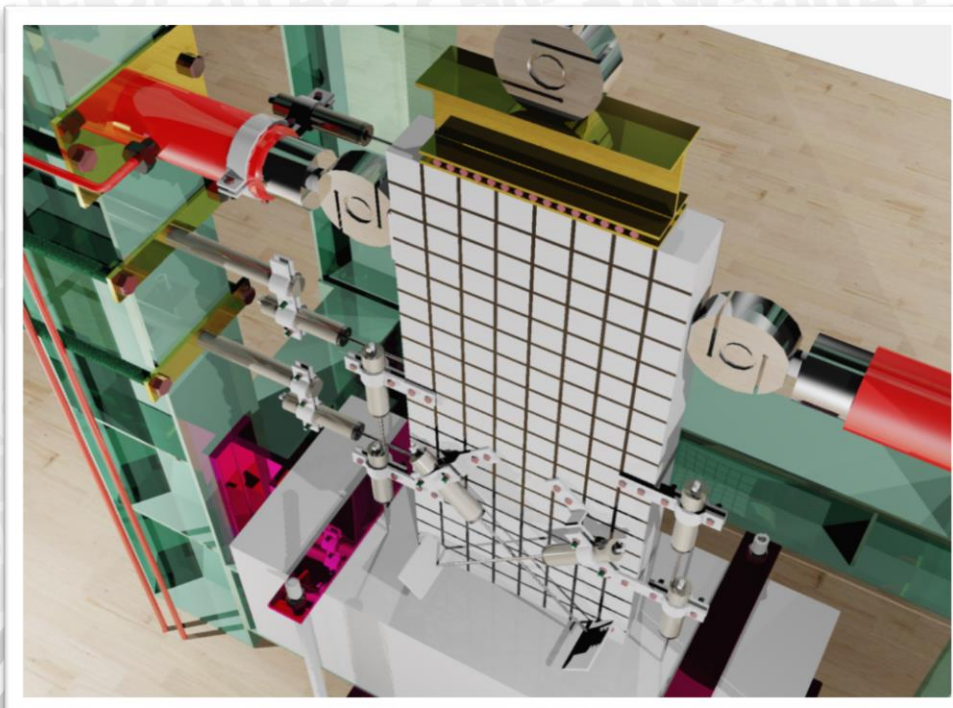
3.5.5 Setting Up

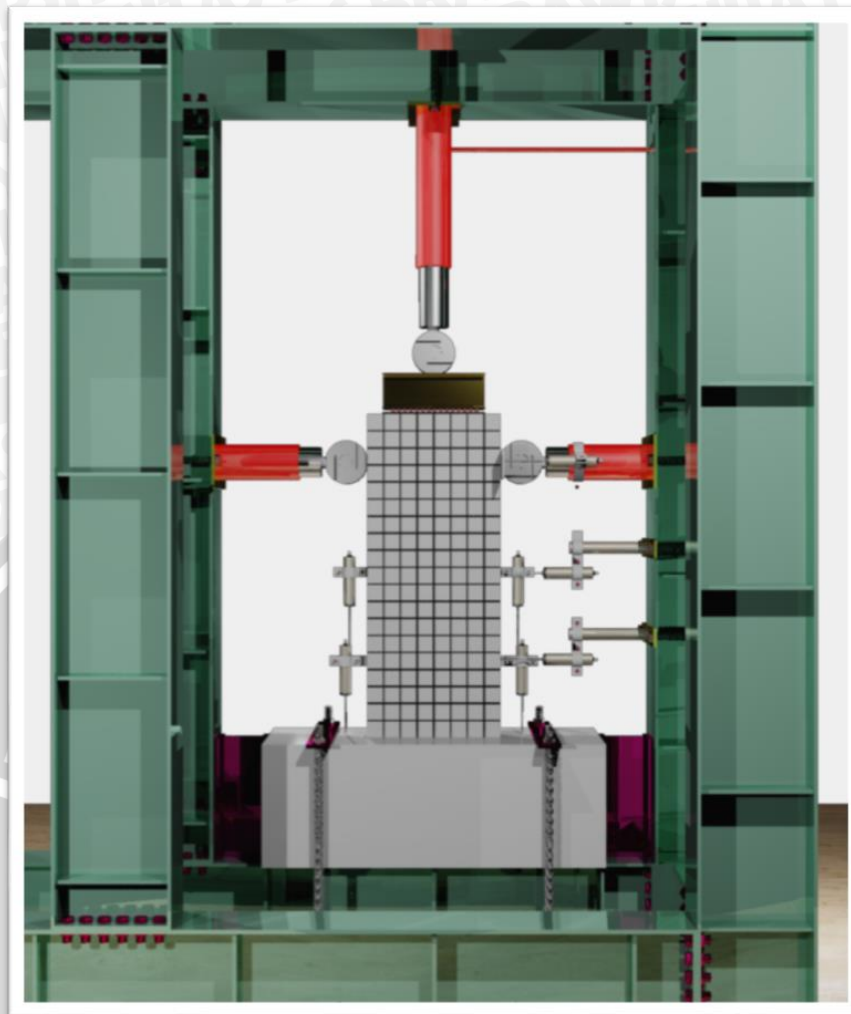
Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan menempatkan benda uji dinding geser berdiri tegak pada 2 buah rangka baja (*loading frame*). Peralatan utama yang digunakan dalam pengujian adalah *load cell*, *hydraulic jack*, dan 9 buah LVDT. *Load cell* digunakan sebanyak 3 buah, dimana 2 buah diletakkan pada bagian kanan dan kiri kepala dinding geser yang berfungsi sebagai pembaca beban lateral atau beban siklik, sedangkan 1 buah diletakkan di atas kepala dinding geser yang berfungsi sebagai pembaca beban aksial.

Displacement beton diperoleh dari 9 buah LVDT, data yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung, antara lain :

1. Perpindahan lateral total (LVDT 1-3).
2. Perpindahan lentur (LVDT 4-7).
3. Perpindahan geser (LVDT 8-9).







Gambar 3.9 Skema Pengujian Semi Siklik

3.5.6 Beban Rencana

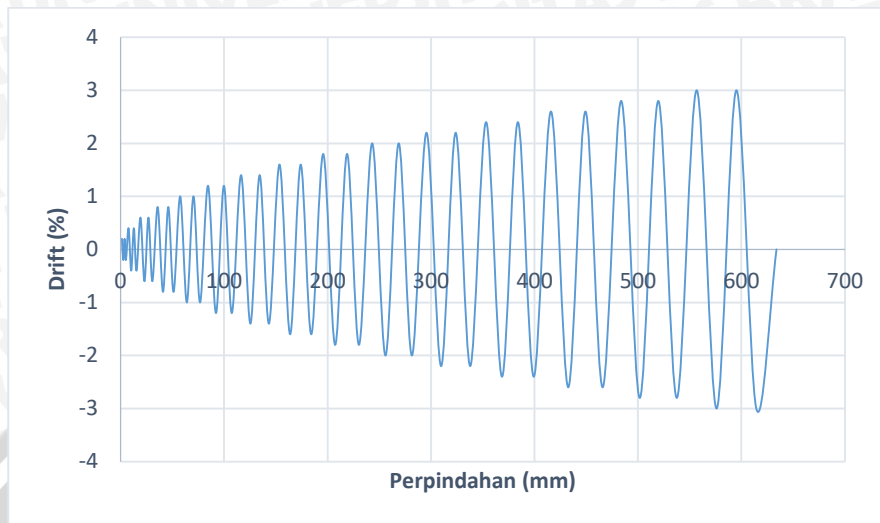
Beban aksial yang digunakan adalah 5% dari beban aksial ultimit. Sedangkan beban lateral maksimum yang digunakan didapat dari nilai $M_u/0,64$.

3.5.7 Pelaksanaan Pengujian Siklik

Pengujian spesimen dilakukan setelah benda uji dinding geser berumur di atas 28 hari. Hal ini terkait dengan kesiapan alat pengujian yang akan digunakan. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji dinding geser diberi beban kecil untuk mengontrol bahwa *dial gauge* dan *load cell* yang akan digunakan berfungsi seperti yang direncanakan.

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban aksial sebesar 5% dari beban aksial ultimit yang bernilai tetap selama pengujian dilakukan dan beban lateral yang dikenakan

sesuai dengan siklus lateral *drift* tanpa melebihi beban lateral maksimum yang diijinkan, yaitu $Mu/0,64$.



Gambar 3.10 Siklus Pembebanan Lateral berdasarkan Drift
Sumber : Data pengujian

Pembacaan beban dan perpindahan dilakukan secara bertahap, mulai pembebanan nol sampai terjadi kegagalan dinding geser dengan asumsi keadaan ultimit dicapai ketika terjadi penurunan beban 20% dari beban lateral maksimum. Sedangkan besarnya tahap pembacaan beban pada tiap-tiap pembebanan (*loading step*) disesuaikan dengan akurasi dan jumlah data yang diinginkan, dimana dalam hal ini digunakan 4 titik untuk membentuk bunga siklik pada masing-masing siklusnya.

Selama pengujian, seluruh data dicatat dan direkam untuk dilakukan analisa. Termasuk di dalamnya adalah fenomena yang terjadi selama pengujian seperti retak awal, leleh tulangan longitudinal, perpanjangan retak, *spalling*, dan beban untuk setiap perpindahan.

3.6 Variabel Penelitian

Variabel yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel Bebas (*independent variable*), adalah variabel yang perubahannya bebas ditentukan peneliti. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah jarak antar tulangan longitudinal (s).

2. Variabel Terikat (dependent variable), adalah variabel yang tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah momen kapasitas, pola retak, daktilitas dan kekakuan.

3.7 Data Pengamata

Pada penelitian ini dilakukan pembacaan data, yang meliputi pembacaan data kuat tarik baja, kuat tekan silinder beton, dan data beban *displacement* pada saat pengujian siklik benda uji dinding geser. Penelitian ini juga melakukan pengamatan perambatan retak, baik mengenai retak awal, lokasi, ukuran, dan juga *spalling* yang terjadi.

1. Data uji tarik baja

Pengujian tarik baja dilakukan untuk baja tulangan yang digunakan sebagai tulangan longitudinal dan tulangan transversal. Pengujian tarik baja tulangan memberikan data tegangan, regangan, dan modulus elastisitas bahan dari baja tulangan yang digunakan pada benda uji dinding geser.

2. Data kuat tekan beton

Data ini diperoleh dari pengujian kuat tekan silinder beton pada saat silinder beton setelah berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebagai kontrol.

3. Data *lateral load displacement*

Pada saat pengujian benda uji dinding geser berlangsung, dilakukan pengamatan dan pembacaan beban lateral dan perpindahan yang terjadi. Data beban diperoleh dari *load cell*, sedangkan data perpindahan diperoleh dari LVDT.

4. Data pengamatan retak

Data ini diperoleh dengan mencatat beban retak awal, lokasi, dan ukuran retak. Data pola retak digambarkan dengan cara membagi permukaan dinding geser menjadi grid dengan ukuran kotak 50 mm x 50 mm.

3.8 Analisis Hasil

Dalam penelitian ini akan dianalisis hasil yang meliputi :

1. Kuat Tarik Baja Tulangan

Untuk mendapatkan tegangan leleh baja adalah dengan membagi beban saat leleh terhadap luas penampang aja tulangan, begitu juga untuk tegangan ultimit. Sedangkan untuk regangan baja diperoleh dengan membagi pertambahan panjang yang dihasilkan

terhadap panjang awal tulangan baja. Modulus elastisitas diperoleh dengan membagi tegangan terhadap regangan yang terjadi.

2. Kuat Tekan Beton

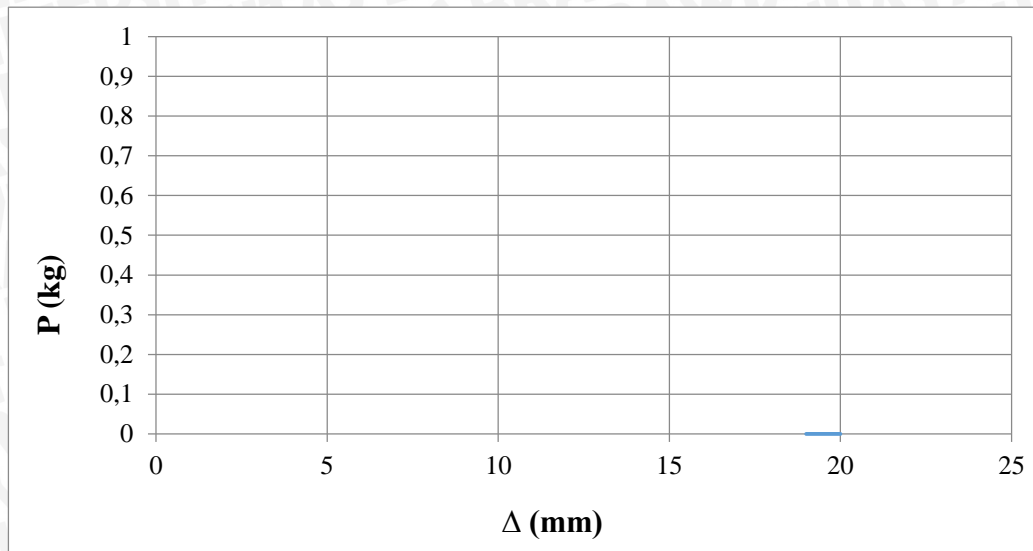
Untuk mendapatkan kuat tekan beton, diperoleh dengan membagi beban maksimum terhadap luas penampang silinder beton, serta ditentukan juga standar deviasi yang terjadi.

3. Beban lateral dan perpindahan

Pencatatan beban lateral dan perpindahan dinding geser saat pengujian diperlukan untuk dibuatkan grafik beban-perpindahan.

Tabel 3.2 Form Data Hasil Pengujian Beban dengan Deformasi

Drift (%)	Δ_{tot} mm	P kg	Δ_2 mm	Δ_3 mm	Δ_4 mm	Δ_5 mm	Δ_6 mm	Δ_7 mm	Δ_8 mm	Δ_9 mm
0	0									
0,2	1,28									
-0,2	1,28									
0,2	1,28									
-0,2	1,28									
0,4	2,56									
-0,4	2,56									
0,4	2,56									
-0,4	2,56									
0,6	3,84									
-0,6	3,84									
0,6	3,84									
-0,6	3,84									
0,8	5,12									
-0,8	5,12									
0,8	5,12									
-0,8	5,12									



Gambar 3.11 Hubungan Beban (P) dengan Deformasi (Δ)

3.9 Hipotesa Penelitian

Hipotesa penelitian pengaruh uji beban siklik terhadap kekakuan dan daktilitas pada dinding geser beton bertulang dengan variasi jarak sengkang dan kekangan adalah:

1. Ada pengaruh peningkatan kekakuan pada dinding geser DGK-75 dibandingkan DGK-150 yang sama-sama memiliki kekangan akibat jarak kekangan yang dibuat lebih rapat pada kedua ujung dinding geser dan dibandingkan dengan SW-50 yang mempunyai jarak sengkang yang sama dengan DGK-75 namun tidak diberi kekangan sehingga diharapkan DGK-75 memiliki simpangan yang tidak terlalu besar dan struktur menjadi lebih kuat dan *rigid* dalam menahan gaya horizontal (gempa).
2. Ada pengaruh peningkatan daktilitas pada dinding geser DGK-75 dibandingkan DGK-150 yang sama-sama memiliki kekangan akibat jarak kekangan yang dibuat lebih rapat pada kedua ujung dinding geser serta dibandingkan dengan SW-50 yang mempunyai jarak sengkang yang sama dengan DGK-75 namun tidak diberi kekangan sehingga DGK-75 diharapkan tidak mudah runtuh ketika diberi beban siklik.



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian dan Analisa Material Penyusun Benda Uji

Benda uji yang digunakan merupakan dinding geser dengan pondasi beton bertulang dengan tumpuan jepit-jepit. Bahan penyusun benda uji merupakan beton dan tulangan baja. Untuk mengetahui karakteristik dari bahan penyusun tersebut dilakukan analisis dari tiga pengujian yang dilakukan di Laboratorium Struktur Universitas Brawijaya, yaitu:

- a. Uji slump
- b. Uji tekan beton
- c. Uji tarik baja tulangan

4.1.1 Beton

Nilai kuat tekan beton yang digunakan direncanakan memiliki kekuatan tekan $f'_c = 20$ Mpa pada hari ke 28 atau $f'_c = 15,7$ Mpa pada hari ke 14. Perencanaan beton dilakukan dengan *mix design* dan menghasilkan perbandingan aktual semen : air : agregrat halus : agregrat kasar sebesar 1 : 0,60 : 2,12 : 2,60. Perancangan *mix design* beton ditunjukkan oleh tabel di bawah ini.

Pengecoran satu benda uji dinding geser membutuhkan 3 kali pembuatan dengan molen, oleh karena itu diambil 3 buah sampel yang berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk masing-masing benda uji yang berasal dari bagian pondasi dan bagian dinding geser. Pada pembuatan beton tahap pertama dapat mencakup sebagian pondasi, kemudian pada tahap berikutnya mencakup seluruh dinding geser dan sisanya untuk sebagian pondasi, dan pada tahap terakhir untuk memenuhi seluruh bagian pondasi yang belum terisi.

Pengujian beban siklik dilakukan saat umur beton lebih dari hari ke 28, sehingga hasil uji kuat tekan beton dikonversikan ke hari 28 dengan anggapan penambahan kuat tekan beton akan sangat kecil setelah hari ke 28. Pengujian mutu beton dilakukan dengan menggunakan uji silinder, dan *analog hammer test*. Pada akhirnya, nilai mutu beton yang digunakan adalah mutu beton yang dibaca melalui *analog hammer test*. Hal ini dikarenakan Hal ini dikarenakan sistem pembacaan *analog hammer test* yang mengambil nilai tengah di setiap pembacaan. Hasil dari pembacaan uji silinder tidak digunakan dalam menentukan

nilai mutu beton. Mutu beton dari uji silinder tidak sesuai dengan mutu beton rencana sehingga tidak dapat digunakan sebagai penentuan nilai mutu beton. Permasalahan teknis saat pelaksanaan dapat mempengaruhi nilai dari mutu benda uji tersebut. Berikut ini merupakan hasil uji mutu beton.



Gambar 4.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Sumber : Dokumentasi Penelitian

Berikut ini merupakan hasil uji mutu beton.

Tabel 4.1 Mutu Beton Tiap Spesimen

Kolom	Analog Hammer Test (MPa)	Uji Tekan Silinder (MPa)
SW – 50	29,47	13,35
DGK – 75	23,30	23,30
DGK – 150	21,42	14,351

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.1 di atas, didapatkan nilai mutu beton untuk spesimen SW-50, DGK-75, dan DGK-10 dari hasil pembacaan *analog hammer test* berturut-turut adalah sebesar 29,47 Mpa, 23,30 Mpa, dan 21,42 Mpa. Sementara mutu beton dari uji tekan silinder berturut-turut untuk spesimen SW-50, DGK-75, dan DGK-10 sebesar 13,35 Mpa, 23,30 Mpa, dan 14,351 Mpa. Mutu beton dari masing-masing benda uji tersebut yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya. Tampak bahwa mutu beton masing-masing spesimen walaupun pada awalnya direncanakan sebesar 20 Mpa. Hal ini dikarenakan ketika pelaksanaan untuk benda uji tekan beton tidak dilakukan dengan benar. Material dari adukan molen dengan ukuran

besar dan kecil tidak tersebar secara merata karena dimasukkan dengan memilah-milah dan memasukkan material kasar dan besar terlebih dahulu dan pada bagian atas yang terakhir dimasukkan material yang kecil dan halus.

Berdasarkan tabel tersebut diketahui pula nilai slump berkisar antara 9,5-19 cm untuk semua variasi dinding geser. Keberagaman dari nilai uji slump ini dikarenakan pada saat pengecoran agregat halus ataupun agregat kasar yang digunakan dalam kondisi cukup kering atau basah sehingga kadar air pada campuran beton beragam. Berikut adalah cakupan nilai standar berdasarkan PBI 1971 untuk struktur dinding.

Tabel 4.2 Nilai Standar Slump

	maks	min
-dinding	12,5	5
-pelat pondasi		
-pondasi telapak bertulang		
-pondasi telapak tidak bertulang	9	2,5
-kaison		
-konstruksi di bawah tanah		
-pelat	15	7,5
-balok		
-kolom		
-dinding		
pengerasan jalan	7,5	5
pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : PBI 1971

4.1.2 Slump

Untuk setiap pengecoran diambil 1 buah sampel berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, begitu juga dengan uji slump yaitu dilakukan pada setiap pengecoran dengan cara dicetak pada cetakan berbentuk kerucut untuk mengukur penurunan cetakan seperti pada gambar 4.2. Pengujian slump ini bertujuan untuk mengetahui tingkat *workability* atau tingkat kemudahan untuk dikerjakan dan juga kekentalan pada beton segar. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama

mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kental menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak.



Gambar 4.2 Pengujian Slump

Sumber : Dokumentasi Penelitian

Berikut ini merupakan hasil uji slump dan uji kuat tekan beton.

Tabel 4.3 Nilai Slump dan Mutu Beton Dinding Geser Berdasarkan Uji Tekan

Benda Uji	Slump (cm)	Umur Beton (hari)	Berat (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Mutu Beton f'c 28 hari (Mpa)
SW-50	9.5	28	12.4	109.837	11.20
	19		12.3	164.756	16.79
	17		12.4	118.330	12.06
			Rata-rata		13.35
DGK-75	15		12.15	285.916	29.15
	14.5		12.35	260.439	26.55
	12.5		12.3	139.278	14.20
			Rata-rata		23.30
DGK-150	10.5		12.1	144.374	14.72
	16		12.4	125.690	12.81
	17		12.55	152.300	15.52
			Rata-rata		14.351

Sumber : Data hasil pengujian

4.1.3 Analog Hammer Test

Analog hammer test merupakan suatu metode yang digunakan untuk mencari nilai mutu beton tanpa merusak beton. Karena tidak merusak beton, maka tidak diperlukan benda uji tambahan sehingga dapat mengurangi biaya. Penggunaannya tergolong mudah karena dapat langsung diaplikasikan kepada spesimen yang akan dihitung nilai mutunya. Metode

analog hammer test menggunakan alat yang sederhana yang sifatnya portabel dan mudah dalam pengoperasiannya sehingga tidak memerlukan keahlian khusus dalam membaca nilai yang dihasilkan saat pengujian berlangsung dan hanya memerlukan waktu yang relatif singkat untuk mendapatkan semua data yang diinginkan dibandingkan dengan metode uji tekan beton. Berikut ini merupakan hasil uji analog hammer test.

Tabel 4.4 Mutu Beton Dinding Geser Berdasarkan Uji Analog Hammer Test

SUDUT PUKULAN	0°	0°	0°	0°	0°	0°	0°	
KODE BIDANG UJI	SW - 50	DGK - 75	DGK - 150	SW - 30	SW - 40	SD - 150	SD - 300	
TITIK TEMBAKAN KE								
NILAI LENTING PALU BETON (R)	1	40	34	34	34	36	36	38
	2	40	32	30	36	35	36	38
	3	38	32	32	36	33	35	36
	4	38	36	34	38	32	35	36
	5	40	32	30	34	36	34	38
	6	36	36	33	38	32	35	38
	7	36	35	32	36	34	34	38
	8	36	33	30	34	34	38	34
	9	40	34	34	36	34	34	36
	10	36	35	33	34	34	34	34
Jumlah N	10	10	10	10	10	10	10	
R MAKSIMUM	40	36	34	40	36	34	34	
R MINIMUM	36	32	30	36	32	30	30	
R RATA-RATA	38.0	33.9	32.2	35.6	34	35.1	36.6	
R RATA-RATA TERKOREKSI	38.0	33.9	32.2	35.6	34.0	35.1	36.6	
PERKIRAAN KUAT TEKAN	355.04	280.74	258.13	326.35	302.19	320.32	343.1	
Koreksi ke silinder	0.83	29.47	23.30	21.42	27.09	25.08	26.59	28.48

Sumber : Dokumentasi Pengujian

Berikut ini merupakan nilai mutu beton berdasarkan uji *analog hammer test*.

Tabel 4.5 Mutu Beton Dinding Geser Berdasarkan Uji Analog Hammer Test

Kolom	Analog Hammer Test (MPa)
SW – 50	29,47
DGK – 75	23,30
DGK – 150	21,42

Sumber : Dokumentasi Pengujian

4.1.4 Baja Tulangan

Analisa baja tulangan dilakukan dengan uji tarik baja tulangan untuk mengetahui tegangan leleh (f_y) pada setiap tulangan yang digunakan di benda uji dinding geser. Uji tarik baja dilakukan pada tulangan longitudinal dan tulangan transversal pada dinding geser. Terdapat tiga buah sampel tulangan yang dilakukan pengujian dengan diameter $\varnothing 8$ untuk

diperoleh rata-rata tegangan leleh (f_y) yang digunakan pada benda uji dinding geser. Sampel uji tarik dipotong sepanjang 20 cm (untuk memenuhi $20x_d \geq 20\text{cm}$).



Gambar 4.3 Pengujian Tarik Tulangan Baja

Sumber : Dokumentasi Pengujian

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sample pada alat uji tarik, dimana minimal 5x d pada setiap ujung sample dijepit lateral, dan 10x d bagian tengah sampel bebas. Setelah itu, dilakukanlah uji tarik pada sample, dan hasil dari uji tarik ini berupa grafik tegangan regangan yang selanjutnya dilakukan analisis untuk diperoleh tegangan lelehnya.

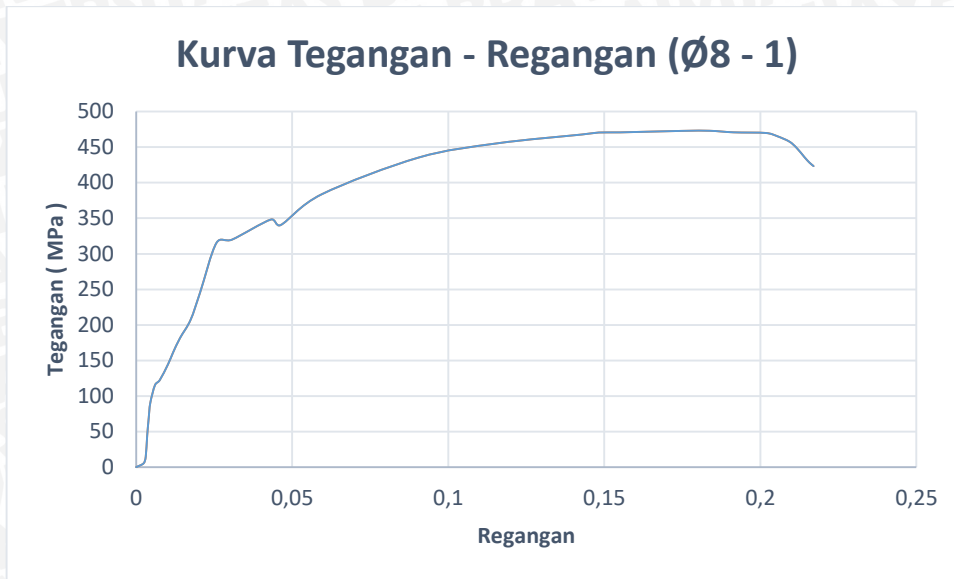
Tulangan dengan diameter $\varnothing 8$ tersebut digunakan pada dinding geser dan pondasi dari setiap benda uji. Berikut ini merupakan hasil uji tarik baja tulangan.

Tabel 4.6 Tegangan Leleh Tulangan Kolom

Nomor Tulangan	Diameter	Diameter Aktual (mm^2)	A (mm^2)	P (N)	f_y (Mpa)
1	$\varnothing 8$	7,88	48,744	16406	336,57
2	$\varnothing 8$	7,88	48,744	19660	403,33
3	$\varnothing 8$	7,88	48,744	19335	396,66
Fy rata-rata					378,86

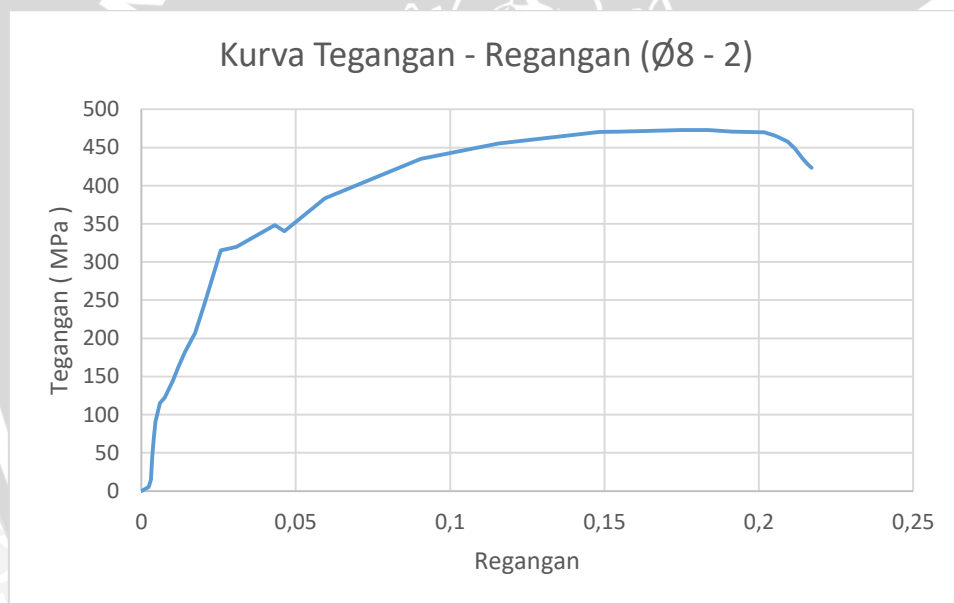
Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.6 di atas didapatkan tegangan leleh (f_y) rata-rata untuk diameter $\varnothing 8$ sebesar 378,86 MPa.



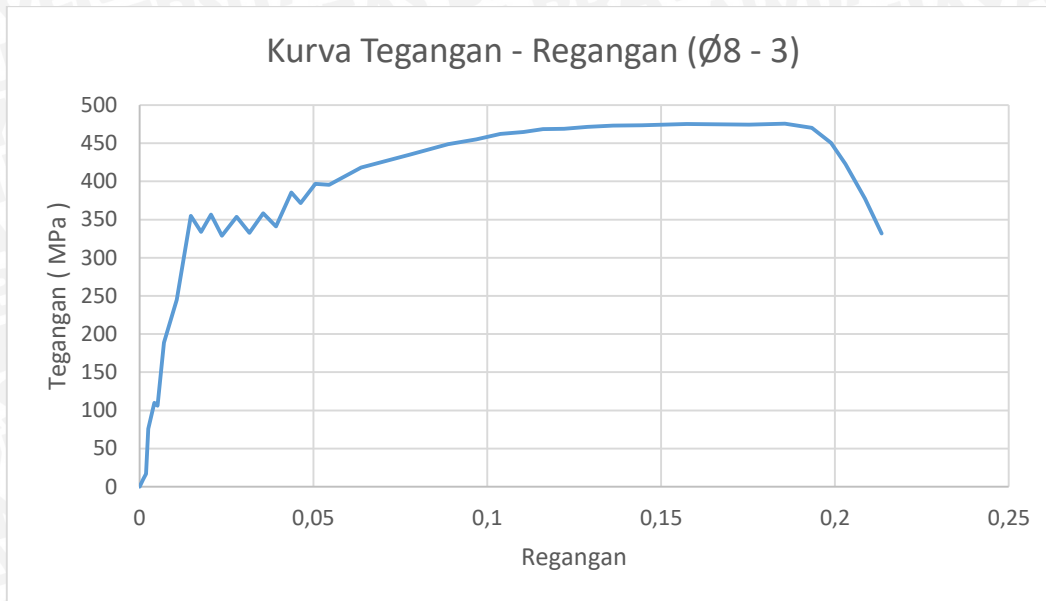
Gambar 4.4 Pengujian Tarik Tulangan Baja

Sumber : Dokumentasi Pengujian



Gambar 4.5 Pengujian Tarik Tulangan Baja

Sumber : Dokumentasi Pengujian



Gambar 4.6 Pengujian Tarik Tulangan Baja

Sumber : Dokumentasi Pengujian

4.2 Kekuatan Dinding Geser Teoritis

Perhitungan kekuatan dinding geser secara teoritis bertujuan untuk mencari nilai beban lateral maksimum (P_h), dan Momen ultimit (M_u) yang terjadi dengan beban aksial sebesar $0,1 P_u$. Perhitungan dilakukan untuk rasio tulangan longitudinal (ρ_v) 0,8% dan 1,1% dengan f'_c sesuai hasil pembacaan *analog hammer test* masing-masing spesimen seperti yang telah disebutkan sebelumnya..

Perhitungan dinding geser secara teoritis menggunakan analisa kolom segi empat bertulangan 2 sisi dengan asumsi tumpuan jepit bebas. Hasil perhitungan dinding geser teoritis ditunjukkan oleh tabel di bawah ini.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Dinding Geser Teoritis

Kolom	0,05 P_u (kN)	P_h (kg)	M_u (kgm)
SW-50	43.45	72.2241	40.5
DGK-75	36.906	70.7786	39.2
DGK-150	34.9	70.07073	38.6

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.7 di atas nampak bahwa perbedaan jarak sengkang memberikan pengaruh yang tidak terlalu signifikan pada nilai momen nominal (M_n) dan beban lateral maksimum (P_u) untuk ukuran tulangan longitudinal yang sama. Sedangkan perbedaan rasio tulangan

longitudinal dapat mempengaruhi nilai momen nominal (M_n) dan beban lateral maksimum (P_u). Semakin besar rasio tulangan longitudinal maka dinding geser akan semakin mampu menahan momen nominal dan beban lateral.

4.3 Hasil Pengujian Beban Lateral Siklik

Pengujian beban lateral siklik dilakukan ketika usia beton di atas 28 hari. Data yang didapatkan dari pengujian siklik berupa data beban lateral yang terjadi saat nilai perpindahan total yang telah ditentukan setiap siklusnya tercapai. Penggunaan *displacement control* pada pengujian ini membagi pengujian dalam beberapa siklus dengan kenaikan drift sebesar 0,25% sampai drift mencapai 1% dan dilanjutkan dengan kenaikan drift 0,5 % hingga spesimen mengalami keruntuhan beban lateral.

Untuk satu siklus pengujian dilakukan sekali pengulangan beban, sehingga didapatkan dua data beban untuk perpindahan yang sama. Analisis hubungan beban-perpindahan untuk kurva positif dilakukan dengan merata-rata hasil setiap siklus yang sama, begitu juga dengan kurva negatif. Sehingga, kurva positif dan negatif memiliki bentuk yang tidak harus sama, nantinya hasil dari kurva positif akan dibandingkan dengan hasil kurva positif lainnya, sama halnya dengan kurva negatif yang akan dibandingkan dengan kurva negatif. Hal tersebut dilakukan karena hasil dari pengujian beban lateral siklik antara kurva positif dan negatif tidak dapat dibandingkan secara langsung karena pada saat pengujian siklus negatif pada spesimen sudah terjadi penurunan kekuatan akibat pengujian siklus positif yang dilakukan sebelumnya.

Pada pengujian setiap spesimen dinding geser didapatkan hasil yang sangat signifikan pada kurva negatif dan positif. Kurva positif menunjukkan perpindahan yang lebih pendek dari kurva negatif. Hal ini dikarenakan keterbatasan alat sensor pembaca beban yang hanya memiliki kapasitas 5 ton saja sementara sensor untuk membaca beban arah negatif memiliki kapasitas 10 ton. Sehingga ketika pembacaan beban sudah mendekati 5 ton maka pengujian searah positif dihentikan dan hanya dilakukan pengujian searah positif. Hal ini akan mempengaruhi pada analisis data dan kesimpulan dari penelitian. Dimana kurva yang didapatkan dari hasil pengujian tidak akan dapat digunakan sepenuhnya karena tidak menunjukkan nilai perpindahan saat beban maksimum maupun kondisi saat sudah terjadi penurunan. Dua kondisi tersebut sangat penting untuk menentukan daktilitas dan kekakuan dari dinding geser. Maka dari itu hanya digunakan analisis data dari kurva negatif yang

memuat informasi perpindahan saat kondisi beban maksimum dan sesudah terjadi penurunan kekuatan.

4.3.1 Analisis Beban Lateral Maksimum

Beban lateral maksimum merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam perhitungan daktilitas perpindahan serta kekakuan. Pada perhitungan daktilitas perpindahan seperti perpindahan saat leleh dan perpindahan saat ultimit sangat berkaitan dengan beban lateral maksimum. Pada perhitungan kekakuan, nilai beban lateral maksimum digunakan dalam penentuan kemiringan garis antara hubungan beban dan perpindahan dalam metode sekan maupun tangen. Oleh karena itu perlu adanya kontrol terhadap nilai beban lateral maksimum yang terjadi saat pengujian. Berikut ini merupakan data beban lateral maksimum yang didapatkan dari hasil eksperimen pada masing-masing spesimen.

Tabel 4.8 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

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.8 di atas nampak bahwa nilai dari beban lateral maksimum hasil eksperimen lebih besar dari hasil teoritis. Namun angka yang ditunjukkan dari hasil eksperimen hanya nilai negatif saja. Hal ini dikarenakan ketika pemberian beban dilakukan searah positif, sensor beban telah mencapai batas maksimumnya sehingga percobaan tidak bisa dilanjutkan. Seperti yang sudah dibahas di atas, nilai beban lateral maksimum searah positif tidak bisa didapatkan dikarenakan keterbatasan alat uji sehingga hanya digunakan nilai dari hasil pengujian searah negatif. Walaupun alat uji searah positif memiliki keterbatasan, namun pengujian semi siklik yang mengharuskan adanya pengujian searah positif tetap dilakukan dengan harapan benda uji akan mencapai beban lateral maksimum sebelum mencapai 5 ton sesuai dengan analisa beban lateral maksimum untuk benda uji DGK-75 dan SW-50 seperti pada tabel 4.8 di atas. Namun pada pelaksanaannya, kedua benda uji tersebut memiliki nilai beban lateral yang lebih besar dari perhitungan teoritis sehingga nilai beban lateral maksimum tidak dapat didapat dari hasil pengujian. Selain itu, sifat dari dinding geser setelah mengalami perlakuan pembebanan searah sumbu positif akan berubah dan mempengaruhi hasil pada saat pengujian searah negatif.

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa 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.

4.3.2 Analisa Daktilitas Perpindahan

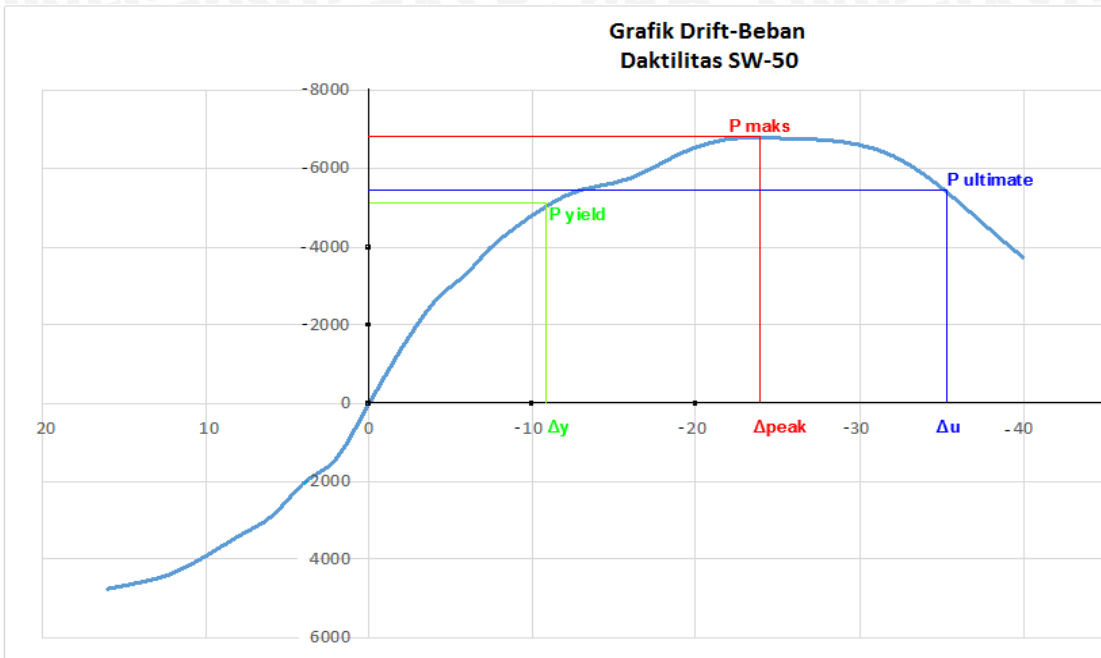
Daktilitas perpindahan didapatkan dengan membagi nilai perpindahan saat ultimit (Δ_u) dengan perpindahan saat leleh (Δ_y). Perpindahan saat ultimit didapatkan dengan mengalikan 80% dari beban lateral maksimum. Pengurangan kekuatan sebesar 20% terjadi setelah beban mengalami penurunan dimana diasumsikan terjadi keruntuhan lateral. Sementara nilai perpindahan saat leleh didapatkan saat kekuatan mencapai 75% sebelum kekuatan lateral maksimum. Berikut ini nilai dari perpindahan saat ultimit dan leleh.

Tabel 4.9 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

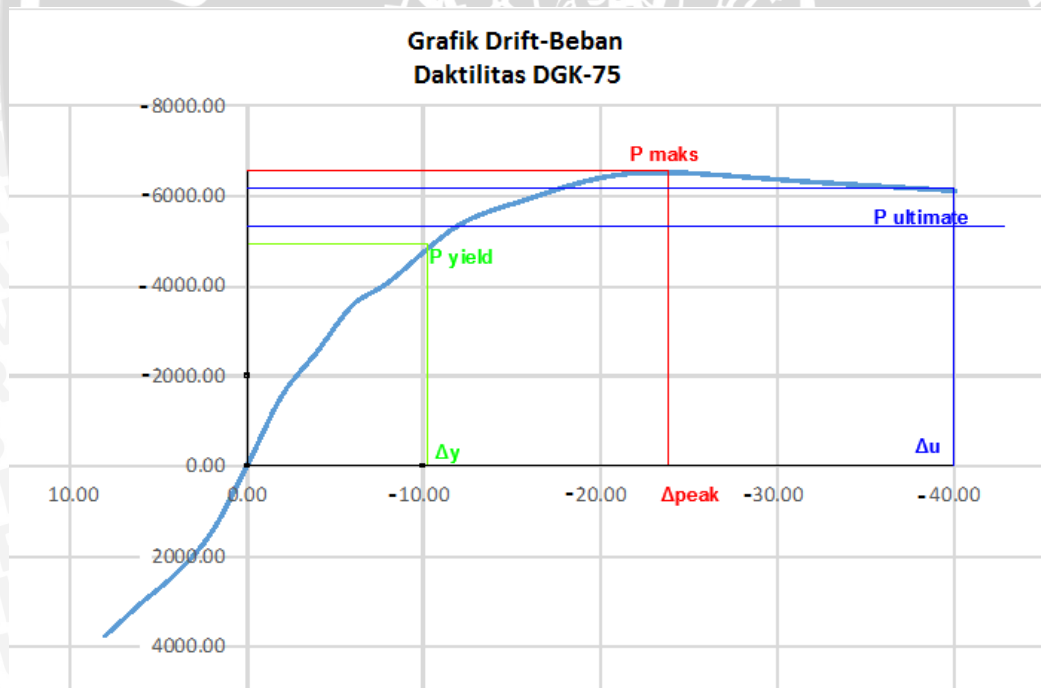
Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.9 dapat dilihat bahwa dengan semakin rapatnya 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.



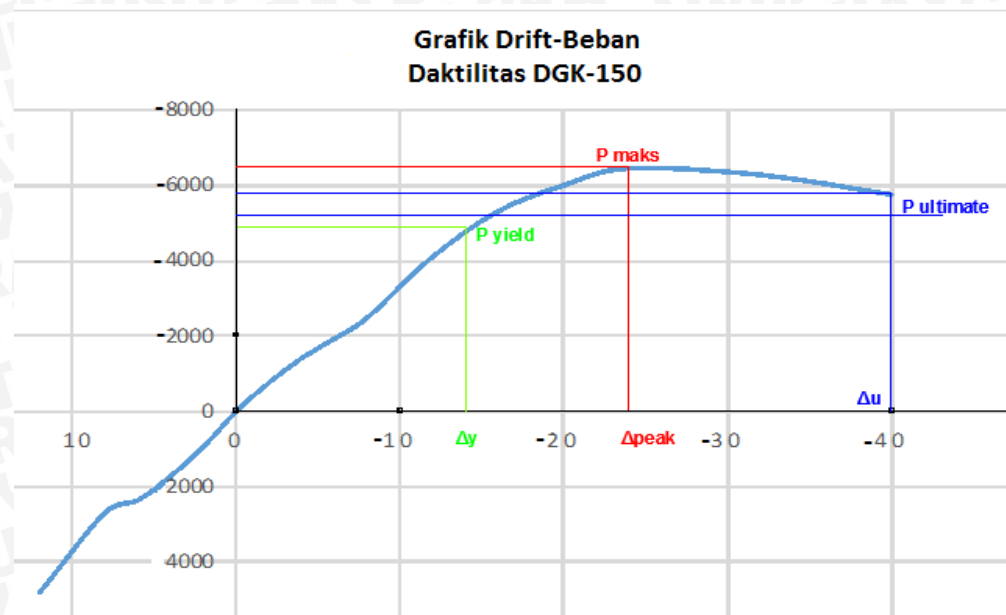
Gambar 4.7 Perpindahan saat Ultimit dan Leleh SW-50

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan



Gambar 4.8 Perpindahan saat Ultimit dan Leleh DGK-75

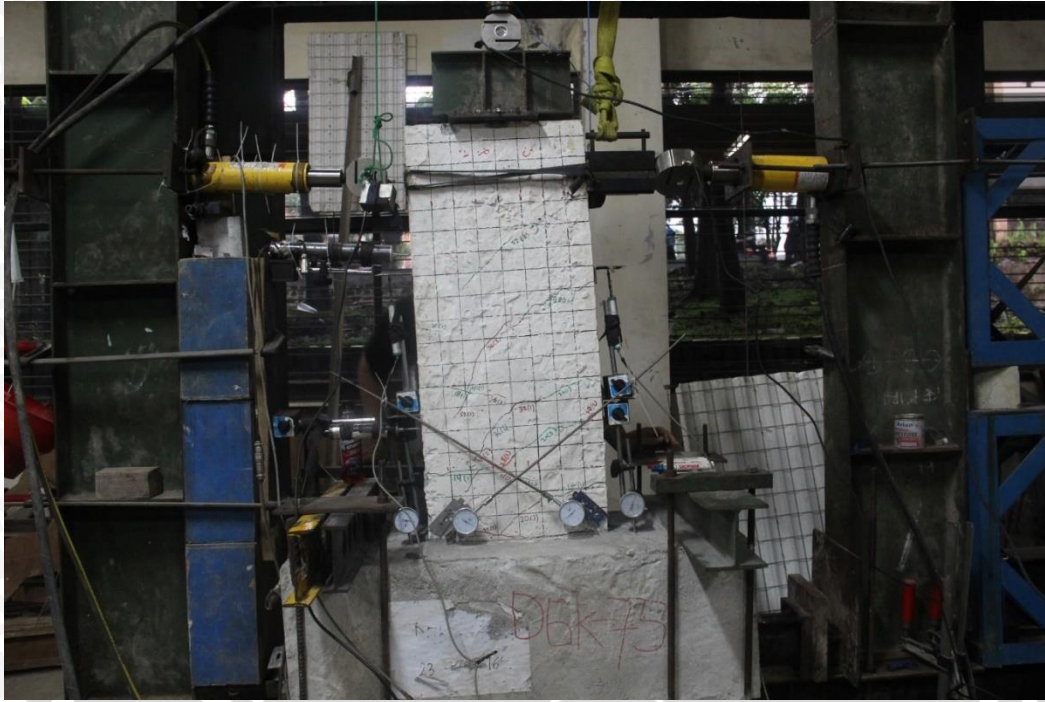
Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan



Gambar 4.9 Perpindahan saat Ultimit dan Leleh DGK-150

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

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.



Gambar 4.10 Kondisi Akhir Percobaan DGK-75 Belum Runtuh

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

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 4.9 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 4.10 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

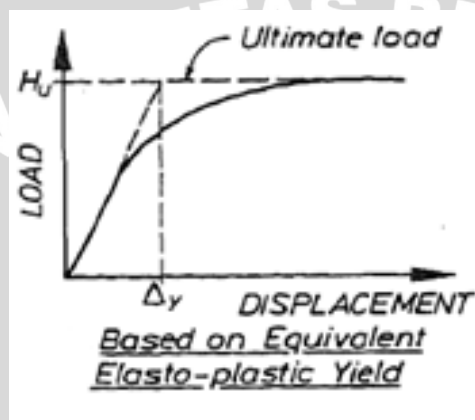
Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.10 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 4.10 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 komposisi ultimit, benda uji DGK-150 memiliki daktilitas ultimit lebih besar dibandingkan dengan SW-50.

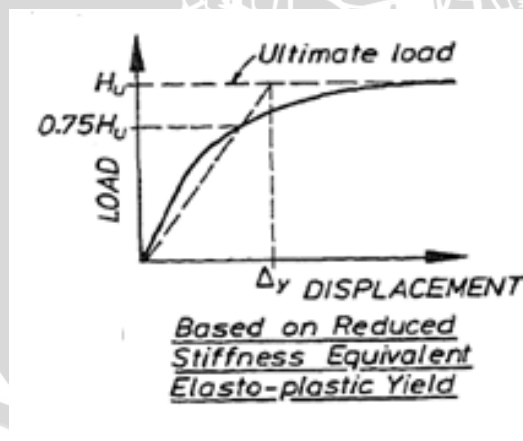
4.3.3 Analisis Kekakuan

Nilai kekakuan suatu benda dapat dicari dengan membagi nilai beban lateral terhadap perpindahan yang terjadi. Dalam hal ini bisa dikatakan nilai kekakuan dapat dicari dengan menghitung besarnya nilai kemiringan atau gradien dari satu garis hubungan antara beban lateral dan perpindahan. Pada dasarnya ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mencari nilai kekakuan, namun dalam hal ini digunakan metode tangen dan sekan. Kedua metode ini memiliki kesamaan, yaitu sama-sama menggunakan data beban lateral maksimum. Yang membedakannya adalah metode sekan membutuhkan data tambahan dari perpindahan saat beban lateral sebesar 75% dari beban maksimum atau saat kondisi leleh.



Gambar 4.11 Metode Tangen

Sumber: Park , 1988

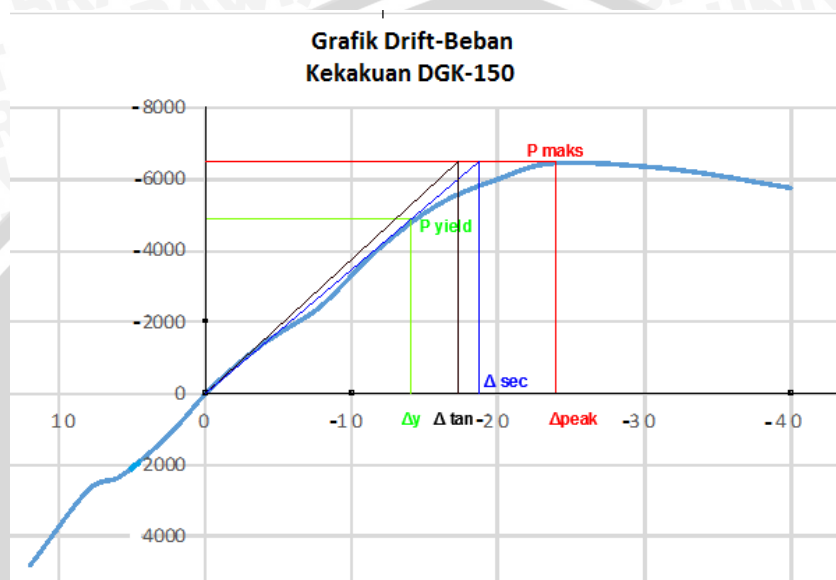


Gambar 4.12 Metode Sekan

Sumber: Park , 1988

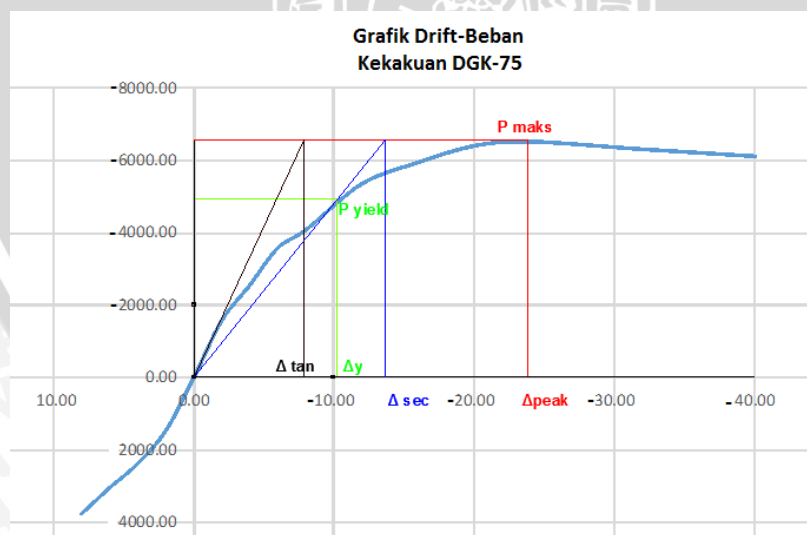
Gambar 4.11 dan 4.12 menunjukkan bahwa metode sekan lebih landai dari metode tangen. Hal ini dikarenakan metode sekan melalui titik leleh sebesar 0,75 dari beban maksimum yang membuat perpindahannya lebih besar dari perpindahan bila menggunakan

metode sekan. Hal ini tentu akan mempengaruhi besarnya nilai kekakuan dari benda uji. 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.



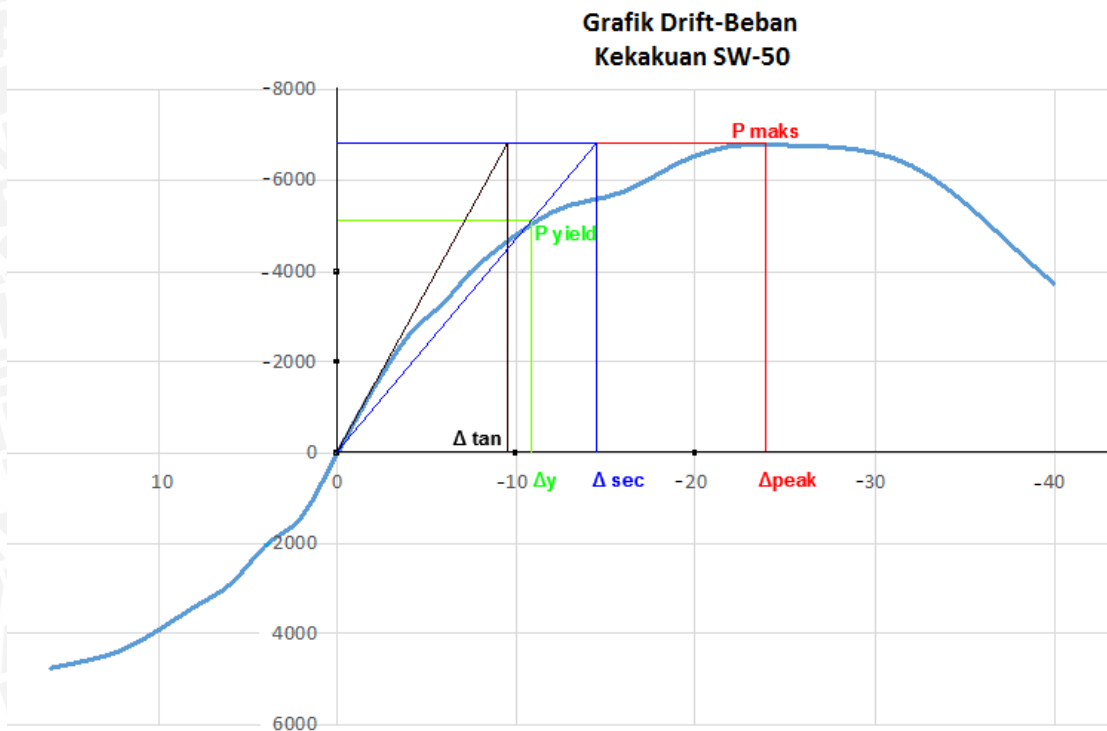
Gambar 4.13 Grafik Kekakuan DGK-150

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan



Gambar 4.14 Grafik Kekakuan DGK-75

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan



Gambar 4.15 Grafik Kekakuan SW-50

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

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 4.11 dibawah 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 4.11 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

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.11 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 ph sebesar 0,8% dan SW-50 memiliki ph sebesar 1,1%. Perbedaan nilai rasio tulangan horizontal ph 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 ph sebesar 0,3% memberikan nilai kekakuan yang tidak terlalu signifikan. Namun perlu diperhatikan bahwa nilai ph mempengaruhi penggunaan tulangan pada dinding geser. Semakin besar nilai ph, maka penggunaan tulangan semakin banyak. Bila dilihat dari segi ekonomisnya, SW-50 lebih ekonomis dari DGK-75 karena nilai ph 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 4.12 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

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.12 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 kekakuan 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 4.13 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

Sumber: Hasil Pengujian dan Perhitungan

Dari tabel 4.13 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 tangen menggambarkan nilai kekakuan saat kondisi belum leleh.

Dari tabel 4.13 dapat kita lihat bahwa nilai kekakuan yang diperoleh menggunakan metode sekan lebih kecil dari metode tangen. 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 tangen 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.





BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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 tangen 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 tangen 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.

5.2 Saran

Dari penelitian mengenai pengaruh variasi jarak sengkang dan kekangan terhadap daktilitas dan kekakuan dinding geser bila diberi beban siklik terdapat beberapa saran yang direkomendasikan 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.
- Ghannoum, W.M., Moehle, J.P., and Bozorgnia, Y. 2008. *Analytical Collapse Study of Lightly Confined Reinforced Concrete Frames Subjected to Northridge Earthquake Ground Motions*. Journal of Earthquake Engineering, Vol 12, pp 1105–1119.
- Nawy, Edward G. 2010. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT Refika Aditama
- Park. 1988. *Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. Japan: Ninth World Conference on Earthquake Engineering
- Park dan Paulay. 1975. *Reinforced Concrete Structures*. New York: John Wiley & Sons
- Paulay dan Priestley. 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry buildings*. New York: Wiley Interscience
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Insitu and Precast Soft Storey Building*. Victoria: Swinburne University of Technology. Disertasi
- Wibowo, Ari. 2012. *Seismic Performance of Lightly Reinforced Structural Walls for Design Purposes*. ICE Magazine of Concrete Research. Australia: ICE Publishing.