Vol. 12 No. 02 Oktober (2026) Halaman Artikel (111-117)

JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN

Website: https://ejournal.um-sorong.ac.id/index.php/rancangbangun

EVALUASI KEMAMPUAN DAKTILITAS DAN KEKAKUAN BALOK GESER UMUR 7 HARI DAN 28 HARI MENGGUNAKAN BETON INSTAN

EVALUATION OF THE DUCTILITY CAPACITY AND STIFFNESS OF SHEAR BEAMS AT 7 DAY AND 28 DAY USING INSTANT CONCRETE

Binti Kholifatus Sholikhah[1*], Bambang Sabariman[2]

[(1,2)] Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Beton instan merupakan material alternative dalam konstruksi yang memudahkan pelaksanaan dan konsistensi mutu, namun penerapan pada elemen struktur khususnya balok geser, masih memerlukan kajiian lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas struktur, daktilitas kekakuan, serta pola keruntuhan yang terjadi pada balok beton instan dengan mutu rencana f'_c= 25 MPa pada umur 7 hari dan 28 hari. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen melalui pengujian lentur dua titik pada balok beton bertulang tanpa sengkang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa beton instan yang digunakan mampu mencapai mutu rencana dengan nilai kuat tekan silinder umur 7 hari sebesar 38,05 MPa dan 43,57 MPa, sedangkan umur 28 hari sebesar 29,61 MPa. Benda uji balok pada penelitian ini menunjukkan kategori daktilitas rendah sesuai dengan FEMA 356. Selain itu, perbedaan umur beton menunjukkan adanya variasi respons kekakuan balok terhadap pembebanan. Serta mekanisme keruntuhan yang terjadi ditandai oleh munculnya retak geser diagonal yang berkembang dominan dari daerah tumpuan menuji titik pembebanan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton instan mampu mencapai mutu beton dalam waktu relatif cepat, namun keberdaan tulangan geser tetap diperlukan guna meningkatkan kemampuan daktilitas dan menghindari terjadinya kegagalan yang terjadi secara tiba-tiba pada elemen struktur.

Kata Kunci: Balok Tanpa Sengkang, Beton Instan, Daktilitas, Kekakuan, Pola Keruntuhan Geser

Abstract

Instant concrete is an alternative construction material that facilitates implementation and ensures consistent quality.Its application in structural elements, particularly shear beams, still requires further study. This research aims to evaluate the structural capacity, ductility, stiffness, and failure patterns of instant concrete beams with a design compressive strength of f'c = 25 MPa at 7 and 28 days. The study was conducted using an experimental method through two-point flexural testing on reinforced concrete beams without stirrups.The results indicate that the instant concrete achieved the design strength, with cylinder compressive strengths at 7 days of 38.05 MPa and 43.57 MPa, while the 28-day strength was 29.61 MPa. The beam specimens exhibited low ductility in accordance with FEMA 356. Differences in concrete age resulted in variations in beam stiffness response under loading. The failure mechanism was characterized by diagonal shear cracks developing predominantly from the support region toward the loading point. It can be concluded that instant concrete can achieve the required strength in a relatively short time, but shear reinforcement is still required to improve ductility and prevent sudden failure in structural elements.

Keywords: *Beams Without Stirrups, Ductility, Instant Concrete, Shear Failure Pattern, Stiffness*

PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan karena perannya sebagai komponen utama dalam struktur bangunan. Beton tersusun dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta bahan tambahan tertentu sesuai kebutuhan (Johannes et al., 2023). Seiring perkembangan teknologi konstruksi, inovasi beton terus berkembang, baik dari segi komposisi maupun metode pelaksanaannya. Salah satu inovasi tersebut adalah beton instan, yaitu beton siap pakai yang hanya memerlukan penambahan air saat diaplikasikan (Arman & Ramayanti, 2018). Beton instan banyak digunakan pada pekerjaan struktural maupun nonstruktural, khususnya pada lokasi yang sulit dijangkau oleh beton *readymix*, dengan mutu yang relatif konsisten dan terkontrol.

Dalam sistem struktur beton bertulang, balok berfungsi sebagai elemen utama yang memikul dan menyalurkan beban ke kolom. Balok harus dirancang untuk menahan beban lentur dan geser secara aman (Ayyubi, 2015). Kegagalan geser perlu dihindari

(*)Corresponding author
Telp :
E-mail : kholif310@gmail.com
http://doi.org/0.33506/rb.v12i02.5472
Received xx Bulan Tahun; Accepted xx Bulan Tahun; Available online xx Bulan Tahun
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

karena bersifat getas dan dapat terjadi secara tiba-tiba, sehingga keberadaan tulangan geser menjadi faktor penting dalam perencanaan balok beton bertulang (Nurlina et al., 2016). Selain kekuatan, aspek kekakuan dan daktilitas juga berperan penting dalam kinerja struktur, terutama pada struktur tahan gempa. Daktilitas memungkinkan struktur mengalami deformasi pasca-elastis tanpa kehilangan kapasitas secara signifikan, sedangkan kekakuan merupakan kemampuan balok saat mengalami deformasi (Sabariman & Tavio, 2024). Kekakuan menjadi faktor penting dalam perencanaan struktur tahan gempa. Hal ini terjadi karena kekakuan mempengaruhi respons struktur terhadap gempa (Afrilia et al., 2023).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas perilaku daktilitas dan kekakuan balok beton bertulang, namun penelitian mengenai balok geser berbahan beton instan masih sangat terbatas, khususnya pada balok tanpa tulangan geser (sengkang). Selain itu, pemanfaatan beton instan sebagai material pada elemen struktur utama juga masih jarang dilaporkan dalam literatur. Sehingga, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan kapasitas struktur, daktilitas, kekakuan, serta pola keruntuhan yang terjadi pada balok geser beton instan umur 7 hari dan 28 hari dengan mutu rencana f'_c = 25 MPa. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih menyeluruh terkait kinerja serta mekanisme beton instan serta dapat menjadi rujukan dalam pengembangan penelitian berikutnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Desain Penampang Balok

Desain penampang balok ditentukan berdasarkan perbandingan antara jarak pembebanan tumpuan dan tinggi efektif penampang dengan kondisi balok tanpa tulangan geser (Wang & Salmon, 1993). Persamaan yang digunakan antara lain:

$$1 < \frac{a}{d} \leq 2\frac{1}{2} \quad (1)$$

dengan,
a = Jarak titik beban menuju tumpuan terdekat (mm)
d = Tinggi efektif balok (mm)

Momen Retak Awal (M_{cr})

Momen yang bekerja pada elemen struktur yang menyebabkan tegangan tarik melampaui kapasitas tarik beton, sehingga menyebabkan terjadinya retak pada penampang. Persamaan yang digunakan antara lain (Setiawan, 2016):

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{c} \quad (2)$$

dengan,
M_{cr} = Momen Retak Awal (kNm)
f_r = Modulus retak beton (MPa)
I_g = Inersia *gross* penampang (mm^4)
c = Jarak serat tekan terjauh ke sumbu netral (mm)

Momen Penampang (M_n)

Momen tahanan nominal (M_n) pada balok tunggal yang berada di daerah Tarik dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Badan Standardisasi Nasional, 2019) :

$$M_n = A_s . f_y \left(d - \left(\frac{\beta_1 . x}{2}\right)\right) \quad (3)$$

dengan,
A_s = Luas tulangan tarik (mm^2)
β_1 = Faktor reduksi
d = Tinggi efektif balok (mm)
f_y = Tegangan leleh baja (MPa)
x = Tinggi balok tegangan (mm)

Lendutan (Δ)

Lendutan terjadi karena beberapa faktor diantaranya panjang bentang, kondisi perletakan atau tumpuan ujung, jenis pembebanan, serta kekakuan lentur elemen tersebut. Persamaan yang digunakan sebagai berikut (Nawy & Edward, 1998):

$$\Delta_{maks} = \frac{Pa}{24\,EI}(3l^2 - 4a^2) \quad (4)$$

dengan,
P = Beban (kN)
α = Panjang lengan (mm)
l = Panjang bersih balok (mm)
E = Modulus elastisitas beton (MPa)

Daktilitas

Daktilitas merupakan kemampuan suatu struktur mengalami lendutan maksimum sebelum runtuh (Park, 1975). Daktilitas dibedakan menjadi tiga kategori yaitu daktilitas rendah, daktilitas sedang, dan daktilitas penuh (FEMA 356, 2000). Menurut (Park, 1988; Sabariman & Tavio, 2024), daktilitas dapat dianalisis dengan mengevaluasi perpindahan saat leleh dan deformasi ultimit yang terjadi selama proses pembebanan. Persamaan yang digunakan antara lain (Moehle, 2015):

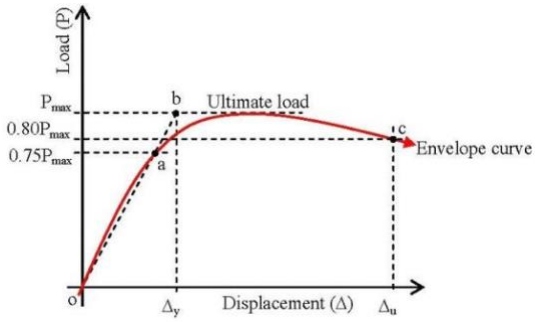
$$\mu_\Delta = \frac{\Delta_\mu}{\Delta_y} \quad (5)$$

dengan,
μ_Δ = Daktilitas displacement
Δ_μ = Lendutan ultimit
Δ_y = Lendutan pada saat leleh

Tabel 1. Benda Uji Balok

No	Kategori Daktilitas	Nilai Daktilitas
1	Daktilitas Rendah	$\Delta_\mu < 2$
2	Daktilitas Sedang	$2 \leq \Delta_\mu \leq 4$
3	Daktilitas Penuh	$\Delta_\mu > 4$

Sumber: FEMA 356 (2000)



Gambar 1. Grafik Mencari Δ_y
Sumber: (Park, 1988; Sabariman & Tavio, 2024)

Kekakuan

Kekakuan balok dihitung menggunakan persamaan berikut (Moehle, 2015) :

$$k = \frac{P}{\Delta} \quad (6)$$

dengan,
k = kekakuan lateral (kN/m)
P = Beban yang bekerja (kN)
Δ = Lendutan yang terjadi (m)

Pola Retak

Retakan yang muncul pada balok menunjukkan bahwa lebar celah retak berkaitan dengan besarnya tegangan yang bekerja pada tulangan Tarik dan beton. Retakan menurut (Nawy & Edward, 1998) dibagi menjadi tiga, yaitu keruntuhan lentur, keruntuhan geser-lentur, dan keruntuhan geser.

METODE

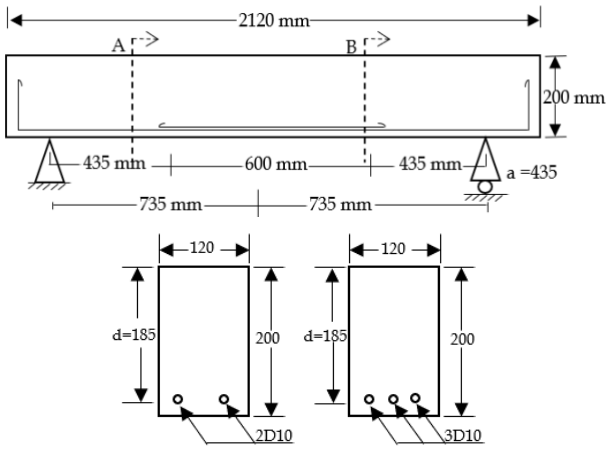
Penelitian ini menerapkan metode eksperimen dengan sumber data utama yang diperoleh langsung dilaboratorium. Selain itu, data pendukung dari berbagai sumber Pustaka, seperti buku, artikel jurnal, dan literatur lain, yang digunakan sebagai dasar dalam analisis serta penafsiran data hasil pengujian. Pengujian dilakukan di dua lokasi berbeda yaitu pengujian geser pada balok dilakukan di Laboratorium Bahan dan Beton Universitas Negeri Surabaya dan pengujian Tarik di Laboratorium PT Bhirawa Steel.

Penelitian ini menggunakan specimen balok beton bertulang dengan dimensi 120 mm x 200 mm x 2120 mm. Spesimen dirancang sedemikian rupa sehingga kegagalan yang diharapkan adalah kegagalan geser.

Tabel 2. Benda Uji Balok

Umur	Nama Benda Uji	f'_c rencana (MPa)
7 Hari	$BBGI_{7A}$	25
	$BBGI_{7B}$	25
28 Hari	$BBGI_{28A}$	25

Keterangan: BBGI = Beton Balok Geser Instan ; 7,28 = Umur Beton ; A,B = Jenis Beton



Gambar 2. Desain Benda Uji Balok

Berdasarkan perencanaan (lihat pada Gambar 2). Diperoleh nilai a/d sebesar 2,35. Sehingga, benda uji balok yang direncanakan termasuk dalam kategori balok pendek.

Tahapan Penelitian

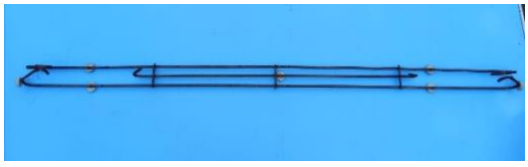
Tahapan pada penelitian ini sebagai berikut:

1) Studi literatur dan merencanakan dimensi balok, jenis serta jumlah tulangan, dan metode pengujian yang digunakan.
2) Menyiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan mulai dari pembuatan benda uji hingga dilakukan pengujian.
3) Pembuatan bekisting sesuai yang direncanakan.



Gambar 3. Bekisting Balok

4) Pemotongan dan pembengkokan tulangan sesuai dengan desain yang telah direncanakan.



Gambar 4. Tulangan Balok

5) Selanjutnya, tulangan diberi tahu beton guna untuk menahan tulangan agar tetap berada pada

posisi yang direncanakan. Setelah itu tulangan dimasukkan kedalam bekesting.

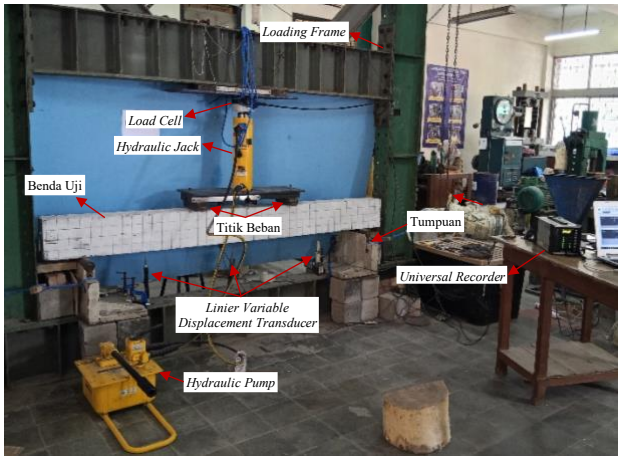
6) Pengecoran balok beton dilakukan dengan menggunakan beton instan Atozmix produksi PT Albicon Reka Sarana. Setiap benda uji balok membutuhkan 3 zak beton instan dengan *mix design* yang sudah direncanakan dengan mengambil 1 silinder setiap *mixing* untuk uji kuat beton.

Tabel 3. *Mix Design* Balok Instan

f'_c 25 MPa	7 Hari	28 Hari
Agregat	Maks 15 mm	Maks 15 mm
Slump	12±2	12±2
W/C rasio	0,35	0,50
Semen	490-500	380-390
Admixture (kg)	1-1,5	1-1,5
Perkiraan air	170-190	170-190
Agregat kasar 5-15 mm (kg/m^3)	911-919	967-979
Agregat halus <5mm (kg/m^3)	706-714	751-759

Sumber: PT Albicon Reka Sarana

7) Menuangkan campuran beton yang sudah di *mixing* kedalam bekisting sedikit demi sedikit lalu di vibrator, lakukan hingga selesai, kemudian diratakan menggunakan jidar untuk mengurangi gelembung udara yang ada dalam beton.
8) Curing balok beton dilakukan setelah balok dianggap mengeras ±24 jam.
9) Pungujian benda uji balok beton (lihat pada Gambar 4). Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data utama yaitu lendutan yang diperoleh dengan alat bantu LVDT (*Linear Variable Displacement Transducer*) yang terpasang guna untuk mengetahui perubahan deformasi akibat beban yang diberikan. Selain itu juga memperoleh data beban yang diterima dari *load cell* yang akan terekam secara otomatis dengan alat UR (*Universal Recorder*) yang terhubung pada laptop. Dengan mengabungkan data lendutan dan beban maka dapat memperoleh nilai daktilitas, kekakuan, serta kapasitas struktur sebelum mengalami kegagalan geser. Selain itu, Ketika melakukan eksperimen perlu mengamati pola retak untuk mengetahui reaksi struktur terhadap beban yang diberikan.



Gambar 5. *Loading Frame* Balok

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan tekan dilakukan pada silinder dengan diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm. Berikut hasil dari uji kuat tekan yang dilakukan:

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan

Benda Uji	f'_c	f'_c rata-rata (MPa)
SI_{7A}	36,22	
	37,35	38,05
	45,27	
SI_{7B}	41,03	
	46,97	43,57
	42,72	
SI_{28}	24,33	
	29,43	29,61
	35,08	

Sumber: hasil eksperimen

Keterangan: SI = Silinder Instan ; 7,28 = Umur Beton ; A,B = Jenis Beton

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa mutu beton rencana f'_c = 25 MPa telah terpenuhi. Nilai kuat rata-rata pada tiap benda uji adalah SI_{7A} sebesar 38,05 MPa, SI_{7B} sebesar 43,57 MPa, dan SI_{28A} sebesar 29,61 MPa,

Hasil Perhitungan Teoritis

Hasil analisis secara teoritis ini berupa kondiri retak awal yaitu Momen Retak (M_{cr}), Beban (P_{cr}), Lendutan (Δ_{cr}), hingga kondisi maksimal yaitu Momen Maksimal (M_{maks}), Beban (P_{maks}), Lendutan (Δ_{maks}). Berikut hasil dari masing-masing benda uji:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Teoritis

Data	$BBGI_{7A}$	$BBGI_{7A}$	$BBGI_{28A}$
M_{cr} (kNm)	3,074	3,289	2,712
P_{cr} (kN)	13,420	14,410	11,755
Δ_{cr} (mm)	0,300	0,302	0,298
M_{maks} (kNm)	10,286	10,997	9,093
P_{maks} (kN)	46,574	49,846	41,093
Δ_{maks} (mm)	2,401	2,539	2,287

Hasil Eksperimen

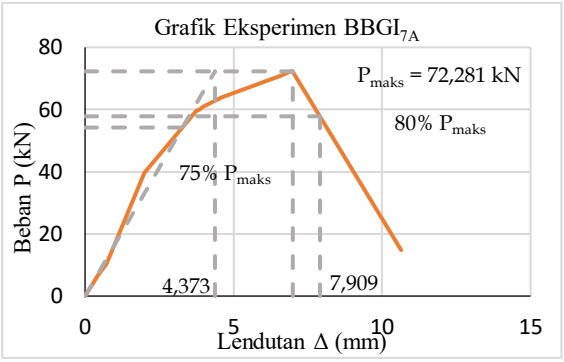
Hasil eksperimen pada penelitian ini berupa kondiri retak awal yaitu Momen Retak (M_{cr}), Beban (P_{cr}), Lendutan (Δ_{cr}), hingga kondisi maksimal yaitu Momen Maksimal (M_{maks}), Beban (P_{maks}), Lendutan (Δ_{maks}). Berikut hasil dari masing-masing benda uji:

Tabel 6. Hasil Eksperimen

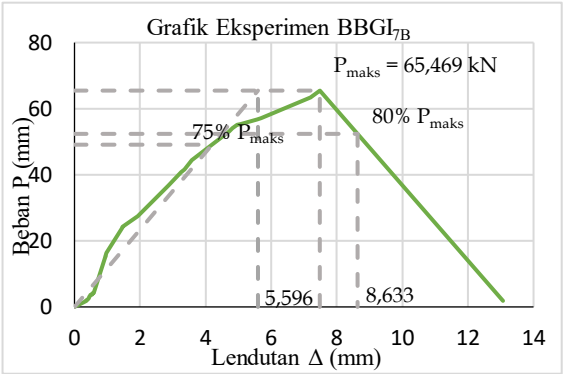
Data	$BBGI_{7A}$	$BBGI_{7A}$	$BBGI_{28A}$
M_{cr} (kNm)	8,801	5,409	5,212
P_{cr} (kN)	39,75	24,156	23,250
Δ_{cr} (mm)	2,009	1,464	1,175
M_{maks} (kNm)	15,877	14,395	11,267
P_{maks} (kN)	72,281	65,469	51,09
Δ_{maks} (mm)	6,993	7,481	4,085

Daktilitas dan Kekakuan

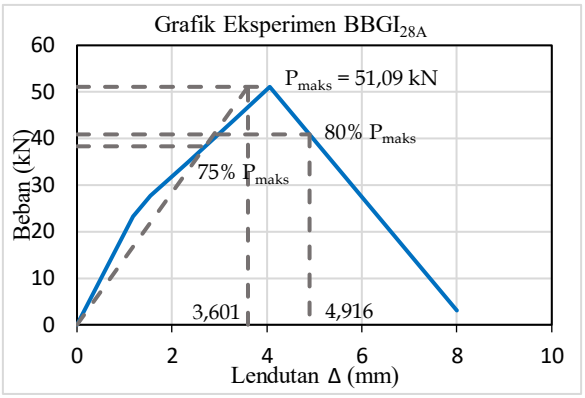
Hasil analisis daktilitas dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh dari eksperimen dengan FEMA 356. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa semua benda uji memiliki nilai daktilitas *displacement* kurang dari 2. Sehingga, termasuk kategori daktilitas rendah karena $\mu < 2$. Daktilitas dapat dihitung menggunakan rumus persamaan (5), sedangkan untuk kekakuan diperoleh menggunakan rumus persamaan (6).



Gambar 6. Grafik Lendutan Leleh dan Ultimit $BBGI_{7A}$



Gambar 7. Grafik Lendutan Leleh dan Ultimit $BBGI_{7B}$



Gambar 8. Grafik Lendutan Leleh dan Ultimit $BBGI_{28A}$

Tabel 7. Hasil Daktilitas *Displacement* (μ_Δ)

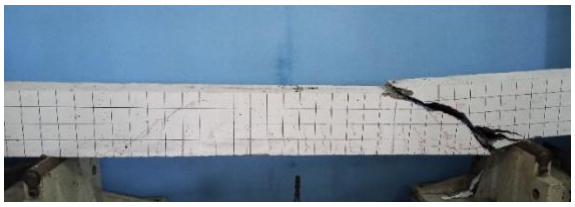
Benda Uji	μ_Δ (Eksperiment)	FEMA 356
$BBGI_{7A}$	1,809	Rendah
$BBGI_{7B}$	1,543	Rendah
$BBGI_{28A}$	1,365	Rendah

Tabel 8. Hasil Kekakuan (*k*)

Benda Uji	Kekakuan
$BBGI_{7A}$	16,528
$BBGI_{7B}$	11,699
$BBGI_{28A}$	14,187

Pola Keruntuhan

Hasil dari pengujian balok geser beton instan dengan pembebanan dua titik, diperoleh pola retak sesuai dengan yang diharapkan yaitu retak geser. Berikut gambar masing-masing balok:



Gambar 9. Pola Retak $BBGI_{7A}$



Gambar 10. Pola Retak $BBGI_{7B}$



Gambar 11. Pola Retak $BBGI_{28A}$

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan terjadinya kegagalan geser. Hal ini terjadi dengan munculnya retak memanjang kea rah tumpuan. Hal ini ditandai dengan terjadinya *spalling*, yaitu terlepasnya atau hancurnya beton disekitar retak diagonal akibat beton tidak mampu menahan tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya geser yang terus meningkat.

Berdasarkan penelitian ini ketiga benda uji mengalami kegagalan geser dominan yang terjadi pada salah satu sisi. Hal ini dapat terjadi oleh beberapa faktor di antarannya karena mekanisme tarik betonyang tidak merata atau adanya ketidakseragaman mutu pada beton (Sousa et al., 2023).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mutu beton instan yang dicapai melebihi target f'_c = 25 MPa, dengan masing-masing nilai uji tekan silinder beton yaitu: SI_{7A} sebesar 38,05 MPa, SI_{7B} sebesar 43,57 MPa, dan SI_{28A} sebesar 29,61 MPa. Serta nilai eksperimen dari Beban *Crack* (P_{cr}), Momen *Crack* (M_{cr}), Lendutan *Crack* (Δ_{cr}), Beban Maksimal (P_{maks}), Momen Maksimal (M_{maks}), dan Lendutan Maksimal (Δ_{maks}) lebih besar dibandingkan perhitungan secara teoritis.

Nilai daktilitas pada penelitian menunjukkan kategori daktilitas rendah sesuai dengan FEMA 356. Nilai daktilitas relatif rendah ini mengidentifikasikan bahwa perilaku struktur kurang mampu mengalami deformasi plastis yang besar sebelum runtuh. Hasil daktilitas pada penelitian ini yaitu, $BBGI_{7A}$ sebesar 1,842 ; $BBGI_{7B}$ sebesar 1,543 ; dan $BBGI_{28A}$ sebesar 1,365. Sedangkan, nilai kekakuan pada penelitian ini menunjukkan bahwa $BBGI_{7A}$ sebesar 16,528 kN/mm, $BBGI_{7B}$ sebesar 11,699 kN/mm, dan $BBGI_{28A}$ sebesar 14,187 kN/mm.

Berdasarkan hasil keempat benda uji, pola retak geser yang terjadi cenderung muncul pada salah satu sisi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, di antarannya distribusi tegangan yang tidak merata serta adanya ketidakseragaman mutu beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini, terutama kepada dosen pembimbing, staf Laboratorium Bahan dan Beton Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya, serta rekan-rekan yang telah membantu dan mendukung selama proses penelitian.

REFERENSI

Afrilia, A. T., Manggala, A. S., & Muhtar. (2023). *Studi Eksperimental Kekakuan Balok Beton Bertulang Rangkap dengan Agregat Normal Stiffness Experiment of Double Reinforced Concrete Beams with Normal Aggregate*. *4*(4), 100–106.

Arman, A., & Ramayanti, C. (2018). Studi Eksperimental Metoda Pembuatan Beton Instan fc' = 25 Mpa Dengan Penambahan Zat Adiktiffosroc SP 337 & Fosroc Conplast R. *Jurnal Menara Ilmu*, *XII*(79), 73–78.

Ayyubi, Y. M. Al. (2015). Pengaruh Nilai Banding Bentang Geser (a) Terhadap Tinggi Efektif (d) Pada Balok dengan Sengkang Miring Ditinjau Dari Kuat Lentur dan Geser. *Rekayasa Teknik Sipil*, *3*, 01–11.

Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Sni 2847 : 2019*.

FEMA 356. (2000). Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings (FEMA 356). *Federal Emergency Management Agency Washington D.C*, *November*.

Johannes, V., Sahureka, T. J. M., & Intan, S. (2023). Pengaruh Penambahan Sikament-Nn Dan Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton SCC (Self Compac Concrete). *Manumata*, *VIIII*(I), 57.

Moehle, J. (2015). *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings* (2015th ed.). McGraw-Hill Education.

Nawy, & Edward. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*.

Nurlina, S., Suseno, H., Hidayat, T., & Pratama, M. (2016). Perbandingan Daktilitas Balok Beton Bertulang Dengan Menggunakan Perkuatan CFRP Dan GFRP. *Rekayasa Sipil*, *10*(No. 1), 62–69. https://rekayasasipil.ub.ac.id/index.php/rs/article/view/333

Park, R. (1975). *Reinforced Concrete Structures*.

Park, R. (1988). *State-of-the Art Report, Ductility Evaluation from Laboratory and Analytical Testing*. Proceedings of Ninth World Conference on Earrthquake Engineering.

Sabariman, B., & Tavio. (2024). *Inovasi Untuk*

Peningkatan Kekuatan Dan Kekakuan Balok Lentur Dengan Isian Pasangan Bata Merah Yang Dibebani Beban Vertikal Statik Monotonik (pp. 53–63).

Setiawan, A. (2016). Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2013. *Erlangga*.

Sousa, D., Alex, M. D., Eva, O. L., Debs, E., & Mounir, K. (2023). Failure mechanism of one-way slabs under concentrated loads after local reinforcement yielding. *Engineering Structures*, *291*, 116396. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116396

Wang, C., & Salmon, C. G. (1993). *DESAIN BETON BERTULANG Edisi Ke-4 Jilid 1*. Erlangga.