

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT DAN FLY ASH PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KINERJA HUBUNGAN BALOK KOLOM DENGAN PEMBEBANAN STATIK (UMUR BETON 90 HARI)

Bahreisi Mahfud¹⁾, Edy Purwanto²⁾, Bambang Santosa³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

²⁾³⁾Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : bahreisi@gmail.com

Abstract

Potential magnitude earthquake that occurred in Indonesia led to many building and infrastructure damage from mild, moderate, to severe. Based on data from the earthquake damage to building structures, obtained the fact that the damage occurred is the dominant structure in the relationship column beam (HBK), while outside the beam and column connections still showed good performance and is only found in the area near the cracked beam-column connections. HBK performance can be improved with the addition of fiber to give way and fly ash in concrete. The purpose of this study was to determine the effect of fiber and fly ash on the performance of beam-column relations. Additional concrete with fly ash has a low compressive strength at early age, and will have a compressive strength of more or less the same as normal concrete at age 90 days. The method used in this study is the experimental test specimen in the form of relationship with the beam-column beam size 150 mm x 200 mm with a length of 1000 mm and a field size of 150 mm x 150 mm with a length of 1500 mm for static loading test at the age of 90 days. Total specimen as 6 pieces in which HBK, 3 HBK specimen fruit fly ash + fiber with the addition of steel fibers DRAMIX by 10 kg/m³, fly ash as much as 25% of the weight of cement and concrete HBK 3 pieces in the form of normal. Based on the test results showed that the addition of fiber and fly ash has a maximum load and higher ductility than normal concrete. HBK maximum load of fly ash + fiber increased 5.08% and 3.887% increased ductility than normal concrete specimen HBK. The addition of fly ash and fiber may also reduce the width of cracks on the fly ash + fiber HBK is HBK from the normal 0.63 cm to 0.5 cm.

Keywords : *Beam-column connection (HBK), fly ash+ fibre concrete.*

Abstrak

Besarnya potensi gempa yang terjadi di Indonesia menyebabkan banyak bangunan dan infrastruktur yang mengalami kerusakan dari tingkat ringan, sedang, sampai berat. Berdasarkan data kerusakan struktur bangunan akibat gempa, didapat fakta bahwa kerusakan struktur yang dominan terjadi adalah pada bagian hubungan balok kolom (HBK), sedangkan balok dan kolom diluar sambungan masih menunjukkan kinerja yang baik dan hanya terdapat retak di daerah dekat sambungan balok kolom. Kinerja HBK dapat diperbaiki dengan jalan memberi penambahan serat dan *fly ash* pada adukan beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat dan *fly ash* terhadap kinerja hubungan balok kolom. Beton dengan tambahan *fly ash* memiliki kuat tekan yang rendah di umur awal, dan akan memiliki kuat tekan yang kurang lebih sama dengan beton normal pada umur 90 hari. Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan benda uji yang berupa hubungan balok-kolom dengan ukuran balok 150 mm x 200 mm dengan panjang 1000 mm dan kolom ukuran 150 mm x 150 mm dengan panjang 1500 mm untuk uji pembebanan statik pada umur 90 hari. Total benda uji HBK sebanyak 6 buah dimana, 3 buah benda uji HBK Serat+*fly ash* dengan penambahan serat baja DRAMIX sebesar 10 kg/m³, *fly ash* sebanyak 25 % dari berat semen dan 3 buah berupa HBK beton normal. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat dan *fly ash* memiliki beban maksimum dan daktilitas yang lebih tinggi dari beton normal. Beban maksimum HBK serat+*fly ash* mengalami peningkatan 5,08 % dan daktilitas mengalami peningkatan 3,887 % dibandingkan benda uji HBK beton normal. Penambahan serat dan *fly ash* juga dapat mengurangi lebar retak pada HBK serat+*fly ash* yaitu dari 0,63 cm pada HBK normal menjadi 0,5 cm.

Kata Kunci: Hubungan balok kolom (HBK), beton serat+*fly ash*.

PENDAHULUAN

Letak Indonesia yang berada pada wilayah pertemuan tiga lempeng tektonik besar bumi menyebabkan banyak wilayah di Indonesia yang memiliki potensi gempa yang cukup besar. Banyak bangunan dan infrastruktur yang mengalami kerusakan akibat gempa. Hubungan balok kolom (HBK) adalah daerah yang kritis saat terjadi gempa. Hancurnya bagian HBK menjadi pemicu terjadinya momen sekunder yang sangat besar dan mengakibatkan robohnya bangunan oleh sebab itu perlu dilakukan kajian untuk meningkatkan kinerja hubungan balok kolom (HBK). Perbaikan dapat dilakukan dengan penambahan serat dan *fly ash* pada daerah hubungan balok kolom. Teknologi pemanfaatan serat dalam beton untuk meningkatkan kinerja beton sudah banyak digunakan di beberapa negara dan terbukti sangat efektif. Menurut Tjokodimuljo (1996) maksud utama penambahan serat ke dalam beton adalah untuk menambah kuat tarik beton, mengingat kuat tarik beton sangat rendah. Kuat tarik yang rendah berakibat beton mudah retak yang akhirnya mengurangi keawetan beton. Adanya kandungan serat di dalam beton menyebabkan beton dapat berperilaku *ductile*, karena penambahan serat tidak banyak menambah kuat

tekan beton, maka diperlukan bahan tambah lain yang dapat meningkatkan mutu beton yaitu *fly ash*. Penggunaan *fly ash* sebagai *admixture* (bahan tambahan) pada beton juga telah banyak digunakan, baik untuk beton pracetak maupun cor di tempat. Penambahan *fly ash* membuat *workability* beton menjadi lebih baik, beton lebih kedap air (*impermeable*). Selain harga *fly ash* yang lebih ekonomis dibandingkan semen, penggunaan *fly ash* juga merupakan tindakan pemanfaatan limbah batu bara yang banyak tidak terpakai. Beton yang mengandung *fly ash* mempunyai kuat tekan yang rendah dibandingkan beton normal pada saat umur awal dan diperkirakan pada saat umur 90 hari kuat tekannya kurang lebih sama. Kuat tekan maksimum dicapai pada penggunaan campuran *fly ash* 25 %, beton dengan campuran *fly ash* 25% memiliki kuat tekan lebih besar dibandingkan beton dengan campuran *fly ash* 15 % dan 20% baik pada umur 7, 28, dan 54 hari (Alve, 2010).

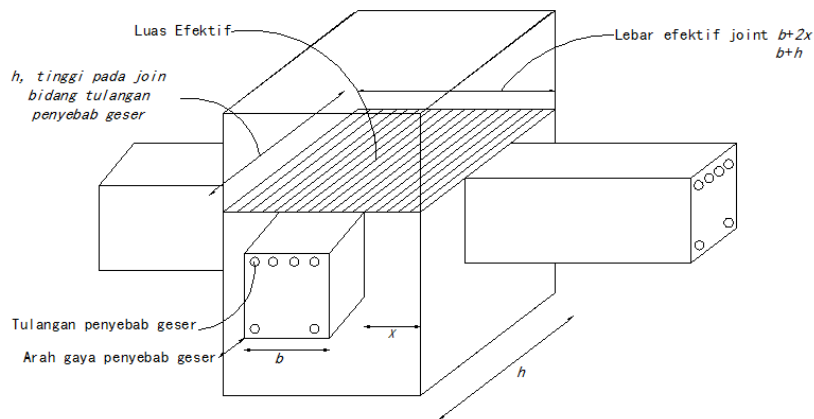
LANDASAN TEORI

Hubungan Balok Kolom (HBK)

(Hoendayanto, 2009) Dalam perencanaan struktur beton bertulang, khususnya untuk hubungan balok kolom (HBK) pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ada beberapa persyaratan yang harus diperhatikan dalam meninjau hubungan balok kolom antara lain :

- Persyaratan gaya
- Persyaratan geometri
- Persyaratan tampang

Apabila persyaratan tersebut dapat terpenuhi dengan baik maka langkah selanjutnya adalah meninjau kekuatan dari daerah efektif hubungan balok kolom (HBK), seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Luas efektif hubungan balok kolom (HBK)

Daerah efektif dalam arisan penampang hubungan balok kolom (HBK) menjadi sangat penting untuk mempertahankan stabilitas struktur. Akibat gaya lateral yang bekerja pada struktur, momen ujung lentur pada balok-balok yang merangka pada joint yang sama akan memutar pada arah yang sama. Selama ini, daerah tersebut diperhitungkan secara kuat karena adanya sistem pengekangan oleh tulangan sengkang. Dalam prakteknya akan terdapat banyak sekali pertemuan dari balok dan kolom serta sengkang itu sendiri sehingga menyulitkan pelaksanaannya. Kurangnya sengkang pada daerah joint tulangan utama yang tidak terkekang dan terdesak keluar akibat tekanan yang tinggi dari inti beton. Adanya kesalahan dalam detailing dan pelaksanaan pemasangan tulangan pada joint dapat menyebabkan keruntuhan.

Rumus hitungan kuat geser dapat dilihat sebagai berikut :

$$V_{jn} = c\sqrt{f'_c}A_j \dots\dots\dots [1]$$

keterangan:

V_{jn} = Gaya geser nominal joint (kN).

C = 1,7 (HBK terkekang pada keempat sisinya).

= 1,25 (HBK terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan).

= 1 (untuk hubungan lainnya).

A_j = Luas efektif joint (mm²).

Metode perbaikan beton dengan beton serat dan *fly ash* diharapkan akan terjadi sumbangsih kekuatan yang cukup signifikan untuk meningkatkan aspek kekuatan dan aspek daktilitas struktur.

Daktilitas

Daktilitas merupakan kemampuan struktur gedung mengalami simpangan paska-elastik yang besar secara berulang dan bolak balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup sehingga struktur tetap berdiri, walaupun sudah dalam kondisi di ambang keruntuhan.

Faktor daktilitas struktur gedung adalah rasio antara simpangan ultimit dan simpangan saat terjadi leleh pertama, seperti ditunjukkan pada Persamaan [2]

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \dots\dots\dots [2]$$

keterangan:

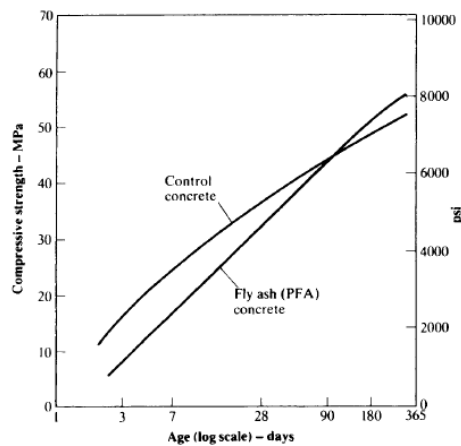
μ = daktilitas.

Δ_u = perpindahan dari 80% maksimum struktur.

Δ_y = perpindahan saat leleh pertama.

Umur Beton

Penambahan *fly ash* pada campuran beton menyebabkan penurunan panas hidrasi yang mengakibatkan perkembangan kekuatan beton menjadi lebih lama dibandingkan beton normal. Kuat tekan beton *fly ash* akan terus meningkat seiring bertambahnya umur beton, dan diperkirakan akan sama besar dengan beton normal pada umur 90 hari seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik perbandingan kuat tekan beton normal dan beton *fly ash*
(Sumber : A.M. Neville dan JJ Brooks, *Concrete Technology 2nd Edition*, 2010)

METODE PENELITIAN

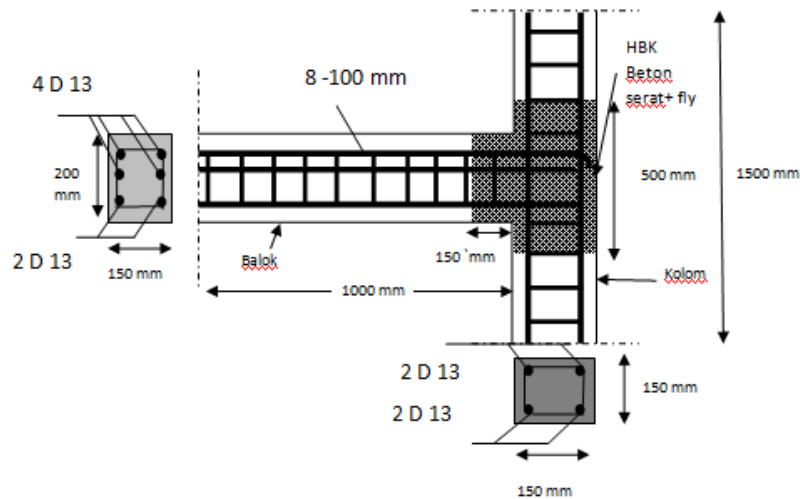
Penelitian ini dilakukan dengan benda uji berupa benda uji silinder dan elemen struktur hubungan balok kolom (HBK). Pengujian dilakukan dengan membandingkan antara benda uji beton normal dengan beton tambahan serat dan *fly ash*. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kuat tekan, kuat tarik belah untuk benda uji silinder dan pembebanan statik pada benda uji HBK. Kuat tekan beton normal yang dipakai adalah sebesar 20 MPa dengan rincian seperti terlihat pada Table 1 dan Tabel 2

Tabel 1. Benda uji silinder.

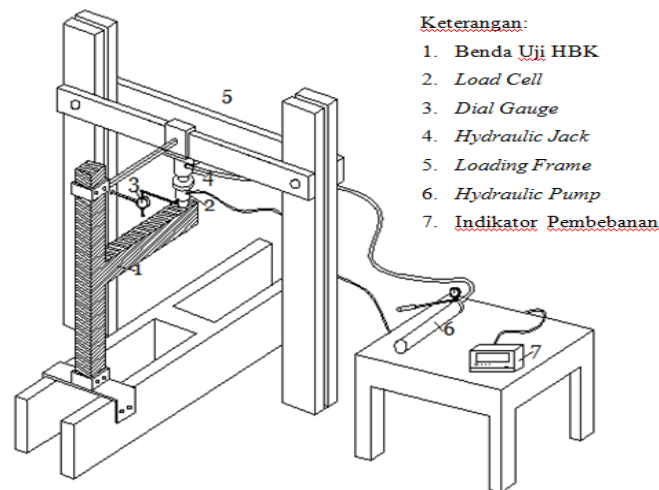
Ukuran (mm)	Spesifikasi material			Kode Benda uji
	Jenis beton	Persentase <i>fly ash</i> (%)	Tambahan Serat baja DRAMIX (kg/m ³)	
Ø15 – H30	Beton normal	-	-	S-N1 s/d S-N6
Ø15 – H30	Beton serat+fly ash	25	10	S-SF1 s/d S-SF6

Tabel 2. Benda uji elemen hubungan balok kolom (HBK)

Ukuran		Spesifikasi material			Kode Benda Uji
Balok (mm)	Kolom (mm)	Jenis beton	fly ash (%)	Serat baja DRAMIX (kg/m ³)	
150 x 200	150 x 150	Beton normal	-	-	HBK-N1 s/d N3
150 x 200	150 x 150	Beton serat+fly ash	25	10	HBK-SF1 s/d SF3



Gambar 4. Benda uji elemen Hubungan Balok Kolom (HBK)



Gambar 5. Setting pengujian benda uji HBK

HASIL DAN ANALISIS

Hasil pengujian yang dianalisis meliputi pengujian kuat tekan, kuat tarik belah untuk benda uji silinder dan untuk benda uji elemen hubungan balok kolom adalah nilai beban maksimum, daktilitas dan pola retak. Pengujian benda uji silinder dilakukan pada 6 buah benda uji beton normal dan 6 buah benda uji beton serat+fly ash serta pengujian benda uji hubungan balok kolom (HBK) dilakukan pada 3 buah benda uji beton normal dan 3 buah benda uji beton fly ash. Dalam analisis akan dibandingkan kekuatan beton normal dengan beton yang ditambah serat dan fly ash.

1. Pengujian benda uji Silinder

Data hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Kuat tekan beton silinder

Benda uji	P maks (kN)	f_c (MPa)	f_{cr} (MPa)	Persentase Peningkatan (%)
S-N1	460	25,46		
S-N2	450	24,91	25,70	-
S-N3	470	26,72		
S-SF1	580	31,82		
S-SF2	510	28,86	29,91	16,41
S-SF3	510	29,05		

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton serat+fly ash yaitu sebesar 29,91 MPa. Hasil ini lebih tinggi 16,41 % dari beton normal yang memiliki kuat tekan rerata 25,70 MPa.

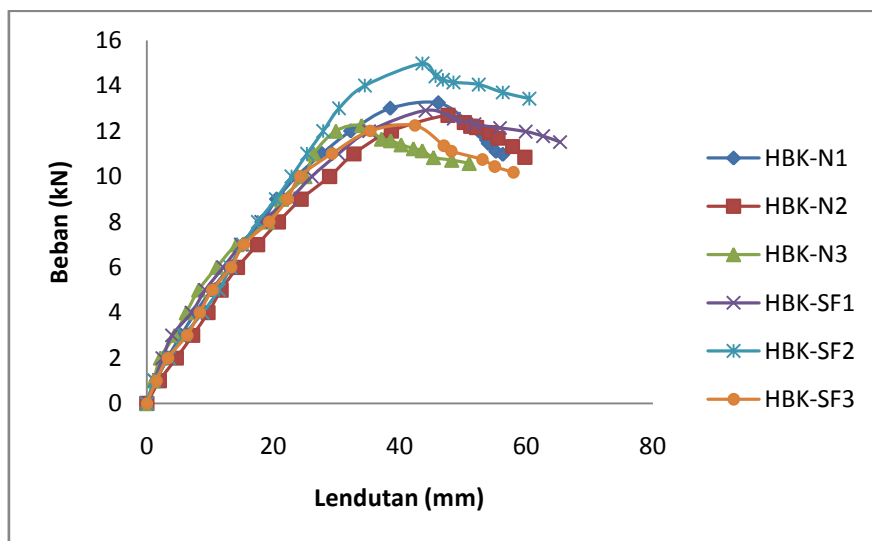
Tabel 4. Kuat tarik belah beton silinder

Benda uji	P maks (kN)	f _t (MPa)	f _{tr} (MPa)	Persentase Peningkatan (%)
S-N4	110	1,55		
S-N5	100	1,41	1,45	-
S-N6	100	1,39		
S-SF4	280	3,96		
S-SF5	220	3,08	3,48	139,36
S-SF 6	240	3,41		

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah beton didapatkan nilai kuat tarik belah beton serat+fly ash mengalami peningkatan sebesar 139,36 % dari beton normal.

2. Pengujian benda uji elemen hubungan balok kolom (HBK)

Data hasil pengujian nilai beban dan lendutan pada saat terjadi *crack*, *yield*, *peak*, dan *failure* benda uji HBK Normal dan HBK serat+fly ash dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Grafik beban dan lendutan HBK beton normal dan beton serat+fly ash

Tabel 5. Nilai beban dan lendutan saat terjadi *crack*, *yield*, *peak*, dan *failure* benda uji HBK

Benda uji	Crack		Yield		Peak		Failure	
	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)
HBK-N1	5,00	10,25	11,00	27,70	13,24	46,10	10,97	56,30
HBK-N2	6,00	14,35	11,00	32,70	12,70	47,60	10,85	59,76
HBK-N3	5,00	8,20	10,00	25,00	12,25	33,95	10,58	50,97
HBK-SF1	7,00	14,90	11,00	30,30	12,91	44,10	11,52	65,35
HBK-SF2	6,00	13,25	13,00	30,40	14,98	43,60	13,43	60,50
HBK-SF3	7,00	15,30	11,00	29,25	12,24	42,35	10,18	57,95

- Beban maksimum rata-rata pada HBK beton normal yaitu

$$P \text{ max rerata} = \frac{13,24 + 12,70 + 12,25}{3} = 12,73 \text{ kN}$$

- Beban maksimum rata-rata pada HBK beton serat+fly ash yaitu

$$P \text{ max rerata} = \frac{12,91 + 14,98 + 12,24}{3} = 13,377 \text{ kN}$$

- Persentase kenaikan beban HBK beton serat+fly ash terhadap HBK beton normal yaitu

$$\text{Persentase kenaikan (\%)} = \frac{113,38 - 12,73}{12,73} \times 100\% = 5,08\%$$

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa rerata beban maksimum HBK beton serat+fly ash lebih tinggi dari HBK beton normal dan mengalami peningkatan beban maksimum sebesar 5,08% dari HBK beton normal.

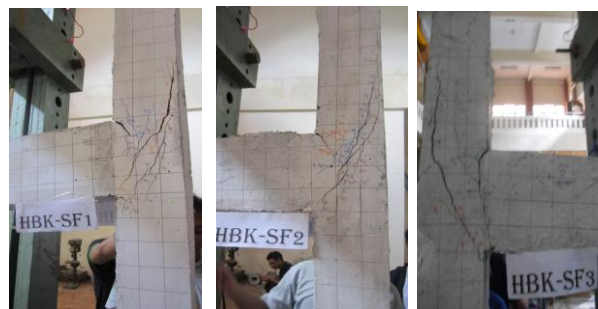
Tabel 6. Faktor daktilitas benda uji HBK

Benda uji	Δu (mm)	Δy (mm)	Faktor daktilitas $\mu = \Delta u / \Delta y$	Faktor daktilitas rerata (μ)	Kenaikan μ HBK-F ₉₀ terhadap HBK-N ₉₀ (%)
HBK-N1	56,30	27,70	2,032		
HBK-N2	59,76	32,70	1,828	1,966	-
HBK-N3	50,97	25,00	2,039		
HBK-SF1	65,35	30,30	2,157		
HBK-SF2	60,50	30,40	1,990	2,043	3,887
HBK-SF3	57,95	29,25	1,981		

Tabel 6 menunjukkan faktor daktilitas benda uji HBK beton serat+fly ash mengalami kenaikan sebesar 3,887% dibandingkan dengan benda uji HBK beton normal.



Gambar 7. Pola retak HBK beton normal



Gambar 8. Pola retak HBK beton serat+fly ash

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 di atas kerusakan cenderung terjadi pada joint sehingga terjadi kegagalan stuktur pada joint untuk HBK beton normal dan HBK beton serat+fly ash. Retak maksimum rerata pada HBK beton normal sebesar 0,6 cm dan retak maksimum rata-rata pada HBK beton serat+fly ash sebesar 0,5 cm.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian sebelumnya oleh Imam Sholehah (*Tinjauan Kinerja Hubungan Balok Kolom Beton Bertulang Dengan Beton Fly Ash Pada Pembebanan Statik*) (2012), untuk Benda uji HBK beton fly ash pada umur 28 hari didapatkan beban maksimum sebesar 6,97 kN dengan persentase penurunan beban 33,81 % dibandingkan benda uji HBK beton normal dengan beban maksimum sebesar 10,53 kN.

Hasil pengujian yang telah dilakukan benda uji HBK yang diberi tambahan fly ash dan serat pada umur 90 hari mengalami peningkatan sebesar 5,08 % dibandingkan HBK beton normal.

SIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis beton serat+fly ash dan beton normal adalah sebagai berikut :

- Penambahan serat dan fly ash meningkatkan kemampuan benda menahan beban maksimum sebesar 5,08%, dimana HBK beton serat+fly ash dapat menahan beban dari beban maksimum sebesar 13,37 kN dan HBK beton normal sebesar 12,73 kN .
- Penambahan serat dan fly ash meningkatkan faktor daktilitas sebesar 3,887%. Untuk benda uji HBK beton serat+fly ash faktor daktilitas sebesar 2,043 dan HBK beton normal sebesar 2,158.
- Penambahan serat dan fly ash dapat mengurangi lebar retak pada benda uji HBK beton seart+fly ash yaitu dari sebesar 0,6 cm pada HBK beton normal menjadi 0,5.

- d. Penambahan *fly ash* meningkatkan kemampuan HBK dalam menahan beban, meningkatkan faktor daktilitas dan mengurangi lebar retak.

SARAN

Saran yang dapat kami berikan untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini adalah

- a. Campuran beton menggunakan serat dan *fly ash* sebaiknya ditambahkan dengan zat aditif yang dapat mempercepat pengerasan beton, sehingga tidak perlu menunggu 90 hari.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan tipe serat selain serat baja DRAMIX .
- c. Perlu adanya variasi penambahan serat dan *fly ash* agar penggunaan serat dan *fly ash* dapat optimal.
- d. *Setting* pengujian benda uji harus diperhatikan agar perletakkan benda uji sesuai dengan yang direncanakan, sehingga daerah penjepitan benar – benar terjepit tegak lurus.
- e. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan pembebanan dinamik.

REFERENSI

- Anonim, 1971, “Peraturan Beton Bertulang Indonesia”, Bandung : Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Ciptakarya Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Anonim, 1982, “Persyaratan Umum Baban Bangunan di Indonesia (PUBI 1982)”, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Anonim, 2002, “Annual Book of ASTM Standarts 2002”, Volume 04.03. USA : ASTM Internasional.
- Dipohusodo, I., 1990, ”Struktur Beton Bertulang”, Jakarta: PT Gramedia.
- Imam, Sholehan 2012. *Tinjauan Kinerja Hubungan Balok Kolom (HBK) Beton Bertulang dengan Bahan Beton Fly Ash pada Pembebanan Statik*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- L.J. Murdock dan K.M. Brook (Alih bahasa Stepanus Hendarko), 1991, ”Bahan dan Praktek Beton”, Jakarta: Erlangga.
- McCormac, J.C., 2003, ”Design of Reinforced Concrete (Fifth edition) (terjemahan)”, Jakarta: Erlangga
- Nawy, E.G., 1996, ”Reinforcement Concrete a Fundamental Approach (Third Edition)”, Preintice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Neville, A.M. dan Brooks, J.J., 1987, ”Concrete Technology”, New York: Longman Scientific & Technical.
- Paul Nugraha, Antoni, 2007, ”Teknologi Beton, dari material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi”, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tjokrodimuljo, K., 1996, ”Teknologi Beton”, Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.
- Wang. C.K, Salmon C.G., 1993, ”Desain Beton Bertulang, Edisi ke-4, Jilid I”, Erlangga. Jakarta.
- Yunus, Alve., 2010, ”Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash sebagai Bahan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)”, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta.