

ANALISIS KUAT LENTUR BALOK BETON GGBFS BERTULANG BAMBU

Endra Maulana¹, Abdul Chalid²

^{1,2} Magister Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

¹ korespondensi: maulanendra764@gmail.com

ABSTRAK

Baja adalah sumber yang tidak terbarukan yang merupakan ancaman bagi industri konstruksi. Karena baja adalah sumber yang tidak terbarukan dan semakin terbatas, harganya mulai meningkat. Oleh karena itu, penggunaan bambu alami dan terbarukan akan mengurangi masalah ini. Berdasarkan beberapa penelitian yang dilakukan didalam dan luar negeri terkait beton bertulang bambu dari keseluruhan pengujian diketahui bahwa kekuatan potensial bambu belum tercapai. Untuk meningkatkan kinerja beton bertulang bambu perlu dilakukan beberapa perlakuan untuk meningkatkan daya lekat antara bambu dan beton juga untuk meningkatkan kekuatan beton bertulang bambu. Dengan penambahan GGBFS sebagai upaya meningkatkan kekuatan beton bertulang bambu. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar perbedaan kuat lentur balok beton GGBFS bertulang bambu terhadap balok beton GGBFS bertulang besi, Untuk mengetahui berapa komposisi variasi campuran agregat GGBFS yang paling kuat pada balok beton bertulang bambu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium dengan melakukan uji lentur balok tulangan sesuai dengan standar SNI 4431:2011. Adapun variabel yang digunakan adalah nilai kuat tekan dengan menambahkan bahan GGBFS dan tulangan bambu. Kedua jenis beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat lentur balok beton untuk mengetahui perilaku beton. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan Balok beton bertulang besi lebih kuat dibanding balok bertulang bambu, namun balok beton bertulang bambu dengan variasi campuran slag 30% = 2.64 MPa hasilnya mendekati balok beton normal bertulang besi yaitu 2.66 Mpa ($2.64/2.66 \times 100 = 99.73\%$) hasil ini menunjukkan bahwa variasi campuran slag yang tepat agar balok beton bertulang bambu lebih kuat dari pada balok beton bertulang besi yaitu campuran slagnya 30%.

Kata Kunci: Tulangan Bambu, Balok Beton GGBFS, Kuat Lentur

ABSTRACT

Steel is a non-renewable resource, and its increasing scarcity raises construction costs. Bamboo, a natural and renewable material, presents an alternative. Research on bamboo-reinforced concrete shows that bamboo's potential strength is yet to be fully realized. To improve bamboo-reinforced concrete performance, treatments are needed to enhance adhesion between bamboo and concrete and to strengthen the composite material. The addition of Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) aims to increase the strength of bamboo-reinforced concrete. This research explores the flexural strength differences between bamboo-reinforced GGBFS concrete beams and steel-reinforced GGBFS concrete beams, identifying the optimal GGBFS mixture composition for bamboo-reinforced beams. Using an experimental method, bending tests are conducted following SNI 4431:2011 standards. The variable tested is the compressive strength with GGBFS and bamboo reinforcement added. Both types of concrete undergo flexural strength testing. Results indicate that steel-reinforced beams are generally stronger, but bamboo-reinforced beams with a 30% GGBFS mixture achieve a strength of 2.64 MPa, nearly matching steel-reinforced beams at 2.66 MPa (99.73% of the steel strength). This finding suggests that a 30% GGBFS mixture can make bamboo-reinforced beams a viable alternative to steel in concrete construction.

Keywords: Bamboo Reinforcement, GGBFS Concrete Beam, Flexural Strength

PENDAHULUAN

Dalam industri konstruksi sipil, beton dan baja banyak digunakan karena kekuatan dan daya tahannya. Meskipun beton kuat dan tahan lama, namun tetap membutuhkan tulangan untuk

memperkuat beton dan mencegah keretakan. Baja adalah sumber yang tidak terbarukan yang merupakan ancaman bagi industri konstruksi. Bahan perkuatan yang umum digunakan adalah

baja, serat dan banyak lainnya. Seperti diketahui, baja tidak mudah ditemukan karena kurangnya sumber daya dan membutuhkan tenaga terampil untuk menanganinya. Tulangan diperlukan dalam struktur beton karena lemah dalam tekan dan lentur. Karena baja adalah sumber yang tidak terbarukan dan semakin terbatas, harganya mulai meningkatkan. Oleh karena itu, penggunaan bambu alami dan terbarukan akan mengurangi masalah ini. Selain mahal, produksi baja dapat merusak lingkungan. Seperti yang dikemukakan oleh [1] emisi berbahaya dari baja jelas berpotensi menjadi pengasaman yang berbahaya. Oleh karena itu, untuk meminimalkan penggunaan baja dalam struktur, beberapa studi dilakukan untuk menggantikan baja perkuatan dengan bambu. Bambu adalah vegetasi alami dan tersedia di sebagian besar tempat. Karena ketersediaannya, bambu jauh lebih murah daripada baja sehingga dapat memberikan biaya konstruksi yang lebih rendah. Sebelum bambu dapat digunakan sebagai bahan konstruksi, bambu perlu dilindungi dari beberapa kondisi seperti suhu, kelembaban dan hama. Oleh karena itu, diperlukan perawatan untuk melestarikan bambu tersebut. Sebelumnya, banyak penelitian mengenai penggunaan bambu untuk menggantikan tulangan baja [2]. Untuk mengetahui seberapa besar kuat tarik bambu perlu dilakukan juga pengujian yang nantinya dibandingkan terhadap kuat tarik baja besi beton. Pengujian ini bermaksud untuk membandingkan kuat tarik bambu sendiri dengan hasil pengujian balok beton bertulang bambu bahasa Indonesia Baku.

Berdasarkan beberapa penelitian yang

dilakukan didalam dan luar negeri terkait beton bertulang bambu dari keseluruhan pengujian diketahui bahwa kekuatan potensial bambu belum tercapai. Untuk meningkatkan kinerja beton bertulang bambu perlu dilakukan beberapa perlakuan untuk meningkatkan daya lekat antara bambu dan beton juga untuk meningkatkan kekuatan beton bertulang bambu. Beton yang dibuat dengan variasi GGBFS sebagai bahan substitusi semen memiliki kekuatan tekan dan lentur jangka panjang yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton PC dan bervariasi untuk berbagai kondisi curing pada proporsi campuran, dan usia pengujian. Ketika PC bereaksi dengan air, ia membentuk kalsium silikat hidrat (CSH) dan kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$. CSH adalah lem yang memberikan kekuatan pada beton dan menahannya, sedangkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ merupakan hasil samping dan tidak memberikan kontribusi terhadap kekuatan beton. Ketika GGBFS digunakan sebagai bagian dari konstituen yang mengandung semen dalam beton, ia bereaksi dengan air dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk membentuk lebih banyak gel CSH dan meningkatkan kekuatannya [3].

Dengan penambahan GGBFS sebagai upaya meningkatkan kekuatan beton bertulang bambu. Belum ada studi yang sistematis yang telah dilakukan untuk mengembangkan beton berkinerja tinggi dengan mengganti Semen Portland (PC) dengan GGBFS maka pada penelitian ini difokuskan meneliti atau menganalisis stuktur balok beton bertulang bambu yang diaplikasikan pada bangunan sederhana lantai 1 (satu) yaitu balok berupa sloof, Ringbalk, Balok gantung, Balok litel dll.

Pengujian yang dianalisis ialah kuat lentur balok, penulangan pada balok uji ialah tulangan utama.

Untuk mengetahui seberapa kuat atau efektif balok beton GGBFS bertulang bambu maka dilakukan komparasi/perbandingan dengan balok beton normal bertulang besi dan balok GGBFS bertulang besi.

Rumusan masalah pada penelitian ini ialah Seberapa besar perbedaan kuat lentur balok beton GGBFS bertulang bambu terhadap balok beton GGBFS bertulang besi dan Berapa komposisi variasi campuran agregat GGBFS yang paling kuat pada balok beton bertulang Bambu.

Manfaat penelitian secara teoritis yaitu diharapkan mampu memberikan kajian yang baik dalam rangkamenagatasi harga matrial baja semakin mahal sehingga nantinya dapat dijadikan sebagai sumber referensi penelitian dimasa yang akan datang. Sedangkan manfaat secara praktisi Sebagai gambaran dan bahan evaluasi terhadap kemampuan bahan konstruksi teknik seperti bahan bambu dalam penelitian ini untuk dijadikan salah satu alternatif sebagai bahan pengganti besi tulangan pada balok beton.

Pembuatan sample dibuat di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Jalan Suci Bandung dan Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung Jl. Gegerkalong hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung. Dengan kelengkapan peralatan laboratorium yang berstandar.

TINJAUAN PUSTAKA

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 4431:2011). Pada penelitian ini balok beton ditambahkan dengan tulangan bambu dan juga balok beton tulangan besi sebagai pembandingnya. Dengan data-data penampang, mutu beton dan tulangan yang digunakan, ada 3 (tiga) kemungkinan jenis keruntuhan yang mungkin terjadi yaitu Keruntuhan Tarik, Keruntuhan Tekan dan Keruntuhan *Balance*.

Beton GGBFS adalah beton yang terbuat dengan campuran agregat bahan tambah serbuk GGBFS sebagai bahan substitusi semen Pc.

Bambu merupakan tumbuhan sejenis kayu yang merupakan bagian dari rumpun rumput, terdiri dari pucuk atau batang berlubang silinder. Batang ini ditutup dengan permukaan lilin, yang mencegah keluarnya kelembapan. Pada interval tertentu, batang tersebut memunculkan punggung bukit yang disebut simpul, dari mana cabang akan bercabang. Ciri fisik umum bambu ditunjukkan pada Gambar 3.1. Tanaman tumbuh dari kerumunan bawah tanah batang dan akar, disebut rimpang. Beberapa spesies dapat tumbuh hingga ketinggian 30,5 m, dengan diameter mencapai 305 mm [4]. Bambu adalah sumber daya alam dengan pembaruan yang sangat cepat. Memang, bambu dapat memiliki tingkat pertumbuhan yang sangat tinggi, dengan beberapa spesies tumbuh hingga

600 mm per hari. Namun demikian, masih membutuhkan waktu empat hingga lima tahun untuk membuat serat kulit pohon atau disebut serat kayu menjadi dewasa. Berkat sifat-sifat ini, bambu dapat digunakan dalam konstruksi ramah lingkungan sebagai elemen struktural, atau sebagai pengganti tulangan baja pada bangunan berbiaya rendah untuk kualitas yang sangat baik. Namun, seperti kayu atau sebagian besar bahan berbasis hayati, bambu peka terhadap air dan kelembapan dapat menyerap atau melepaskan air / uap air tergantung pada lingkungannya. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa bambu dapat menyerap air hingga 100% dari berat keringnya, atau sumber lain yang melaporkan nilai ekstrim hingga 300%. Penyerapan kelembaban cenderung menjadi cukup tinggi pada awalnya setelah sekitar 20-24 jam [5], yang menyebabkan bahan membengkak hingga mencapai titik jenuhnya serat.

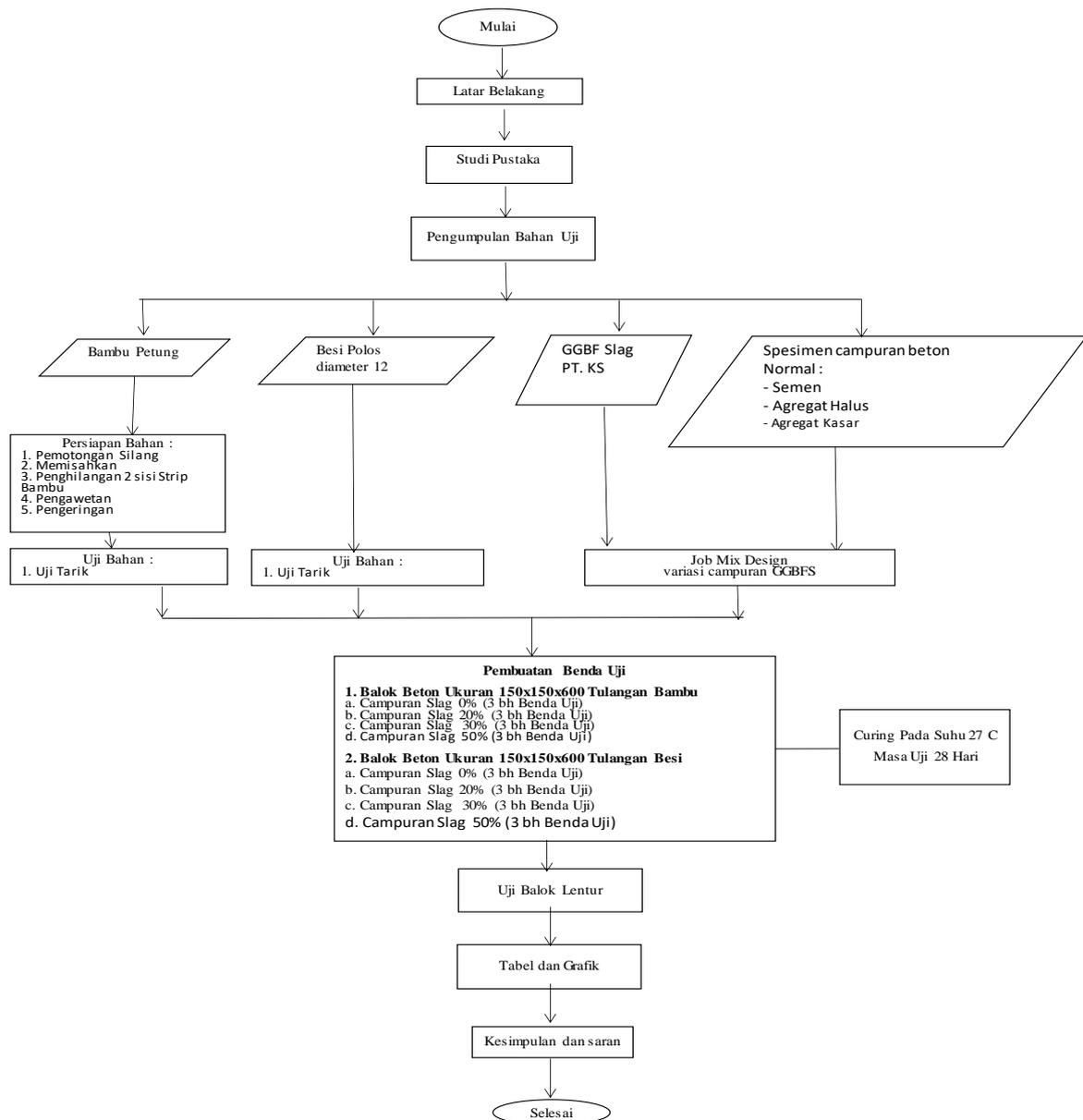
METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen di laboratorium dengan melakukan uji lentur balok tulangan sesuai dengan standar SNI 4431:2011. Adapun variabel yang digunakan adalah nilai kuat tekan dengan menambahkan bahan GGBFS dan tulangan bambu. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beton rencana K.225. Sampel pengujian dibuat dua jenis yaitu berupa

balok tulangan bambu dan balok tulangan besi dengan penambahan campuran bahan beton variasi GGBFS. Kedua jenis beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat lentur balok beton dan untuk mengetahui perilaku beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui perilaku balok lentur beton tulangan bambu dan balok lentur tulangan besi.

Lokasi penelitian pembuatan sample dibuat di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Jalan Suci Bandung dan Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung Jl. Gegerkalong hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung. Dengan kelengkapan peralatan laboratorium yang berstandar.

Variabel terdiri dari Variabel Bebas (*Independent Variable*) dan Variabel Bebas (*Dependent Variable*). Variabel bebas (*Independent Variable*) pada penelitian ini adalah beton normal, penambahan campuran slag/GGBFS dengan variasi 0%, 20%, 30% dan 50% untuk agregat halus dan tulangan bambu serta tulangan besi sebagai pembanding. Kuat tekan yang akan ditempuh yaitu K.225. Sedangkan Variabel Bebas (*Dependent Variable*) Variabel terikat pada penelitian ini adalah kuat lentur beton.



Gambar 1: Tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode perhitungan mix design dengan mutu rencana K.225 dan slump rencana 8 cm menggunakan langkah – langkah pembuatan beton normal menurut SNI 7656: 2012.

Berdasarkan job mix design yang dibuat didapatkan kebutuhan material beton sebagai berikut yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1: Kebutuhan material beton

No.	Material	Mix Desain	Satuan	Konversi	Satuan	Prosentse
1	Semen PC	371	Kg	5	Kg	0%
2	Pasir Beton	698	Kg	9	Kg	
3	Kerikil	1047	Kg	14	Kg	

No.	Material	Mix Desain	Satuan	Konversi	Satuan	Prosentse
4	Air	215	Liter	3	Liter	
5	Slag GGBF	0	Kg	0	Kg	
1	Semen PC	297	Kg	4	Kg	20%
2	Pasir Beton	698	Kg	9	Kg	
3	Kerikil	1047	Kg	14	Kg	
4	Air	215	Liter	3	Liter	
5	Slag GGBF	74	Kg	1	Kg	
1	Semen PC	260	Kg	4	Kg	30%
2	Pasir Beton	698	Kg	9	Kg	
3	Kerikil	1047	Kg	14	Kg	
4	Air	215	Liter	3	Liter	
5	Slag GGBF	111	Kg	2	Kg	
1	Semen PC	186	Kg	3	Kg	50%
2	Pasir Beton	698	Kg	9	Kg	
3	Kerikil	1047	Kg	14	Kg	
4	Air	215	Liter	3	Liter	
5	Slag GGBF	186	Kg	3	Kg	

Sumber: data primer yang sudah diolah, 2022

Dari table 1 diatas, diketahui bahwa kebutuhan materil beton untuk mutu K.225 satu sampel ukuran 15x15x60 dengan variasi campuran slag GGBFS 0%, 20%, 30% dan 50%.

Setelah membuat job mix design sebelum melakukan proses pencetakan beton akan dilakukan pengujian slump untuk menguji atau menentuksn konsistensi kekentalan adukan beton segar. Berdasarkan uji slump yang

dilakukan diketahui hasil uji slump beton dengan mutu K.225 yaitu 8 cm.

Dari hasil pengujian kuat lentur balok beton yang sudah dilakukan dengan mutu beton K.225 masa perawatan beton selama 28 hari dengan metode pengujian SNI 4431:2011 disajikan pada tabel 2 dan tabel 3. Sebelum dilakukan pengujian balok lentur terlebih dahulu dilakukan pengukuran dan penimbangan bahan uji.



Gambar 2: Benda uji balok beton



Gambar 3: Penimbangan benda uji



Gambar 4: Pengujian kuat lentur balok

Tabel 2: Hasil Pengujian Balok Beton Bertulang Besi

No.	Kode Benda Uji	Variasi Slag GGBFS	Umur Hari	Berat isi (ton/m ³)	Kuat Lentur (Mpa)
1	A. Balok Beton Bertulang Besi	0%	52	2.229	2.46
		20%	50	2.178	2.54
		30%	48	2.157	2.59
		50%	46	2.350	2.30
2	B. Balok Beton Bertulang Besi	0%	52	2.215	2.69
		20%	50	2.223	2.71
		30%	48	2.215	2.81
		50%	46	2.193	2.51
3	C. Balok Beton Bertulang Besi	0%	52	2.230	2.82
		20%	50	2.155	2.95
		30%	48	2.208	2.35
		50%	46	2.222	2.47
	Hasil Rata – rata	0%	52	2.225	2.66
		20%	50	2.185	2.73
		30%	48	2.193	2.92
		50%	46	2.222	2.43

Sumber: data primer yang sudah diolah, 2022

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian balok beton bertulang besi dengan sampel 3 buah dari masing - masing variasi campuran slag/GGBFS didapat hasil rata-rata 0% = 2.66 Mpa, 20% = 2.73, 30% = 2.92 dan 50% = 2.43%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi campuran slag 20% kekuatan balok

lentur meningkat jika dibandingkan dengan 0% (beton normal) dan variasi campuran slag 30% menunjukkan kekuatan yang maximum sedangkan variasi campuran slag 50% menunjukkan penurunan bahkan nilainya lebih rendah dari pada beton normal (0% campuran slag).

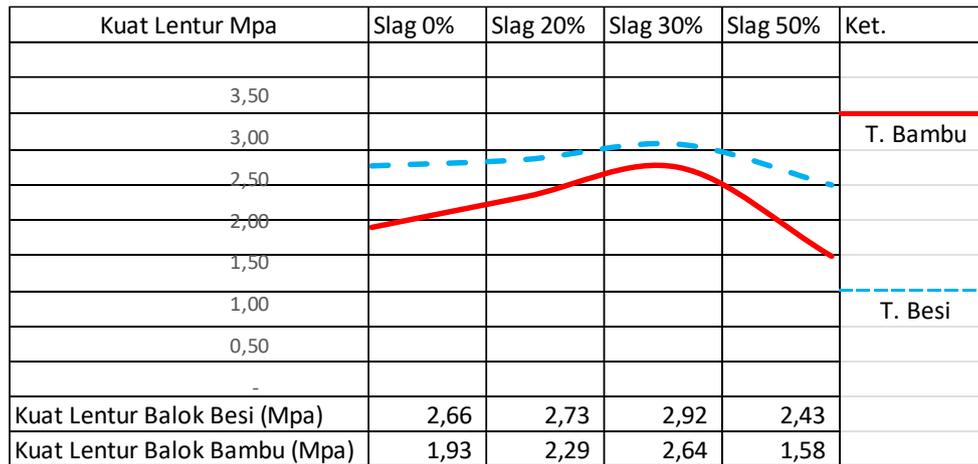
Tabel 3: Hasil pengujian balok beton bertulang bambu

No.	Kode Benda Uji	Variasi Slag GGBFS	Umur Hari	Berat isi (ton/m ³)	Kuat Lentur (Mpa)
1	A. Balok Beton Bertulang Besi	0%	52	2.134	1.91
		20%	50	2.168	2.07
		30%	48	2.134	2.42
		50%	46	2.174	1.45
2	B. Balok Beton Bertulang Besi	0%	52	2.166	1.90
		20%	50	2.134	2.29
		30%	48	2.134	2.87
		50%	46	2.128	1.53
3	C. Balok Beton Bertulang Besi	0%	52	2.163	1.97
		20%	50	2.192	2.51
		30%	48	2.156	2.63
		50%	46	2.148	1.77
	Hasil Rata – rata	0%	52	2.154	1.93
		20%	50	2.165	2.29
		30%	48	2.141	2.64
		50%	46	2.150	1.58

Sumber: data primer yang sudah diolah, 2022

Tabel 3 menyajikan hasil pengujian balok beton bertulang bambu dengan sampel 3 buah dari masing - masing variasi campuran slag/GGBFS didapat hasil rata-rata 0% = 1.93 Mpa, 20% = 2.29, 30% = 2.64 dan 50% = 1.58%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi campuran slag 20% kekuatan balok

lentur meningkat jika dibandingkan dengan 0% (beton normal) dan variasi campuran slag 30% menunjukkan kekuatan yang maximum sedangkan variasi campuran slag 50% menunjukkan penurunan bahkan nilainya lebih rendah dari pada beton normal (0% campuran slag)



Gambar 5: Grafik perbandingan hasil uji balok lentur tulangan besi dan tulangan bambu

Gambar 5 Grafik perbandingan hasil pengujian balok lentur, menunjukan bahwa dari kedua sampel balok beton bertulang besi dan balok bertulang bambu dengan penambahan variasi slag 20% dan 30% grafik menaik sedangkan variasi slag 50% grafik sama-sama menurun. Dari hasil pengujian balok beton bertulang besi lebih kuat dibanding balok bertulang bambu, namun balok beton bertulang bambu dengan variasi campuran slag 30% = 2.64 MPa hasilnya mendekati balok beton normal bertulang besi yaitu 2.66 Mpa ($2.64/2.66 \times 100 = 99.73\%$) hasil ini menunjukan bahwa variasi campuran slag yang tepat agar balok beton bertulang bambu lebih kuat dari pada balok beton bertulang besi yaitu campuran slagnya 30%. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan didalam negeri dan luar negeri dari keseluruhan pengujian diketahui bahwa kekuatan potensial bambu belum tercapai. Penambahan campuran GGBFS ialah solusi dari kelemahan balok beton bertulang bambu.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian menunjukan perbedaan kuat lentur balok beton GGBFS bertulang bambu terhadap balok beton GGBFS bertulang besi yaitu :

- Balok beton bertulang bambu dengan sampel 3 buah dari masing - masing variasi campuran GGBFS didapat hasil rata-rata 0% = 1.93 Mpa, 20% = 2.29, 30% = 2.64 dan 50% = 1.58%. Dari hasil tersebut menunjukan bahwa variasi campuran slag 20% kekuatan balok lentur meningkat jika dibandingkan dengan 0% (beton normal) dan variasi campuran slag 30% menunjukan kekuatan yang maximum sedangkan variasi campuran slag 50% menunjukan penurunan bahkan nilainya lebih rendah dari pada beton normal (0% campuran slag).
- Balok beton bertulang besi dengan sampel 3 buah dari masing - masing variasi campuran GGBFS didapat hasil rata-rata 0% = 2.66 Mpa, 20% = 2.73, 30% = 2.92 dan 50% = 2.43%.

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi campuran slag 20% kekuatan balok lentur meningkat jika dibandingkan dengan 0% (beton normal) dan variasi campuran slag 30% menunjukkan kekuatan yang maximum sedangkan variasi campuran slag 50% menunjukkan penurunan bahkan nilainya lebih rendah dari pada beton normal (0% campuran slag).

- Balok beton bertulang besi lebih kuat dibanding balok bertulang bambu, namun balok beton bertulang bambu dengan variasi campuran slag 30% = 2.64 MPa hasilnya mendekati balok beton normal bertulang besi yaitu 2.66 Mpa ($2.64/2.66 \times 100 = 99.73\%$) hasil ini menunjukkan bahwa variasi campuran slag yang tepat agar balok beton bertulang bambu lebih kuat dari pada balok beton bertulang besi yaitu campuran slagnya 30%.

Komposisi variasi campuran GGBFS yang tepat agar balok beton bertulang bambu layak untuk dijadikan konstruksi

bangunan yaitu dengan menambahkan komposisi campuran aggregate slag 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hutahaean And N. Setiawati, "Pengelolaan Limbah Konstruksi Infrastruktur Berbasis Circular Economy Di Metropolitan Rebana (Circular Economy-Based Infrastructure Construction Waste Management In Rebana Metropolitan)," In *Proceedings Of National Conference West Java Economic Society (Wjes)*, 2023, P. 120.
- [2] "Pilinan Bambu Petung Malaka Sebagai Alternatif Tulangan Tarik Pada Balok Beton Skripsi Oleh Fransiskus Dini Kehi 2016520058 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang," 2022.
- [3] H. Hartini, "Analisa Mikrostruktur Beton Dengan Air Laut Sebagai Air Pencampur Dan Air Perendaman," *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, Vol. 6, No. 1, Pp. 65–72, 2017.
- [4] A. Syukur, "Distribusi, Keragaman Jenis Lamun (Seagrass) Dan Status Konservasinya Di Pulau Lombok," *Jurnal Biologi Tropis*, 2015.
- [5] S. D. Astuti, *Aplikasi Fotodinamik Laser Untuk Terapi Antimikroba*. Airlangga University Press, 2022.