

**INTERAKSI MUTU BETON DAN RASIO VOLUME BATA RINGAN
TERHADAP KUAT LENTUR BALOK KOMPOSIT
BETON DAN BATA RINGAN**

PUBLIKASI ILMIAH

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



CLAUDIA

NIM. 125060100111008

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016

INTERAKSI MUTU BETON DAN RASIO VOLUME BATA RINGAN TERHADAP KUAT LENTUR BALOK KOMPOSIT BETON DAN BATA RINGAN

Claudia, Sri Murni Dewi, Ari Wibowo

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: sielaudia@yahoo.co.id

ABSTRAK

Inovasi beton terus mengalami perkembangan. Salah satu contohnya inovasi tentang beton ringan. Teknologi beton ringan ini bertujuan untuk memperingan struktur bangunan sehingga dapat meminimalisir efek gempa. Penelitian ini menggabungkan dua bahan yaitu beton dan bata ringan menjadi sebuah elemen struktur balok komposit. Penelitian ini didesain dengan dua variabel bebas yaitu mutu beton dan volume bata ringan. Mutu beton yang digunakan adalah 24,57 MPa dan 29,81 MPa sedangkan variasi bata ringan yang digunakan adalah bata ringan dengan tinggi 8,5 cm dan 6,5 cm. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui interaksi mutu beton dan volume bata ringan terhadap kuat lentur balok komposit. Untuk mendapatkan hasil pengujian lentur murni maka balok ditempatkan di atas dua tumpuan sederhana dan dibebani dengan beban terpusat. Berdasarkan hasil uji analisis varian dua arah didapatkan hasil F tabel sebesar 5,32 sedangkan F hitung untuk sumber variasi volume bata ringan sebesar 0,017, F hitung untuk sumber variasi mutu beton sebesar 0,035, dan F hitung untuk interaksi kedua sumber variasi sebesar 0,317. Meskipun semua hasil F hitung lebih kecil dari F tabel namun jika F hitung antar ketiganya dibandingkan hasilnya adalah F hitung interaksi antara mutu beton dan volume bata ringan terlihat lebih besar. Hal ini menandakan bahwa terdapat interaksi antara mutu beton dan volume bata ringan terhadap kuat lentur balok meskipun kontras tidak terlihat secara signifikan.

Kata kunci: balok, komposit, bata ringan, interaksi, kuat lentur

ABSTRACT

The innovation about concrete continues to grow. One of the example is lightweight concrete. Lightweight concrete technology used to lighten the structure of the building so as to minimize the effects of the earthquake. This study combines two materials, normal concrete and lightweight concrete, become composite element structure. This study was designed using two independent variables those are concrete strenght and lightweight concrete volume. The strenght of concrete used in this study were 24,57 MPa and 29,81 MPa while the height of lightweight concrete used were 8,5 cm and 6,5 cm. The test was intended to determined the interaction of concrete strenght and lightweight concrete volume on flexural strenght of composite beam. To obtain a pure bending test results, the beam was placed on top of two simple supported and was given concentrated load. Based on the results of two-way analysis of variance, the value of F_{table} is 5,32 while the value of $F_{data\ analysis}$ for variation of lightweight concrete volume is 0,017, for variation of concrete strenght is 0,035, and for interaction of both variation sources is 0,317. Despite all the results of $F_{data\ analysis}$ is smaller than F_{table} , If $F_{data\ analysis}$ was compared among the three of them, the result is $F_{data\ analysis}$ for interaction of both variation sources is greater than others. So, it means there is interaction between concrete strenght and lightweight concrete volume on flexural strenght of composite beam eventhought the contrast is not significant.

Keywords: beam, composite, lightweight concrete, interaction, flexural strenght

I. PENDAHULUAN

Balok merupakan elemen struktur utama bangunan yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur. Sebagai elemen struktur utama, balok sebaiknya tidak hanya didesain dari segi kemampuan atau kekuatan dalam menahan beban tetapi juga berat dari balok perlu diperhatikan.

Berbagai inovasi di dunia konstruksi terus dikembangkan seperti inovasi mengenai struktur komposit dan beton ringan. Teknologi beton ringan ini bertujuan untuk memperingan struktur bangunan sehingga dapat meminimalisir efek gempa yang mungkin terjadi khususnya di wilayah Indonesia. Selain itu, inovasi beton ringan perlu dikembangkan pada sistem pracetak karena sistem fabrikasi seperti ini memerlukan keunggulan khusus seperti keringanan struktur pula.

Bata ringan adalah salah satu material yang bobotnya ringan. Sejauh ini pemanfaatan bata ringan umumnya digunakan sebagai bahan pembuat dinding. Dengan keringan yang dimiliki bata ringan seharusnya bisa berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai elemen struktur lainnya.

Bambu merupakan bahan yang cukup banyak tersedia, mudah ditemui, harganya relatif murah, dan mempunyai kuat tarik yang tinggi karena serat bambu arah memanjang sangat teratur.

Kelebihan dari bata ringan dan bambu inilah yang mendasari kami untuk menggabungkan beton biasa dengan bata ringan untuk menjadi sebuah struktur balok komposit dengan menggunakan bambu sebagai tulangnya. Meskipun beton yang dihasilkan merupakan beton ringan tetapi diharapkan beton tersebut juga mempunyai kekuatan lentur yang baik.

Oleh karena itu dilakukanlah penelitian mengenai interaksi antara mutu beton dan rasio volume bata ringan terhadap kuat lentur balok komposit beton dan bata ringan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Balok Komposit

Balok komposit merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Pada prinsipnya perilaku komposit hanya akan terjadi jika potensi terjadinya slip antara kedua material ini dapat dicegah.

2.2 Beton Bata Ringan

Menurut SNI-03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Sedangkan bata ringan adalah beton ringan yang memiliki banyak rongga udara sehingga berat jenisnya rendah.

Terdapat dua jenis bata ringan yaitu AAC dan CLC. Perbedaan antara keduanya yaitu pembentuk gelembung udaranya. Gelembung udara bata ringan jenis AAC disebabkan oleh reaksi kimia sedangkan jenis CLC, beton seluler mengalami proses curing secara alami.

2.3 Bambu

Berdasarkan hasil penelitian para ahli, bambu memiliki tegangan tarik yang cukup besar terutama pada bagian kulitnya. Sehingga bambu memiliki potensi untuk digunakan sebagai tulangan.

Sifat bambu yang higroskopis membuat bambu menjadi bahan yang membutuhkan perlakuan khusus sebelum digunakan sebagai bahan tulangan pada beton.

2.4 Kuat Lentur

Lentur pada balok merupakan akibat adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila bebannya bertambah, maka pada balok terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan timbulnya retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat

terjadi keruntuhan elemen struktur, yaitu pada saat beban luarnya mencapai kapasitas elemen (Nawy, 1998).

$$C = T$$

$$Cc = T$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot b \cdot a = As \cdot fy$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \quad (2-1)$$

$$Mn = \text{ gaya } \times \text{ jarak}$$

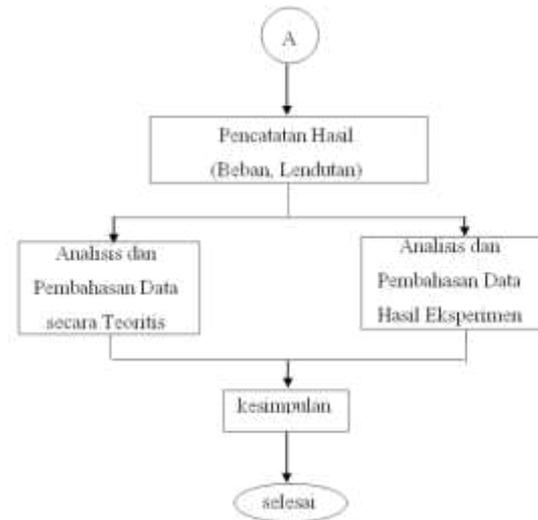
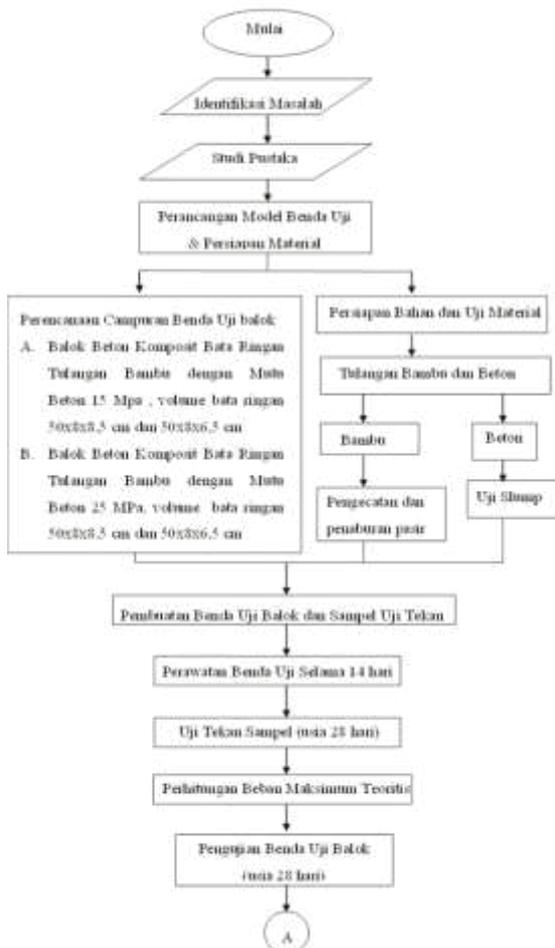
$$= C \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2-2)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

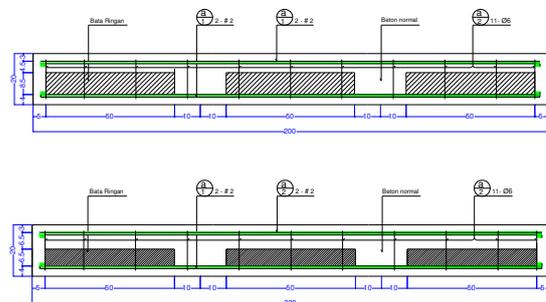
Penelitian ini dilakukan mulai dari studi literatur, analisis perencanaan benda uji balok, Persiapan bahan dan uji material, serta pengujian kuat lentur untuk mendapatkan nilai beban maksimum yang dapat ditahan oleh balok.



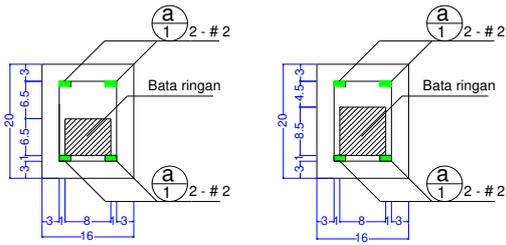
3.2 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini balok dengan dimensi 200x16x20 cm. Variasi mutu beton yang digunakan adalah 24,57 MPa dan 29,81 MPa sedangkan variasi bata ringan yang digunakan adalah bata ringan dengan dimensi 50x8x8,5 dan 50x8x6,5 cm. Tulangan bambu yang digunakan berukuran 2x1 cm dengan panjang 194 cm.

Dalam variasi mutu beton dan volume bata ringan yang sama digunakan 3 buah benda uji. Sehingga total benda uji untuk dua variasi mutu beton dan dua variasi volume bata ringan adalah 12 buah. Bata ringan diletakkan didaerah tarik. Bata ringan tidak diletakkan secara menerus sepanjang balok melainkan dibagi menjadi 3 bagian seperti pada gambar 3.1 dan 3.2

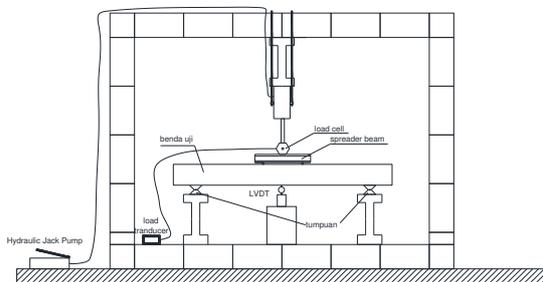


Gambar 3.1 Tampak samping benda uji



Gambar 3.2 Penampang melintang balok

Pengujian kuat lentur balok dilakukan setelah beton berusia lebih dari 28 hari. Balok diletakkan diatas dua tumpuan sederhana (sendi-rol). Pengujian dilakukan dengan memberikan beban terpusat pada balok. Beban yang bekerja merupakan beban vertikal P yang dibagi menjadi dua titik dengan terpisah jarak 40 cm. LVDT yang digunakan berjumlah dua buah yang diletakkan disisi depan dan belakang balok. Pembebanan dilakukan sampai balok runtuh, kemudian dilakukan pengambilan data meliputi besar beban dan nilai lendutan, sedangkan dimensi balok diukur sebelum balok dibebani.



Gambar 3.3 Setting Up Alat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian bahan penyusun balok

➤ Pengujian daya resap air pada bambu

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah tulangan bambu yang sudah dilapisi cat dan pasir dapat meresap air. Jika air meresap ke tulangan bambu maka tulangan dapat mengalami kembang susut yang dapat merusak beton. Pengujian daya resap dilakukan dengan cara merendam tulangan bambu kedalam larutan air berwarna selama tiga

hari. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa air tidak meresap kedalam tulangan bambu yang direndam selama tiga hari seperti yang terlihat pada gambar 4.1 padahal *setting time* dalam proses pengecoran hanya terjadi selama tiga jam.



Gambar 4.1 Pengujian daya resap air pada bambu

➤ Pengujian beton segar

Untuk mengetahui workability beton segar sebelum dilakukan pekerjaan pengecoran perlu dilakukan uji slump. Berdasarkan hasil pengujian slump didapatkan rata-rata nilai slump sebesar 100 mm maka dapat disimpulkan bahwa nilai slump sesuai dengan PBI 1971.

➤ Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan uji silinder dan *hammer test*. Pengujian dilakukan setelah beton berumur lebih dari 28 hari. Dari hasil pengujian keduanya, didapatkan nilai kuat tekan yang lebih besar dari kuat tekan rencana.

Tabel 4.1 Hasil uji tekan beton 1

Benda Uji	Mutu Rencana (MPa)	Rata-rata uji silinder (MPa)	Hammer Test (MPa)	Rata-rata hammer test (MPa)
A1-85	15	24,12	25,84	24,57
B1-85			22,34	
C1-85			26,37	
A1-65			24,51	
B1-65			23,21	
C1-65			25,04	

Tabel 4.2 Hasil uji tekan beton 2

Benda Uji	Mutu Rencana (MPa)	Rata-rata uji silinder (MPa)	Hammer Test (MPa)	Rata-rata <i>hammer test</i> (MPa)
A2-85	25	28,78	29,79	29,81
B2-85			33,48	
C2-85			28,55	
A2-65			29,79	
B2-65			28,41	
C2-65			28,82	

Nilai mutu beton yang digunakan untuk analisis selanjutnya adalah nilai mutu beton hasil dari pengujian *hammer test*. Hasil dari analisis *hammer test* dipilih karena nilai mutu beton yang didapatkan merupakan rata-rata dari 6 benda uji. Sedangkan uji silinder hanya menggunakan 3 benda uji untuk satu mutu beton rencana. Sehingga hasil uji *hammer test* lebih mendekati nilai yang sebenarnya.

➤ Pengujian lekatan bata ringan dengan beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah bata ringan dan beton bekerja secara monolit. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa bata ringan melekat ke beton seperti yang terlihat pada gambar 4.2.

**Gambar 4.2** Lekatan bata ringan dengan beton

4.2 Hasil uji kuat lentur

Setelah dilakukan pengujian kuat lentur balok didapatkan hasil seperti pada tabel 4.3 dan 4.4 berikut ini.

Tabel 4.3 Nilai P maks aktual dan teoritis balok mutu 24,57 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Mutu Beton 24,57 MPa			KR (%)
		Aktual	Rata-Rata Aktual	Teoritis	
8,5	A1-85	1750	2389	2072,608	13,256
	B1-85	2718			
	C1-85	2700			
6,5	A1-65	3600	2711	2072,608	23,558
	B1-65	2804			
	C1-65	1730			

Tabel 4.4 Nilai P maks aktual dan teoritis balok mutu 29,81 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Mutu Beton 29,81 MPa			KR (%)
		Aktual	Rata-Rata Aktual	Teoritis	
8,5	A2-85	2500	2563	2088,583	18,521
	B2-85	2990			
	C2-85	2200			
6,5	A2-65	1850	2363	2088,583	11,601
	B2-65	1600			
	C2-65	3638			

Dari tabel terlihat bahwa nilai P maks teoritis lebih kecil daripada nilai P maks aktual sehingga nilai kesalahan relatifnya besar. Perbedaan nilai P maks yang cukup besar tersebut dikarenakan pada saat perhitungan teoritis, nilai kekuatan gesek diambil dari data penelitian sebelumnya yang ternyata nilainya lebih kecil dari nilai kekuatan gesek aktual. Kekuatan gesek sendiri banyak mempengaruhi nilai momen nominal sehingga nilai P juga akan berpengaruh.

Pada mutu beton 24,57 MPa, balok dengan ukuran volume bata ringan yang lebih rendah memiliki nilai P maks rata-rata yang lebih besar. Namun hal ini tidak berlaku untuk mutu beton 29,81 MPa. Hal ini dikarenakan data yang didapatkan pada mutu beton 29,81 MPa dengan tinggi bata ringan 6,5 cm tidak seragam.

Berdasarkan hasil analisis teoritis maupun aktual pengaruh variasi mutu beton dapat terlihat. Semakin tinggi mutu beton maka beban yang dapat ditahan balok semakin besar. Sedangkan pengaruh untuk variasi volume bata

ringan secara teoritis dan aktual tidak terlihat signifikan. Hal ini dikarenakan kedalaman bidang tekan keduanya lebih kecil dari letak garis netral dari serat tekan beton sehingga perilakunya cenderung sama. Selain itu perbedaan variasi mutu beton berdekatan sehingga hasil nilai yang didapatkan tidak jauh berbeda.

4.3 Hasil uji berat volume

Berat volume teoritis balok dihitung dengan menggunakan data berat volume setiap bahan penyusun balok. Hasil dari perhitungan teoritis kemudian dibandingkan dengan hasil berat volume aktual seperti pada tabel 4.5 dan 4.6.

Tabel 4.5 Berat volume teoritis dan aktual balok mutu 24,57 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Mutu Beton 24,57 MPa			KR (%)
		Berat Volume (kg/m ³)			
		Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis	
8,5	A1-85	1957,764			1,467
	B1-85	1962,052	1959,664	1930,923	
	C1-85	1959,176			
6,5	A1-65	1997,831			0,337
	B1-65	2000,236	1984,746	1991,455	
	C1-65	1956,171			

Tabel 4.6 Berat volume teoritis dan aktual balok mutu 29,81 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Mutu Beton 29,81 MPa			KR (%)
		Berat Volume (kg/m ³)			
		Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis	
8,5	A2-85	2049,549			2,611
	B2-85	1908,365	1985,331	1933,487	
	C2-85	1998,077			
6,5	A2-65	1946,970			0,387
	B2-65	1967,262	1986,418	1994,137	
	C2-65	2045,023			

Dari tabel diatas terlihat bahwa nilai berat volume teoritis mendekati nilai berat volume aktual. Balok dengan mutu beton lebih tinggi dengan volume bata ringan yang lebih sedikit memiliki berat volume yang lebih besar hal ini

dikarenakan perbandingan semen antara mutu tinggi lebih banyak dari mutu beton yang lebih rendah. Dengan perbandingan semen yang lebih banyak maka nilai FAS akan lebih rendah. Sehingga Porositas yang dihasilkan lebih rapat. Selain itu, volume bata ringan yang lebih sedikit juga akan mempengaruhi berat volume balok karena campuran beton lebih banyak mengisi volume balok tersebut. Secara keseluruhan rata-rata nilai berat volume balok komposit beton dan bata ringan lebih kecil dari beton normal yaitu 1975 kg/m³ sehingga balok komposit ini masuk kategori beton ringan.

4.4 Analisis lendutan dan kekakuan

Nilai lendutan teoritis untuk variasi tinggi bata ringan dan mutu beton dibandingkan dengan nilai lendutan aktual pada saat elastis dengan beban 500 kg terlihat seperti pada tabel 4.7 dan 4.8.

Tabel 4.7 Nilai lendutan aktual dan teoritis balok mutu 24,57 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Mutu Beton 24,57 MPa			KR (%)
		Lendutan (mm)			
		Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis	
8,5	A1-85	1,085			71,626
	B1-85	0,860	0,972	0,276	
	C1-85	0,970			
6,5	A1-65	0,640			67,911
	B1-65	0,995	0,858	0,275	
	C1-65	0,940			

Tabel 4.8 Nilai lendutan aktual dan teoritis balok mutu 29,81 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Mutu Beton 29,81 MPa			KR (%)
		Lendutan (mm)			
		Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis	
8,5	A2-85	0,320			50,280
	B2-85	0,250	0,507	0,252	
	C2-85	0,950			
6,5	A2-65	0,760			61,293
	B2-65	0,720	0,650	0,252	
	C2-65	0,470			

Berdasarkan hasil analisis teoritis dan aktual pengaruh variasi mutu beton terhadap lendutan dapat terlihat. Semakin tinggi mutu beton maka lendutan semakin kecil. Sedangkan pengaruh untuk variasi volume bata ringan secara teoritis dan aktual tidak terlihat signifikan. Dari tabel

terlihat bahwa pada mutu beton 24,57 MPa, balok dengan ukuran volume bata ringan yang lebih rendah memiliki nilai lendutan yang lebih kecil. Namun hal ini tidak berlaku untuk mutu beton 29,81 MPa. Hal ini dikarenakan variasi bata ringan tidak banyak mempengaruhi nilai kekakuan sehingga lendutan balok cenderung sama.

Nilai kekakuan teoritis didapat dari beban saat kondisi elastis dibagi dengan nilai lendutannya. Nilai lendutan didapat dari perhitungan sebelumnya dengan menggunakan *conjugate beam*.

Nilai kekakuan (k) teoritis dan aktual untuk setiap variasi mutu beton dan bata ringan seperti yang terlihat pada tabel 4.9 dan 4.10

Tabel 4.9 Kekakuan balok mutu 24,57 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Mutu Beton 24,57 MPa				
	Benda Uji	Kekakuan (kg/mm)			KR (%)
		Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis	
8,5	A1-85	460,829			71,369
	B1-85	581,395	519,230	1813,535	
	C1-85	515,464			
6,5	A1-65	781,250			66,660
	B1-65	502,513	605,226	1815,322	
	C1-65	531,915			

Tabel 4.10 Kekakuan balok mutu 29,81 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Mutu Beton 29,81 MPa				
	Benda Uji	Kekakuan (kg/mm)			KR (%)
		Aktual	Rata-rata Aktual	Teoritis	
8,5	A2-85	1562,500			31,331
	B2-85	2000	1362,939	1984,784	
	C2-85	526,316			
6,5	A2-65	657,895			59,473
	B2-65	694,444	805,390	1987,300	
	C2-65	1063,830			

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa untuk mutu beton 24,57 MPa, balok dengan ukuran volume bata ringan yang lebih rendah memiliki nilai kekakuan yang lebih besar. Namun hal ini tidak berlaku untuk balok dengan mutu beton 29,81 MPa. Selain itu dari tabel terlihat bahwa kekakuan teoritis lebih besar dibandingkan dengan nilai kekakuan aktual. Hal ini disebabkan karena nilai modulus elastisitas teoritis

yang diambil dari data sekunder lebih besar dari nilai modulus elastisitas aktual.

Berdasarkan hasil analisis aktual maupun teoritis pengaruh variasi mutu beton dapat terlihat. Semakin tinggi mutu beton maka kekakuan balok semakin besar. Sedangkan pengaruh untuk variasi volume bata ringan secara teoritis dan aktual tidak terlihat signifikan. Hal ini disebabkan karena perbedaan variasi volume bata ringan yang terlalu dekat sehingga nilai momen inersia penampang cenderung sama sehingga kekakuan balok juga cenderung sama.

4.5 Analisis Interaksi antara Mutu Beton dan Rasio Volume Bata Ringan terhadap kuat Lentur

Untuk mengetahui apakah terdapat interaksi yang signifikan antara mutu beton dan rasio volume bata ringan terhadap kuat lentur balok maka dilakukan analisis varian dua arah.

Hipotesis pengujian ini adalah:

- H_{0A} : Tidak terdapat pengaruh rasio volume bata ringan terhadap kuat lentur balok.
 H_{1A} : Terdapat pengaruh rasio volume bata ringan terhadap kuat lentur balok.
- H_{0B} : Tidak terdapat pengaruh mutu beton terhadap kuat lentur balok.
 H_{1B} : Terdapat pengaruh mutu beton terhadap kuat lentur balok.
- H_{0AB} : Tidak terdapat interaksi antara mutu beton dan volume bata ringan terhadap kuat lentur balok.
 H_{1AB} : Terdapat interaksi antara mutu beton dan volume bata ringan terhadap kuat lentur balok.

Tabel 4.11 Rangkuman uji hipotesa

Sumber Variasi	F-hitung	F-tabel	H ₀	H ₁
Vol. Bata ringan (A)	0,017	5,32	Diterima	Ditolak
Mutu Beton (B)	0,035	5,32	Diterima	Ditolak
Interaksi AB	0,317	5,32	Diterima	Ditolak

Untuk sumber variasi volume bata ringan F hitung nilainya sangat kecil jauh dari F tabel bahkan mendekati nol. Untuk

sumber variasi mutu beton juga didapatkan nilai yang sangat kecil. Namun pada interaksi antara mutu beton dan volume bata ringan nilainya lebih besar dari sumber variasi volume bata ringan dan mutu beton saja. Sehingga sebenarnya interaksi tersebut ada namun tidak signifikan.

Penyebab dari pengaruh yang tidak signifikan terhadap kuat lentur balok komposit disebabkan oleh rentang variasi mutu beton dan variasi volume bata ringan tidak jauh berbeda. Hal ini menyebabkan pengaruh yang dihasilkan akibat dari variasi tersebut tidak terlihat.

4.6 Analisis Pola Retak

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi mutu beton dan variasi volume bata ringan terhadap pola retak balok komposit. Selain itu analisis ini bertujuan untuk mengetahui korelasi pola retak terhadap beban maksimum yang dapat ditahan oleh balok komposit. Analisis pola retak digolongkan berdasarkan variasi mutu beton dan volume bata ringan seperti pada tabel 4.12 dan 4.13

Tabel 4.12 Pola retak balok mutu 24,57 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Mutu Beton 24,57 MPa		Tipe	P maks (kg)
		Pola Retak			
8,5	A1-85			A	1750
	B1-85			A	2718
	C1-85			A	2700
6,5	A1-65			B	3600
	B1-65			A	2804
	C1-65			A	1730

Tabel 4.13 Pola retak balok mutu 29,81 MPa

Tinggi Bata Ringan (cm)	Benda Uji	Mutu Beton 29,81 MPa		Tipe	P maks (kg)
		Pola Retak			
8,5	A2-85			B	2500
	B2-85			B	2990
	C2-85			A	2200
6,5	A2-65			B	1850
	B2-65			A	1600
	C2-65			B	3638

Pada analisis pola retak digolongkan menjadi dua tipe yaitu tipe A dan tipe B. Perbedaan antara keduanya adalah penyebaran pola retak lebih banyak pada tipe B. Pada pola retak tipe A terlihat bahwa rata-rata hanya terjadi pola retak lentur. Balok yang runtuh dalam pola retak lentur ditandai dengan membesarkannya retak lentur pada bagian tarik balok. Dari pengamatan pola retak tipe A, retak dimulai dari bagian bawah balok dekat dengan beban. Semakin meningkatnya beban yang diberikan, retak bertambah panjang dan lebar tanpa terjadi penambahan retak-retak baru disepanjang badan balok. Sedangkan pada tipe B terjadi penyebaran pola retak lentur dan adanya retak geser.

Dari gambar pola retak hasil pengujian, perbedaan pola retak untuk variasi volume bata ringan dengan mutu yang sama belum terlihat namun perbedaan pola retak antara mutu beton yang berbeda dapat terlihat. Hal ini dibuktikan dengan jumlah pola retak tipe B pada mutu beton 29,81 MPa berjumlah 4 sedangkan pada mutu beton 24,57 MPa hanya 1 buah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan mutu beton lebih berpengaruh terhadap pola retak dibandingkan perbedaan volume bata ringan.

Perbedaan hasil pola retak terhadap variasi mutu beton memang tidak dapat terlihat secara signifikan dikarenakan selisih antar variasi mutu beton hanya 5 MPa. Selain itu variasi mutu beton masih berada pada rentang yang sama yaitu beton normal. Sehingga perilaku yang dihasilkan dari kedua variasi akan cenderung sama.

Korelasi antara pola retak dengan beban maksimum yang dapat ditahan oleh balok juga terlihat pada tabel. Balok dengan pola retak tipe B akan mampu menahan beban yang lebih besar. Balok dengan pola retak tipe A ketika terjadi retak lentur dan kapasitas lentur sudah mencapai maksimum maka balok akan segera hancur. Sedangkan pada pola retak tipe B peningkatan beban akan menambah pola retak lentur disepanjang balok. Setelah kapasitas lentur mencapai maksimum akan terjadi retak geser dan kemudian balok akan runtuh. Korelasi antara pola retak dengan beban maksimum yang dapat ditahan oleh balok selanjutnya dibuktikan dengan analisis Uji-T

➤ **Uji – T**

Hipotesis pengujian ini adalah nilai P maks pada balok dengan pola retak lentur geser lebih besar dibandingkan balok dengan pola retak lentur.

Ho: $\mu = \mu_1$

H₁ : $\mu > \mu_1$

Tolak H₀ bila $t_{hitung} > t_{tabel}$

Pengelompokan nilai-nilai P_{maks} berdasarkan pola retak seperti pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Nilai P maks berdasarkan pola retak

n	Pola Retak	
	Lentur (A)	Lentur Geser (B)
1	1750	3600
2	2718	2500
3	2700	2990
4	2804	1850
5	1730	3638
6	2200	-
7	1600	-
Total	15502	14578
\bar{x}	2214,571	2915,600

Dari perhitungan didapatkan hasil sebagai berikut:

$t_{tabel} = 1,812$

$t_{hitung} > t_{tabel}$

$1,900 > 1,812 = H_0$ ditolak

Sehingga nilai P maks pada balok dengan pola retak lentur geser lebih besar dibandingkan balok dengan pola retak lentur.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan mengenai balok komposit beton dan bata ringan bertulangan bambu sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis eksperimen variasi volume bata ringan belum berpengaruh signifikan terhadap beban maksimum yang dapat ditahan balok. Sedangkan mutu beton juga belum dapat menjelaskan kekuatan (P maks). Dari hasil penelitian mutu beton hanya dapat menjelaskan nilai lendutan dan kekakuan.
2. Rata-rata berat volume balok komposit beton dan bata ringan memiliki nilai yang lebih rendah dari balok normal yaitu sebesar 1975 kg/m³ sehingga balok komposit beton dan bata ringan masuk kategori beton ringan sesuai dengan hipotesis awal.
3. Semakin tinggi mutu beton maka lendutan semakin kecil. Sedangkan perbedaan volume bata ringan belum berpengaruh signifikan. Hal ini terlihat

- pada mutu beton 24,57 MPa, balok dengan ukuran volume bata ringan yang lebih rendah memiliki nilai lendutan yang lebih kecil. Namun hal ini tidak berlaku untuk balok dengan mutu beton 29,81 MPa.
4. Semakin tinggi mutu beton maka kekakuan semakin besar. Sedangkan perbedaan volume bata ringan belum berpengaruh signifikan. Hal ini terlihat pada mutu beton 24,57 MPa, balok dengan ukuran volume bata ringan yang lebih rendah memiliki nilai kekakuan yang lebih besar. Namun hal ini tidak berlaku untuk balok dengan mutu beton 29,81 MPa.
 5. Dari hasil uji analisis varian dua arah didapatkan hasil F_{hitung} hanya untuk variasi volume bata ringan lebih kecil dari F_{tabel} , begitu juga untuk F_{hitung} pada sumber variasi mutu beton. Tetapi jika dibandingkan dengan F_{hitung} interaksi dari sumber variasi keduanya hasilnya lebih besar yaitu 0,317. Sehingga sebenarnya terdapat interaksi variasi mutu beton dan volume bata ringan terhadap kuat lentur balok komposit tetapi kontras belum terlihat secara signifikan.
 6. Hasil analisis uji T didapatkan nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$ sehingga hal ini menunjukkan bahwa pola retak berkorelasi dengan beban maksimum yang dapat ditahan balok. Balok dengan pola retak lentur geser akan dapat menahan beban yang lebih besar.
 7. Dari hasil analisis terlihat bahwa pola retak lebih banyak dipengaruhi oleh mutu beton sedangkan volume bata ringan tidak mempengaruhi. Sehingga tidak ada hubungan yang serentak antara variasi mutu beton dan volume bata ringan terhadap pola retak balok.

5.2 Saran

Berikut ini adalah hal-hal yang perlu diperhatikan apabila mengadakan penelitian lebih lanjut mengenai balok

komposit beton dan bata ringan bertulangan bambu:

1. Dalam perencanaan *mix design*, nilai faktor air semen perlu diperhatikan agar kekuatan beton yang dihasilkan sesuai dengan rencana. Mutu beton yang tinggi diperlukan faktor air semen yang lebih rendah dibandingkan mutu beton yang rendah.
2. Variasi mutu beton dan volume bata ringan didesain dengan interval yang lebih berbeda agar mendapatkan nilai kontras yang lebih signifikan.
3. Pengujian *pull out* perlu dilakukan sesuai dengan bahan bambu yang digunakan. Hal ini akan mengurangi penggunaan data sekunder sehingga hasil analisis akan lebih akurat.
4. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pemasangan *strain gauge* untuk mengetahui mekanisme slip yang mungkin terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, S.M., Djakfar, L. 2011. *Statistika Dasar Untuk Teknik Sipil*. Edisi 2. Malang: Penerbit Bargie Media.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Dransfield, S. & Widjaja, E. A. 1995. *Plant resources of South-East Asia No.7- Bamboos*. Bachuys Publishers, Leiden
- Ghavami, K. 2004. Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements, *Cement & Concrete Composites*. 27 (2005): 637-649
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nawy, Edward., G.,. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Bambang Suryoatmono. Bandung : PT. Refika Aditama.
- Nindyawati. 2014. *Panel Dinding Beton Ringan Bertulangan Bambu*. Disertasi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.

- Nurlina, S. 2011. *Teknologi Bahan I*. Malang: Bargie Media
- Robinson et.al., 1993. Guide For Structural Lightweight Agregate Concrete, ACI 213 R87, Detroit: American Concrete Institute.
- Schodek, D., L.. 1994. *Struktur*. Cetakan II. Terjemahan Bambang Suryoatmono. Bandung: PT. Eresco
- Simbolon, Hotman. 2009. *Statistika*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- McCormac, Jack ,C. 2001. *Desain Beton Bertulang*. Jilid I. Edisi kelima. Terjemahan Sumargo. Bandung: Penerbit Erlangga
- <http://bataringan.co.id/perbedaan-aac-dan-clc/> diakses pada tanggal 2 Oktober 2015 pukul 16:02 WIB.