

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN SERBUK KERAMIK SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN AGGREGAT HALUS TERHADAP KUAT LENTUR BALOK KOMPOSIT LAMINASI

Muhammad Ridwan^{1*}, Ramadhan Ibrohim², Angelalia Roza¹, Hamdeni Medriosa¹, Wilton Wahab¹

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Jl Gadjah Mada Kandis Nanggalo, Kota Padang, 25173, Indonesia

E-mail: angelaliaroza@gmail.com

ABSTRAK

Beton adalah material struktur yang terbentuk oleh pengerasan campuran antara agregat dengan semen yang terhidrasi oleh air. Balok sifatnya kuat terhadap tekan namun lemah terhadap tarik, jadi untuk memberikan kekuatan beton di daerah tarik untuk itu digunakan baja tulangan yang disebut dengan beton bertulang. Pada beton di daerah tarik kekuatan tekan beton tidak berguna dengan optimal karena beban seutuhnya ditahan oleh baja tulangan, untuk itu beton pada bagian tarik dapat dilakukan variasi pada campuran beton salah satunya variasi pada agregat halus, dalam hal ini dinamakan balok laminasi, Balok laminasi merupakan beton yang memiliki dua lapisan berbeda dari segi material yang digunakan. Pada penelitian kali ini bahan yang digunakan yaitu serbuk keramik, hal ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah keramik dalam dunia konstruksi. Metode penelitian yaitu eksperimen kuat lentur menggunakan sampel balok tinggi 60 cm, lebar 15 cm, tinggi 15 cm berjumlah 9 benda uji variasi 3 balok normal, 3 balok laminasi 3% serbuk keramik, 3 balok laminasi 5% serbuk kayu. Hasil pengujian didapatkan nilai kuat lentur 17,05 Mpa pada balok normal, 16,34 Mpa pada balok laminasi 3% dan 16,43 Mpa pada balok laminasi 5%. Dari hasil pengujian kuat lentur balok laminasi dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk keramik sebagai pengganti sebagian bahan agregat halus pada balok yang menerima gaya tarik dapat dilakukan karena perubahan kuat lentur balok tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Kata kunci: beton, balok laminasi, kuat lentur, serbuk keramik

ABSTRACT

Concrete is a structural material formed by the hardening of a mixture of aggregate and cement hydrated by water. Beams are strong against pressure but weak against tensile, so to provide concrete strength in the tensile area for that is used reinforcing steel called reinforced concrete. In concrete in the tensile area, the compressive strength of concrete is not optimally useful because the full load is held by the reinforcement steel, for that the concrete in the tensile part can be varied in the concrete mixture, one of which is a variation in fine aggregate, in this case it is called a laminated beam, a laminated beam is concrete that has two different layers in terms of the material used. In this study, the material used is ceramic powder, this aims to utilize ceramic waste in the world of construction. The research method is a strong bending experiment using a sample of blocks 60 cm high, 15 cm wide, 15 cm high, totaling 9 test pieces with variations of 3 normal blocks, 3 laminated blocks 3% ceramic powder, 3 laminated blocks 5% wood powder. The test results obtained a bending strength value of 17.05 Mpa on normal beams, 16.34 Mpa on 3% laminated beams and 16.43 Mpa on 5% laminated beams. From the results of the bending strength test of laminated beams, it can be concluded that the use of ceramic powder as a substitute for some fine aggregate materials on beams that receive tensile strength can be carried out because the change in the bending strength of the beam does not undergo significant changes.

Keywords: concrete, laminated beam, flexural strength, ceramic powder

PENDAHULUAN

Beton merupakan material struktur yang banyak digunakan sebagai komponen utama bangunan. Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan dengan perbandingan komposisi tertentu. Beton mempunyai kekuatan tekan yang cukup besar, namun sangat lemah terhadap tarik.

Beton merupakan komponen utama dalam konstruksi, apabila kebutuhan pembangunan dan tempat tinggal meningkat maka penggunaan beton akan meningkat pula. Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Beton memiliki nilai kuat tekan yang tinggi namun kuat tariknya lemah, oleh karena itu diperlukan material yang memiliki nilai kuat tarik yang tinggi agar dapat mengimbangi kuat tekan beton. Perkembangan yang telah sangat dikenal adalah ditemukannya kombinasi antara material beton dan tulangan baja yang digabungkan menjadi satu kesatuan konstruksi dan dikenal sebagai beton bertulang (Bastian Artanto)

Untuk itu pada bagian beton yang mengalami gaya tarik bisa dilakukan inovasi untuk dengan melakukan perubahan variasi pada campuran beton salah satunya variasi pada agregat halus dengan menggunakan serbuk keramik. Tujuan dari penambahan serbuk keramik sebagai bahan penambah agregat halus pada campuran beton ini yaitu untuk memanfaatkan limbah keramik pada pekerjaan konstruksi, serta untuk memaksimalkan fungsi pada balok yang pada bagian tekan (atas) menggunakan beton dengan campuran normal dan beton dengan campuran serbuk keramik pada agregat halus di bagian bawah (tarik) sehingga balok ini dinamakan dengan balok laminasi.

Keramik berasal dari tanah liat yang dibakar, seperti gerabah, genteng, porselin, dan sebagainya, bahan baku keramik yang umum dipakai adalah felspar, ball clay, kwarsa, kaolin, dan air. Sifat keramik sangat ditentukan oleh struktur kristal, komposisi kimia dan mineral bawaannya. Keramik secara umum tersusun dari bahan-bahan berikut: a. Clay (Tanah Liat), Clay mengandung hidrat alumunium silica ($Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$) yang berfungsi mempermudah proses pembentukan keramik dan mempunyai sifat plastik sehingga mudah dibentuk mempunyai daya ikat bahan baku yang tidak plastis. b. Kwarsa (Flint), Kwarsa adalah bentuk lain dari batuan silica (SiO_2), yang

mempunyai fungsi mengurangi susut kering, jadi mengurangi ada retakan dalam pengeringan dan mengurangi susut waktu dibakar sehingga tetap kualitas tetap baik. c. Feldspard, Feldspard yang disusun oleh $K_2O \cdot Al_2SO_3 \cdot 6SiO_2$ ini merupakan suatu kelompok mineral yang berasal dari batuan karang. Pada saat keramik dibakar, maka Feldspard meleleh dan membentuk lelehan gelas yang menyebabkan partikel – partikel clay bersatu bersama sehingga memberikan kekerasan dan kekuatan pada keramik. Feldspard sangat berguna karena mengandung soda dan Potash sehingga tidak larut dalam air (Hermansyah, Dika Suryanto, Rasdiati).

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian dimulai dengan persiapan bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa aggregate, semen, air dan serbuk keramik. Selanjutnya dilakukan pengujian analisa saringan, berat isi, berat jenis, abrasi, pasing 200. Selanjutnya dilakukan pengujian berat jenis serbuk keramik. Penelitian yang akan dilakukan adalah eksperimen menggunakan sampel balok dengan serbuk keramik sebagai pengganti sebagian aggregate halus terhadap kuat lentur beton bertulang dengan variasi penggantian 0%; 3%; 5%, dengan jumlah 9 sampel. Selanjutnya mengolah data hasil yang didapatkan dan dihitung sesuai dengan rumus yang berlaku pada setiap pengujian dengan rumus yang berlaku pada setiap pengujian sampel balok tersebut. Kemudian memasukan semua data yang telah diolah kedalam tabel dan membuat masing-masing pembahasan dari semua hasil pengolahan data yang telah dilakukan sehingga didapatkan hasil optimum dari pengujian kuat lentur balok laminasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisis Material

Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu aggregate halus yang berasal dari lubuk alung, aggregate halus yang berasal dari cv.berlian, semen pcc, dan limbah keramik. Hasil pemeriksaan sifat fisis material sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Material

No	Uraian	Keterangan	Nilai
1	Kuat tekan beton rencana f_c'		20,75 MPa
2	Deviasi Standar		6 MPa
3	Kuat lentur direncanakan		17 MPa
4	Modulus Kehalusan	Agregat Halus	2,75
5	Berat jenis SSD	Agregat Halus	2,63 gr/cm ³
6	Penyerapan Air	Agregat Halus	1,01 %
7	Ukuran Maksimal	Agregat Kasar	19.05 mm
8	Berat jenis SSD	Agregat Kasar	2,65 gr/cm ³
9	Penyerapan Air	Agregat Kasar	2,06 %
10	Berat Isi	Agregat Kasar	1,44 gram/cm ³
11	Berat Jenis	Serbuk Keramik	2,35 gr/cm ³

Pengujian Kuat Tekan Trial Mix

Adapun pengujian kuat tekan dilakukan untuk melihat apakah nilai kuat tekan beton sudah sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan.

Tabel 2. Pengujian Kuat Tekan

Variasi Serbuk Keramik	No. Sampel	Tekanan Balok Umur 28 Hari (N)	Kuat Tekan 28 hari Balok (N/mm ²)	Kuat Tekan Beton Rata-rata (N/mm ²)
0%	1	343000	29,42	28,45
	2	329000	28,66	
	3	313000	27,26	
3%	1	140000	19,82	21,00
	2	155000	21,94	
	3	150000	21,23	
5%	1	168000	23,78	21,94
	2	142000	20,10	
	3	155000	21,94	

Berdasarkan tabel 2 didapatkan nilai kuat tekan beton normal *trial mix* rata-rata sebesar 28,45 MPa. Untuk beton dengan campuran 3% nilai kuat tekan rata-ratanya sebesar 21,00 MPa dan untuk campuran 5% kuat tekan rata-ratanya sebesar 21,94 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa campuran beton sudah memiliki komposisi campuran yang

pas sehingga telah mencapai kuat tekan beton rencana yaitu 20,75 Mpa

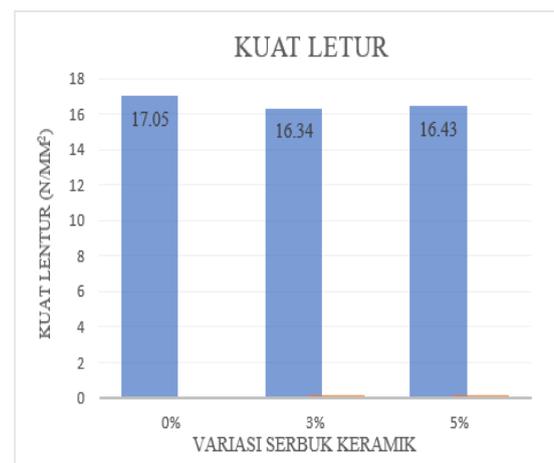
Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur balok laminasi dilakukan saat umur balok 28 hari.

Tabel 3. Pengujian Kuat Lentur

Variasi Serbuk Keramik	No. Sampel	Tekanan Balok Umur 28 Hari (N)	Kuat Lentur 28 hari Balok (N/mm ²)	Kuat Lentur Beton Rata-rata (N/mm ²)
0%	1	142000	17,67	17,05
	2	131000	16,30	
	3	138000	17,17	
3%	1	142000	17,67	16,34
	2	131000	16,30	
	3	121000	15,06	
5%	1	139000	17,30	16,43
	2	138000	17,17	
	3	119000	14,81	

Hasil dari kuat lentur balok laminasi lalu dihubungkan untuk melihat perbandingan antara kuat lentur sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Kuat Lentur Balok

Hasil pengujian kuat lentur dapat dilihat pada gambar 1 menunjukkan perbandingan lendutan yang terjadi antara sampel balok beton berulang setelah pengujian di laboratorium. Dapat dilihat bahwa balok normal memiliki nilai kuat lentur rata-rata 17,05 N/mm², sedangkan balok dengan pengganti serbuk keramik 3% memiliki nilai kuat lentur rata-rata 16,34 N/mm², dan balok dengan pengganti serbuk keramik 5% memiliki nilai kuat lentur rata-rata 13,32 N/mm². Berdasarkan gambar 4.3 dapat dilihat nilai kuat lentur balok dengan pengganti 3% serbuk keramik mengalami penurunan nilai kuat

lentur terhadap normal, penurunan juga terjadi pada balok dengan pengganti 5% serbuk keramik.

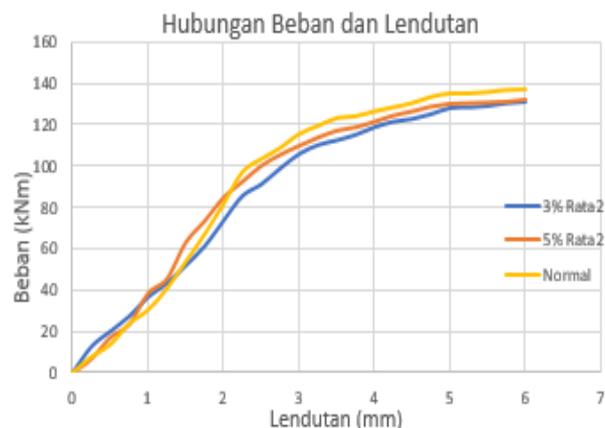
Hubungan Beban dan Lendutan

Dari hasil pengujian balok laminasi didapatkan hasil hubungan beban dan lendutan sebagai berikut:

Tabel 4. Hubungan Beban dan Lendutan

Jenis Balok	Beban Maksimum (kN)	Lendutan Maksimum (mm)
Balok Normal	137	5,75
Balok Laminasi 3 % S.K	131	5,75
Balok laminasi 5% S.K	132	6

Hasil pengujian ini lalu dibuatkan grafik hubungan beban dan lendutan sebagai berikut:



Gambar 2. Hubungan Beban dan Lendutan

Terlihat pada gambar 2 dalam pengujian di laboratorium bahwa semua benda uji memiliki perilaku struktur dan kapasitas maksimum yang hasilnya tidak menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan. Pada balok normal menunjukkan beban sebesar 137 kN, pada balok dengan penambahan serbuk keramik 3% menunjukkan beban maksimum 131 kN dan balok dengan penambahan serbuk keramik 5% menunjukan beban maksimum 132 kN.

Momen Kurvatur

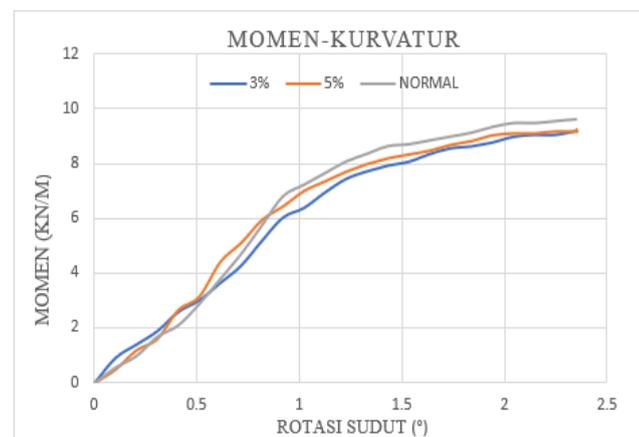
Momen kurvatur didapatkan dari hasil hitungan momen dan rotasi sudut pada balok laminasi.

Berdasarkan hasil perhitungan momen dan rotasi sudut maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Momen Kurvatur

Jenis Balok	Momen Maksimal (kN)	Kurvatur (Θ) °
Balok Normal	9,59	2,352
Balok laminasi 3% S.K	9,17	2,352
Balok Laminasi 5% S.K	9,24	2,454

Moment kurvatur didapatkan dengan menghubungkan momen maksimal balok dengan rotasi sudut akibat beban lentur.



Gambar 3. Grafik Momen Kurvatur

Dari gambar 3 dapat dilihat nilai maksimum hubungan momen kurvatur pada setiap benda uji. Pada hasil hitungan momen didapatkan momen maksimum pada balok normal adalah 9,59 kNm, momen maksimal pada balok dengan penambahan serbuk keramik 3% adalah 9,17 kNm dan balok dengan penambahan serbuk keramik 5% adalah 9,24 kNm. Dalam hal ini pun bisa dilihat pada tabel 4.14 terlihat perubahan momen pada benda uji tidak mengalami perubahan yang signifikan terhadap balok normal.

Kekakuan Balok

Hasil perhitungan kekakuan didapatkan nilai sebagai berikut:

Tabel 6. Kekakuan Balok

Jenis Balok	Pcr (kN m)	Δ_{cr} (m)	Kcr (kN)	P (kN m)	Δ (m)	K (kN)
Balok Normal	80	0,002	40.000	50	0,0025	20.000
Balok S.Kera mik 3%	80	0,0021	38.095	50	0,0029	17.241
Balok S.Kera mik 5%	80	0,0019	40.000	50	0,003	16.667

Pada tabel 4.15 dapat dilihat nilai kekakuan saat retak awal pada balok normal 40.000 kN dengan nilai kekakuan saat beban maksimum 20.000 kN, pada balok dengan penambahan serbuk keramik 3% didapatkan nilai kekakuan saat retak awal 38.095 kN dengan nilai kekakuan saat beban maksimum 17.241 kN, dan pada balok dengan penambahan serbuk keramik 5% didapatkan nilai kekakuan saat retak awal 40.000 kN dengan nilai kekakuan saat beban maksimum 16.667 kN. Perbandingan nilai kekakuan antara balok normal, balok dengan penambahan 3% serbuk keramik dan balok dengan penambahan 5% serbuk keramik dilihat pada grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Kekakuan

Pola Retak

Balok Normal



Gambar 5. Balok Normal

Balok Laminasi S.K 3%



Gambar 6. Balok Laminasi S.K 3%

Balok Laminasi S.K 5%



Gambar 7. Balok Laminasi S.K 5%

Pada pengujian balok laminasi di laboratorium didapatkan pola retak yang terjadi pada balok yaitu retak lentur dan retak geser.

KESIMPULAN

Pada penelitian kuat lentur balok komposit laminasi didapatkan kuat lentur balok normal 17,05 Mpa, kuat lentur balok laminasi 3% 16,34 Mpa, balok laminasi 5% 16,43 Mpa. Beban maksimum balok normal 137 kN didapat lendutan 5,75 mm, balok laminasi S.K 3% beban maksimum 131 kN lendutan didapat 5,75 mm, serta balok laminasi S.K 5% beban maksimal 132 kN didapatkan nilai lendutan 6 mm. Momen maksimum balok yaitu 9,59 kN pada balok normal, 9,17 kN momen maksimum balok laminasi S.K 3%, momen maksimum balok laminasi S.K 5% 9,24 kNm. Nilai kekakuan balok normal dan balok laminasi S.K 5% saat retak yaitu 40.000 kNm, untuk balok laminasi S.k 3% kekakuan 38.095 kNm saat pertama retak, nilai kekakuan balok normal saat ultimit yaitu 20.000 kNm balok normal, 17.241 kNm balok laminasi 3% S.K, dan 16.667 kNm balok laminasi S.K 5%. Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk keramik pada struktur balok di daerah tarik dapat dilakukan karena perubahan yang dihasilkan dari pergantian aggregate halus menggunakan serbuk keramik tidak mengalami perubahan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, E., Sherbrooke, U. De, & Hasan, N. (2012). Penggunaan laminasi serat karbon untuk

memperkuat balok beton bertulang.

- Bastian Artanto Ampangallo (2022). Sru di Perilaku Balok Beton Dengan Tulangan Bambu Laminasi Limbah Plastik. *Journal on Education*.
- Hermansyah, Dika Suryanto, Rasdiati. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Keramik Terhadap Peningkatan Nilai Kuat Tekan Beton. *Jurnal Kacapuri, Jurnal Keilmuaan Teknik Sipil Volume 5 Nomor 1*
- PBI (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jenderal Cipta Karya, Bandung.
- Maleke, B. F., Sumajouw, M. D. J., & Pandaleke, R. E. (2019). Perbandingan Kuat Lentur Balok Beton Bertulang Biasa Dengan Balok Beton Bertulang Geopolymer. *Tekno, 17(73)*, 189–192. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/tekno/article/view/26745>
- Maraya, D. (2020). Analisis Penggunaan Serbuk Kaca dan Pecahan Keramik Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Mulyati, M., & Putra, E. H. (2021). Pengaruh Penggunaan Limbah Keramik, Serbuk Arang Briket Dan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Ensiklopedia of Journal, Vol. 3(2)*, hal. 219-228.
- Qomaruddin, M., & Sudarno. (2019). The study of laminate concrete between geopolymer and conventional. *Journal of Physics: Conference Series, 1363(1)*.
- SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 2847-2011. Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan. Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 2816: ICS 91.100.30. (2014). Metode Uji Bahan Organik Dalam Agregat Halus Untuk Beton. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 7656, (2012). Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- SNI ASTM C117:2012. Metode Uji Bahan yang Lebih Halus dengan Saringan 75 (No. 200) dalam Agregat Mineral dengan Pencucian. Badan Stadarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- SNI ASTM C136-2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C136-06, IDT). Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Suria, A., Neneng, I., & Alamsyah, W. (2017). Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik Sebagai Agregat Kasar Campuran dan Pengaruhnya Terhadap Kuat Tekan Beton. *JURUTERA-Jurnal Umum Teknik*.