

Pengaruh Penambahan Serat Bendrat dan Bahan Tambah *Bestmittel* Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Kuat Geser Balok Beton Bertulang.

Ir.Slamet Prayitno,MT¹⁾, Ir. Supardi, MT²⁾, Nuril Huda³⁾

¹⁾ Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email: nurileja@gmail.com

Abstract

Development in the field of structure very rapidly, Reinforced concrete structure is one that is highly reliable structure strength of current and widely used in the construction off tall building, long-span bridge, tower and so on. The structure thus requiring high strength concrete with compressive strength greater than 6,000 psi or 41,4 MPa being used to prop up the components of the structure. Thus the need improve the quality of concrete with steps to add fiber to the fresh concrete, the chosen material added bendrat fiber derived from waste material or recycling project that are not useful, to be reused as an added ingredient wich aims to improve the compressive strength of concrete. The purpose of this study was to determine the effect of fiber bendrat with added ingredients bestmittel on the mechanical properties of concrete such as compressive strength and shear strength. The method used is experiment method that held in UNS material laboratory. Cylindrical test specimen used diameter 15 cm height 30 cm for compressive strength testing, and 8 cm x 12 cm x 100 cm specimen for shear strength testing. Each objects test consists of 3 object for a variation of fibers bendrat addition levels. Percentage fibers bendrat which used are 0 %; 0.5 %; 1 %; 1.5 %; and 2 % Compressive strength test using a CTM (Compression Testing Machine) and the shear strength test using a BTM (Bending Testing Machine). Calculation is using Microsoft Excel program. From the results of obtained increasing in value of Compressive Strength, according to polynomial chart can be concluded that, there is an increase of Compressive Strength concrete with fiber bendrat addition, to reach optimum at the bendrat level 1,067% in the amount 58,53 MPa, According to the results of the regression analysis results obtained calculation : Maximum shear strength value based testing is at levels 1,21% (BL-1%) in the amount 21,88 kN. Maximum shear strength value analysis based on levels SNI 1,07% (BL-1%) in the amount 9,67 kN.

Keywords: *Concret Beam, High Quality Concret, Fibers Bendrat, Compressive Strength, Shear Strength.*

Abstrak

Pembangunan dibidang struktur mengalami perkembangan yang sangat pesat. Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan dengan bentang panjang, tower dan sebagainya. Struktur demikian membutuhkan beton mutu tinggi dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa yang digunakan untuk menopang komponen struktur. Dengan demikian perlu adanya peningkatan mutu beton dengan langkah menambahkan serat pada beton segar, maka dipilihlah bahan tambah serat bendrat yang berasal dari bahan limbah proyek atau daur ulang yang tidak bermanfaat, untuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan tambah yang bertujuan meningkatkan kuat tekan beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serat bendrat dengan bahan tambah bestmittel terhadap sifat-sifat mekanik beton berupa kuat tekan dan kuat geser. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, 8 cm x 12 cm x 100 cm untuk pengujian kuat geser. Benda uji masing-masing berjumlah 3 buah untuk 1 variasi kadar penambahan serat bendrat. Persentase serat bendrat yang digunakan adalah 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Pengujian menggunakan alat CTM (Compression Testing Machine) untuk kuat tekan dan BTM (Bending Testing Machine) untuk kuat geser. Hitungan analisis menggunakan bantuan program Microsoft Excel. Dari hasil penelitian diperoleh peningkatan nilai kuat tekan beton, menurut grafik polinomial dapat disimpulkan bahwa, ada kenaikan nilai kuat tekan beton dengan penambahan serat bendrat, hingga mencapai optimum yaitu pada kadar bendrat 1,067% sebesar 58,53 MPa dari beton biasa tanpa campuran. Menurut hasil regresi terhadap hasil analisa perhitungan diperoleh : Nilai kuat geser maksimal berdasarkan pengujian adalah pada kadar 1,21% (BL-1%) sebesar 21,88 kN. Nilai kuat geser maksimal analisis berdasarkan SNI adalah pada kadar 1,07% (BL-1%) sebesar 9,67 kN.

Kata kunci : Beton Mutu Tinggi, Serat Bendrat, Abu Sekam padi, Kuat Tekan, Permeabilitas, Penetrasi.

PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, tower dan sebagainya. Struktur demikian membutuhkan beton mutu tinggi dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 psi atau 41,4 MPa. Dengan demikian perlu adanya peningkatan mutu beton dengan langkah menambahkan serat pada beton segar, maka dipilihlah bahan tambah serat bendrat yang mudah diperoleh dan bisa dibeli dalam bentuk kawat yang bertujuan meningkatkan kuat tekan beton. Beton mutu tinggi menurut Debrowski (1998) kuat tekan mutu tinggi lebih besar dari 41,4 MPa. Dengan demikian beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) yang ditambahkan serat bendrat dan bahan tambah *bestmittel* diharapkan kuat tekannya menjadi bertambah. Sedangkan beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) yang ditambahkan serat bendrat dan bahan tambah *bestmittel* dapat direncanakan kuat tekannya $f_c = 50$ MPa.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Kata beton dalam bahasa Indonesia berasal dari kata yang sama dalam bahasa Belanda. Kata concrete dalam bahasa Inggris berasal dari bahasa Latin *concretus* yang berarti tumbuh bersama atau menggabungkan menjadi satu. Dalam bahasa Jepang digunakan kata kotau-za, yang arti harafiahnya material-material seperti tulang, mungkin karena agregat mirip tulang-tulang hewan (Antoni dan Paul Nugraha, 2007).

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air, dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan bangunan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut bila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan (Tjokrodimulyo, 1996).

Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton dengan perlakuan khusus dan persyaratan yang seragam yang tidak dapat selalu dicapai secara rutin hanya dengan penggunaan material konvensional dan pencampuran secara normal, penempatan dan cara perawatannya. Disyaratkan terdapat kontrol terhadap pemilihan dan desain dari material penyusun beton dengan penambahan bahan tambah yang tepat (*American Concrete Institute*).

Kriteria dasar perancangan beton adalah kekuatan tekan dan hubungannya dengan faktor air semen yang digunakan. Kriteria ini sebenarnya kontradiktif dengan kemudahan pegerjaannya arena menurut Abram, 1920 (Neville, 1981).

Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air dan sejumlah serat yang disebar secara random. Prinsip penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton yang disebar merata kedalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroushian dan Bayasi, 1987).

Bahan Tambah

Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Tjokrodimuljo, 1996).

Serat Bendrat

Beberapa macam serat dapat dipakai untuk memperbaiki sifat-sifat beton yang telah dilaporkan oleh ACI Commite 54 (1902) dan Soroushian & Bayasi (1987). Ananta Ariatama (2005) menunjukkan bahwa dengan penggunaan serat bendrat memiliki unit densitas yang lebih rendah dari pada serat baja.

Jika serat yang dipakai memiliki modulus elastisitas lebih tinggi daripada beton misalnya kawat baja, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, maupun kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi dari beton biasa. (Suhendro, 2000)

Bestmittel

Bestmittel merupakan formula khusus yang sangat ekonomis dalam prosen pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu / kekuatan beton. Bestmittel sangat membantu untuk pengecoran dengan jadwal waktu yang sangat ketat karena beton beton cepat mengeras pada usia awal (7-10 hari) serta dapat meningkatkan mutu / kekuatan beton 5% - 10%.

Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodimulyo, 1996). Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan :

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan :

f_c : Kuat tekan beton pada umur 10 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P: beban maksimum (N)

A: Luas penampang benda uji (mm²)

Kuat Geser

Kuat geser adalah kekuatan suatu komponen struktur atas penampang yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral. Menurut Wang dan Salmon (1991).

Kuat geser 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 (SNI 03-4431-1997). Untuk mengetahui kuat geser dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan:

$$V_n = V_c + V_s$$

Kekuatan geser beton sesuai dengan SNI.03-2847-2013. Untuk komponen struktur yang hanya dibebani oleh geser dan lentur berlaku:

$$V_c = 1/6 \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = (0,16 \lambda \cdot \sqrt{f'_c} + 17 \cdot \rho_w \cdot \frac{V_u \cdot d}{M_u}) \cdot b_w \cdot d$$

Keterangan:

V_c = kekuatan geser nominal yang diberikan oleh beton (kN.m).

V_s = kekuatan geser nominal yang diberikan oleh tulangan badan (kN.m).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Tahap awal, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI). Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji. Benda uji akan diuji dengan uji kuat tekan dan kuat geser. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji berbentuk silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm dengan masing-masing variasi persentase serat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2%. berjumlah 3 buah per persentase serat, Pengujian direncanakan dilakukan setelah beton benda uji berumur 10 hari. Pembebanan akan dihentikan apabila defleksi yang terjadi dirasa sudah cukup besar. Data yang digunakan yaitu analisis statistik menggunakan program Microsoft Excel. Data hasil pengujian tersebut nantinya dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penambahan serat bendrat terhadap kuat tekan dan kuat geser pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI).

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan

No	Kadar Serat Bendrat	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	SL-0	3
2	0,5%	SL -0,5	3
3	1 %	SL -1,5	3
4	1,5%	SL -1,5	3
5	2 %	SL -2	3

Keterangan : SL : silinder

Benda uji kuat geser menggunakan balok 8 cm x 12 cm x 100 cm, dengan masing-masing variasi persentase serat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2%. berjumlah 3 buah per persentase serat, Pengujian direncanakan dilakukan setelah beton benda uji berumur 10 hari. Pembebanan akan dihentikan apabila defleksi yang terjadi dirasa sudah cukup besar. Data yang digunakan yaitu analisis statistik menggunakan program Microsoft Excel. Data hasil pengujian tersebut nantinya dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penambahan serat bendrat terhadap kuat tekan dan kuat geser pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI).

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Geser

No	Kadar Serat Bendrat	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	BL-0	3
2	0,5%	BL-0,5	3
3	1 %	BL-1,5	3
4	1,5%	BL-1,5	3
5	2 %	BL-2	3

Keterangan : BL : balok

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian terhadap bahan dasar agregat halus atau pasir yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kandungan zat organik, bobot isi, kadar lumpur, *specific gravity*, gradasi agregat dan berat jenis diperoleh hasil yang telah disajikan juga menunjukkan bahwa hasil pengujian agregat halus terletak diantara batas minimal dan batas maksimal, sehingga agregat tersebut memenuhi syarat untuk campuran adukan beton.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Kandungan zat organik	Kuning Muda	0 - 10%	Memenuhi syarat
2	Kandungan lumpur	3,5 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,47 gr/cm ³	-	-
4	<i>Bulk specific SSD</i>	2,56 gr/cm ³	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	<i>Apparent specific gravity</i>	2,72 gr/cm ³	-	-
6	<i>Absorbtion</i>	3,73 %	-	-
7	Modulus Halus	2,68	1,5-3,8	Memenuhi syarat

Sumber : *) PB1 1971, ASTM C.128 dan SNI 03 – 1990

Dari Pengujian terhadap agregat kasar split (batu pecah) yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian bobot isi, berat jenis (*specific gravity*), gradasi agregat kasar dan keausan (abrasi). hasil pengujian agregat kasar yang keseluruhan berada pada standar yang disyaratkan, sehingga agregat kasar tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk campuran beton.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	6,013	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,57	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,68	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,75	-	-
5	Absorbtion	1,64	-	-
6	Abrasi	33 %	50 %	Memenuhi syarat

Hasil Perhitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode *American Concrete Institute (ACI)*

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode *American Concrete Institute (ACI)*. Dari perhitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

- Pasir = 574,42 kg/m³
- Agregat Kasar = 1030,88 kg/m³
- Semen = 570,83 kg/m³
- Air+ admixture (Bestmittel) = 171,25 liter/m³

Dari hasil Perhitungan rancang campuran adukan beton maka dapat dihitung kebutuhan bahan tiap adukan yang berupa benda uji silinder dengan ukuran 15 x 30 cm dan balok lentur 8 cm x 12 cm x 100 cm yang akan diuji pada umur 10 hari. Untuk kebutuhan tiap adukan disajikan dalam

Tabel 5. Kebutuhan Bahan Campuran Adukan Beton Untuk Satu Benda Uji

No	Jenis Agregat	Silinder	Balok	Satuan
1	Pasir	3,0453	5,5145	Kg
2	Agregat Kasar	5,4651	9,8964	Kg
3	Semen	3,0262	5,4800	Kg

4	Air – 20%	0,7263	1,3152	Kg
5	Bestmittel 0,4%	0,0122	0,2192	Kg

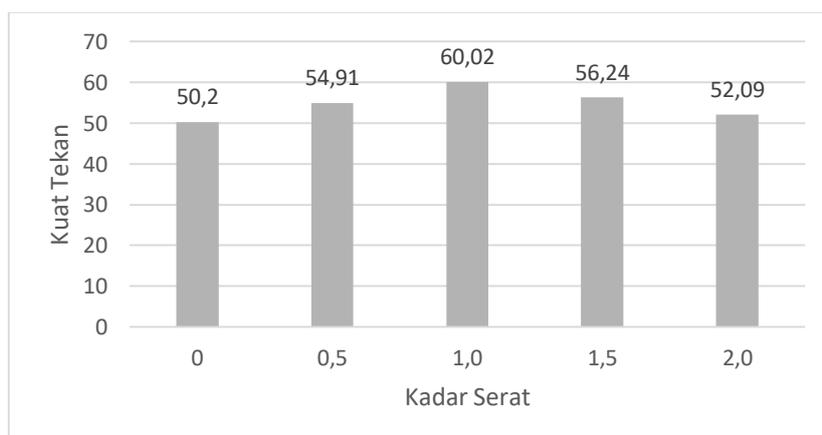
Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan hasil penelitian didapat kuat tekan dengan kadar serat bendrat sebesar 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 10 hari berturut-turut adalah 50,20 MPa; 54,91 MPa; 60,02 MPa; 56,24 MPa; dan 52,09 MPa. Kuat tekan maksimum adalah pada beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) dengan kadar penambahan serat sebesar 1 %, menghasilkan kuat tekan sebesar 60,02 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 16,36 % dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode *American Concrete Institute* (ACI) tanpa serat. Berdasarkan grafik fungsi polynomial, kadar serat optimum terjadi pada kadar serat 1,067 % dengan nilai sebesar 58,53 MPa.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	Kadar Serat (%)	Kode Benda Uji	No Benda Uji	A (mm ²)	P maks (KN)	f'c (Mpa)	f'cr (Mpa)
1	0	SL 0 %	1	17662,5	880000	49,82	50,2
			2	17662,5	920000	52,09	
			3	17662,5	860000	48,69	
2	0,5	SL 0,5 %	1	17662,5	950000	53,78	54,91
			2	17662,5	990000	56,05	
			3	17662,5	970000	54,91	
3	1	SL 1 %	1	17662,5	1040000	58,89	60,02
			2	17662,5	1060000	60,02	
			3	17662,5	1080000	61,15	
4	1,5	SL 1,5 %	1	17662,5	980000	55,48	56,24
			2	17662,5	990000	56,05	
			3	17662,5	1010000	57,18	
5	2	SL 2 %	1	17662,5	920000	52,09	52,09
			2	17662,5	900000	50,96	
			3	17662,5	940000	53,22	

Dari data pengujian kuat tekan beton dapat diperoleh diagram hubungan kuat tekan dengan serat bendrat (gambar 1).



Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan % serat bendrat

Hasil Pengujian Kuat Geser

Pengujian kuat geser balok menggunakan benda uji dengan dimensi lebar 80 mm, tinggi 120 mm dan panjang 1000 mm. Benda uji yang digunakan 15 buah yang terdiri dari 3 buah balok dengan persentasi serat 0 %, 3 buah balok dengan persentasi serat 0,5 %, 3 buah balok dengan persentasi serat 1 %, 3 buah balok dengan persentasi 1,5 %, dan 3 buah balok dengan persentasi 2 %.

Hasil dari pengujian adalah berupa data yang meliputi nilai beban pada saat terjadi retak pertama, beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji, lendutan saat retak pertama, dan lendutan maksimum. *Dial gauge* yang digunakan pada proses pengujian ini sebanyak 2 buah dan diletakkan di 1/3 bentang yang berjarak 30 cm dari tumpuan. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Geser

Kode Benda Uji	Beban Saat Pertama Retak (kN)	Lendutan Saat Pertama Retak (mm)		P maks (kg)	Lendutan Saat Beban Maksimum (mm)		Posisi Runtuh 1/3 tepi bentang	
		dial 1	dial 2		dial 1	dial 2	depan	belakang
BL-1 (0%)	20	2,8	2,9	30	4	4,5	ya	ya
BL-2 (0%)	20	3,2	3,5	30	4,5	4,9	ya	ya
BL-3 (0%)	15	2,3	2,5	22,5	3,2	3,5	ya	ya
BL-1 (0,5%)	30	4,7	5	40	5,9	6	ya	ya
BL-2 (0,5%)	27,5	3,8	4	37,5	4,8	5	ya	ya
BL-3 (0,5%)	32,5	4,3	4,5	40	5	5,2	ya	ya
BL-1 (1%)	3250	5,8	6,1	42,5	6,8	7,1	ya	ya
BL-2 (1%)	30	4,3	4,6	47,5	6,4	6,7	ya	ya
BL-3 (1%)	35	4,5	4,7	45	5,6	5,7	ya	ya
BL-1 (1,5%)	30	5	5,2	40	6,1	6,3	ya	ya
BL-2 (1,5%)	27,5	4	4,2	40	5,6	5,8	ya	ya
BL-3 (1,5%)	32,5	4,5	4,7	40	5,2	5,4	ya	ya
BL-1 (2%)	27,5	4,8	4,9	37,5	6	6,2	ya	ya
BL-2 (2%)	32,5	4	4,1	40	4,9	5,1	ya	ya
BL-3 (2%)	30	4,5	4,6	37,5	5,1	5,2	ya	ya

Berdasarkan Perhitungan momen nominal hasil pengujian ini menggunakan konsep statika dimana simple beam dibebani dengan beban merata q dan beban terpusat sebesar $1/2 P$ pada sepertiga bentangnya. Dari perhitungan ini kita dapat mengetahui momen maksimal yang terjadi. Beban yang digunakan dalam perhitungan momen nominal adalah beban saat beton mengalami leleh yaitu saat beban menghasilkan lendutan yang terbaca pada dial gauge dari konstan menjadi turun tidak konstan dan kembali menjadi konstan. hasil perhitungan kuat geser maksimal secara analisis menurut SNI 03-2847-2013 selengkapnya dirangkum ke dalam tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan kuat geser maksimal secara analisis menurut SNI 03-2847-2013

NO	Kadar Serat (%)	Kode Benda Uji	No Benda Uji	P.maks	Kuat Geser (kN)	
				(kN)	Vn analisis	Rerata
1	0	BL 0 %	1	30,00	9,022	9,052
			2	30,00	9,197	
			3	22,50	8,936	
2	0,5	BL 0,5%	1	40,00	9,317	9,404
			2	37,50	9,492	
			3	40,00	9,404	
3	1	BL 1%	1	42,50	9,689	9,773
			2	47,50	9,776	
			3	45,00	9,853	
4	1,5	BL 1,5%	1	40,00	9,448	9,503
			2	40,00	9,492	
			3	40,00	9,569	
5	2	BL 2%	1	37,50	9,197	9,196
			2	40,00	9,109	

			3	37,50	9,284	
--	--	--	---	-------	-------	--

Kapasitas geser balok beton bertulang pada saat pembebanan retak pertama dan pembebanan maksimum dapat terlihat dengan pembebanan yang dilakukan secara bertahap dengan interval 2,50 kN atau 250 kg. Berdasarkan hasil Pengujian kuat geser maksimal menggunakan alat uji BTM (*Bending Testing Machine*) selengkapnya dirangkum ke dalam tabel 9.

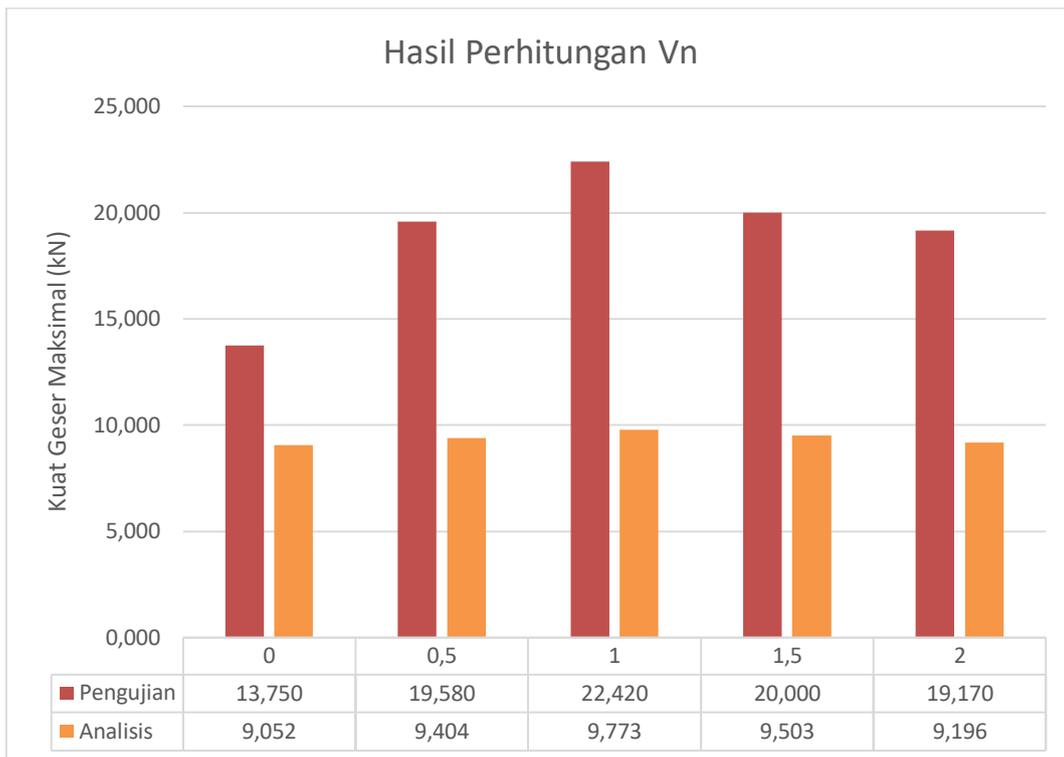
Tabel 9. Hasil Perhitungan kuat geser maksimal secara pengujian menurut SNI 03-2847-2013

NO	Kadar Serat (%)	Kode Benda Uji	No Benda Uji	P.maks (kN)		Kuat Geser (kN)	
				Retak Awal	Retak Runtuh	Vn pengujian	Rerata
1	0	BL 0 %	1	20,00	30,00	15,00	13,750
			2	20,00	30,00	15,00	
			3	15,00	22,50	11,25	
2	0,5	BL 0,5%	1	30,00	40,00	20,00	19,580
			2	27,50	37,50	18,75	
			3	32,50	40,00	20,00	
3	1	BL 1%	1	32,50	42,50	21,25	22,420
			2	30,00	47,50	23,75	
			3	35,00	45,00	22,25	
4	1,5	BL 1,5%	1	30,00	40,00	20,00	20,000
			2	27,50	40,00	20,00	
			3	32,50	40,00	20,00	
5	2	BL 2%	1	27,50	37,50	18,75	19,170
			2	32,50	40,00	20,00	
			3	30,00	37,50	18,75	

Hasil perhitungan kuat geser maksimal secara analisis dan design berdasarkan SNI serta kuat geser maksimal hasil pengujian kuat geser selengkapnya dirangkum dalam tabel 10.

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Perhitungan kuat geser maksimal secara Pengujian dan analisis.

No	Kadar Serat (%)	Kuat Geser (KN)	
		Pengujian	Analisis
1	0	13,75	9,052
2	0,5	19,58	9,404
3	1	22,42	9,773
4	1,5	20	9,503
5	2	19,17	9,196



Gambar 2. Diagram kuat geser maksimal pengujian dan Analisis pada Balok Beton Bertulang

Hasil kuat geser maksimal berdasarkan pengujian pada benda uji balok dengan penambahan serat bendrat sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berturut turut adalah 13,750 kN; 19,580 kN; 22,420 kN; 20,000 kN dan 19,170 kN. Hasil kuat geser maksimal design berdasarkan SNI pada benda uji balok dengan penambahan serat bendrat sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berturut turut adalah 8,070 kN; 8,450 kN; 8,830 kN; 8,550 kN dan 8,230 kN. Hasil kuat geser maksimal analisis berdasarkan SNI pada benda uji balok dengan penambahan serat bendrat sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berturut turut adalah 9,052 kN; 9,404 kN; 9,773 kN; 9,503 kN dan 9,196 kN. Dari hasil analisa regresi terhadap hasil dari ketiga analisis perhitungan tersebut didapatkan V_n Pengujian sebesar **21,88 kN** pada $x= 0,0121$ (**1,21%**), design SNI didapatkan V_n sebesar **8,72 kN** pada $x= 0,0107$ (**1,07%**) dan analisis SNI didapatkan V_n sebesar **9,67 kN** pada $x= 0,0107$ (**1,07%**).

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

- Kuat geser maksimal yang terjadi pada benda uji balok metode American Concrete Institute (ACI) dengan penambahan serat bendrat 0%; 0,5%; 1 %; 1,5 %; dan 2% berturut-turut adalah :
 - Berdasarkan hasil pengujian kuat geser rata-rata sebesar 13,75 kN.m; 19,58 kN.m; 22,42 kN.m; 20,00 kN.m; dan 19,17 kN.m. dari hasil regresi pada grafik, kuat geser maksimal pada beton mutu tinggi metode American Concrete Institute (ACI) kuat geser maksimal terjadi pada kadar serat 1,21 % dengan nilai sebesar 21,88 kN.m.
 - Berdasarkan hasil analisis kuat geser rata-rata sebesar ,070 kN.m; 8,450 kN.m; 8,830 kN.m; 8,550 kN.m dan 8,230 kN.m. dari hasil regresi pada grafik, kuat geser maksimal pada beton mutu tinggi metode American Concrete Institute (ACI) kuat geser maksimal terjadi pada kadar serat 1,07 % dengan nilai sebesar 9,67 kN.m.
- Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan diperoleh bahwa hasil nilai kuat geser semakin meningkat seiring bertambahnya prosentase kadar serat bendrat yang ditambahkan sampai 1%. Pada kadar serat bendrat 1,5% dan 2% ini penambahan serat bendrat pada beton memiliki komposisi serat yang berlebih maka berkurangnya kelecakan adukan beton, workability pada beton sangat sulit, penyebaran serat kurang merata dan terjadi penggumpalan. Sehingga hasil pengujian dan perhitungannya kapasitas geser menurun.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ir. Slamet Prayitno, MT. dan Ir. Supardi, MT. yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- ACI Committee 544. 1996. Fiber Reinforced Concrete. Michigan: ACI International Michigan.
- ASTM C 33-74a. American Society For Testing and Materials. 1918. Concrete and Material Agregates (including Manual of Agregates and Consrete Testing). Philadelphia: ASTM Philadelphia.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN) Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).
- Neville, A.M., and J.J. Brook. 1987. Concrete Technology. New York: Longman Scientific & Technical.
- Neville, A.M. 1975. Properties of Concrete. London: The English Language Book Society and Pitman Publishing.
- Wang,C.K., and Salmon,C.G.,(terjemahan Binsar Hariandja), 1993, Disain Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta.
- Paul Nughraha dan Antoni, 2007. Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi . Andi :Yogyakarta.
- Soroushian, P. Lee, and Bayasi, Z. 1987, "Consept of Fiber Reinforced Concrete", Michigan State University, Michigan.
- Suhendro. (1991). Pengaruh Pemakaian Fiber Secara Parsial Pada Balok Beton Bertulang. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. Teknologi Beton, Nafitri. Yogyakarta.
- Wang,C.K., and Salmon,C.G.,(terjemahan Binsar Hariandja), 1993, Disain Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta.
- Wicaksono,Hapsara,2014.Kapasitas Geser Balok Beton Bertulang Yang Ditambal Dengan Upr-Based Patch Repair Mortar. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.