

KAJIAN KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BALOK BETON MUTU TINGGI BERSERAT BENDRATDENGANFLY ASH DAN BAHAN TAMBAH BESTMITTEL

¹⁾Slamet Prayitno, ²⁾Supardi, ³⁾Mario Ota Hamonangan Manik

^{1,2)}Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UniversitasSebelas Maret Surakarta

³⁾Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UniversitasSebelas Maret Surakarta

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UniversitasSebelas Maret Surakarta, Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126

e-mail : marioohmanik@gmail.com

Abstract

One of construction material that is still broadly used to build a building, structural foundations, pavement and bridge is concrete. High strength concrete is a kind of concrete which strength is higher than standard concrete. Its strength are depended from several things, such as water cement ratio, quality of aggregate, additional material and contract quality of the concrete manufacture. Fiber reinforced concrete is a type of concrete that composed of hydraulic cement, fine aggregate, coarse aggregate and a small amount of fiber as an additive that are spread evenly and randomly oriented with a certain proportion.

The method is experimental and the data were processed using Excel. Compression test was using cylinder with dimension 15 cm x 30 cm and flexural test was using beam with dimension 8 cm x 12 cm x 100 cm. The variations of the percentage of fiber are 0%; 0.5%; 1%; 1.5%, and 2%. There were 4 specimen used for each percentage. The concrete was expected to have quality with $f'_c \geq 80$ MPa. The test of compressive strength and flexural test will be done to concrete specimen with 28 days of age with mix American Concrete Institute design method.

The Value of compressive test with the addition of fibers 0% 0.5% 1% 1.5% and 2% are 72.75 MPa; 80.25 MPa; 86.06 MPa; 74.17 MPa; and 72.05 MPa. Nominal moment that occurs on the test object beam with the addition of fibers 0% 0.5% 1% 1.5% and 2% are 0.371679 tonm; 0.412929 tonm; 0.420429 tonm; 0.403554 tonm and 0.397929 tonm based on analysis of test results, based on analysis of SNI with the tensile strength of concrete is calculated at 0.33683 ton-m, 0.34525 ton-m, 0.39407 ton-m, 0.33901 ton-m and 0.32914 ton-m and the analysis of SNI with neglected tensile strength (Subendro) of concrete are 0.21135 tonm, 0.21190 tonm, 0.21226 tonm, 0.21146 tonm and 0.211129 tonm. Bending and cracking pattern collapse on the test specimen occurred at 1/3 of mid span; hence it can be assumed that it was bending collapse.

Keywords : compressive strength, flexural strength, high strength concrete, American Concrete Institute, ACI, binding wire, fly ash, bestmittel

Abstrak

Salah satu struktur konstruksi yang masih banyak dipakai untuk konstruksi bangunan gedung, struktur pondasi, perkerasan jalan dan jembatan adalah beton. *High strength concrete* yaitu beton dengan kekuatan yang cukup tinggi atau diatas kekuatan standar yang dipengaruhi dari beberapa hal, seperti FAS (faktor air semen), kualitas agregat, bahan tambah dan kontrak kualitas dari pembuatan beton tersebut. Beton serat adalah beton yang tersusun dari semen hidrolis, agregat dan sejumlah kecil serat sebagai bahan tambahan yang tersebar secara merata berorientasi random dan dengan proporsi tertentu.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dan data diolah menggunakan excel. Pengujian kuat tekan dilakukan pada silinder berukuran 15 cm x 30 cm dan kuat lentur dilakukan pada balok berukuran 8 cm x 12 cm x 100 cm dengan variasi persentase serat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2% berjumlah 4 buah per persentase serat. Mutu beton yang direncanakan adalah $f'_c \geq 80$ MPa. Uji Kuat tekan dan lentur dilakukan pada umur 28 hari dengan metodancangan campuran *American Concrete Institute*.

Nilai Kuat Tekan dengan penambahan serat bendrat 0 % 0,5% 1% 1,5 % dan 2% berturut turut adalah sebesar 72,75 MPa; 80,25 MPa; 86,06 MPa; 74,17 MPa; dan 72,05 MPa. Hasil momen nominal yang terjadi pada benda uji balok dengan penambahan serat bendrat 0 % 0,5 % 1 % 1,5 % dan 2 % berturut-turut adalah sebesar 0,371679 tonm; 0,412929 tonm; 0,420429 tonm; 0,403554 tonm dan 0,397929 tonm berdasarkan analisis hasil pengujian, berdasarkan analisis SNI dengan kuat tarik beton diperhitungkan(Suhendro) sebesar 0,33683 ton-m, 0,34525 ton-m, 0,39407 ton-m, 0,33901 ton-m dan 0,32914 ton-m dan berdasarkan analisis SNI dengan kuat tarik beton diabaikan sebesar 0,21135 tonm; 0,21190 tonm; 0,21226 tonm; 0,21146 tonm dan 0,211129 tonm. Pola retak lentur dan keruntuhan yang terjadi pada benda uji kuat lentur terjadi pada posisi 1/3 bentang tengah bentang sehingga dapat dikatakan keruntuhan adalah keruntuhan lentur.

Kata kunci : kuat tekan, kuat lentur, beton mutu tinggi, *American Concrete Institute* , ACI, bendrat, *fly ash*, bestmittel.

PENDAHULUAN

Salah satu struktur konstruksi yang masih banyak dipakai untuk konstruksi bangunan gedung, struktur pondasi, perkerasan jalan dan jembatan adalah beton. Dalam metode *American Concrete Institute* (ACI) kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton mutu tinggi dapat dipilih untuk umur 28 hari atau 56 hari. Untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan, campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian di lapangan lebih tinggi daripada kuat tekan yang disyaratkan. Beton mutu tinggi diperoleh dengan menambahkan serat bendrat, *fly ash* dan *bestmittel* ke dalam adukan beton segar yang diharapkan ketika beton telah mengeras serat-serat, *fly ash* dan *bestmittel* akan memberikan kontribusi perbaikan sifat-sifat beton

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Serat

Menurut ACI Comitee 544 (1984) beton berserat, *fiber reinforced concrete*, adalah bahan komposit yang dibuat dari bahan semen hidrolis, agregat halus atau campuran agregat kasar ditambah dengan sejumlah serat yang disebarkan secara acak.

Beton Mutu Tinggi

Menurut *American Concrete Institute* (ACI), 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.

Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan selain unsur pokok bahan dalam pembentukan beton konvensional air, semen, dan agregat) yang ditambahkan kedalam adukan campuran material penyusun beton sebelum, selama atau setelah proses pencampuran. Bahan tambah ini biasanya ditambahkan kedalam campuran bertujuan untuk mengubah sifat-sifat beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras.

Pengujian

Kuat Tekan

Kekuatan tekan beton merupakan salah satu dari kinerja utama beton. 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. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan:

$$f_c : P/A \quad (1)$$

dengan :

f_c : Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P: beban maksimum (N)

A: Luas penampang benda uji (mm^2)

Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya (SK SNI-T-15-1991-03). Tegangan tarik yang timbul saat benda uji beton terbelah disebut split cylinder strength, diperhitungkan dengan persamaan 2.

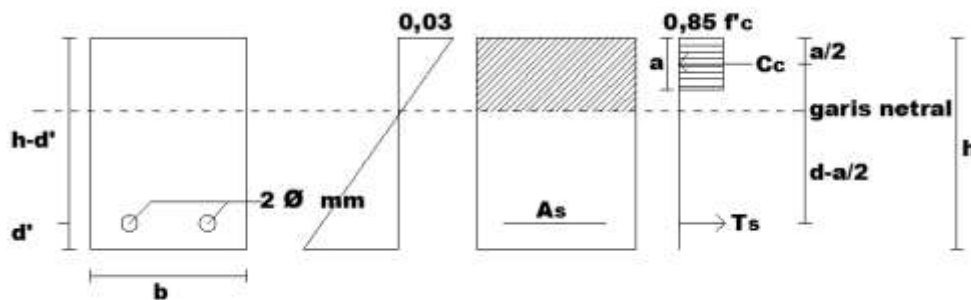
(2)

Dengan :

- f_t = kuat belah beton (N/mm^2)
- P = beban pada waktu beton terbelah (N)
- D = diameter silinder (mm)
- Ls = tinggi silinder (mm)

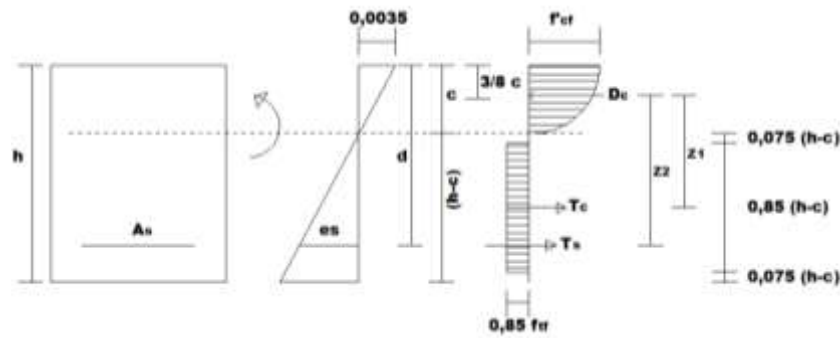
Kuat Lentur

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 0-4431-1997).

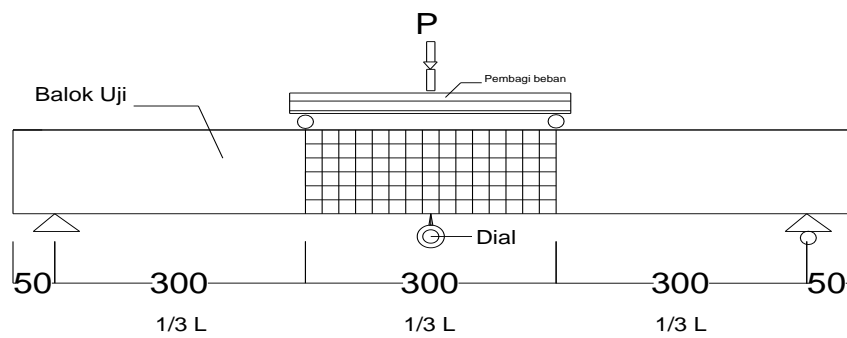


Gambar 1. Distribusi Regangan dan Tegangan Lentur pada Balok Beton Menurut (SNI 03-2847-2002)

Distribusi regangan dianggap linear, dengan regangan maksimum serat beton terdesak diambil 0,0035. Pada bagian desak digunakan diagram berbentuk parabola, yang mirip dengan diagram tegangan-regangan dari pengujian desak silinder.



Gambar 2. Distribusi Regangan dan Tegangan Lentur pada Balok Beton Fiber Penuh. (Usulan Suhendro, 1991)



Gambar 3. Skema Pengujian Kuat Lentur

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu variasi persentase serat bendrat (0%; 0,50%; 1,0%; 1,50%; dan 2,0%) sementara variabel terikat dalam penelitian ini yaitu agregat lainnya seperti *fly ash*, bestmittel, semen, pasir, kerikil dan air. Kuat tekan menggunakan benda uji berbentuk silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm dan untuk uji kuat lentur menggunakan balok 8 cm x 12 cm x 100 cm dan pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

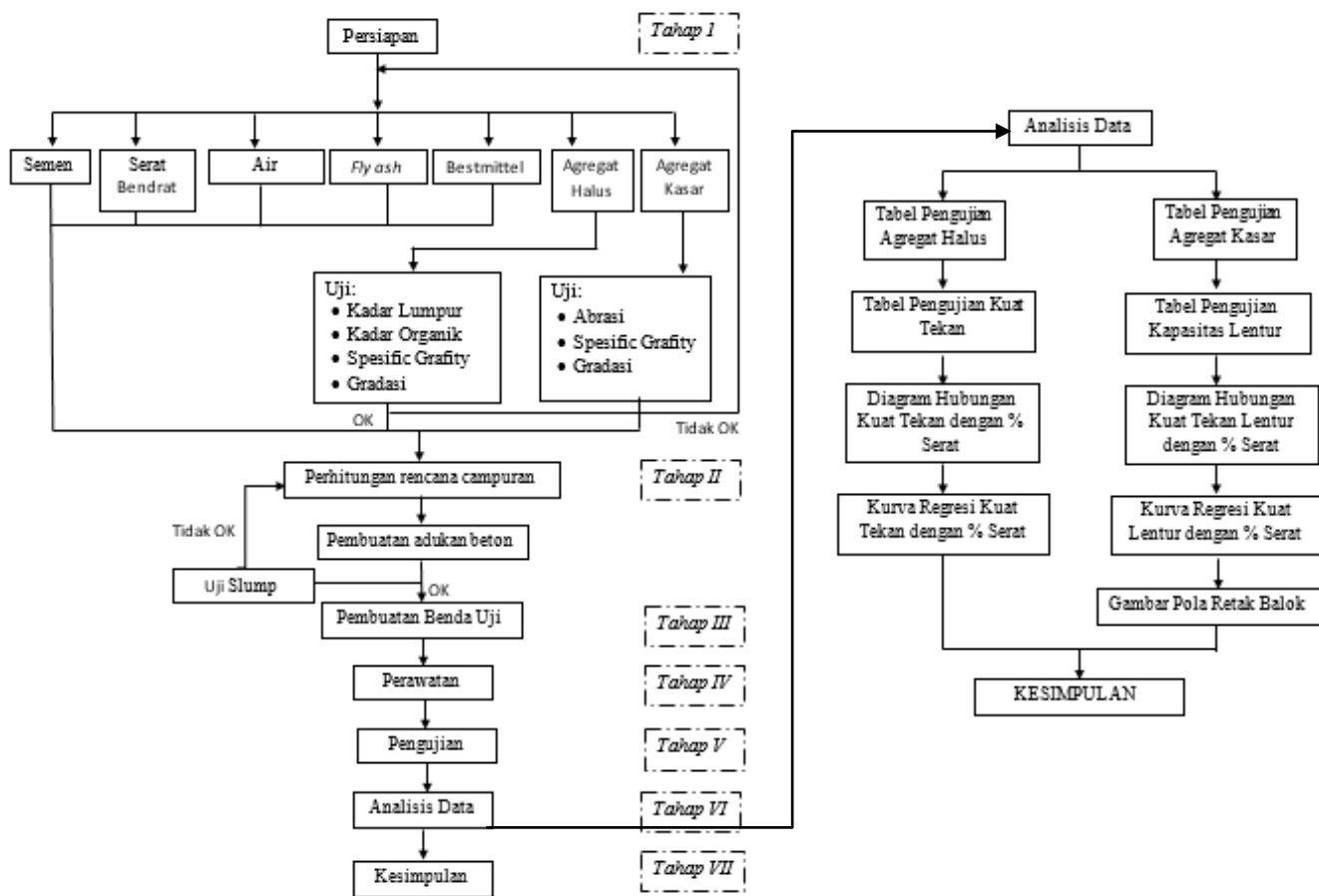
Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan dan Tarik Belah

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

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Lentur

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

Tahapan penelitian dan analisis data dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir seperti berikut:



Gambar 4. Bagan Alir Tahap Metode Penelitian dan Analisis Data

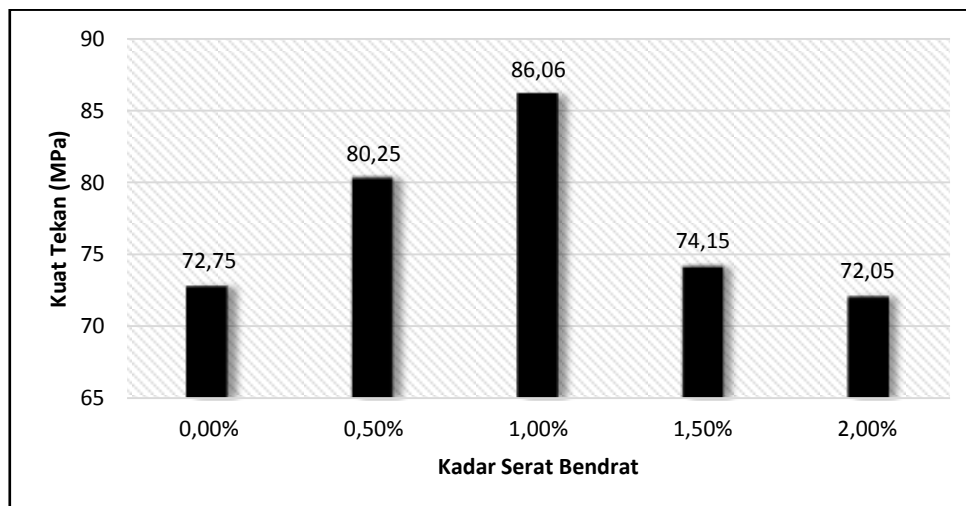
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian didapatkan data meliputi beban saat retak pertama, beban saat leleh, beban maksimum, lendutan saat retak pertama, lendutan saat leleh dan lendutan maksimum. Pada proses pengujian benda uji, dial gauge yang digunakan hanya 1 buah, dan terletak di tengah bentang yang berjarak 45 cm dari panjang bentang balok uji 1 meter. Pola retak saat kondisi runtuh di daerah 1/3 bentang tengah. Pengujian pola retak balok beton tulangan baja dengan penambahan serat ini menghasilkan pola retak yang relatif sama yaitu pada bagian 1/3 bentang tengah, sehingga dapat dikatakan bahwa retak yang terjadi di daerah tarik

Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Tekan

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERM. (mm ²)	UJI TEKAN (kN)	f'c (MPa)
1	0%	KT BS	1	17662,50	1380	78,13
			2	17662,50	1200	67,94
			3	17662,50	1340	75,87
			4	17662,50	1220	69,07
			Rerata			
2	0,5%	KT BS	1	17662,50	1390	78,70
			2	17662,50	1430	80,96
			3	17662,50	1420	80,40
			4	17662,50	1430	80,96
			Rerata			
3	1 %	KT BS	1	17662,50	1520	86,06
			2	17662,50	1510	85,49
			3	17662,50	1530	86,62
			4	17662,50	1520	86,06
			Rerata			
4	1,5%	KT BS	1	17662,50	1305	73,89
			2	17662,50	1295	73,32
			3	17662,50	1325	75,02
			4	17662,50	1315	74,45
			Rerata			
5	2 %	KT BS	1	17662,50	1280	72,47
			2	17662,50	1275	72,19
			3	17662,50	1265	71,62
			4	17662,50	1270	71,90
			Rerata			



Gambar 5. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan % serat bendrat

Berdasarkan hasil penelitian didapat nilai kuat tekan dengan kadar serat bendrat sebesar 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari berturut-turut adalah 72,75 MPa; 80,25 MPa; 86,06 MPa; 74,17 MPa; dan 72,05 MPa. Kuat tekan maksimum adalah pada beton mutu tinggi metode ACI dengan kadar penambahan serat sebesar 1%, menghasilkan kuat tekan sebesar 86,06 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 18,29% dibandingkan dengan beton mutu tinggi metode ACI tanpa serat. Berdasarkan grafik fungsi polinomial, kuat tekan optimum terjadi pada kadar serat 0,907 % dengan nilai sebesar 87,103 MPa.

Hasil Pengujian Kuat Lentur dan Pembahasan

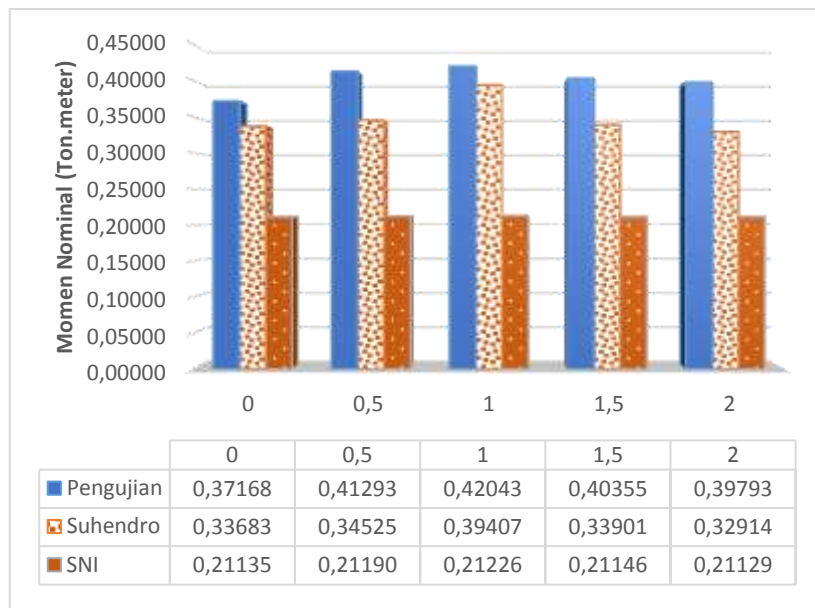
Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode Benda Uji	P saat Leleh	Beban Saat Retak Pertama (Kg)	Lendutan Saat Retak Pertama (mm)	P _{maks} (Kg)	Lendutan Saat Beban maksimum (mm)	Posisi Runtuh
BL - 1 (0 %)	2450	1500	2,11	3450	33,17	1/3 tengah bentang
BL - 2 (0 %)	2650	1250	1,55	2700	28,58	1/3 tengah bentang
BL - 3 (0 %)	2750	1200	1,54	2850	26,57	1/3 tengah bentang
BL - 4 (0 %)	3050	1300	1,71	2850	26,12	1/3 tengah bentang
BL - 1 (0,5 %)	2500	1550	1,97	3200	35,23	1/3 tengah bentang
BL - 2 (0,5 %)	2700	1100	1,23	3300	30,34	1/3 tengah bentang
BL - 3 (0,5 %)	2700	1750	2,35	3200	32,53	1/3 tengah bentang
BL - 4 (0,5 %)	2900	1500	1,93	3250	34,55	1/3 tengah bentang
BL - 1 (1 %)	2850	1350	1,64	3100	29,00	1/3 tengah bentang
BL - 2 (1 %)	2750	1550	1,77	3400	35,55	1/3 tengah bentang
BL - 3 (1 %)	2900	1650	1,82	3450	30,35	1/3 tengah bentang
BL - 4 (1 %)	2500	1600	1,76	3150	28,33	1/3 tengah bentang
BL - 1 (1,5 %)	2550	1150	1,46	2850	8,10	1/3 tengah bentang
BL - 2 (1,5 %)	2600	1150	1,15	3350	20,67	1/3 tengah bentang
BL - 3 (1,5 %)	2500	1100	1,35	2600	13,70	1/3 tengah bentang
BL - 4 (1,5 %)	3000	1100	1,27	2700	15,66	1/3 tengah bentang
BL - 1 (2 %)	2450	1100	0,98	2950	13,30	1/3 tengah bentang
BL - 2 (2 %)	2450	1150	1,15	3150	10,30	1/3 tengah bentang
BL - 3 (2 %)	2650	1150	1,21	3450	7,50	1/3 tengah bentang
BL - 4 (2 %)	2750	1150	1,14	3100	11,90	1/3 tengah bentang

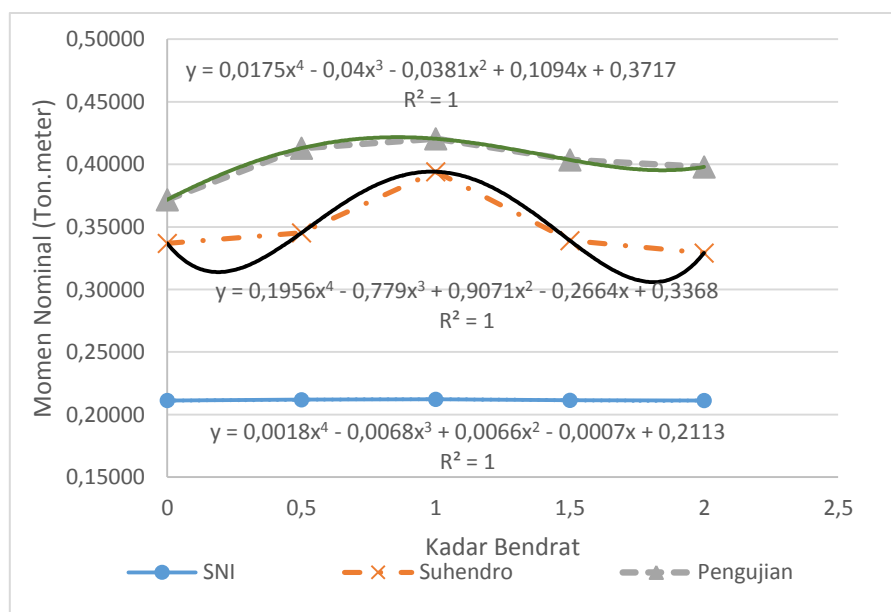
Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Hitungan Momen Nominal

No	Kadar Serat	Momen Nominal (Ton.m)		
		Pengujian	Suhendro (tarik diperhitungkan)	SNI (tarik tidak diperhitungkan)
1	0%	0,37167	0,33683	0,21135
2	0,5%	0,41292	0,34525	0,21190
3	1%	0,42042	0,39407	0,21226
4	1,5%	0,40355	0,33901	0,21146
5	2%	0,39792	0,32914	0,21129

Berdasarkan tabel rekapitulasi hasil perhitungan momen nominal pengujian dan analisis maka dapat dibuat grafik perbandingan kapasitas lentur balok antara momen nominal hasil pengujian dan momen nominal hasil analisis.



Gambar 6. Diagram Perbandingan Momen Nominal Hasil Pengujian dan Hasil Analisis



Gambar 7. Kurva Perbandingan Regresi Momen Nominal Hasil Pengujian dan Hasil Analisis

SIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa:

- Berdasarkan hasil analisa hitungan, momen nominal yang memperhitungkan kuat tarik beton lebih besar dari pada momen nominal yang tidak memperhitungkan kuat tarik beton, sedangkan momen nominal pengujian lebih besar dari pada momen nominal analisis.
- Semua pola retak awal terjadi di 1/3 tengah bentang, dan keruntuhannya pun terjadi didaerah tersebut, sehingga dari hasil penelitian tersebut dapat dikatakan sebagai keruntuhan lentur.

REKOMENDASI

Pada pembuatan benda uji, diharapkan memperhatikan kondisi bahan dan mempelajari penggunaan alat-alat yang akan digunakan. Memperhatikan cara pembuatan, perawatan dan pengujian benda uji supaya data yang diperoleh lebih akurat.

REFERENSI

1. ACI Committee 544. 1996. *Fiber Reinforced Concrete*. ACI International Michigan, Michigan.
2. American Standard Testing of Materials (ASTM). 1918. *Concrete and Material Agregates (Including Manual of Agregates and Concrete Testing)*. ASTM Philadelphia, Philadelphia.
3. Dwicahyani, Arum. 2012. *Perbandingan Kuat Tekan dan kuat Lentur Beton Serat Limbah Bubut Besi Terhadap Beton Serat Pabrikasi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
4. Faiz, Muhammad Amar. 2015. *Kajian Kapasitas Lentur Balok Beton Mutu Tinggi Metode Coba Dreux Berserat Bendrat Bendrat Dengan Fly Ash*. Fakultas Teknik Sipil UNS : Surakarta
5. Patria, Agustinus Sungsang Nana (2014). *Pengaruh Penambahan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Lentur Balok Menggunakan Tulangan Minimum*. Universitas Atmajaya : Yogyakarta
6. Paul Nugraha dan Antono, 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Andi : Yogyakarta.
7. Pratama, Vian Dhalik. 2007. *Tinjauan Kuat Desak dan Modulus Elastis Beton Ringan ALWA Tanpa Pasir Berserat Bendrat*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UNS. Surakarta
8. Primasasti, Dyah K, 2010. *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Repair Mortar dengan Bahan Tambah Polymer*. Universitas Sebelas Maret : Surakarta
9. Sriyadi, Eko. 2010. *Analisis Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Bestmittel*. UMS. Surakarta
10. Standar Nasional Indonesia. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Bandung
11. Sulistyio, Budi. 2007. *Tinjauan Kuat Lentur Balok Beton Ringan Bertulang Dengan Bahan Tambah Metakaolin, superplasticizer Jenis Sikament NN, dan Serat Aluminium*. Surakarta: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil UNS.
12. Suhendro, Bambang. 1991. *Pengaruh Pemakaian Fiber Secara Parsial Pada Balok Beton Bertulang*. UGM. Yogyakarta
13. Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*, Nafitri. Yogyakarta.
14. <http://www.slideshare.net/nfariedh/beton-mutu-tinggi-dg-admixture>
15. <http://ginamlda.blogspot.com/2014/11/perancangan-campuran-beton-metode-aci.html>