

Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bendrat dan Styrofoam Pada Beton Ringan Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur

Elsa Septia Miranda¹⁾, Slamet Prayitno²⁾, Supardi³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Email: elsasmiranda@yahoo.com;

Abstract

Concrete is material commonly used for structure. Concrete mostly used because they are relatively cheap, became very high, ease in its implementation, its treatment and malleable. This is because concrete have a lot of excellence compared with the other buildings. Concrete also have some disadvantages that is heavy its kind quite high so that the burden of dead on a structure become larger. Various efforts have been made to get light concrete. One method used is by adding granules styrofoam on the concrete. Penelitian-research was done with some inovasi-inovasi new, any satunya by the addition of 20 % styrofoam and fibers bendrat with variations 0 %; 0.5 %; 1 %; 1.5 %; and 2 % to increase strong press and strong pliable beams reinforced concrete. Methods used oada research this is the method sni implemented in the laboratory material civil engineering eleven march university. To know strong press and strong pliable concrete, then made objects test cylindrical in diameter 15cm and high 30cm for testing strong press and 8 centimeters \times 12 centimeters \times 100 cm for testing strong pliable. Objects test each were three pieces of for one variations the addition of fibers bendrat levels. Testing used a ctm (compression testing machine to strong press and loading frame for strong pliable. The result of research additional granules styrofoam 20 % weight of concrete volume and fibers bendrat with variations 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; and 2 % berturut-turut is 17,74mpa; 19,44mpa; 20,67mpa; 22,36mpa and 18,21mpa. With increased strong press berturut-turut 9,57 %; 16,49 %; 26,06 % and 2,66 %. The steady additional styrofoam and fibers bendrat based on a function polynomial with strong of 22,6394 mpa press. The strong flexible concrete with variation fiber 0 %; 0,5 %; 1 %; 1,5 %; and 2 % berturut-turut is 4,3942knm; 4,769 knm; 5,0192 knm; 5,8942 knm; and 4,8942knm. The steady additional styrofoam and fibers bendrat is at levels of 1,34 % based on a function polynomial with strong flexible value of 4,3585 knm.

Keywords: concrete high quality, the glass, fiber galvanized wire, strong press, strong flexible.

Abstrak

Beton merupakan material yang umum digunakan untuk struktur. Beton banyak digunakan karena relatif murah, kekuatannya yang tinggi, kemudahan dalam pelaksanaannya, perawatannya dan mudah dibentuk. Hal ini disebabkan karena Beton mempunyai banyak keunggulan jika dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya. Beton juga memiliki beberapa kekurangan yaitu berat jenisnya cukup tinggi sehingga beban mati pada suatu struktur menjadi lebih besar. Berbagai usaha telah dilakukan untuk mendapatkan beton ringan. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan menambahkan butiran styrofoam pada beton. Penelitian-penelitian yang sudah dilakukan dengan beberapa inovasi-inovasi baru, salah satunya dengan penambahan 20% styrofoam dan serat bendrat dengan variasi 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% yang bertujuan meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang. Metode yang digunakan oada penelitian ini adalah metode SNI yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik sipil Universitas Sebelas Maret. Untuk mengetahui kuat tekan dan kuat lentur beton, maka dibuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm untuk pengujian kuat tekan dan 8 cm \times 12 cm \times 100 cm untuk pengujian kuat lentur. Benda uji masing-masing berjumlah 3 buah untuk 1 variasi kadar penambahan serat bendrat. Pengujian menggunakan alat CTM (Compression Testing Machine) untuk kuat tekan dan Loading Frame untuk kuat lentur. Hasil dari penelitian penambahan butiran styrofoam 20% dari berat volume beton dan serat bendrat dengan variasi 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% berturut-turut adalah 17,74MPa; 19,44MPa; 20,67MPa; 22,36MPa dan 18,21MPa. Dengan peningkatan kuat tekan berturut-turut 9,57%; 16,49%; 26,06% dan 2,66%. Kadar optimum penambahan styrofoam dan serat bendrat berdasarkan grafik fungsi polinomial dengan kuat tekan sebesar 22,6394 MPa. Nilai kuat lentur beton dengan variasi serat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% berturut-turut adalah 4,3942kNm; 4,769 kNm; 5,0192 kNm; 5,8942 kNm; dan 4,8942kNm. Kadar optimum penambahan styrofoam dan serat bendrat adalah pada kadar 1,34% berdasarkan grafik fungsi polinomial dengan nilai kuat lentur sebesar 4,3585 kNm.

Kata kunci : Beton Ringan, Styrofoam, Serat Bendrat, Kuat Tekan, Kuat Lentur.

PENDAHULUAN

Beton merupakan material struktur yang sangat luas penggunaannya. Menurut berat satuannya beton dapat dibedakan atas beton ringan, beton normal dan beton mutu tinggi. Pertimbangan penggunaan beton ringan adalah agar beban konstruksi menjadi lebih kecil. Beton ringan untuk komponen struktur harus memenuhi persyaratan kekuatan material struktur. Pengurangan berat satuan beton dapat dilakukan dengan membuat beton dari agregat ringan, penambahan udara atau penambahan material yang mempunyai berat satuan yang kecil. Pemakaian styrofoam pada beton ringan sudah mulai merambah pada penggunaan yang bersifat struktural. Dimana persyaratan untuk beton ringan struktur yaitu mempunyai berat jenis antara 1400-1850 kg/m³ dan kuat tekannya >17 Mpa. Dari penelitian sebelumnya diperoleh hasil bahwa dengan penambahan styrofoam pada beton membuat campuran adukan beton memiliki kemudahan pengerjaan (*workability*) yang tinggi, lebih kedap air serta berat jenis beton lebih ringan. Penelitian ini meninjau masalah tentang kuat tekan dan kuat lentur dari benda uji beton yang telah ditambah butiran styrofoam dan serat bendrat menggunakan metode SNI.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton yang sudah mengeras dapat juga dikatakan sebagai batuan tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi oleh batuan kecil (agregat halus atau pasir), dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air (pasta semen).

Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air, dan sejumlah serat yang disebar secara random. Ide dasar beton serat adalah menulangi beton dengan fiber yang disebarkan secara merata ke dalam adukan beton, dengan orientasi random sehingga dapat mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik baik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroushian dan Bayashi, 1987).

Bahan Tambah

Bahan tambah adalah 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 (Tjokrodinuljo, 1996).

Beton Ringan

Beton ringan adalah beton yang mempunyai berat jenis di bawah 2000 kg/m³ (beton biasa mempunyai berat jenis 2400 kg/m³). Beton ringan digunakan pada struktur yang tidak terlalu mendapat beban karena ketahanan terhadap tekanan dan pengaruh gaya luarnya terbatas. Berbagai pemakaian beton ringan (Gambhir, 1986).

Beton Ringan dengan Styrofoam dan Serat Bendrat

Beton Ringan dengan campuran styrofoam dan serat bendrat, bahan betonnya mudah didapat dari limbah-limbah rumah tangga yang berupa styrofoam bekas-bekas alat elektronik dan bendrat yang merupakan kawat lokal yang biasanya di jual di pasaran dan harga yang relative terjangkau. Beton ringan ini diharapkan kuat tekan dan kuat lenturnya menjadi bertambah. Beton ringan dengan campuran styrofoam dan serat bendrat diharapkan dapat mencapai kuat tekan $f_c > 17$ Mpa.

Pengujian

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 (Tjokrodinulyo, 1996). Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan :

$$f_c : \frac{P}{A} \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right) \quad (1)$$

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 Lentur

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan 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 per satuan luas (SNI 0-4431-2011). Pembebanan dilakukan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Tegangan lentur yang didapat ternyata lebih tinggi daripada tegangan lentur secara langsung. Analisis perhitungan momen nominal (M_n) dilakukan dengan 3 analisis yaitu analisis pengujian, analisis kuat tarik beton tidak diperhitungkan (SNI), dan analisis kuat tarik beton diperhitungkan (Suhendro), untuk menghitung momen nominal (M_n) masing-masing analisis dapat dilihat pada persamaan berikut:

1. Analisis Pengujian:

$$M_n = (R_A \cdot \frac{1}{2} L) - (\frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{6} L) - (q \cdot \frac{1}{2} L \cdot \frac{1}{4} L)$$

$$\text{dimana } R_A = \frac{(\frac{1}{2} P \cdot \frac{2}{3} L) + (\frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L) + (q \cdot L \cdot \frac{1}{2} L)}{L}$$

L = Panjang Bentang (cm)

2. Analisis crak awal:

$$M_n = (R_A \cdot \frac{1}{2} L) - (\frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{6} L) - (q \cdot \frac{1}{2} L \cdot \frac{1}{4} L)$$

$$\text{dimana } R_A = \frac{(\frac{1}{2} P \cdot \frac{2}{3} L) + (\frac{1}{2} P \cdot \frac{1}{3} L) + (q \cdot L \cdot \frac{1}{2} L)}{L}$$

L = Panjang Bentang (cm)

3. Analisis Kuat Tarik Tidak Diperhitungkan (SNI)

$$M_n = (A_s \cdot f_y) \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right)$$

dimana A_s = Luas Baja Tulangan (cm^2)

f_y = Tegangan Leleh Baja Tulangan (kg/cm^2)

d = Tinggi Efektif Balok (cm)

a = Tinggi Blok Tegangan Beton

4. Analisis Kuat Tarik Diperhitungkan (Suhendro)

$$D_c = 0,67 f_{cfc} b$$

$$T_c = 0,85 (h-c) 0,85 f_{tfc} b$$

$$T_s = A_s f_{ys}$$

$$D_c - T_c - T_s = 0$$

$$e_s = 0,0035(d-c / c)$$

$$f_s = e_s E_s$$

$$f_s > f_{ys}$$

$$z_1 = \left(h - \frac{5}{8} c - \frac{(h-c)}{2} \right)$$

$$z_2 = \left(d - \frac{3}{8} c \right)$$

$$M_n = T_c z_1 + T_s z_2$$

$$M_n = T_c \left(h - \frac{5}{8} c - \frac{(h-c)}{2} \right) + T_s \left(d - \frac{3}{8} c \right)$$

Dimana f_{cf} = kuat desak beton fiber (kg/cm^2)

- f_{tf} = kuat tarik beton fiber (kg/cm²)
 f_{ys} = tegangan luluh baja tulangan (kg/cm²)
 A_s = luas baja tulangan
 c = jarak garis netral ke serat terluar di bagian desak (cm)
 h = tinggi balok (cm)
 d = tinggi efektif balok (cm)
 D_c = resultante gaya desak pada fiber (kg)
 T_c = resultante gaya tarik pada beton fiber (kg)
 T_s = resultante gaya tarik pada baja tulangan (kg)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret Surakarta. Tahap awal pelaksanaan penelitian berupa pemeriksaan bahan meliputi pemeriksaan atau pengujian terhadap bahan agregat kasar dan halus, setelah pemeriksaan bahan dilakukan dan memenuhi standart maka dilanjutkan dengan pembuatan benda uji. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu variasi persentase serat bendrat (0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%) sementara variabel terikat dalam penelitian ini yaitu styrofoam (20%) dan agregat lainnya seperti semen, pasir dan air dengan perbandingan berat fas sebesar 0,50. Butiran styrofoam yang dipakai memiliki diameter antara 3-10 mm dan Serat bendrat dengan diameter 1 mm dan panjang 70 mm yang dibentuk seperti huruf Z. Benda uji akan diuji dengan uji kuat tekan dan kuat lentur. Pengujian 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, dengan masing-masing variasi persentase serat bendrat (0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%) dan styrofoam 20% berjumlah 3 benda uji per persentase serat. Data hasil pengujian tersebut nantinya dapat diambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penambahan styrofoam dan serat bendrat pada beton ringan terhadap kuat tekan dan kuat lentur balok beton bertulang dengan metode *SNI*.

Tabel 1. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Tekan

No	Kadar Serat Bendrat	Styrofoam	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	20 %	SM-0	3
2	0,5 %	20 %	SM-0,5	3
3	1 %	20 %	SM-1	3
4	1,5 %	20 %	SM-1,5	3
5	2 %	20 %	SM-2	3

Tabel 2. Jumlah dan Kode Benda Uji Kuat Lentur

No	Kadar Serat Bendrat	Styrofoam	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	0 %	20 %	SM-0	3
2	0,5 %	20 %	SM-0,5	3
3	1 %	20 %	SM-1	3
4	1,5 %	20 %	SM-1,5	3
5	2 %	20 %	SM-2	3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Agregat

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	2 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
3	<i>Bulk specific gravity</i>	2,46 gr/cm ³	-	-

4	Bulk specific SSD	2,55 gr/cm ³	2,5-2,7	Memenuhi syarat
5	Apparent specific gravity	2,70gr/cm ³	-	-
6	Absorbtion	3,73 %	-	-
7	Modulus Halus	2,41	2,3-3,1	Memenuhi syarat

Sumber : *) SNI 03 – 1969 – 1990 dan SNI 03 – 2417 – 1991

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar	Kesimpulan
1	Modulus Halus Butir	6,30	5 - 8	Memenuhi syarat
2	Bulk Specific Gravity	2,57	-	-
3	Bulk Specific Gravity SSD	2,61	-	-
4	Apparent Specific Gravity	2,67	-	-
5	Absorbtion	1,46%	-	-
6	Abrasi	33 %	50 %	Memenuhi syarat

Hasil Perhitungan Rancang Campur Adukan Beton Metode SNI

Perhitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan metode SNI. Dari perhitungan didapat kebutuhan bahan per 1 m³ yaitu :

- a. Pasir = 396,325 kg
- b. Agregat Kasar = 763,830 kg
- c. Semen = 489,380 kg
- d. Air = 230,225 liter

Kebutuhan bahan untuk tiap benda uji silinder yaitu :

- a. Pasir = 2,101 kg
- b. Agregat Kasar = 4,049 kg
- c. Semen = 2,594 kg
- d. Air = 1,223 kg
- e. Styrofoam 20% = 0,009 gram
- f. Serat bendrat 1% = 0,100 gram

Kebutuhan bahan untuk tiap benda uji balok yaitu :

- a. Pasir = 3,805 kg
- b. Agregat Kasar = 7,333 kg
- c. Semen = 4,698 kg
- d. Air = 2,215 kg
- e. Styrofoam 20% = 0,016 gram
- f. Serat bendrat 1% = 0,181 gram

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

NO	KADAR SERBUK KACA	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	LUAS PERM. (mm ²)	UJI TEKAN (kN)	f'c (MPa)
1	0 %	SM 0%	1	17662,50	350000	19,82
			2	17662,50	270000	15,29
			3	17662,50	320000	18,12
			Rerata		940000	17,74
2	0,5 %	SM 0,5%	1	17662,50	340000	19,25
			2	17662,50	340000	19,25
			3	17662,50	350000	19,82
			Rerata		1030000	19,44
3	1 %	SM 1 %	1	17662,50	360000	20,38
			2	17662,50	375000	21,23
			3	17662,50	360000	20,38
			Rerata		1095000	20,66
4	1,5 %	SM 1,5 %	1	17662,50	425000	24,06
			2	17662,50	370000	20,95
			3	17662,50	390000	22,08

			Rerata		1185000	22,36
			1	17662,50	315000	17,83
5	2 %	SM	2	17662,50	320000	18,12
		2 %	3	17662,50	330000	18,68
			Rerata		965000	18,21



Gambar 1. Diagram Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Persentase Serat Bendrat

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan, didapat kuat tekan dengan variasi kadar serat bendrat sebesar 0 %; 0,5 %; 1%; 1,5 %; dan 2% yang diuji pada umur 28 hari secara berturut-turut adalah 17,74 MPa; 19,43 MPa; 20,66 MPa; 22,36 MPa; dan 18,21 MPa. Kuat tekan maksimum beton ringan metode SNI ini adalah dengan kadar serat bendrat sebesar 1,5% yang menghasilkan kuat tekan sebesar 22,363 MPa atau terjadi kenaikan kuat tekan sebesar 16,49% dibandingkan dengan beton ringan tanpa campuran styrofoam dan serat bendrat. Berdasarkan grafik fungsi polinomial, kadar serat bendrat optimum terjadi pada $x_1 = 0,0153$ atau dalam persen adalah 1,53% dengan nilai kuat tekan sebesar 22,639 MPa.

Hasil Pengujian Kuat Lentur

Tabel 6. Hasil Perhitungan Momen Nominal Hasil Pengujian

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	P MAX (kN)	½ P MAX (kN)	Mn (kN.m)
1	0 %	SM 0%	1	30	15	4,5192
			2	27,5	13,5	4,1442
			3	30	15	4,5192
			Rerata			4,3942
2	0,5 %	SM 0,5 %	1	22,5	11,25	3,3942
			2	35	17,5	5,2692
			3	37,5	18,75	5,6442
			Rerata			4,7692
3	1 %	SM 1 %	1	27,5	13,75	4,1442
			2	35	17,5	5,2692
			3	37,5	18,75	5,6442
			Rerata			5,0192
4	1,5 %	SM 1,5 %	1	40	20	6,0192
			2	32,5	16,25	4,8942
			3	45	22,5	6,7692
			Rerata			5,8942
5	2 %		1	37,5	18,75	5,6442

	SM	2	30	15	4,5192
	2 %	3	30	15	4,5192
		Rerata			4,8942

Tabel 7. Hasil Perhitungan Momen Nomin Crak Awal

NO	KADAR SERAT BENDRAT	KODE BENDA UJI	NO BENDA UJI	P Leleh (kN)	½ P Leleh (kN)	Mn (kN.m)
1	0 %	SM 0%	1	25	12,5	3,7692
			2	22,5	11,25	3,3942
			3	25	12,5	3,7692
			Rerata			
2	0,5 %	SM 0,5 %	1	22,5	11,25	3,3942
			2	25	12,5	3,7692
			3	30	15	4,5192
			Rerata			
3	1 %	SM 1 %	1	25	12,5	3,7692
			2	27,5	13,75	4,1442
			3	30	15	4,5192
			Rerata			
4	1,5 %	SM 1,5 %	1	32,5	16,25	4,8942
			2	27,5	13,75	4,1442
			3	32,5	16,25	4,8942
			Rerata			
5	2 %	SM 2 %	1	30	15	4,5192
			2	27,5	13,75	4,1442
			3	25	12,5	3,7692
			Rerata			

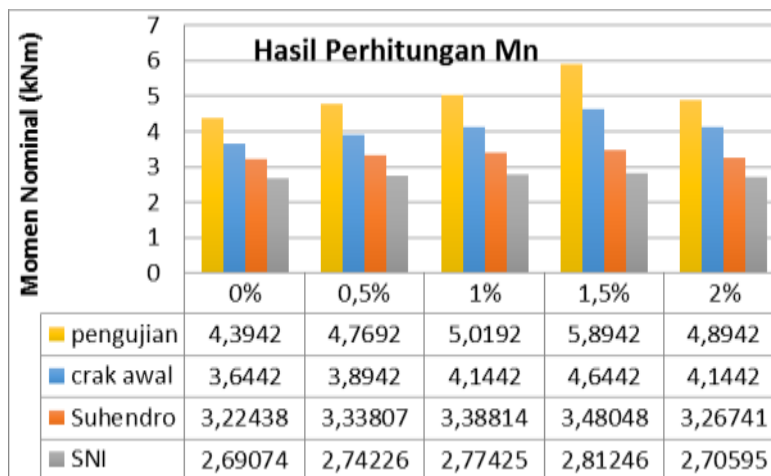
Tabel 8. Hasil Perhitungan Momen Nominal Analisis SNI

NO	KADAR SERAT BENDRAT (%)	KODE BENDA UJI	Mn (kN.m)
1	0%	SM 0%	2,69074
2	0,5%	SM 0,5%	2,74226
3	1%	SM 1%	2,77425
4	1,5%	SM 1,5%	2,81246
5	2%	SM 2%	2,70595

Tabel 9. Hasil Perhitungan Momen Nominal Analisis Suhendro

NO	KADAR SERAT BENDRAT (%)	KODE BENDA UJI	Mn (kN.m)
1	0%	SM 0%	3,22438
2	0,5%	SM 0,5%	3,33807
3	1%	SM 1%	3,38814

4	1,5%	SM 1,5%	3,48048
5	2%	SM 2%	3,26741



Gambar 2. Diagram Perbandingan Momen Hasil Pengujian dengan Analisis SNI dan Suhendro

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

a. Kuat Tekan

Pengaruh penambahan butiran styrofoam dan serat bendrat terhadap Kuat tekan beton ringan terus meningkat seiring bertambahnya kadar serat bendrat. Hasil perhitungan fungsi polynomial dari grafik diperoleh nilai kuat tekan dengan Kadar optimum penambahan serat bendrat diperoleh pada kadar serat 1,53% dengan nilai kuat tekan sebesar 22,63 MPa. Setelah mencapai titik optimum kuat tekan akan mengalami penurunan seiring bertambahnya serat.

b. Kuat Lentur

Pengaruh penambahan butiran styrofoam dan serat bendrat terhadap Kuat lentur beton terus meningkat seiring bertambahnya kadar serat bendrat. Kadar optimum penambahan serat bendrat yang diperoleh pada kadar serat 1,34% dengan Mn sebesar 5,3721 kN.m. Setelah mencapai titik optimum kuat lentur akan mengalami penurunan seiring bertambahnya serat.

REFERENSI

Fadbilah Putra, Agung. 2015. *Karakteristik Beton Ringan Dengan Bahan Pengisi Styrofoam*. Fakultas Teknik Universitas Hasanddin, Makasar.

Satyamo, I. 2004. *Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan (Batafoam)*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas UGM, Yogyakarta.

Pandeyati. 2003. *Penelitian Tentang Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Kuat Tarik Lentur, Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Menggunakan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar*. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.

Anonimus. 2002. *Standar Nasional Indonesia: Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Made Tutarani, Ni. 2008. *Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas dengan Penambahan Styrofoam*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar.

Lilo Adi, Taufiq, 2014. *Tinjauan Penambahan limbah styrofoam dan fly ash terhadap berat jenis, kuat tejkkan dan Kuat lemruue berton ringan struktural*. Jurusan FKIP UNS, Surakarta.