

# KAJIAN KAPASITAS LENTUR BALOK BETON MUTU TINGGI METODE DREUX BERSERAT BENDRAT DENGAN FLY ASH

Mohamad Amar Faiz<sup>1)</sup>, Slamet Prayitno<sup>2)</sup>, Supardi<sup>3)</sup>,

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

<sup>2)</sup><sup>3)</sup>Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail: [mohamadamarfaiz@rocketmail.com](mailto:mohamadamarfaiz@rocketmail.com)

## Abstract

Reinforced Concrete Structures is one of the highly reliable structure strength today, and used as a portal framework, in the form of columns, structural slab, foundation plate and shear walls, embankments retaining land for development etc. Concrete consists of aggregate particles that attached by a paste made from Portland cement and water. This pasta filling the empty space between the particles aggregate. After the fresh concrete casted, hardening occurs due to exothermic chemical reactions between cement and water forming a solid material and has a high compressive strength and durability of structures. High quality concrete is concrete with a high enough strength or above the standard strength and influenced by several things, such as FAS (cement water factor), the quality of aggregate, additive and contract quality of the concrete manufacture. High quality concrete methods Dreux, which is a concrete mix design that has been developed by Prof. George Dreux so that we will get the compressive strength of up to 46 MPa. High quality concrete methods Dreux with bendrat fibrous concrete with fly ash is composed of coarse aggregate (gravel), fine aggregate (sand), portland cement, fly ash, water coupled with bendrat fibers and reinforcing steel strung. Bendrat been selected fiber raw material is easy and can be obtained. This study uses an experimental methods of the mechanical behavior of concrete in order to determine the extent of the effect of adding bendrat fiber to the capacity of flexure. Tests performed on beam flexural strength measuring 8 cm x 12 cm x 100 cm with a variation of the percentage of fiber 0%; 0.5%; 1%; 1.5%, and 2%, amounting to 4 pieces per percentage of fiber, so total of 20 test specimens. Planned concrete quality is  $f'_c = 46$  MPa. Bending test performed at 28 days. In term of bending capacity, maximum nominal moment based on the results of testing and calculation analysis on the test object beam occurs in the percentage of fiber addition 1%. Analysis nominal moment takes into account the concrete tensile strength is greater than the nominal moment that does not take into account the tensile strength of concrete. Based on the results of research, testing nominal moment is greater than the nominal moment analysis. All initial crack pattern occurs in 1/3 midspan, and its collapse ensued in the area, so that the results of the study can be regarded as bending collapse.

**Keywords :** *flexural capacity, high quality concrete, dreux, bendrat, fly ash*

## Abstrak

Struktur Beton Bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini, dan banyak dimanfaatkan sebagai kerangka portal, baik berupa kolom, struktur plat lantai, plat pondasi dan dinding geser, talud penahan tanah untuk pembangunan dan sebagainya. Beton sendiri terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen *portland* dan air. Pasta ini mengisi ruang kosong diantara partikel-partikel agregat. Setelah beton segar dicorokan, pengerasan terjadi akibat reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air yang membentuk suatu bahan struktur yang padat dan mempunyai kuat tekan tinggi dan tahan lama. Beton mutu tinggi yaitu beton dengan kekuatan yang cukup tinggi atau diatas kekuatan standar yang mana hal tersebut dipengaruhi dari beberapa hal, seperti FAS (faktor air semen), kualitas agregat, bahan tambah dan kontrak kualitas dari pembuatan beton tersebut. Beton mutu tinggi metode *Dreux*, yaitu suatu perancangan campuran beton yang telah dikembangkan oleh Prof. George Dreux sehingga akan didapatkan kekuatan tekan hingga 46 MPa. Beton mutu tinggi metode *Dreux* berserat bendrat dengan *fly ash* yakni beton yang terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen portland, *fly ash*, air ditambah dengan serat bendrat dan baja tulangan yang dirangkai. Serat bendrat dipilih karena bahan bakunya mudah dan bisa didapatkan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental terhadap perilaku mekanik beton dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan serat bendrat terhadap kapasitas lentur balok. Pengujian 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, jadi jumlah total 20 benda uji. Mutu beton yang direncanakan adalah  $f'_c = 46$  MPa. Uji lentur dilakukan pada umur 28 hari. Ditinjau dari kapasitas lenturnya, momen nominal maksimum berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan analisis pada benda uji balok terjadi pada persentase penambahan serat 1 %. Analisis momen nominal yang memperhitungkan kuat tarik beton lebih besar dari pada momen nominal yang tidak memperhitungkan kuat tarik beton. Berdasarkan hasil penelitian, 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.

**Kata kunci :** *kapasitas lentur, beton mutu tinggi, dreux, bendrat, fly ash*

## PENDAHULUAN

Struktur Beton Bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini, dan banyak dimanfaatkan sebagai kerangka portal, baik berupa kolom, struktur plat lantai, plat pondasi dan dinding geser, talud penahan tanah untuk pembangunan dan sebagainya. Beton sendiri terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen *portland* dan air. Pasta ini mengisi ruang kosong diantara partikel-partikel agregat. Setelah beton segar dicorakan, pengerasan terjadi akibat reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air yang membentuk suatu bahan struktur yang padat dan mempunyai kuat tekan tinggi dan tahan lama.

*High strenght concrete* yaitu beton dengan kekuatan yang cukup tinggi atau diatas kekuatan standar yang mana hal tersebut dipengaruhi dari beberapa hal, seperti FAS (faktor air semen), kualitas agregat, bahan tambah dan kontrak kualitas dari pembuatan beton tersebut. Sesuatu perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, menurut *Dobrowolski* (1998) mengatakan bahwa beton mutu tinggi adalah beton dengan kuat tekan lebih besar dari 6000 Psi atau 41,4 MPa.

Beton mutu tinggi metode *Dreux*, yaitu suatu perancangan campuran beton yang telah dikembangkan oleh Prof. George Dreux sehingga akan didapatkan kekuatan tekan hingga 46 MPa. Beton mutu tinggi metode *Dreux* berserat bendrat dengan *fly ash* yakni beton yang terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen portland, *fly ash*, air ditambah dengan serat bendrat dan baja tulangan yang dirangkai. Serat bendrat dipilih karena bahan bakunya mudah dan bisa didapatkan.

*Fly ash* (abu terbang) adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut *bottom ash*. Dalam dunia industri, *fly ash* biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batubara. *Fly ash* umumnya ditangkap oleh *electrostatic precipitators* atau peralatan filtrasi partikel lain sebelum gas buang mencapai cerobong asap batu bara pembangkit listrik, dan bersama-sama dengan *bottom ash* dihapus dari bagian bawah tungku dalam hal ini bersama-sama dikenal sebagai abu batubara. Tergantung pada sumber dan *make up* dari batubara yang dibakar, komponen *fly ash* bervariasi, tetapi semua *fly ash* termasuk sejumlah besar silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) (baik amorf dan kristal) dan kalsium oksida (CaO), kedua bahan endemik yang di banyak batubara bantalan lapisan batuan.

*Fly ash* berfungsi sebagai bahan pengganti *pozoland*, karena pada penelitian ini semen yang digunakan adalah PC (*Portland Cement*) yang tidak mengandung *pozoland*. Selain itu fungsi *fly ash* adalah untuk menambah kuat tekan pada beton.

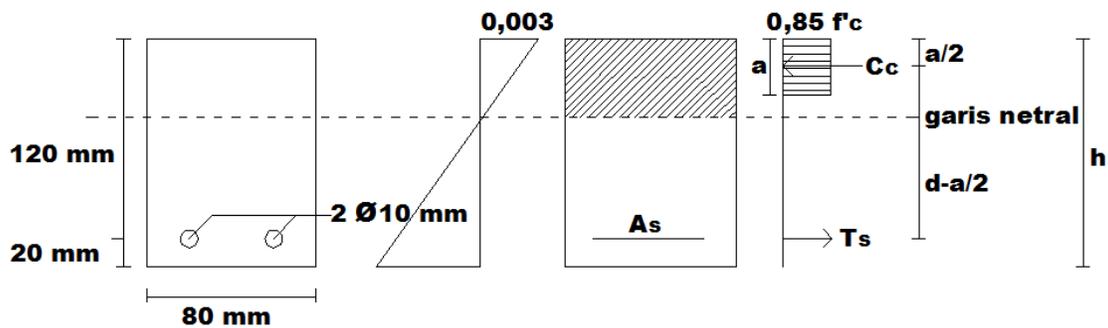
Masalah utama pada beton mutu tinggi adalah dengan bertambahnya kekakuan beton, maka bertambah juga kekuatan beton tersebut. Kuat tekan beton yang semakin besar mempunyai daktilitas beton yang rendah. Hubungan berbanding terbalik antara kekuatan dan daktilitas menjadi masalah yang serius ketika menggunakan beton mutu tinggi. Untuk mengatasi dua hal tersebut maka ditambahkan bahan serat pendek. Penambahan serat pendek pada beton dapat mengatasi masalah daktilitas beton. Serat baja dapat menambah penyerapan energi yang lebih besar dan juga dalam hal daktilitas beton. (Bayramov. et. al, 2004)

Dengan demikian menjadikan suatu problem yang menarik bagi peneliti untuk menambahkan *fly ash* dan serat bendrat pada campuran bahan pembuatan beton mutu tinggi, sehingga kapasitas kuat lentur balok beton menjadi meningkat dan hasilnya bisa sesuai dengan harapan konstruktor.

## LANDASAN TEORI

Mengingat sifat-sifat beton fiber tersebut agak lain dengan beton biasa (konvensional), maka anggapan-anggapan maupun cara hitungan/analisis tampang balok beton biasa yang kita kenal selama ini tidak dapat dipakai begitu saja, dan perlu dimodifikasi. Pada penampang beton bertulang, pembatasan tulangan tarik pada perhitungan kapasitas lentur balok menurut SNI 03-2847-2002 untuk balok bertulangan baja ditetapkan bahwa pada kondisi seimbang, jumlah luas tulangan tidak boleh lebih dari 75 %, maka dari itu dilakukan perhitungan seperti berikut:

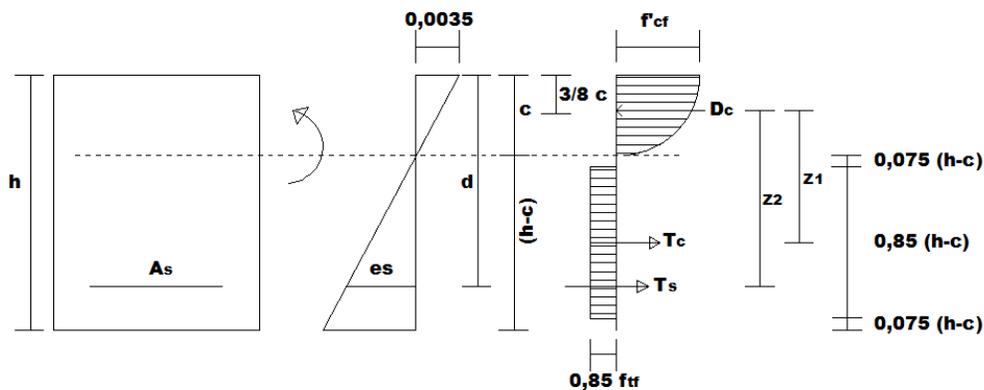
### Balok Tulangan Tunggal



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

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

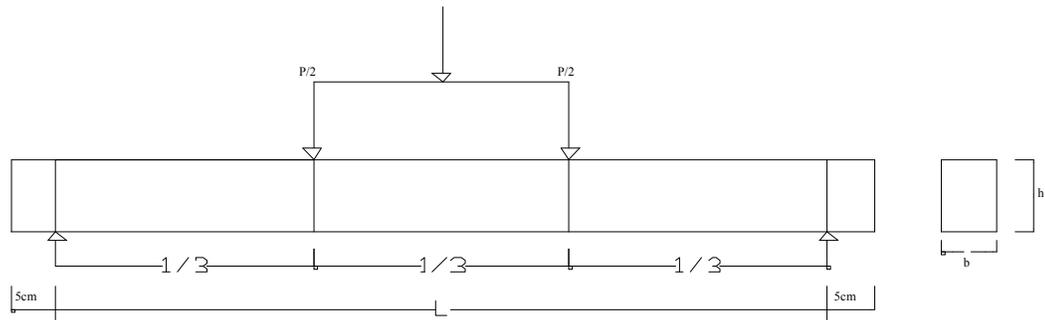
### Balok Tulangan Tunggal



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

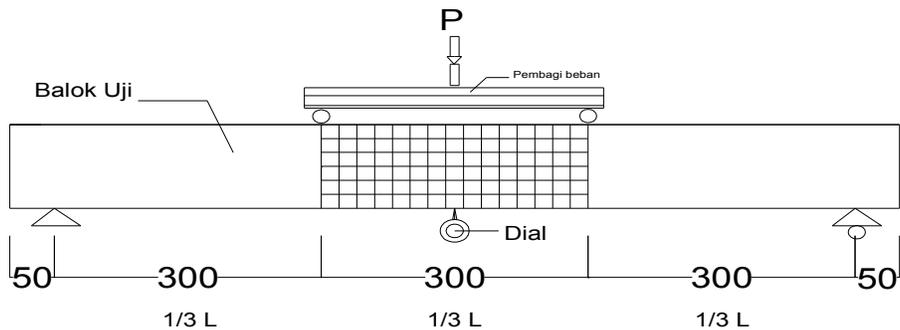
## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret. Tahap awal, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji beton mutu tinggi metode *Dreux* berserat bendrat dengan *fly ash*. Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, maka dilanjutkan dengan membuat benda uji. Benda uji akan diuji dengan uji kuat lentur. Pengujian 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.



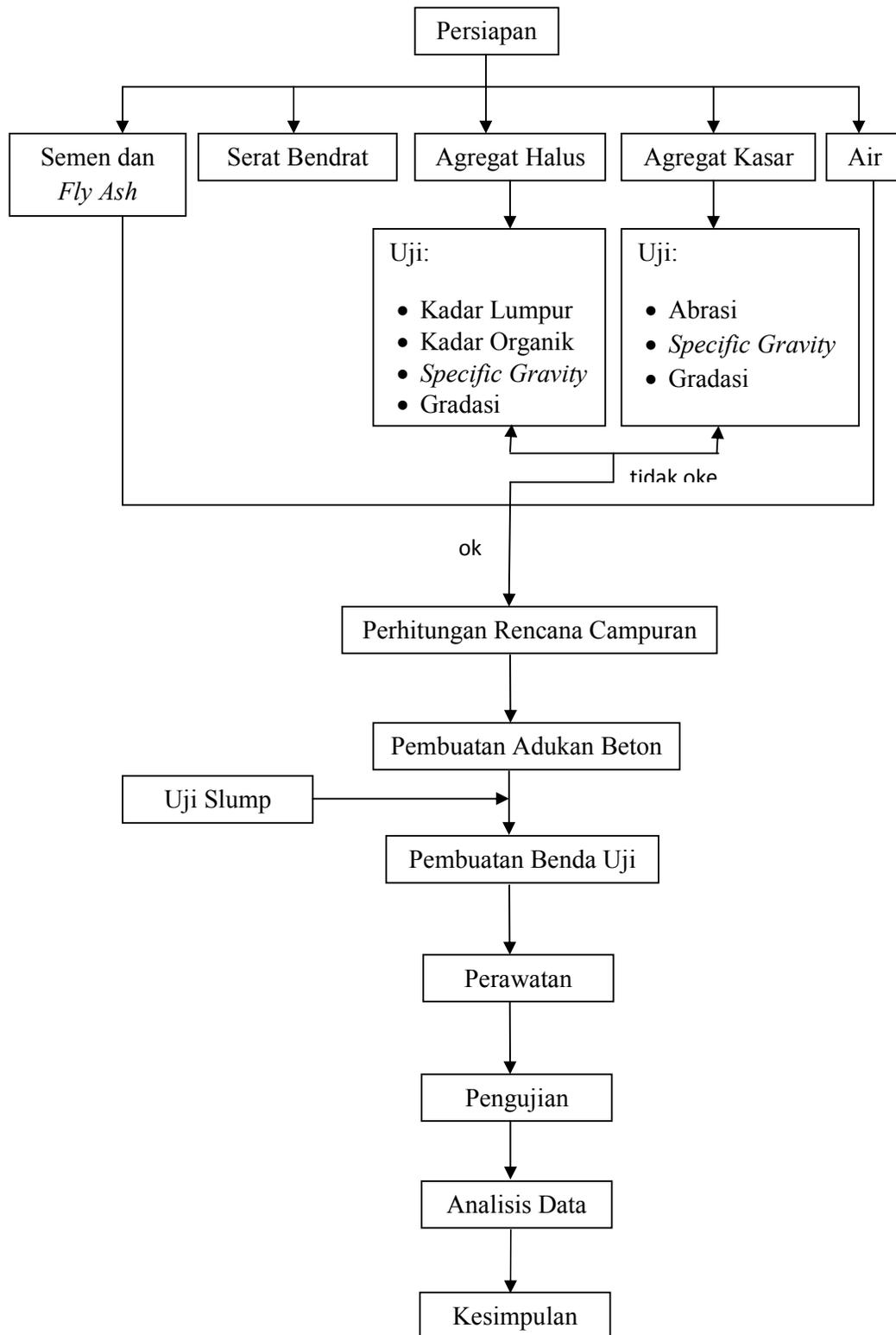
Gambar 3. Penampang Balok Beton

- Keterangan :
- $L$  = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan
  - $b$  = Lebar tampak patah arah horisontal
  - $h$  = Tinggi tampak patah arah vertikal
  - $P$  = Beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji



Gambar 4. Skema Pengujian Kuat Lentur

## Tahap dan Alur Penelitian



Gambar 5. Bagan Alir Tahap-tahap Metode Penelitian

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian didapat data meliputi beban saat retak pertama, beban saat terjadi runtuh, lendutan saat retak pertama, lendutan saat terjadi runtuh. Pada proses pengujian benda uji, dial gauge yang digunakan hanya 1 buah, dan terletak di tengah bentang yang berjarak 45 cm dari tumpuan, dikarenakan panjang bentang balok uji hanya 1 meter dan relatif kecil.

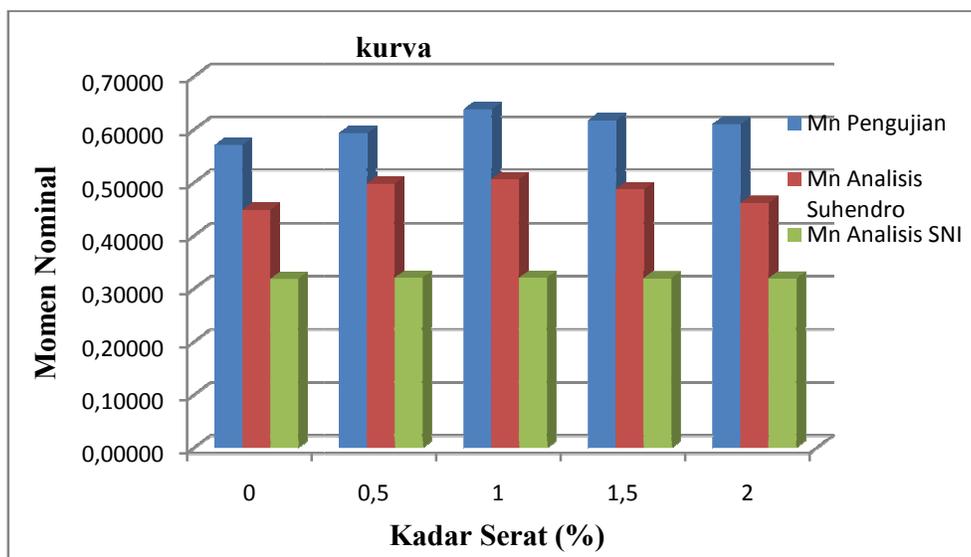
Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode	Beban Saat Retak Pertama ( N )	Lendutan ( mm )	Beban Saat Runtuh ( N )	Lendutan ( mm )	Posisi Runtuh
Bk 0 (a)	8500	1.22	34000	8.25	1/3 tengah bentang
Bk 0 (b)	9500	0.91	34500	8.15	1/3 tengah bentang
Bk 0 (c)	9000	1.03	35000	8.10	1/3 tengah bentang
Bk 0 (d)	9000	1.13	35000	8.15	1/3 tengah bentang
Bk 0,5 (a)	7500	1.22	38000	13.05	1/3 tengah bentang
Bk 0,5 (b)	7000	1.34	37000	11.95	1/3 tengah bentang
Bk 0,5 (c)	7000	1.30	36500	11.85	1/3 tengah bentang
Bk 0,5 (d)	7500	1.34	37000	12.36	1/3 tengah bentang
Bk 1 (a)	10000	1.80	41500	22.40	1/3 tengah bentang
Bk 1 (b)	11500	1.98	41000	21.86	1/3 tengah bentang
Bk 1 (c)	11000	1.80	42000	23.56	1/3 tengah bentang
Bk 1 (d)	10500	1.80	42000	22.36	1/3 tengah bentang
Bk 1,5 (a)	9000	1.57	40000	17.64	1/3 tengah bentang
Bk 1,5 (b)	8000	1.55	39000	17.39	1/3 tengah bentang
Bk 1,5 (c)	9000	1.75	39500	17.41	1/3 tengah bentang
Bk 1,5 (d)	8000	1.62	38500	17.33	1/3 tengah bentang
Bk 2 (a)	13000	1.31	38500	16.45	1/3 tengah bentang
Bk 2 (b)	12500	1.38	39000	16.70	1/3 tengah bentang
Bk 2 (c)	12000	1.13	38000	16.37	1/3 tengah bentang
Bk 2 (d)	12000	1.25	40500	16.51	1/3 tengah bentang

Tabel 2. Rangkuman Hasil Perhitungan Momen Nominal Berdasarkan Pengujian dan Analisis

No	Kadar Serat (%)	Mn Analisis SNI (Ton.m)	Mn Analisis Suhendro (Ton.m)	Mn Hasil Pengujian (Ton.m)
1	0	0.31796	0.44830	0.57046
2	0.5	0.31973	0.49748	0.59296
3	1	0.31979	0.50589	0.63796
4	1.5	0.31918	0.48721	0.61733
5	2	0.31889	0.46112	0.60983

Berdasarkan rangkuman hasil perhitungan momen nominal pengujian dan analisis pada **Tabel 2**. Maka 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

## SIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa:

- a. Kadar serat maksimum yang terjadi saat retak pertama pada pengujian balok beton A, B, C, dan D dari hasil perhitungan regresi berturut-turut yaitu 1,111 %; 1,039 %; 1,214 %; dan 1,115 %.
- b. Lendutan maksimum yang terjadi saat retak pertama pada pengujian balok beton A, B, C, dan D dari hasil perhitungan regresi berturut-turut yaitu 1,825 mm; 1,985 mm; 1,862 mm; dan 1,820 mm.
- c. Kadar serat maksimum yang terjadi saat runtuh pada pengujian balok beton A, B, C, dan D dari hasil perhitungan regresi berturut-turut yaitu 1,068 %; 1,082 %; 1,069 %; dan 1,073 %.
- d. Lendutan maksimum yang terjadi saat runtuh pada pengujian balok beton A, B, C, dan D dari hasil perhitungan regresi berturut-turut yaitu 22,507 mm; 22,055 mm; 23,766 mm; dan 22,564 mm.
- e. Berdasarkan hasil analisa, momen nominal yang memperhitungkan kuat tarik beton lebih besar dari pada momen nominal yang tidak memperhitungkan kuat tarik beton, yaitu  $0,50589 \text{ Ton.m} > 0,31979 \text{ Ton.m}$ .
- f. Berdasarkan hasil penelitian, momen nominal pengujian lebih besar dari pada momen nominal analisis, yaitu  $0,63796 \text{ Ton.m} > 0,50589 \text{ Ton.m}$  (momen nominal yang memperhitungkan kuat tarik beton) dan  $0,31979 \text{ Ton.m}$  (momen nominal yang tidak memperhitungkan kuat tarik beton). Jadi hasil yang diharapkan oleh peneliti telah tercapai.
- g. 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

- a. Perlu penelitian lebih lanjut tentang *treatment* pada bendrat yang akan dijadikan penambahan pada serat beton, supaya bisa lebih memahami sifat dan karakteristik dari bendrat tersebut.
- b. Jumlah benda uji balok perlu ditambah demi mendapatkan data yang lebih akurat.
- c. Penelitian hanya terbatas pada umur beton 28 hari (*short-term test*), untuk jangka panjang (*long-term*) perilaku beton serat belum bisa diprediksi, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui *capability* dan *durability* beton jangka panjang.

## REFERENSI

- ACI Committee 544. 1996. *Fiber Reinforced Concrete*. ACI International Michigan, Michigan.
- American Standard Testing of Materials (ASTM). 1918. *Concrete and Material Agregates (Including Manual of Agregates and Concrete Testing)*. ASTM Philadelphia, Philadelphia.
- Ardiansyah, Rony, MT. IP-U. 2010. Pemanfaatan Fly Ash dan Kegunaannya. (<https://ronymedia.wordpress.com/category/artikel-teknik-sipil/page/8htm>, diakses tanggal 10 September 2014)
- Bayramov, F., C. Tasdemir and M.A. Tasdemir. 2004. *Optimisation of steel fiber reinforced concretes by means of statical response surface method*. *Cem. Concr. Res.*26: 665-675. Department of Civil Engineering, Istanbul Technical University, Turkey.
- Dobrowolski, A.J. 1998. *Concrete Contruction Hand Book*. Mc. Graw-Hill Companies Inc, New York.
- Dreux, Georges. 1979. *Nouvean Guide Du Bet on. Service Pressee, Editions Eyrolles*. Boulevard Saint-Germain.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Andi, Yogyakarta.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia PBI NI-2*. Dept. PU dan Tenaga Listrik, Dirjen Cipta Karya, Bandung.
- Prayitno, Slamet. 1995. *Balok Beton Bertulang Metode Dreux Untuk Jembatan Jalan Raya*, Tesis. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Pujianto, As'at. 2010. *Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Superplastisizer dan Fly Ash*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol 13 Nomer 2, 171-180. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Soroushian, P. Lee, and Bayasi, Z. 1987. *Concept of Fiber Reinforced Concrete*. Michigan State University, Michigan.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Bandung.
- Sudarmoko. 1993. *Pengaruh Panjang Serat Pada Sifat Struktural Beton Serat*. Media Teknik No. 1 Tahun XV, Yogyakarta.
- Suhendro, Bambang. 1990. *Penelitian Pengaruh Pemakaian Fiber Secara Parsial pada Balok Beton Bertulang*. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sukoyo. 2011. *Pengaruh Penambahan Fiber Baja Terhadap Tegangan-Regangan Beton Mutu Normal dan Mutu Tinggi*, Jurnal Ilmiah. Polines, Semarang.
- Supartono, F.X. 1998. *Mengenal dan Mengetahui Permasalahan pada Produksi Beton Berkinerja Tinggi*, Artikel Ilmiah. UI, Jakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Zuraidah, Safrin. 2009. *Peningkatan Kuat Lentur Pada Beton dengan Penambahan Fiber Polypropylene dan Copper Slag (Terak Tembaga)*, Jurnal Ilmiah. Unitomo, Surabaya.