

# KAJIAN KAPASITAS LENTUR BALOK BETON MUTU TINGGI BERSERAT TEMBAGA DENGAN METODE DREUX

Slamet Prayitno<sup>1)</sup>, Supardi<sup>2)</sup>, Agung Setyo Nugroho<sup>3)</sup>,

<sup>1) 2)</sup>Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret,

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

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail: [nugrohoagung222@yahoo.com](mailto:nugrohoagung222@yahoo.com)

## Abstract

Building structures that have evolved rapidly. Reinforced concrete structure is a structure that is very reliable strength today and widely used in the construction of tall buildings, bridges, towers and so on. Then the structure require high strength concrete in order to sustain a large load. High strenght of concrete is concrete with high strength or above the standard strength where it is influenced from several things, such as FAS (cement water rate), the quality of aggregate and added ingredients. High quality concrete dreux method, 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 copper fibrous concrete dreux method comprising the concrete coarse aggregate (gravel), fine aggregate (sand), portland cement, water coupled with copper and steel fiber reinforcement are assembled. Copper fibers chosen because it is a waste recycling of cable and widely available in Indonesia. This study aims to determine the extent of the effect of adding copper to fiber bending capacity of the beam. This test uses experimental methods to test object in the form of a beam with two point loading measuring 8 cm x 12 cm x 100 cm. Number of samples 20 pieces, where each per percentage of fiber 0%; 0.5%; 1%; 1.5%, and 2% consists of 4 pieces. Project concrete quality is  $f_c = 46$  MPa. Bending test performed at 28 days. Test results and calculations showed an increase in mean flexural capacity and flexural capacity with analytical formula of 12.68% Suhendro of 0.57 and 12.02% Tonm Tonm of 0.54, then 0.85% of 0,305 Tonm for flexural capacity with analysis SNI formula. Increased capacity of bending occurs at the optimum fiber content of 0.95% -1.07%. This is due to the effect of adding fiber to the test object. Added fiber can be spread evenly in which the fiber as if to function as a powerful enhancer of micro tensile reinforcement besides reinforcing steel beam itself. All initial crack pattern occurs in 1/3 midspan and collapse occurred in the area, so that the results of the study can be regarded as bending collapse.

**Keywords:** flexible capacity, high quality concrete, dreux, copper.

## Abstrak

Struktur bangunan mengalami perkembangan yang pesat. Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat inidan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan, tower dan sebagainya. Maka struktur tersebut membutuhkan beton mutu tinggi agar bisa menopang pembebanan yang besar. *High strenght concrete* yaitu beton dengan kekuatan yang tinggi atau diatas kekuatan standar yang mana hal tersebut dipengaruhi dari beberapa hal, seperti FAS (faktor air semen), kualitas agregat dan bahan tambah. 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 berserat tembaga metode dreux yakni beton yang terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen portland, air ditambah dengan serat tembaga dan baja tulangan yang dirangkai. Serat tembaga dipilih karena merupakan daur ulang limbah dari kabel dan banyak terdapat di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penambahan serat tembaga terhadap kapasitas lentur balok. Pengujian ini menggunakan metode experimental dengan benda uji berupa balok dengan 2 titik pembebanan yang berukuran 8 cm x 12 cm x 100 cm. Jumlah sampel 20 buah, dimana masing masing per persentase serat 0%; 0,5%; 1%; 1,5%, dan 2% berjumlah 4 buah. Mutu beton yang direncanakan adalah  $f_c = 46$  MPa. Uji lentur dilakukan pada umur 28 hari. Hasil pengujian dan perhitungan menunjukkan peningkatan kapasitas lentur Rerata dan kapasitas lentur dengan analisis rumus Suhendro sebesar 12,68% sebesar 0,57 Tonm dan 12,02% sebesar 0,54 Tonm, kemudian 0,85% sebesar 0,305 Tonm untuk kapasitas lentur dengan analisis rumus SNI. Peningkatan kapasitas lentur terjadi di kadar serat optimum 0,95%-1,07%. Hal ini disebabkan adanya pengaruh penambahan serat pada benda uji. Serat yang ditambahkan dapat menyebar secara merata dimana serat seolah-olah berfungsi sebagai penambah kuat tarik tulangan mikro selain baja tulangan balok itu sendiri. Semua pola retak awal terjadi di 1/3 tengah bentang dan keruntuhannya terjadi didaerah tersebut, Sehingga dari hasil penelitian tersebut dapat dikatakan sebagai keruntuhan lentur.

**Kata kunci :** kapasitas lentur, beton mutu tinggi, *dreux*, *tembaga*.

## PENDAHULUAN

Struktur bangunan mengalami perkembangan yang pesat. Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini, dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan gedung-gedung tinggi, jembatan, tower dan sebagainya. Maka struktur tersebut membutuhkan beton mutu tinggi agar bisa menopang pembebanan yang besar.

*High strenght concrete* yaitu beton dengan kekuatan yang tinggi atau diatas kekuatan standar yang mana hal tersebut dipengaruhi dari beberapa hal, seperti FAS (faktor air semen), kualitas agregat dan bahan tambah. Maka, dengan 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.

Secara struktural beton mutu tinggi mempunyai tegangan tekan besar, sehingga sangat bermanfaat untuk struktur dengan pembebanan yang besar. Kelemahan struktur beton adalah kuat tariknya yang sangat rendah dan bersifat getas (*brittle*), Sehingga untuk menahan gaya tarik beton diberi baja tulangan. Penambahan baja tulangan belum bisa memberikan hasil yang benar-benar memuaskan. Retak-retak melintang halus masih sering timbul didekat baja yang mendukung gaya tarik.

Dalam perancangan struktur beton, tegangan tarik yang terjadi ditahan oleh baja tulangan, Sedangkan beton tarik tidak diperhitungkan menahan tegangan-tegangan tarik yang terjadi karena beton akan segera retak jika mendapat tegangan tarik yang melampaui kuat tarik. Ditinjau dari segi keawetan struktur, retakan ini akan mengakibatkan korosi pada baja tulangan sehingga akan mengurangi luas tampang baja tulangan, meski dari tinjauan struktur retak ini belum membahayakan. Salah satu cara untuk mengurangi retak-retak di daerah tarik adalah dengan menambahkan bahan tambah serat. Prinsip penambahan serat sendiri memberi tulangan pada beton yang disebar merata ke dalam 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*). Sehingga kuat tarik beton serat dapat lebih tinggi dibanding kuat tarik beton biasa.

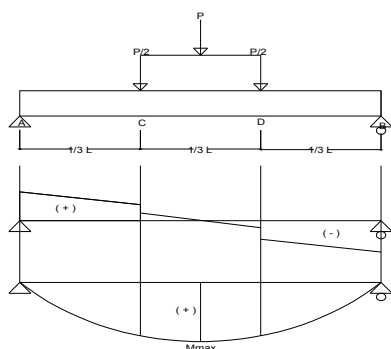
Beton mutu tinggi metode dreux adalah suatu perancangan campuran beton yang telah dikembangkan oleh Prof. George Dreux sehingga akan didapatkan kekuatan tekan hingga 46 MPa. Beton mutu tinggi berserat tembaga metode dreux yakni beton yang terdiri dari agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), semen portland, air ditambah dengan serat tembaga dan baja tulangan yang dirangkai. Serat tembaga dipilih karena bahan bakunya mudah didapat dipasaran dan bisa diperoleh dari sisa limbah kabel listrik.

Dengan demikian menjadi problem yang menarik bagi peneliti untuk mengkaji kapasitas lentur balok beton setelah diberi serat tembaga. Sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menciptakan, mendapatkan dan meningkatkan kapasitas lentur balok beton mutu tinggi berserat tembaga metode *dreux*. Serta kekuatan tekan dan tariknya tergolong dalam kriteria material beton struktural dengan penambahan serat metalik atau logam.

## LANDASAN TEORI

Analisis dan perencanaan balok menggunakan rumus-rumus dalam analisis perhitungan beton bertulang dengan ketentuan sebagai berikut :

- Kuat lentur 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 dan dinyatakan dalam gaya satuan luasMpa. (SNI 03-2847-2013).



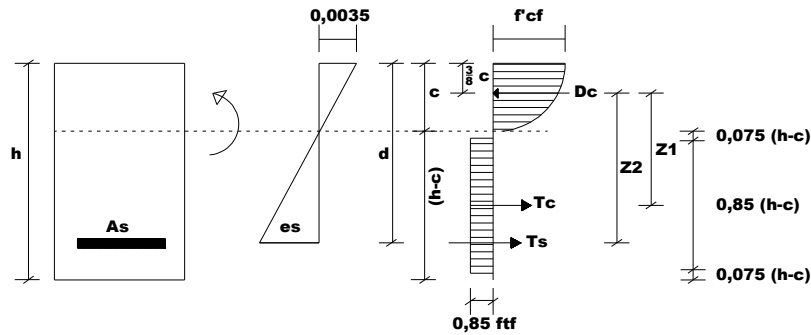
$$M_{max} = \frac{1}{6} PL + \frac{1}{8} qL^2 \dots\dots(1.1)$$

$$M_{max} = Mn \text{ (momen nominal)}$$

Gambar 1. Diagram Gaya SFD dan BMD

- 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

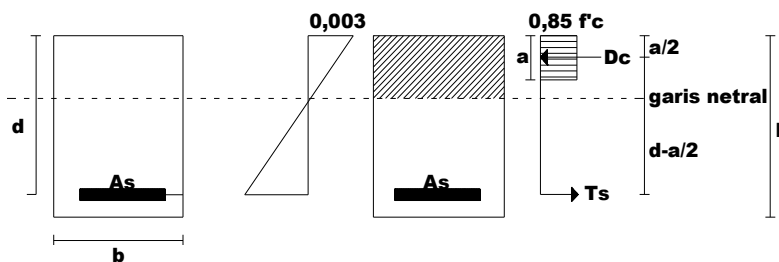


**Gambar 2.** Distribusi Regangan dan Tegangan Lentur pada Balok Beton Fiber Penuh. (Usulan Suhendro, 1991)

$$\begin{aligned}
 D_c &= 0,67 f_{cf} c b \\
 T_c &= 0,85 (h-c) 0,85 f_{tf} b \\
 T_s &= A_s f_{ys} \\
 D_c - T_c - T_s &= 0 \\
 \epsilon_s &= 0,0035(d-c / c) \\
 f_s &= \epsilon_s E_s \\
 f_s &> f_{ys} \\
 \tilde{x}_1 &= \left( h - \frac{5}{8} c - \frac{(h-c)}{2} \right) \tilde{x}_2 = \left( d - \frac{3}{8} c \right) \\
 M_n &= T_c \tilde{x}_1 + T_s \tilde{x}_2 \\
 M_n &= \left( T_c \left( h - \frac{5}{8} c - \frac{(h-c)}{2} \right) + T_s \left( d - \frac{3}{8} c \right) \right) \dots \dots (1.2)
 \end{aligned}$$

- Pada penampang beton bertulang, pembatasan tulangan tarik pada perhitungan kapasitas lentur balok menurut SNI 1726-2012 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

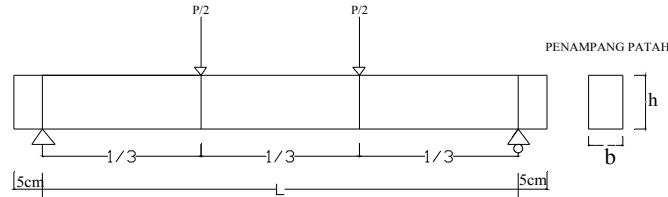


**Gambar 3.** Distribusi Regangan dan Tegangan Lentur pada Balok Beton Menurut (SNI 03-2847-2013)

$$\begin{aligned}
 d &= h - (p + O_{sengakang} + \frac{1}{2} O_{tulangan}) \\
 A_s &= 2 \times (\frac{1}{4} \Delta d^2) \\
 C_b &= \frac{0,003}{0,003 + \frac{f_y}{E}} d \\
 a_b &= \beta_1 C_b \\
 a_{sb} &= \frac{0,85 f_c' b a b}{f_y} \\
 A_s &\leq 0,75 a_{sb} \\
 a &= \frac{(A_s f_y)}{0,85 f_c' b} \\
 M_n &= (A_s f_y) (d - (a/2)) \dots \dots (1.3)
 \end{aligned}$$

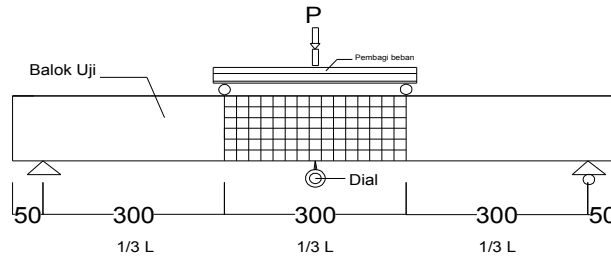
## METODE PENELITIAN

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



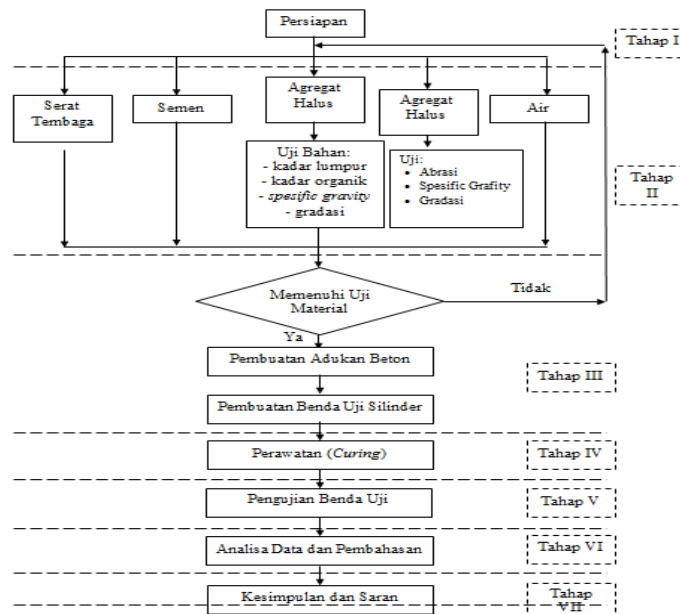
Gambar 4. Penampang Balok Beton

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 5. Skema Pengujian Kuat Lentur

### Tahap dan Alur Penelitian



Gambar 6. Bagan Alir Tahap-tahap Metode Penelitian

## DATA, ANALISIS DATADAN PEMBAHASAN

### DATA

Dari pengujian didapat hasil data meliputi beban saat retak pertama, beban maksimum, lendutan saat retak pertama, 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.

Tabel 1. Data hasil Pengujian Beban Saat Retak Pertama dan Maksimum

Kode	Beban Saat Retak Pertama ( N )	Beban Maksimum ( N )	Posisi runtuh
Bk 0 (a)	6000	33000	1/3 tengah bentang
Bk 0 (b)	6500	33500	1/3 tengah bentang
Bk 0 (c)	5000	33500	1/3 tengah bentang
Bk 0 (d)	6000	33000	1/3 tengah bentang
Bk 0,5 (a)	8500	35000	1/3 tengah bentang
Bk 0,5 (b)	9000	34000	1/3 tengah bentang
Bk 0,5 (c)	7000	34000	1/3 tengah bentang
Bk 0,5 (d)	8000	34000	1/3 tengah bentang
Bk 1 (a)	10500	38000	1/3 tengah bentang
Bk 1 (b)	9500	38000	1/3 tengah bentang
Bk 1 (c)	10500	38000	1/3 tengah bentang
Bk 1 (d)	10000	38500	1/3 tengah bentang
Bk 1,5 (a)	8000	36000	1/3 tengah bentang
Bk 1,5 (b)	8500	36000	1/3 tengah bentang
Bk 1,5 (c)	8500	36500	1/3 tengah bentang
Bk 1,5 (d)	8000	36500	1/3 tengah bentang
Bk 2 (a)	8000	35000	1/3 tengah bentang
Bk 2 (b)	9000	35000	1/3 tengah bentang
Bk 2 (c)	7500	34000	1/3 tengah bentang
Bk 2 (d)	8000	35500	1/3 tengah bentang

Tabel 2. Data hasil Pengujian Beban Retak Pertama, Maksimum dan Lendutan.

Kode	Beban saat retak pertama ( N )	Lendutan ( mm )	Beban maksimum ( N )	Lendutan ( mm )
Bk 0 (a)	6000	0,96	33000	6,75
Bk 0 (b)	6500	0,80	33500	7,03
Bk 0 (c)	5000	0,63	33500	6,99
Bk 0 (d)	6000	0,84	33000	6,70
Bk 0,5 (a)	8500	1,20	35000	9,47
Bk 0,5 (b)	9000	1,28	34000	9,49
Bk 0,5 (c)	7000	0,98	34000	9,29
Bk 0,5 (d)	8000	1,15	34000	9,27
Bk 1 (a)	10500	1,39	38000	17,66
Bk 1 (b)	9500	1,37	38000	17,21
Bk 1 (c)	1050	1,46	38000	18,24
Bk 1 (d)	10000	1,44	38500	18,31
Bk 1,5 (a)	8000	1,19	36000	13,60
Bk 1,5 (b)	8500	1,03	36000	13,21
Bk 1,5 (c)	8500	1,19	36500	13,18
Bk 1,5 (d)	8000	1,22	36500	14,44
Bk 2 (a)	8000	1,16	35000	12,49
Bk 2 (b)	9000	1,25	35000	12,42
Bk 2 (c)	7500	0,95	34000	11,97
Bk 2 (d)	8000	1,25	35500	12,52

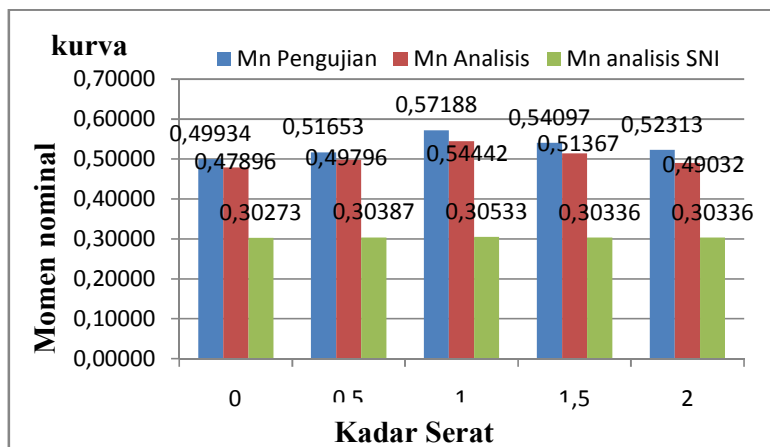
## ANALISIS DATA

Setelah melakukan perhitungan Momen Nominal dengan perhitungan hukum kesetimbangan, Analisis menurut rumus Suhendro dan Analisis Rumus SNI, Didapat hasil dan perubahan Momen Nominal seperti berikut :

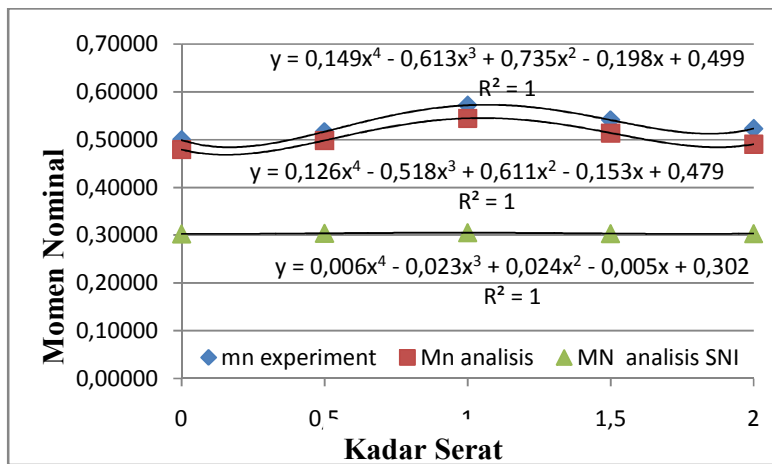
**Tabel 3.** Rangkuman Hasil Perhitungan Momen Nominal Berdasarkan Pengujian dan Analisis

Kode Benda Uji	Mn Pengujian Rerata (Tonm)	Perubahan (%)	Mn Analisis Menurut Rumus Suhendro 1991 (Tonm)	Perubahan (%)	Mn Analisis Rumus SNI (Tonm)	Perubahan (%)
BS 0 %	0,49934	0	0,47896	0	0,30273	0
BS 0,5 %	0,51653	3,33	0,49796	3,81	0,30387	0,38
BS 1 %	0,57188	12,68	0,54442	12,02	0,30533	0,85
BS 1,5 %	0,54097	7,69	0,51367	6,75	0,30336	0,21
BS 2 %	0,52313	4,55	0,49032	2,31	0,30336	0,21

Berdasarkan rangkuman hasil perhitungan momen nominal pengujian dan analisis pada **Tabel 3.** Maka dibuat grafik perbandingan dan grafik regresi 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

Dari grafik regresi diatasdapat dilihat kadar optimum serat pada gambar regresi tidak terletak di tepat penambahan 1%. Melainkan lebih dan kurang dari penambahan 1%. Dengan demikian dapat dihitung regresi nilai kadar optimum serat seperti berikut :

- Dari grafik  $M_n$  hasil pengujian

$$Y = 0,1491x^4 - 0,6133x^3 + 0,7352x^2 - 0,1985x + 0,4993$$

Nilai kadar optimum serat kemudian dihitung dengan cara :

$$dy/dx = 0$$

$$0 = 0,5964 x^3 - 1,8399 x^2 + 1,4704 x - 0,1985$$

$$x_1 = 0,1686368201; x_2 = 1,848899693; x_3 = 1,067473547$$

Jadi kadar optimum serat dipilih ( $x_3$ ) = 1,07 % dan diperoleh  $M_n(Y) = 0,57$  Tonm

- Dari grafik  $M_n$  analisis suhendro

$$Y = 0,1262x^4 - 0,518x^3 + 0,6111x^2 - 0,1538x + 0,479$$

Nilai kadar optimum serat kemudian dihitung dengan cara :

$$dy/dx = 0$$

$$0 = 0,5048 x^3 - 1,554 x^2 + 1,2222 x - 0,1538$$

$$x_1 = 0,1547607156; x_2 = 1,872087066; x_3 = 1,051599128$$

Jadi kadar optimum serat dipilih ( $x_3$ ) = 1,05 % dan diperoleh  $M_n(Y) = 0,54$  Tonm

- Dari grafik  $M_n$  analisis SNI

$$Y = 0,0061x^4 - 0,0233x^3 + 0,0249x^2 - 0,0051x + 0,3027$$

Nilai kadar optimum serat kemudian dihitung dengan cara :

$$dy/dx = 0$$

$$0 = 0,0244 x^3 - 0,0699 x^2 + 0,0498 x - 0,0051$$

$$x_1 = 1,789480967; x_2 = 0,9526670149; x_3 = 0,1226061169$$

Jadi kadar optimum serat dipilih ( $x_2$ ) = 0,95 % dan diperoleh  $M_n(Y) = 0,305$  Tonm

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang memiliki nilai paling rendah diperoleh pada Analisis perhitungan rumus SNI dengan kadar optimum serat 0,95 %, perubahan kapasitas lentur 0,85% sebesar 0,30533 Tonm. Untuk analisis rumus Suhendro dengan kadar optimum serat 1,05 % perubahan kapasitas lentur 12,02% sebesar 0,54442Tonm. Sedangkan untuk analisis pengujian Rerata dihasilkan kadar optimum serat 1,07 % perubahan kapasitas lentur 12,68% sebesar 0,57188 Tonm. analisis SNI, Analisis rumus Suhendro dan analisis pengujian Rerata adalah pada beton mutu tinggi metode *Drux* dengan kadar penambahan serat sebesar 0,95% - 1,07%. Pada benda uji dengan penambahan kadar serat 0,95 - 1,07 % memiliki kuat tarik beton yang lebih tinggi dari benda uji dengan kadar serat yang lainnya sehingga menghasilkan kuat lentur yang paling maksimal, maka hasil pengujian tinggi meningkatkan defleksi atau lendutan yang tinggi juga, sehingga dapat mengurangi sifat getas (brittle) dan mempunyai durability yang lebih baik.

## SIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa:

- a. Dari hasil pengujian dan perhitungan dapat diketahui bahwa nilai pengujian kapasitas lentur bertambah setelah diberi penambahan serat tembaga pada kadar 1,5% dan 2%. Tetapi hasil perhitungan menurun dibanding kadar serat 0,95% – 1,07% yang memiliki kapasitas paling tinggi. Pada kadar serat tembaga 1,5% dan 2% ini penambahan serat tembaga 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 lentur menurun.
- b. Semua pola retak pertama dan keruntuhannya pun terjadi di daerah 1/3 bentang tengah, sehingga dari hasil penelitian tersebut dapat dikatakan sebagai keruntuhan lentur.

## SARAN

- a. Perlu dilakukan penelitian dengan mix design dengan nilai  $f_c$  yang berbeda dan tipe semen yang berbeda.
- b. Perlu dilakukan perawatan dengan variasi umur lebih dari 28 hari
- c. Perlu adanya penggantian metode selain metode *Dreux*
- d. Perlu Adanya Bahan Tambah seperti Zat Adiktif.

## REFERENSI

1. ACI Committee 544. 1996. *Fiber Reinforced Concrete*. ACI International, Michigan.
2. American Standard Testing of Materials (ASTM). 1918. *Concrete and Material Agregates (Including Manual of Agregates and Concrete Testing)*. ASTM Philadelphia, Philadelphia.
3. 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.
4. Dobrowolski, A.J. 1998. *Concrete Contruccion Hand Book*. Mc. Graw-Hill Companies Inc, New York.
5. Dreux, Georges. 1979. *Nouvean Guide Du Bet on. Service Pressee, Editions Eyrolles*. Boulevard Saint-Germain.
6. Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Andi, Yogyakarta.
7. Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia PBI NI-2*. Dept. PU dan Tenaga Listrik, Dirjen Cipta Karya, Bandung.
8. Soroushian, P. Lee, and Bayasi, Z. 1987. *Concept of Fiber Reinforced Concrete*. Michigan State University, Michigan.
9. Standar Nasional Indonesia. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*.Bandung
10. Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Andi, Yogyakarta.
11. Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia PBI NI-2*. Dept. PU dan Tenaga Listrik, Dirjen Cipta Karya, Bandung.
12. Suhendro, B. 1991. "Pengaruh fiber kawat pada sifat sifat beton dan beton bertulang".laporan Penelitian, Lembaga penelitian Universitas Gadjja Mada,Yogyakarta