



## Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)

Alamat Prosiding: [snip.eng.unila.ac.id](http://snip.eng.unila.ac.id)



### PENGARUH FLY ASH TERHADAP KEKUATAN BETON

Yusniati Eka Saputri<sup>a</sup>, Dikpride Despa<sup>b</sup>, Herry Wardono<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman Kab. Ogan Komering Ulu Jalan Letkol Ali Agus KM.6,5 Kemelak Baturaja Timur

<sup>b,c</sup> Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Unila, Universitas Lampung Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

#### INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:  
Masuk 10 Agustus 2023  
Diterima 10 September 2023

#### Kata kunci:

Material Pembentuk Beton, fly ash, kawat, uji kuat tekan beton, uji kuat tarik beton

#### ABSTRAK

Dalam menghasilkan beton dengan kualitas baik dan kuat tekan yang tinggi, maka proses pembuatan beton dari mulai terjadinya reaksi kimia dan masa pemeliharaan harus diperhatikan. Karena, hal tersebut mampu mempengaruhi kualitas beton. Seiring berkembangnya pembangunan infrastruktur di Indonesia, maka perkembangan inovasi dalam material penyusun beton juga berkembang. Salah satunya, penambahan bahan tambahan fly ash dan kawat. Fly ash akan berperan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton untuk meningkatkan kuat tekan dan meningkatkan keliatan (*ductility*) beton sehingga mempermudah dalam pengerjaan, sedangkan kawat akan berperan sebagai serat dan membuat beton menjadi lebih kuat terhadap beban tarik dan juga tekan. Dalam penelitian ini, dilakukan uji beton tanpa fly ash dan kawat (beton normal) serta uji beton dengan fly ash dan kawat dengan variasi konsentrasi serat sebesar 0,1%, 0,2%, dan 0,3% pada beton mutu K-225, dengan metode perancangan beton *US Bureau of Reclamation*. Beton dilakukan terhadap uji kuat tekannya pada umur 3, 7, 21, 28 hari dan terhadap tarik belah pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang memiliki uji kuat tekan beton paling besar yaitu pada konsentrasi serat 0,3% pada umur 28 hari sebesar 10,4% dari kuat tekan beton normal dan meningkatkan kuat tarik sebesar 20,4% dari beton normal.

#### 1. Pendahuluan

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan dalam perencanaan bangunan. Rancangan pemakaian beton dapat berupa perencanaan balok, kolom dan plat lantai pada gedung, gelegar pada jembatan dan lain-lain. Keistimewaan beton dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya memiliki kekuatan yang tinggi untuk menahan gaya tekan, dapat dibentuk sesuai keinginan dan kebutuhan, dapat digunakan untuk konstruksi ringan maupun berat, perawatannya yang murah, serta tahan terhadap serangan api.

Beton dibuat dengan mencampur semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sering juga ditambahkan additive atau bahan tambah. Penambahan bahan additive ini bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton sesuai dengan sifat beton yang diinginkan.

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik maka perlu untuk mengadakan penelitian, perencanaan, pengawasan terhadap material yang dipilih. Dengan pengenalan terhadap sifat – sifat material yang dipakai diharapkan dapat dihindarkan sifat – sifat yang dapat mengurangi mutu beton, salah satunya semen. Semen berfungsi sebagai pengikat agregat menjadi satu kesatuan yang solid melalui proses kimiawi yaitu, proses pengerasan karena reaksi bahan pembentuk semen dengan air. Semen sebenarnya sudah sangat lama digunakan hanya saja pengolahan semen menjadi semen secara benar baru dilakukan pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin di kota Leeds (Inggris) yaitu dengan ditemukannya semen Portland. Sifat-sifat kimia semen Portland, dengan mengatur susunan oksida dalam bahan mentah serta mengatur cara pembakaran, susunan senyawa semen dapat direncanakan jumlahnya, untuk membuat jenis semen Portland yang berbeda. Karena perbedaan kadar senyawa yang mengakibatkan perbedaan sifat semen, maka semen Portland dibagi menjadi beberapa jenis.

Berikut Tabel 1. Menunjukkan jenis dan tipe dari semen.

*Tabel 1. Jenis-Jenis Semen dan pemakaian.*

Jenis Semen	Pemakaian
I (PC Biasa)	Pembuatan beton biasa dimana sifat khas dari jenis-jenis semen lain tidak diperlukan dan tidak tahan terhadap sulfat.
II (PC Modified)	Pembuatan beton yang memerlukan panas hidrasi lebih rendah dari panas hidrasi semen jenis I
III	Pembuatan beton yang memerlukan kekuatan awal tinggi atau pengerasan yang lebih cepat
IV (PC Panas Hidrasi Rendah)	Pembuatan beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, kekuatan beton dicapai dalam waktu lebih lama dari jenis I
V (PC Tahan Sulfat)	Pembuatan beton yang memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat dalam konsentrasi tinggi.

Agregat adalah butiran mineral yang apabila dicampurkan dengan semen Portland dan air akan menghasilkan beton. Agregat dalam campuran beton menempati volume yang terbesar, kurang lebih  $\frac{3}{4}$  bagian volume beton tersebut. Oleh karena itu maka mutu dari agregat tadi penting untuk diketahui. Fungsi agregat dalam desain campuran beton biasanya dipandang sebagai bahan pengisi, sebagai bahan untuk mempermurah harga beton dan besar pemakaiannya antara 60% - 80% dari volume beton. Maksud pemakaian agregat didalam adukan adalah : menghemat pemakaian semen, menghasilkan kekuatan besar pada beton, mengurangi penyusutan pada pengerasan beton. Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak didalam beton, maka semakin banyak persentase agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut.

Air pada pengerjaan beton merupakan bahan campuran untuk mempercepat terjadinya proses kimia air dan semen. Dengan adanya proses hidrasi semen menyebabkan peningkatan terhadap kekuatan beton. Air yang terdapat dalam adukan beton berasal dari beberapa sumber, yaitu air yang ditambahkan pada saat pencampuran beton, dan air yang terkandung pada agregat itu sendiri. Air untuk pembuatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam dan bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton. Garam-garam, timah putih, semen, tembaga, timah hitam dalam air campuran beton dapat menyebabkan pengurangan kekuatan beton dan akan menyebabkan tidak sempurnanya pengikatan yang terjadi pada campuran beton. Maka sebaiknya digunakan air bersih, tidak berasa dan tidak berbau. Proses hidrasi akan berlangsung baik apabila digunakan

air tawar murni. Selain air digunakan sebagai bahan campuran beton, air juga dapat digunakan untuk perawatan beton dengan cara membasahi beton yang telah selesai dicetak. Pada pengerjaan beton yang cukup besar, jika mutu air yang kita gunakan diragukan, maka sebaiknya contoh air diperiksa pada lembaga pemeriksaan yang telah diakui. Apabila pemeriksaan tidak dapat dilakukan maka cara-cara yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan air PAM atau air sumur yang dapat diminum.
2. Mengadakan percobaan perbandingan kekuatan tekan antara mortar (semen+air) dari air setempat dengan air suling. Air tersebut dapat digunakan apabila hasil kekuatan tekan pada umur 28 hari minimum 90% dari kekuatan tekan mortar dengan menggunakan air suling.

Air keruh dapat digunakan sebagai campuran tetapi sebelum digunakan harus diendapkan dahulu minimal 24 jam atau dapat juga dengan menyaringnya.

Meskipun beton memiliki berbagai keunggulan namun sifat getas beton menyebabkan mempunyai kuat tarik yang sangat kecil. Dalam prakteknya untuk menahan gaya tarik yang besar dipakai tulangan baja yang ditempatkan secara benar, namun retak-retak melintang halus masih sering timbul. Salah satu cara yang ditempuh untuk memperbaiki kekurangan ini sehingga dapat memperbesar kuat tarik beton dapat dilakukan dengan menambah bahan serat (*fiber*) dalam adukan beton.

Bahan Tambahan (*admixture*) kawat ukuran tertentu dengan konsentrasi tertentu pula diasumsikan sama fungsinya dengan serat baja (*fiber steel*), yaitu didasari oleh ide memberi tulangan pada beton dengan serat yang disebarkan secara merata.

Beton serat (*fiber Reinforced Concrete*) merupakan jenis beton dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan beton tanpa serat. Hal ini dikarenakan serat - serat didalam beton dapat mencegah retakan - retakan yang terjadi akibat pembebanan, sekaligus dapat memperbaiki sifat - sifat struktural beton yang lain, seperti : ketahanan (*ductility*), ketahanan terhadap beban kejutan (*impact resistance*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*), ketahanan terhadap pengaruh penyusutan (*shrinkage*), dan ketahanan terhadap keausan (*abrasion*).

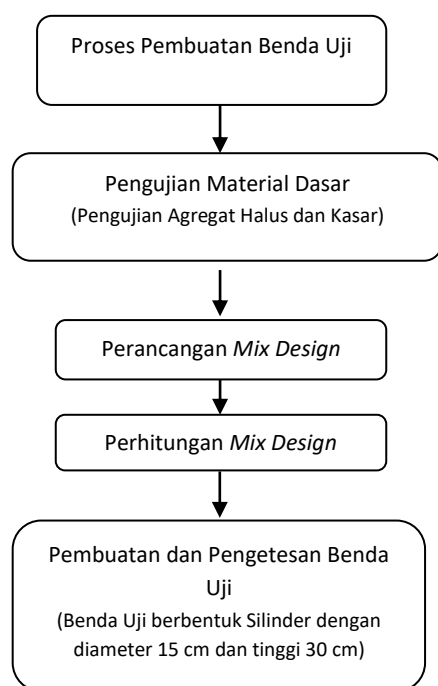
Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor, selain oleh perbandingan air dan semen dan tingkat pematatannya. Faktor - faktor penting lainnya yaitu jenis semen dan kualitasnya, jenis dan lekuk bidang permukaan agregat, *curing*, suhu, umur, dan campuran bahan tambahan.

Apabila beton memiliki kualitas yang buruk, maka kuat tekan yang dihasilkan juga akan rendah dan dapat mengakibatkan adanya retak rambut pada beton, sehingga menyebabkan meningkatnya peresapan pada beton. Retak rambut ini, disebabkan oleh penekanan terhadap susut kering dan lapisan permukaan beton yang mana harus ditambah lagi dengan pengaruh karbonisasi, dan perbedaan suhu serta kadar air antara permukaan dan sebelah dalamnya.

Penyebab utama terjadi retak di dalam beton adalah karena beton lemah menahan tegangan tarik. Untuk meningkatkan kuat tarik beton, maka bisa dengan menambahkan bahan tambahan campuran, seperti *fly ash* dan kawat. Abu terbang atau *fly ash* memiliki butiran yang sangat halus lebih dari semen dan Dengan sifat itu, diharapkan *fly ash* mampu mengisi pori – pori yang terbentuk saat proses kimia terjadi sehingga, dapat meningkatkan kuat tekan beton.

## 2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode perancangan meton *US Bureau of Reclamation* karena pada metode ini perhitungan pemakaian air tidak perlu terlalu akurat dan prosedur pelaksanaan lebih sederhana. Penelitian akan dilakukan dengan menambahkan abu terbang (*fly ash*) serta kawat sebagai bahan tambahan. Dari rencana campuran yang diperoleh lalu dibuat dua macam benda uji yaitu benda uji tanpa *fly ash* dan kawat serta benda uji dengan penambahan *fly ash* dan kawat dengan masing – masing benda uji akan diuji terhadap kuat tekannya pada umur 3 hari, 7 hari, 21 hari, 28 hari dan terhadap tarik belah pada umur 28 hari Bahan campuran yang digunakan adalah : semen Baturaja, agregat kasar yang berupa batu pecah dengan ukuran 5-25 mm, agregat halus dengan diameter 0,15-2,5 mm, abu terbang (*fly ash*), dan air bersih. Standar yang digunakan adalah PBI 1971 dan ASTM.



Gambar 1. Grafik Proses Pembuatan Benda Uji

Gambar diatas menunjukkan proses pembuatan benda uji yang dimulai dari pengujian material dasar. Dalam pengujian ini, akan dilakukan analisa untuk agregat halus dan agregat kasar yang terdiri atas, analisa modulus kehalusan pasir, modulus kehalusan kerikil, berat isi pasir, berat isi koral, perhitungan *Los Angeles Machine*, perhitungan berat jenis agregat halus, dan perhitungan berat kenis agregat

kasar.

Lalu, dilanjutkan dengan melakukan perancangan campuran (*mix design*) dengan metode perhitungan campuran beton dengan metode *US Bureau of Reclamation* yang dikembangkan oleh JSCE (*Japan Society of Civil Engineer*) dengan karakteristik mutu beton yang diinginkan adalah 22,5 Mpa. Kemudian, dilakukan perhitungan *mix design* untuk mengetahui kebutuhan akan setiap material dalam setiap campuran beton per- $m^3$ .

Prosedur yang terakhir adalah melakukan proses pembuatan dan pengetesan beton. Dimana, benda uji akan terdiri dari dua macam adukan yaitu, adukan tanpa penambahan *fly ash* dan potongan kawat, serta adukan yang kedua dengan penambahan *fly ash* sebanyak 10% dari berat semen dan potongan kawat sebanyak 0,1% ; 0,2% ; dan 0,3% dari berat jenis. Perawatan beton dilakukan dengan merendam benda uji di dalam air selama umur beton tersebut. Sebelum dicetak, adukan beton di test terlebih dahulu nilai *slump* dengan 3 tahapan dimana setiap tahapan akan ditusuk sebanyak 25. Selanjutnya benda uji dipadatkan dengan menggunakan tongkat baja atau vibrator selama beberapa detik dan meratakan permukaan benda uji.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Perhitungan Mix Design

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, semen, *fly ash* dan kawat. Dimana, setiap material dihitung kebutuhannya untuk membuat campuran beton per- $m^3$ . Pembuatan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang terdiri atas dua macam adukan, yaitu adukan tanpa penambahan *fly ash* dan kawat, erta adukan yang memiliki *fly ash* dan kawat.

Dari analisa perhitungan didapatkan bahwa untuk  $m^3$  didapatkan campuran sebagai berikut :

— C (Semen)	= 343 kg
— W (Air)	= 192 kg
— S (Pasir)	= 740 kg
— Ca (Batu Pecah)	= 969 kg

Untuk pemakaian dalam slinider maka hasil perhitungan material diatas harus dikalikan dengan volume silinder yang dipakai, yaitu :

— C (Semen)	= 1,8175 kg
— W (Air)	= 1,0174 kg
— S (Pasir)	= 3,9211 kg
— Ca (Batu Pecah)	= 5,1345 kg

Banyaknya penambahan *fly ash* dan kawat adalah sebagai berikut :

Jumlah *fly ash* =  $10\% \times 1,8175 \text{ kg}$  (10% dari berat semen) = 0,1818 kg = 181,8 gr

Jumlah Kawat : (dik : BJ = 7,1 t/ $m^3$ )

- Konsentrasi 0,1% =  $\frac{0,1}{100} \times 7,1 = 7,1 \text{ kg}/m^3$   
Untuk 1 Silinder =  $7,1 \times 0,00529875$

$$= 0,0037621 \text{ kg}$$

$$= 37,621 \text{ gr}$$

- Konsentrasi 0,2%  $= \frac{0,2}{100} \times 7,1 = 14,2 \text{ kg/m}^3$   
 Untuk 1 Silinder  $= 14,2 \times 0,00529875$   
 $= 0,075242 \text{ kg}$   
 $= 75,242 \text{ gr}$
- Konsentrasi 0,3%  $= \frac{0,3}{100} \times 7,1 = 21,3 \text{ kg/m}^3$   
 Untuk 1 Silinder  $= 21,4 \times 0,00529875$   
 $= 0,11286 \text{ kg}$   
 $= 112,863 \text{ gr}$

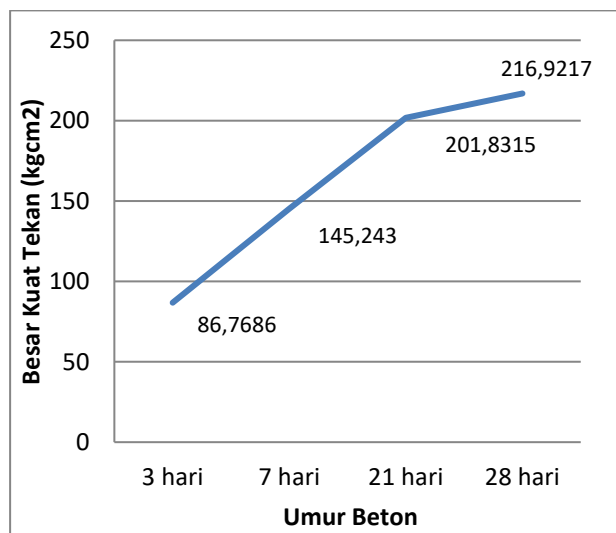
#### a. Uji Kuat Tekan

##### 1. Hasil Pengujian Beton Normal

Tabel 2 dan Gambar 2. Menunjukkan hasil pengujian kuat beton normal untuk umur 3,7,21, dan 28 hari.

Tabel 2. Kuat Tekan Beton Normal

Umur	Beban (Ton)	Kuat Tekan (kg/m)
3 hari	16,33	86,7686
7 hari	26,66	145,243
21 hari	38,33	201,8315
28 hari	41,33	216,9217



Gambar 2. Grafik Peningkatan Kuat Tekan Beton Normal Berdasarkan Penambahan Usia

Dari Gambar 2 menunjukkan kuat tekan beton normal yang diuji telah memenuhi standar kuat tekannya. Dengan rata – rata beban yang diunakan saat pengujian sebesar 15,33 ton untuk beton umur 3 hari, 25,66 ton untuk 7 hari, 35,66 ton untuk 21 hari dan 38,33 ton untuk 28 hari. Besar kuat tekan beton normal yang didapatkan beturut-turut untuk umur 3,7,21 dan 28 hari yaitu : 86,7686 kg/cm², 145,243 kg/cm², 201,831 kg/cm², dan 216,9217 kg/cm². Peningkatan

kuat tekan bila dilihat dari pertambahan usianya beton mengalami peningkatan yang sangat tajam pada umur 3 sampai 7 hari yaitu sebesar 67,4%, pada saat beton mencapai usia 21 hari beton mengalami peningkatan kuat tekan yang kecil yaitu sebesar 38,9%, sedangkan pada saat beton berusia 28 hari peningkatan kuat tekannya lebih kecil hanya sebesar 7,5%. Hal ini karena pada usia 28 hari keatas peningkatan kekuatan beton semakin lama akan semakin lambat karena proses kimia yang terjadi yaitu reaksi semen dengan air sudah terpenuhi begitu pula dengan proses penguatannya.

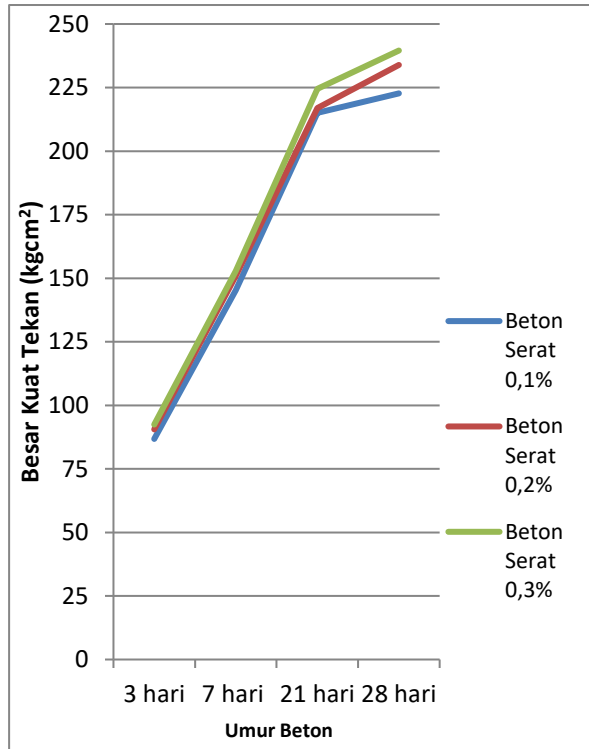
#### 2. Beton dengan Fly Ash dan Kawat.

Hasil pengujian beton dengan tambahan fly ash dan kawat dengan 3 varian proporsi bahan tambahan 0,1%, 0,2% dan 0,3% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Kuat Tekan Beton Normal

Umur Beton	Beban (Ton)	Kuat Tekan Beton		
		Beton Serat 0,1%	Beton Serat 0,2%	Beton Serat 0,3%
3 hari	16,33	86,7686	90,5412	92,4274
7 hari	26,66	145,243	150,9021	152,7883
21 hari	38,33	215,0355	216,9217	224,4668
28 hari	41,33	222,7101	233,8982	239,5571

Dari Tabel menunjukkan bahwa kuat tekan yang didapatkan pada beton serat 0,1% tidak mengalami perbedaan pada kuat tekan yang didapatkan pada beton normal dan tanpa serat. Hal ini berarti dengan proporsi bahan tambahan sebesar 0,1% tidak meningkatkan kuat tekan beton secara efektif. Namun, pada proporsi bahan tambahan 0,3% menunjukkan bahwa kuat tekan beton mengalami perbedaan yang cukup tinggi dibandingkan dengan beton normal dan beton dengan proporsi bahan tambahan yang lain. Mutu beton K-225 mampu dicapai pada beton serat 0,2% dan 0,3% di hari ke-28. Perbedaan ketiga nya dapat jelas terlihat dari gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Peningkatan Kuat Tekan Beton Dengan *fly ash* dan kawat berdasarkan Penambahan Usia.

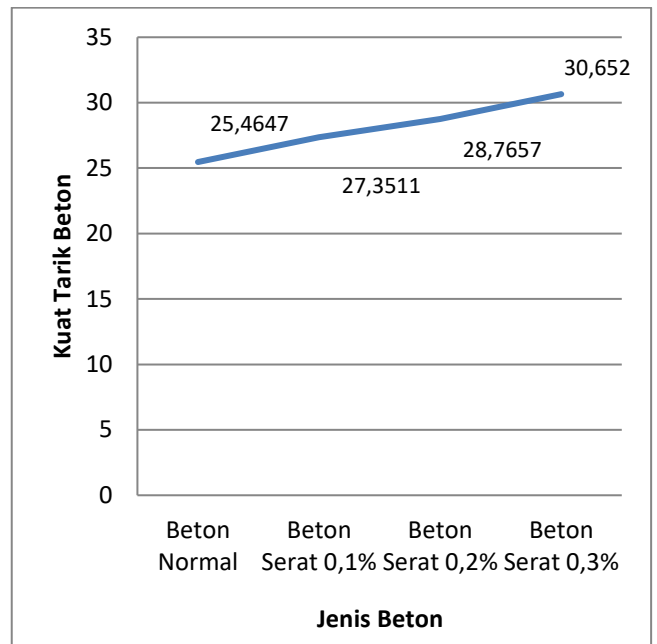
Grafik diatas menunjukkan bahwa perbedaan ketiga beton serat dengan penambahan *fly ash* 10% namun berbeda varian konsentrasi serat kawat yang berbeda menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda. Dari grafik juga terlihat, bahwa persentase kenaikan kuat tekan paling baik adalah di antara ketiganya adalah di beton serat 0,3%. Hal ini membuktikan bahwa penambahan *fly ash* dan kawat dalam beton dapat memperpanjang rentang waktu yang diperlukan untuk mencapai beban maksimum sampai balok hancur/retak sehingga dapat mencegah keretakan yang terlalu dini.

#### b. Uji Kuat Tarik Beton

Gambar 4 menunjukkan bahwa kuat tarik beton pada beton dengan serat 0,3% memiliki kuat tarik beton yang paling baik dan tinggi sebesar 30,652 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tarik paling rendah ada pada beton normal sebesar 25,4647 kg/cm<sup>2</sup>, 30,652 kg/cm<sup>2</sup>. Perbedaan kuat tarik beton normal dan beton serat 0,3% cukup tinggi berbeda dengan perbedaan pada kuat tekannya, hal ini membuktikan bahwa penambahan *fly ash* dan kawat lebih berarti kepada peningkatan kuat tarik dibanding kuat tekan beton.

Tabel 4. Kuat Tarik Beton

Jenis Beton	Kuat Tarik Beton
Beton Serat 0,1%	25,4647
Beton Serat 0,1%	27,3511
Beton Serat 0,2%	28,7657
Beton Serat 0,3%	30,652



Gambar 4. Grafik Kuat Tarik Beton

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat sebagai berikut :

1. Beton dengan pencampuran bahan tambah *fly ash* dan serat menghasilkan beton yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal, yaitu mencegah keretakan yang terlalu dini akibat penambahan beban penekanan yang terjadi terus menerus terhadap beton, meningkatkan ketahanan beton, meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik. Kekuatan beton terbesar pada konsentrasi serat 0,3% pada umur 28 hari dengan meningkatkan kuat tekan sebesar 10,4% dari kuat tekan beton normal.
2. Terdapat perbedaan keretakan antara beton serat dengan beton normal.
  - a. Beton normal, pada saat diuji beton seketika retak saat beban melewati batas maksimum.
  - b. Betonserat, pada saat diuji balok patah perlahan-lahan seiring pertambahan beban hingga melewati batas maksimum.
3. Pada setiap jenis beton yang di uji menunjukkan kenaikan kuat tekan pada umur 3 hari sampai 21 hari sangat tajam, sedangkan kenaikan dari umur 21 hingga 28 hari tidak begitu tajam, hal ini disebabkan karena reaksi antara semen dan air sudah terpenuhi begitu juga dengan proses penambahan beban penekanan yang terjadi terus menerus terhadap beton, meningkatkan ketahanan beton, meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik. Kekuatan beton terbesar pada konsentrasiserat 0,3% padaumur 28 hari dengan meningkatkan kuat tekan sebesar 10,4% dari kuat tekan beton normal.
4. Terdapat perbedaan keretakan antara beton serat dengan beton normal.
  - a. Beton normal, pada saat diuji beton

- seketika retak saat beban melewati batas maksimum.
- b. Betonserat, pada saat diuji balok patah perlahan-lahan seiring pertambahan beban hingga melewati batas maksimum.
  5. Pada setiap jenis beton yang di uji menunjukkan kenaikan kuat tekan pada umur 3 hari sampai 21 hari sangat tajam, sedangkan kenaikan dari umur 21 hingga 28 hari tidak begitu tajam, hal ini disebabkan karena reaksi antara semen dan air sudah terpenuhi begitu juga dengan proses kimia yang terjadi telah bereaksi sepenuhnya.
  6. Beton dengan konsentrasi serat 0,2% dan 0,3% peningkatan kuat tekannya lebih terlihat dibanding dengan beton konsentrasi 0,1%. Hal ini dikarenakan bidang kontak antara pasta semen dengan serat masih terlalu kecil
  7. Beton dengan penggunaan *fly ash* dan serat memiliki peningkatan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal.
  8. Keuntungan penggunaan kawat yang diasumsikan sebagai serat telah menghasilkan peningkatan kuat tarik yang besar dan juga secara tidak langsung meningkatkan kuat tekan. Dengan demikian fungsi kawat dapat dianggap sebagai kekuatan kedua (kekuatan tambahan) di dalam beton.

#### Daftar Pustaka

- Abdullah, M. M. A. B., Hussin, K., Bnhussain, M., Ismail, K. N., Yahya, Z., and Razak, R. A., 2012. Fly Ash-Based Geopolymer Lightweight Concrete Using Foaming Agent. *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 7186-7198.
- Al Bakri, A. M., Kamarudin, H., Bnhussain, M., Rafiza, A. R., and Zarina, Y., 2012. Effect of  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan  $\text{NaOH}$  Molarities on Compressive Strength of FlyAsh-Based Geopolymer, *ACI Materials Journal*.
- ASTM C 109., 2016. Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens). *ASTM International, United States*.
- ASTM C 191., 2004. Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle. *ASTM International, United States*.
- ASTM C 618., 2012. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. *ASTM International, United States*.
- ASTM C 1437., 2007. Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar. *ASTM International, United States*.
- Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton, Laboratorium struktur Bahan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Palembang...1998

*Peraturan Beton Bertulang Indonesia, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik, Bandung...1971*

*Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal US Bureau of Reclamation..1976*

*Desain Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta...1990*

*Concrete Tecnology Theory and practice, S Chand & Company Ltd, New Delhi*

*Dasar-dasar perencanaan Beton Bertulang, Erlangga Jakarta..1994*

*Pengaruh Penambahan Abu Sekam dan Kawat Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Mutu K.225....Anita SetyowatiSrie Gunarti..1999*