

# ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN CAMPURAN KAWAT BENDRAT BERKAIT (HOOKED) 45° DAN 90° PADA KUAT TEKAN BETON

A. Junaidi  
Staf Pengajar Prodi Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang

## Abstrak

Beton ini biasanya digunakan untuk pelat lantai basement, pile cap, jalan serta pada jembatan. Karena sangat kuat dan kokoh. Memiliki komposisi dimana agregat kasar lebih banyak dari agregat halus. Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas beton dengan penggunaan bahan tambah.

Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui kuat tekan beton dengan menggunakan bahan campuran kawat bendrat dengan dua jenis bentuk yang berbeda yaitu 45° dan 90° serta membandingkannya dengan beton normal. Setelah umur 7, 14, dan 28 hari dilakukan kuat tekan dengan variasi yaitu Beton Normal  $F_c'30$  dan Beton Normal + kawat bendrat 45° 6%, 8%,10% dan kawat bendrat 90° 6%, 8%,10% dengan 3 sampel pada setiap variasi.

Setelah dilakukan uji kuat tekan beton, maka didapat kuat tekan beton normal yang sebesar 29,89 (N/mm<sup>2</sup>) pada umur 28 hari. Pada penambahan kawat bendrat 45° 8% dihasilkan sebesar 32,88, (N/mm<sup>2</sup>), dan peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari tertinggi terjadi pada campuran variasi beton normal + kawat bendrat 45° 6% dengan presentase 2.44%. Sedangkan pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 45° 10% mengalami penurunan sebesar 1.90%. Terbukti bahwa campuran variasi beton terbaik itu terjadi pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 45° 8% sebesar 7,38%.

Kata kunci : Kawat Bendrat berkait (Hooked)

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Beton sangat banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah, yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air dan Beton serat merupakan campuran beton ditambah serat. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik atau potongan kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan (rami, sabut kelapa, bamboo, ijuk) (Trimulyono, 2004). Beton serat adalah komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat, serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktail daripada beton biasa. dalam pembuatannya beton ditambahkan serat kedalamnya, yang bertujuan untuk meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur beton agar tahan terhadap gaya tarik dan lentur yang di akibatkan pengaruh iklim, temperature dan perubahan cuaca yang dialami oleh permukaan yang luas.

Kawat bendrat merupakan bahan yang banyak ditemukan disekitar dan memiliki nilai ekonomis, beton campuran ini mengaplikasikan penggunaan serat dalam campuran beton, dengan bahan tambah (*admixture*) serat jenis kawat berkait (*hooked*). Penelitian ini mengaplikasikan penggunaan serat dalam campuran beton dengan bahan tambah berupa serat kawat bendrat berkait, Pemilihan serat kawat sebagai campuran beton karena material ini mudah didapat dipasaran, kuat, mudah dibentuk. Dengan kawat bendrat pola berkait .

Pada penelitian – penelitan terdahulu dapat disimpulkan bahwa beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan beton yang paling utama adalah kemampuannya mendukung tegangan tekan yang cukup tinggi. Sedangkan kelemahan beton adalah bahan yang memiliki sifat getas dan praktis tidak mampu menahan tegangan tarik menurut (*murdock dan brook 1986*), kuat tarik dan kuat tekan beton merupakan bagian penting dalam menahan retakan akibat proses pengerasan, untuk mengatasi hal tersebut beton diperkuat dengan batangan baja tulangan sebagai bahan yang dapat bekerjasama dengan beton, serta mampu memperbaiki kelemahan beton.

Pada penelitian yang dilakukan Suhendro (1991), telah menemukan bahan lokal yang mudah didapat di Indonesia juga harganya lebih murah dibandingkan dengan fiber baja berupa potongan kawat bendrat diameter 1 mm, panjang 60 mm (aspek rasio  $l/d = 60$ ). Hasilnya menunjukkan peningkatan kualitas beton yaitu beton menjadi sangat liat atau daktail (ductile), kuat tekan, kuat tarik dan ketahanan terhadap kejut juga meningkat.

### Maksud dan tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan beton terhadap penambahan kawat bendrat berkait (*hooked*)  $90^\circ$  dan  $45^\circ$  dengan ukuran 3 cm dan bending masing masing dengan panjang 1 cm

Tujuan nya adalah untuk meneliti pengaruh variasi penambahan kawat bendrat berkait berdasarkan 2 jenis bentuk kawat bendrat berkait (*hooked*) yang berbeda terhadap nilai kuat tekan beton dari setiap penambahan 2 campuran tersebut.

### Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

- a) Berapa besar pengaruh penambahan kawat bendrat berkait (*hooked*) berdasarkan 2 bentuk yang berbeda terhadap kuat tekan beton mutu .
- b) Berapa perbandingan penambahan bahan campuran kawat bendrat berkait (*hooked*) berdasarkan 2 bentuk yang berbeda terhadap kuat tekan beton.

### Batasan Masalah

Untuk menarik gambaran yang jelas mengenai bahasan yang diambil agar tidak terjadi penyimpangan terhadap judul, maka pembahasan dbatasi pada :

- a. Kawat bendrat  $\varnothing$  0,5mm berbentuk berkait dengan ukuran 3 cm bending masing-masing  $90^\circ$  dan  $45^\circ$  dengan panjang 1 cm .
- b. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan benda uji berupa silinder.
- c. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari.
- d. Metode *mix design* yang digunakan adalah standar SNI 03-2834-2000.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton

Menurut SNI 03-2847-2002, beton adalah bahan yang di dapat dengan mencampurkan semen Portland, agregat halus, agregat kasar dan air (dan terkadang menggunakan bahan tambah yang bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut dituang ke dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan. Pengerasan ini terjadi akibat reaksi kimia antara air dan semen, yang berlangsung selama waktu yang panjang dan akibatnya campuran itu selalu bertambah keras setara dengan umurnya.

Menurut (SNI 03-2847-2002) beton memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

Kelebihan pada beton:

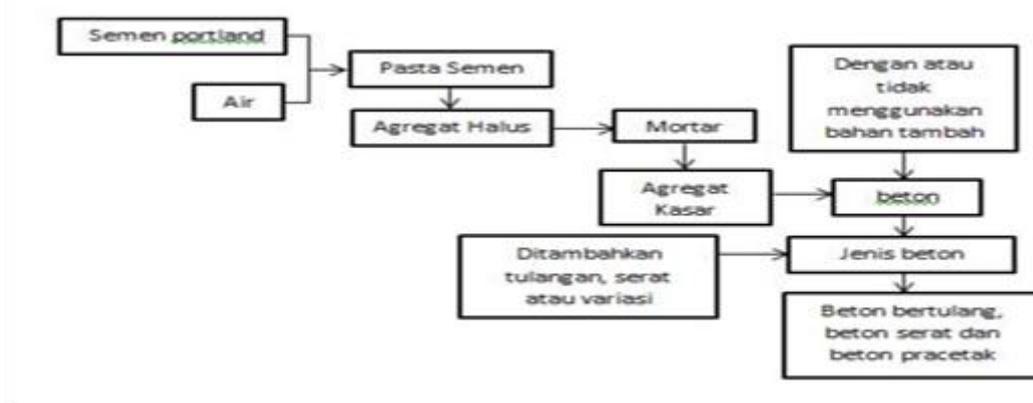
1. Harga relatif murah karena menggunakan bahan lokal.
2. Biaya perawatan yang rendah, karena beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran.
3. Mempunyai kuat tekan yang tinggi serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
4. Beton mudah dicetak sesuai dengan kebutuhan konstruksi dilapangan.
5. Beton dapat memikul beban yang berat.

Kekurangan pada beton:

1. Bentuk beton tidak dapat diubah jika sudah mengeras dan memerlukan waktu jika ingin merubahnya.
2. Beton lemah terhadap kuat tarik sehingga mudah retak.
3. Beton sulit kedap air secara sempurna, sehingga selalu dimasuki air.

### Proses terjadinya beton

Proses terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dan semen. selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Adapun proses terbentuknya beton dapat dilihat pada Gambar 2.1 Diagram Proses Terjadinya Beton.



**Gambar 2.1 Proses Terjadinya Beton**

### Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air. Perbandingan dari air semen, semakin tinggi kekuatan tekannya. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil uji kuat tekan beton meliputi; kondisi ujung benda uji, ukuran benda uji, rasio diameter benda uji terhadap ukuran maksimum agregat, rasio panjang terhadap benda uji, kondisi kelembaban dan suhu benda uji, dan pembebanan terhadap benda uji. Masing-masing benda uji minimal 3 benda uji digunakan rumus sebagai berikut.

$$F_c' = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

$f'_c$  = kuat tekan beton benda uji silinder (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  = Gaya Desak (N)

$A$  = Luas Permukaan Benda Uji (mm<sup>2</sup>)

Nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya dan biasanya ditentukan ketika beton berumur 28 hari setelah pengecoran. Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dan pada umur 14 hari mencapai 85% sampai 90% dari kuat tekan beton umur 28 hari. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder 15 x 30 cm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum sampai benda uji pecah di bagi dengan luas penampang benda uji merupakan

nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam Mpa atau kg/cm<sup>2</sup>. Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C.39 atau menurut yang disyaratkan PBI 1989.

Kuat tekan sangat dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992) :

1. Pengaruh jenis semen Portland.
2. Pengaruh Faktor air semen Pada campuran beton
3. Pengaruh umur beton.
4. Pengaruh sifar agregat
5. Pengaruh perawatan.
- 6 Pengaruh bahan campuran tambah

#### 1. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton yang berfungsi sebagai :

- a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- b. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*).

Secara umum semakin tinggi nilai FAS, akan mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah belum tentu akan memberikan kekuatan beton semakin tinggi, karena tentunya ada batasan dalam hal penentuan batasan terendah FAS. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65. FAS dan kehalusan butir semennya sangat menentukan rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton (Mulyono. T, 2004).

Banyaknya air yang dipakai untuk campuran beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton. Hubungan antara faktor air semen dengan tekan

beton (Duff Abrams, 1920) dinyatakan dalam persamaan :

$$f_c = \frac{A}{B^{1,5x}}$$

Keterangan :

$f_c$  = Kuat tekan beton  
 $X$  = fas  
 A dan B = konstanta

Sesuai dengan dibawah ini, dapat dilihat bahwa Faktor Air Semen (FAS) pada rasio 0,4 kekuatan tekan beton yang dihasilkan akan naik, dan pada rasio 1,00 hingga 4,00 kekuatan beton semakin menurun. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin rendah FAS yang digunakan, maka kekuatan beton akan baik.

## 2. Umur Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (*linier*) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun diawal.

Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awal yang tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimiadengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-1). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya (Mulyono, 2005).

Sedangkan menurut Tjokrodimuljo (2007), kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

**Tabel 2.2. Rasio Kuat Tekan Beton pada berbagai Umur**

Umur beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen portland biasa	0.4	0.65	0.88	0.95	1	1.2	1.35
Semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.9	0.95	1	1.15	1.22

Sumber : PBI 1971, NI-2, dalam Tjokrodimuljo, 2007

## 3. Sifat Agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut. Pada agregat berukuran besar luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan dengan pasta semen menjadi berkurang (Tjokrodimulyo, 1996).

### a. Agregat Halus.

#### Sifat Agregat Halus Berdasarkan Sumber/Asal.

Sifat pada agregat kasar dibedakan menjadi dua macam, yaitu sifat berdasarkan jenis/sumbernya dan gradasi agregatnya. Agregat halus berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi dua, yaitu agregat halus berasal dari alami dan pabrikasi. Contoh agregat halus yang berasal dari daratan yaitu pasir dari tanah galian, pesisir pantai dan sumur-sumur yang mengandung pasir.

Agregat Halus Berdasarkan Sumber/Asal material

#### 1) Agregat Alam

Agregat yang menggunakan bahan baku dari pasir alam. Jenis pasir yang baik digunakan untuk agregat harus dari butiran tajam, keras dan bebas dari kandungan garam.

1. Pasir Galian golongan ini di peroleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali dahulu pada pasir ini bisanya bebas dari kandungan garam.
2. Pasir Sungai ini di peroleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antara butir-butirannya agak kurang karena butir yang bulat, karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.

3. Pasir laut ini adalah pasir yang diambil dari pantai butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir paling jelek karena banya mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air udara yang mengakibatkan pasir selalu agak basah. Karna itu, sebaiknya pasir laut tidak digunakan pada campuran beton.

#### 2) Agregat Buatan / Pabrikasi

Agregat halus yang didapatkan dari penggilingan bebatuan yang kemudian diolah dan disaring sesuai dengan ukuran maksimum dan minimum agregat halus.

Disimpulkan agregat halus menurut jenisnya yang berpengaruh pada kuat tekan beton pasir sungai. Bentuk agregat halus akan mempengaruhi kualitas mutu beton dibuat. Agregat berbentuk bulat mempunyai rongga minimum 30% lebih kecil dari rongga udara yang dipunyai oleh agregat berbentuk lainnya. Dengan demikian berkurangnya rongga udara yang terbentuk, beton yang dihasilkan akan mempunyai rongga udara yang lebih sedikit.

Dari penjelasan mengenai agregat halus berdasarkan jenisnya, didapatkan

kesimpulan mengenai agregat yang baik untuk beton. Dan jenis agregat yang baik untuk beton tersebut adalah agregat alam berupa pasir sungai. Pasir sungai ini dikatakan baik untuk beton dan dapat memberikan kekuatan tekan beton, karena dari sumbernya, agregat halus ini berada di sungai yang butirannya sudah bersih dari kotoran karena pengaruh aliran sungai. Sehingga untuk mempergunakannya tidak harus dicuci terlebih dahulu. Sehingga mempermudah dalam proses pembuatan beton dan tentunya beton terbebas dari pengaruh kontaminasi kotoran yang dapat merusak kualitas beton.

#### Agregat Halus Berdasarkan Gradasi

Gradasi dan keseragaman agregat halus lebih menentukan kecekan (*workability*) dari pada gradasi dan keseragaman agregat kasar, karena mortal berfungsi sebagai pelumas sedangkan agregat kasar hanya mengisi ruang saja. SK.SNI.T-15-1990-03 Memberikan syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokan ke dalam empat *zone* seperti dalam table 2.3.

Tabel 2.3. Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-35	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Mulyono, T, 2004

Keterangan :

1. Daerah Gradasi I : Pasir Kasar - Daerah Gradasi III : Pasir halus
2. Daerah Gradasi II : Pasir Agak Kasar - Daerah Gradasi IV : Pasir agak halus

Gradasi yang baik dan teratur (*continuous*) dan agregat halus besar kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi gap atau seragam. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak mengandung bagian yang

lolos pada satu set ayakan lebih dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya.

Berdasarkan keterangan tersebut mengenai gradasi agregat halus, dapat disimpulkan bahwa agregat halus dengan kategori pasir kasar atau berada dalam daerah gradasi I, merupakan pasir yang baik digunakan untuk beton. Karena gradasinya baik dan teratur dengan testur yang kasar,

pasir gradasi I ini akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat halus yang bergradasi gap atau seragam.

#### b. Sifat Agregat Kasar

Perbedaan antara agregat kasar dan halus adalah pada ukuran 4,80 mm. Agregat halus adalah agregat yang lebih kecil dari ukuran 4,80 mm, sedangkan agregat kasar adalah agregat yang lebih besar dari 4,80 mm. Agregat kasar berdasarkan sumbernya dibedakan menjadi dua golongan, yaitu agregat yang berasal dari alam dan agregat buatan. Contoh agregat yang berasal dari alam adalah kerikil/koral sungai, sedangkan contoh agregat buatan adalah agregat yang berasal dari stone crusher, pecahan genteng, split. Ukuran agregat yang berbeda-beda memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton.

#### Jenis Agregat Kasar Berdasarkan Sumber/Asal

##### a) Agregat Alam

Agregat yang menggunakan bahan baku dari batu alam atau penghancurannya. Jenis batuan yang baik digunakan untuk agregat halus kerasa, kompak, kekal dan tidak pipih. Agregat alam terdiri dari:

1. Batu pecah alami, bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung berapi, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
2. Kerikil alami, kerikil diperoleh dari prose salami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi (Nawy, E.G. 1990).

##### b) Agregat buatan

Agregat yang dibuat dengan tujuan penggunaan khusus (tertentu) karena kekurangan agregat alam. Biasanya agregat buatan adalah agregat ringan. Contoh agregat buatan adalah : klinker

dan breeze yang berasal dari limbah pembangkit tenaga uap, agregat yang berasal dari tanah liat yang dibakar (*leca = Lightweight Expanded Clay Agregate*), cook breeze berasal dari limbah sisa pembakaran arang, hydrite berasal dari tanah liat (shale) yang dibakar pada tungku putar, lelite terbuat dari batu metamorphore atau shale yang mengandung karbon, kemudian dipecah dan dibakar pada tungku vertikal pada suhu tinggi.

Berdasarkan jenis agregat kasar tersebut dapat disimpulkan bahwa agregat alam merupakan yang terbaik untuk beton mutu tinggi, ini dikarenakan angka kebersihan agregat alam lebih kecil dibandingkan kebersihan agregat lain sehingga kebersihan agregat juga sangat mempengaruhi untuk mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak, baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras.

#### Jenis Agregat Kasar Berdasarkan Bentuk

Bentuk agregat belum terdefiniskan secara jelas, sehingga sifat-sifat tersebut sulit ditetapkan. *Standard test* yang dapat digunakan dalam menentukan bentuk agregat ini adalah ASTM D-3398. Klarifikasi agregat berdasarkan bentuknya adalah sebagai berikut :

##### a) Agregat Bulat

Agregat jenis ini adalah pasir atau kerikil alam dan mempunyai rongga udara minim 33%, sehingga rasio luas permukaan kecil. Beton yang dihasilkan dari agregat ini kurang cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi, karena ikatan antara agregat kurang kuat.

##### b) Agregat Bulat Sebagian

Agregat ini memiliki rongga udara antara 35-38%, membutuhkan semen lebih banyak untuk membentuk semen segar, ikatan antara butiran lebih baik dari agregat bulat dan belum cukup untuk beton mutu tinggi.

##### c) Agregat Bersudut

Agregat jenis ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas, dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini berkisar 38-40%, sehingga membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah dikerjakan. Beton yang dihasilkan cocok

untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi karena ikatan antara agregatnya kuat.

- d) Agregat Panjang  
Agregat ini panjangnya jauh lebih besar daripada lebarnya dan lebarnya jauh lebih besar daripada tebalnya. Agregat disebut panjang jika ukuran terbesarnya lebih dari 9/5 dari ukuran rata-rata. Ukuran rata-rata ialah ukuran ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat.
- e) Agregat Pipih  
Agregat disebut pipih jika perbandingan tebal agregat terhadap ukuran-ukuran lebar dan tebal lebih kecil. Agregat pipih tidak baik untuk campuran beton mutu tinggi. Agregat pipih jika ukuran terkecilnya kurang dari 3/5 ukuran rata-rata atau lebih kecil dari 9 mm.
- f) Agregat Lonjong (Memanjang)  
Butiran agregat dikatakan lonjong jika perbandingan ukuran yang terpanjang dan terlebar lebih dari 3 cm.

Dari penjelasan mengenai bentuk atau ciri fisik agregat kasar, agregat bersudut merupakan bentuk yang baik

untuk beton. Agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas yang terbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini berkisar antara 38% - 40%, dengan demikian membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah dikerjakan untuk mengurangi rongga ini yang kemudian dikombinasikan dengan butiran agregat halus yang berbentuk pipih bersudut.

### Jenis Agregat Kasar Berdasarkan Gradasi

SNI mensyaratkan modulus kehalusan agregat kasar antara 6,0 - 7,1. ASTM mensyaratkan gradasi agregat melalui persentase berat yang melalui masing-masing ayakan.

Tabel 2.4. Syarat Gradasi Agregat Sesuai ASTM C33

No. Ayakan	Ukuran Saringan (mm)	(% ) Berat Melalui Ayakan			
		Agregat Kasar		Agregat Halus	
		Batas Bawah	Batas Atas	Batas Bawah	Batas Atas
=1 in	25	95	100		
¾ in	19				
½ in	12,5	25	60		
3/8	10			100	100
no.4	5	0	10	95	100
no.8	2,5	0	5	80	100
no.16	1,2			50	85
no.30	0,6			25	60
no.50	0,3			10	30
no.100	0,15			2	10
Dasar					

Sumber: Paul Nugraha dan Antoni,2007, Teknologi Beton

Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum tertentu dapat divariasikan tanpa berpengaruh besar pada kebutuhan semen dan air yang baik. Karena variasi sulit diantisipasi, sering lebih ekonomis untuk mempertahankan keseragaman penanganan daripada menyesuaikan proporsi untuk variasi gradasi.

Gradasi yang baik dan teratur (*continuous*) dari agregat kasar besar

kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi dibandingkan dengan agregat yang bergradasi gepeng atau seragam. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45% dan tertahan pada ayakan berikutnya

**Tabel 2.5. Batas Gradasi Agregat Kasar**

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan/Ayakan		
Mm	SNI	ASTM	inchi	Ukuran Maks 10. mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
75,0	76	3 in	3,00			100-100
37,5	38	1 ½ in	1,50		100-100	95-100
19,0	19	¾ in	0,75	100-100	95-100	35-70
9,5	9,6	3/8 in	0,3750	50-85	30-60	10-40
4,75	4,8	no. 4	0,1870	0-10	0-10	0-5

Sumber.Ir.Tri Mulyono,MT, 2004, Teknologi Beton

#### 4. Pengaruh Bahan Tambah

##### a) Beton Serat

Pada penelitian Suhendro, dipelajari pengaruh penambahan fiber lokal (yang berupa potongan kawat yang murah harganya dan banyak tersedia di Indonesia) kedalam adukan beton mengenai daktilitas, kuat desak dan impact resistance beton fiber yang dihasilkan. Fiber lokal tersebut dimaksudkan untuk menggantikan steel fiber yang telah dipakai diluar negeri. Tiga jenis kawat lokal yaitu kawat baja, kawat bendrat dan kawat biasa yang berdiameter  $\pm 1$  dipotong-potong dengan panjang  $\pm 6$  cm dan dijadikan sebagai fiber. Konsentrasi fiber yang diteliti adalah 0,5 dan 1 %. Diameter kerikil maksimal yang dipakai adalah 2 cm karena akan mempermudah penyebaran fiber kawat bendrat secara merata kedalam adukan beton. Faktor air semen 0,55. Dari hasil pengujian terhadap benda-benda uji disimpulkan dengan adanya serat pada beton dapat mencegah retak-retak rambut menjadi retakan yang lebih besar. Dengan penambahan serat pada adukan beton ternyata dapat meningkatkan ketahanan terhadap daktilitas, beban kejut (impact resistance) dan kuat desak. Tingkat perbaikannya tidak kalah dengan hasil-hasil yang dilaporkan diluar negeri dengan menambahkan steel fiber yang asli.

Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian khusus pada beton fiber ini adalah masalah fiber dispersion atau teknik pencampuran adukan agar fiber yang ditambahkan dapat tersebar merata dengan orientasi yang random dalam beton dan masalah kelecakan (workability) adukan. Secara umum dapat dijelaskan bahwa dengan memodifikasikan proporsi adukan (misalnya dengan menambah superplasticizer ataupun memperkecil diameter maksimum agregat). Dan memodifikasi teknik pencampuran adukan (mixing technique) maka masalah fiber dispersion dapat diatasi. Untuk masalah

workability, secara umum dapat pula dikatakan bahwa workability akan menurun seiring dengan makin banyaknya prosentase fiber yang ditambahkan dan makin besarnya rasio kelangsingan fiber (Suhendro, 1991). Pedoman untuk mengatasi kedua masalah tersebut yang menyangkut pedoman perincian, perbandingan, campuran, pengecoran dan penyelesaian beton fiber baja, telah dilaporkan oleh ACI Committee 544 (1993).

Penelitian Leksono, Suhendro dan Sulistyono (1995) tentang beton serat yang menggunakan kawat bendrat berbentuk lurus dan berkait kedalam campuran beton. Kemudian beton diuji kuat desak, kuat lentur, kuat tarik dan pengujian balok beton. Sebagai bahan susun beton dipakai batu pecah dengan ukuran agregat maksimal 20 mm, diameter  $\pm 1$  dipotong dengan ujungnya berkait (hooked fiber) dan panjang 60 mm, faktor air semen 0,55 dan volume fiber kawat (vf) 0,7 % volume adukan. Dengan berat jenis kawat bendrat 6,68 gr/cm<sup>3</sup>, maka berat yang harus ditambahkan ke dalam 1 m<sup>3</sup> adukan beton (dibulatkan) 50 kg. Untuk balok beton bertulang dengan ukuran 15 × 25 × 180 cm dengan kandungan fiber 0,25 ; 0,5 ; 0,75 dan 1,00 % Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menambahkan fiber sebanyak 0,75 sampai dengan 1 % dari volume beton dan dengan menggunakan aspec ratio sekitar 60 - 70 akan memberikan hasil yang optimal. Penambahan hooked fiber kedalam adukan beton dapat menurunkan kelecakan adukan beton sehingga beton menjadi sulit dikerjakan. Kuat tarik, kuat desak kuat lentur meningkat setelah diberi hooked fiber Untuk kandungan fiber yang optimal 0,75.

##### b) Fungsi Penambahan Beton Serat

Penambahan serat kawat kedalam adukan beton adalah untuk mengatasi sifat-sifat kurang baik dari beton. Ide dasar penambahan serat adalah memberikan tulangan serat pada

beton yang disebar merata secara acak (random) untuk mencegah retak-retak yang terjadi akibat pembebanan (Sudarmoko,1990).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan diperoleh bahwa penambahan fiber kedalam adukan akan menurunkan kelecakan (workability) secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi fiber dan aspek rasio fiber. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal ada dua hal yang harus diperhatikan dengan seksama yaitu (1) Fiber aspect ratio, yaitu rasio antara panjang fiber (l) dan diameter fiber (d), dan (2) Fiber volume fraction (Vf), yaitu persentase volume fiber yang ditambahkan pada setiap satuan volume beton. (Suhendro, 1990).

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan fiber kedalam adukan beton maka selain kemampuan untuk menahan lentur ditingkatkan, sekaligus daktilitasnya (kemampuan menyerap energi) secara dramatis juga meningkat (Suhendro,1990). Selain itu juga dengan menambahkan serat fiber kedalam adukan beton maka akan mempertinggi kuat tarik beton. (Sudarmoko,1991)

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Swammy dkk, 1979 (dalam Sudarmoko, 1990) menyimpulkan bahwa kehadiran serat (fiber)

pada beton akan menaikkan kekakuan dan mengurangi lendutan (defleksi) yang terjadi. Penambahan serat (fiber) juga dapat meningkatkan kelihatan

beton, sehingga struktur akan terhindar dari keruntuhan yang tiba-tiba akibat pembebanan yang berlebihan.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh Swammy dan Al-Noori, 1974 bahwa bentuk fiber akan berpengaruh pada kuat lekat yang selanjutnya berpengaruh pula pada peningkatan sifat-sifat struktural beton yang akan terbentuk (Sudarmoko, 1990).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Slump Tes

Setelah proses pengadukan dilakukan uji slump, uji slump dilakukan untuk mengukur kekentalan adukan beton yang akan digunakan untuk membuat benda uji. Pada saat pengujian slump terjadi pengaruh pada penambahan potongan kawat baja terhadap kondisi tersebut terjadi kenaikan nilai slump. Perbandingan hasil uji slump antara beton normal (0%) dengan penambahan potongan kawat baja 6%, 8% dan 10%.

**Tabel 4.1 Hasil uji *Slump* (Cm)**

No	Variasi Campuran	Nilai Slump (Cm)
1	Beton Normal	10
2	Penambahan potongan kawat 45° 6%	8
3	Penambahan potongan kawat 90° 6%	7,5
4	Penambahan potongan kawat 45° 8%	6
5	Penambahan potongan kawat 90° 8%	6
6	Penambahan potongan kawat 45° 10%	5,5
7	Penambahan potongan kawat 90° 10%	4,5

Sumber : Hasil penelitian di laboratorium FT UMP

Berdasarkan tabel 4.1 diatas maka dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan kawat bendrat ke dalam campuran beton, maka nilai slump yang didapatkan akan mengalami penurunan Yang berarti bahan tambah kawat bendrat sangat mempengaruhi kekuatan beton dan nilai *slump* pada beton.

### Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium dengan menggunakan alat uji tekan beton, sehingga didapat hasil uji kuat tekan beton dengan penambahan potongan kawat baja 6%, 8% dan 10% dari berat semen dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

**Tabel 4.1 Rekapitulasi Kuat Tekan Beton (N/mm<sup>2</sup>)**

Variasi Campuran Beton	Umur	Ukuran Benda uji	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat (Kg)	Beban (Kn)	Silinder (Mpa)	Rata – rata (Fc'm)	Standar Deviasi (s)	Fc'k (N/mm <sup>2</sup> )
Beton Normal	7	15x30	0,0053	12,52	440,8	25,44	25,32	0,9	25,17
		15x30	0,0053	12,50	436,2	25,14			
		15x30	0,0053	12,51	439,1	25,35			
	14	15x30	0,0053	12,57	495,3	28,62	28,51	0,7	26,39
		15x30	0,0053	12,48	492,8	28,42			
		15x30	0,0053	12,51	493,5	28,50			
	28	15x30	0,0053	12,50	510,4	29,47	29,79	0,19	29,89
		15x30	0,0053	12,51	518,4	29,95			
		15x30	0,0053	12,51	518,4	29,95			
Beton + kawat bendrat 45°6%	7	15x30	0,0053	12,55	501,5	28,95	27,28	1,40	24,98
		15x30	0,0053	12,53	486,7	25,09			
		15x30	0,0053	12,54	498,8	27,80			
	14	15x30	0,0053	12,59	499,5	28,83	27,44	1,04	25,73
		15x30	0,0053	12,47	448,8	25,90			
		15x30	0,0053	12,50	478,2	27,61			
	28	15x30	0,0053	12,51	516,9	29,84	28,22	1	30,25
		15x30	0,0053	12,47	470,6	27,16			
		15x30	0,0053	12,49	489,9	27,77			
Beton + kawat bendrat 90°6%	7	15x30	0,0053	12,52	459,2	26,51	26,84	0,2	26,47
		15x30	0,0053	12,57	465,8	26,89			
		15x30	0,0053	12,48	470,1	27,14			
	14	15x30	0,0053	12,51	467,1	26,96	27,39	0,41	26,70
		15x30	0,0053	12,50	486,2	28,06			
		15x30	0,0053	12,57	470,2	27,15			
	28	15x30	0,0053	12,48	502,5	28,98	28,56	0,27	30,12
		15x30	0,0053	12,50	510,7	29,48			
		15x30	0,0053	12,51	506,3	29,23			
Beton + kawat bendrat 45°8%	7	15x30	0,0053	12,56	486,2	28,06	28,24	0,13	28,03
		15x30	0,0053	12,58	492,6	28,43			
		15x30	0,0053	12,57	489,3	28,25			
	14	15x30	0,0053	12,60	493,7	28,50	28,77	0,17	28,47
		15x30	0,0053	12,58	502,5	29,00			
		15x30	0,0053	12,59	499,1	28,82			
	28	15x30	0,0053	12,56	513,9	29,66	29,88	0,1	32,88
		15x30	0,0053	12,46	519,2	29,97			
		15x30	0,0053	12,51	516,3	29,81			
Beton + kawat bendrat 90°8%	7	15x30	0,0053	12,51	473,1	27,31	27,19	0,8	27,05
		15x30	0,0053	12,50	469,0	27,31			
		15x30	0,0053	12,51	471,2	27,20			
	14	15x30	0,0053	12,51	499,6	28,84	27,88	0,6	26,72
		15x30	0,0053	12,55	466,2	26,91			
		15x30	0,0053	12,53	481,2	27,78			
	28	15x30	0,0053	12,54	475,1	27,42	28,39	0,7	29,99
		15x30	0,0053	12,59	510,5	29,47			
		15x30	0,0053	12,47	490,2	28,30			
Beton + kawat bendrat 45°10%	7	15x30	0,0053	12,49	470,2	27,14	27,36	0,11	27,13
		15x30	0,0053	12,52	475,6	27,45			
		15x30	0,0053	12,50	474,4	27,39			
	14	15x30	0,0053	12,55	495,6	28,61	28,06	0,33	27,51
		15x30	0,0053	12,52	482,7	27,86			
		15x30	0,0053	12,50	480,2	27,73			
	28	15x30	0,0053	12,48	502,1	28,98	29,43	0,35	29,80
		15x30	0,0053	12,50	519,2	29,97			
		15x30	0,0053	12,51	509,9	29,44			
Beton + kawat bendrat 90°10%	7	15x30	0,0053	12,56	462,1	26,67	26,85	0,13	26,64
		15x30	0,0053	12,58	468,4	27,04			
		15x30	0,0053	12,57	465,2	26,86			
	14	15x30	0,0053	12,60	466,3	26,91	27,72	0,5	26,78
		15x30	0,0053	12,58	494,5	28,54			
		15x30	0,0053	12,59	480,3	27,73			
	28	15x30	0,0053	12,56	490,8	28,34	28,55	0,4	29,18
		15x30	0,0053	12,55	485,7	28,03			
		15x30	0,0053	12,53	507,4	29,29			

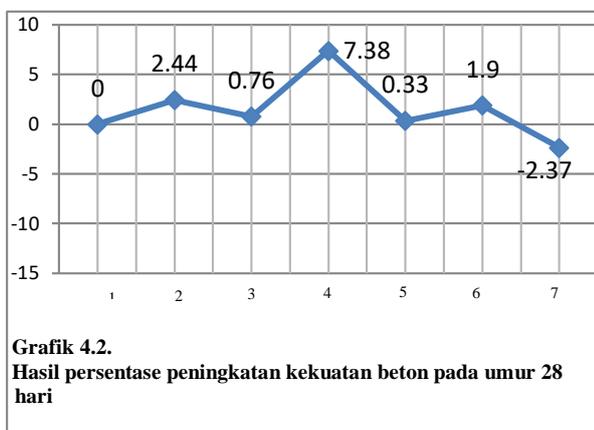
Berdasarkan Tabel 4.1, nilai rekapitulasi kuat tekan beton, dapat dilihat nilai kuat tekan beton optimum terjadi pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 8% bentuk 45° 32,88 N/mm<sup>2</sup>

Berdasarkan tabel rekapitulasi di atas maka didapat hasil kuat tekan beton karakteristik berdasarkan variasi benda uji yang dilakukan, maka didapat persentase peningkatan kuat tekan beton yang terjadi seperti tabel 4.2 dibawah ini.

**Tabel 4.2 Perbandingan Kuat Tekan Beton 28 Hari (N/mm<sup>2</sup>)**

No	Variasi Campuran Beton	Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari (N/mm <sup>2</sup> )	kenaikan dan penurunan Kekuatan (%)
1	Beton normal	29,89	0
2	Beton + kawat bendrat 45° 6%	30,62	2,44
3	Beton + kawat bendrat 90° 6%	30,12	0,76
4	Beton + kawat bendrat 45° 8%	32,88	7,38
5	Beton + kawat bendrat 90° 8%	29,99	0,33
6	Beton + kawat bendrat 45° 10%	30,46	1,90
7	Beton + kawat bendrat 90° 10%	29,18	-2,37

Dari tabel 4.2 diatas , kemudian dibuatkan grafik peningkatan hasil kuat tekan beton berdasarkan bengkot kawat bendrat dan persentase penambahannya pada campuran beton, hasilnya sbb :



Pada grafik 4.2 hasil peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari tertinggi terjadi pada campuran variasi beton normal + kawat bendrat 45° 6% dengan presentase 2.44%. Sedangkan pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 45° 10% mengalami penurunan sebesar 1.90%. Terbukti bahwa campuran variasi beton terbaik itu terjadi pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 45° 8% sebesar 7,38%.

## PEMBAHASAN .

### Peningkatan Kuat Tekan Karakteristik Beton

Dari hasil penelitian kuat tekan beton normal dan beton normal + kawat bendrat 7 hari, 14 hari, dan 28 hari dengan penambahan kawat bendrat 6% 8% 10%, maka dapat diketahui persentase kekuatan beton normal dan beton normal + kawat bendrat terhadap peningkatan kekuatan pada berbagai umur.

Yang pertama yaitu pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 45° 8% pada umur 14 hari yaitu dengan nilai kuat tekan rata-rata 28,47 N/mm<sup>2</sup> dan umur 28 hari mendapatkan nilai kuat tekan 32,88 N/mm<sup>2</sup> dengan nilai percepatan kenaikan beton umur 28 hari sebesar 7,10% . Disini dapat dilihat bahwa penambahan Kawat bendrat dapat mempercepat peningkatan kuat tekan beton. Kemudian pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 90° 10% mengalami penurunan dengan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari yaitu 2,18N/mm<sup>2</sup>

Hal ini membuktikan bahwa penambahan kawat bendrat 6%, 8% dan 10% mengalami kenaikan terhadap kuat tekan beton normal. Walaupun penambahan kawat bndrat 10% mengalami penurunan kuat tekan beton .

### Pengaruh kawat bendrat berbentuk 45° dan 90° terhadap kuat tekan beton

Pengaruh penggunaan kawat bendrat terhaap kuat tekan beton dapat dilihat pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 45° 8%. Pada variasi tersebut mendapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari

yaitu 32,88 N/mm<sup>2</sup>. Pada variasi campuran beton normal + kawat bendrat 90° 10% mendapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari yaitu 27,18 N/mm<sup>2</sup>, Pada variasi campuran ini hasil yang didapat tidak mencapai target yang diinginkan.

Hal ini membuktikan bahwa pengaruh bentuk kawat bendrat 90° dan 45° sangat mempengaruhi hasil dari kuat tekan pada beton. Hal ini terjadi karena apabila terjadi kesalahan pada memasukkan bahan campuran ke benda uji dan tidak mencampurkannya dengan baik akan mengakibatkan kan menggumpal dan bahan campur benda uji saling bertabrakan yang mengakibatkan bengkok atau tidak dalam bentuk sempurna. Dalam hal ini ukuran kawat 45° lebih sangat berperan dalam meningkatkan kuat tekan dapat dilihat dari hasil rata rata pada campuran beton normal + kawat bendrat 8% 45° yaitu 32,88 N/mm<sup>2</sup>.

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Lab FT UMP, maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kuat tekan optimum terjadi pada variasi campuran Beton normal + kawat bendrat 8% 45° sebesar 32,88 N/mm<sup>2</sup>
2. Presentase nilai kuat tekan beton normal ke kuat tekan beton optimum sebesar 7,10%
3. Semakin besar penambahan kawat bendrat ke dalam campuran beton, maka nilai slump yang didapatkan akan semakin kecil dan mengalami penurunan yang berarti bahan tambah kawat bendrat sangat mempengaruhi nilai *slump* beton dan kekuatan pada beton
4. Kawat campuran beton 45° lebih baik dari bentuk kawat 90° dikarenakan bentuk kawat 45° lebih mengikat dari pada bentuk kawat 90°

## DAFTAR PUSTAKA :

Ananta Ariantama, 2007. *Pengaruh Pemakaian Serat Kawat Berkait Pada Kekuatan Beton Mutu Tinggi*. Skripsi, Universitas Diponegoro Semarang.

Ari Irawan, 2013. *Pengaruh penambahan Kawat Galvanis Bentuk "C" Pada Kuat Tekan Beton*. Skripsi, Politeknik Negeri Balikpapan

Chandra, P.A., 2011. *Tinjauan Kuat Tekan Beton Dengan Metode ACI dan SNI 1990. Dengan penambahan Bahan Campuran Kawat*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia NI-2*, Yayasan LPMB, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum*, Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum, 2000. *Tata Cara Perhitungan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi, SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03)*, Yayasan LPMB, Bandung.

Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1978, *Bahan Dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta.

Mulyono, T, 2005. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.

Neville dan Brooks, 1987. *Bahan Dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta.

Tjokrodimuljo, K., 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta