

## MUTU DAN BERAT VOLUME BETON MENGGUNAKAN BAHAN AGREGAT KASAR DAUR ULANG BONGKARAN BANGUNAN

Paulus Ala<sup>1)</sup>, Herman Arruan<sup>1)</sup>, Bustamin Abdul Razak<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

Construction of most components in the form of concrete is still the main choice. This is because the price of concrete from an economic point of view is relatively cheap, because the basic material comes from local materials. To improve the quality of concrete, which is always measured by compressive strength, it really depends on the concrete-forming material. In addition, additives (admixture) can be added to increase and for certain purposes of the concrete.

This study aims to determine the properties of coarse aggregate from recycled building materials and the quality of concrete as well as the weight and volume of concrete produced from the planned concrete quality of K - 225 with the cube specimen 15 x 15 x 15 cm. The results of the study will show the characteristics of the coarse aggregate characteristics of recycled building blocks, indicating that in general it does not meet the specifications according to ASTM standards where water content is 5.81%, sludge content is 2.21%, and weight is 1.14kg / ltr and specific gravity is 2.07 and absorption of 8.57%. Meanwhile, those that meet thirst are 30.79% and the modulus of fineness is 7.03. For fine aggregate with test results in accordance with the required specifications. The volume weight of fresh concrete obtained is 2145 Kg / cm<sup>3</sup> based on the specifications into the normal category. The quality of the concrete measured by the characteristic compressive strength results in 232.70 Kg / cm<sup>2</sup> fulfills the planned concrete K - 225 (225 Kg / cm<sup>2</sup>). Thus, coarse aggregate recycled building blocks can be used as coarse aggregate and fine aggregate of natural sand.

**Keywords:** *recycled coarse aggregate, Pinrang sand, concrete volume weight, characteristic compressive strength*

### 1. PENDAHULUAN

Pembangunan dengan sebagian besar komponen berupa beton masih menjadi pilihan utama para pelaku konstruksi. Hal ini disebabkan karena beton mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan-bahan lain. Dari segi ekonomi, harga beton relatif murah karena material dasarnya berasal dari bahan-bahan lokal. Selain itu beton memiliki kuat desak yang tinggi, dapat dicetak menjadi bentuk yang beragam, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap cuaca dan lingkungan. Kelebihan-kelebihan tersebut yang menyebabkan beton masih menjadi pilihan utama, bahkan terus bertambah dari waktu ke waktu.

Kebutuhan terhadap beton yang terus bertambah memicu penambangan batuan secara terbatas sumber bahan agregat. Hal ini beberapa bangunan tua yang terpaksa dibongkar karena bangunan tersebut perlu diperbaharui, mengalami kerusakan, atau tidak layak dihuni lagi. Pembuangan limbah tersebut memerlukan biaya dan tempat pembuangan. Pembuangan limbah padat seperti ini pada dasarnya dapat mengurangi kesuburan tanah. Di samping itu, pada saat ini beton siap pakai (*ready mix*) sedang marak digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan. Dari sinilah muncul pemikiran untuk bisa memanfaatkan limbah padat dari bangunan-bangunan tua tersebut, yaitu limbah bongkaran bangunan. Limbah bangunan yang digunakan adalah hasil pengolahan bangunan yang sudah didaur ulang sehingga lolos saringan ukuran 37,5 mm dan tertahan saringan ukuran 2,36 mm. Limbah bangunan ini diambil dari Kota Makassar. Banyaknya jumlah material daur ulang dipicu juga oleh maraknya perubahan wajah bangunan lama menjadi lebih modern dan perubahan fungsi bangunan yang berorientasi bisnis misalnya permukiman menjadi *mall* serta ditambah dengan adanya bencana alam yang menyisakan sampah reruntuhan bangunan perumahan.

Dengan adanya masalah ini, jika dikaitkan antara masalah banyaknya bongkaran bangunan, maka dapat ditarik sebuah kesimpulan untuk memecahkan masalah ini, penggunaan bongkaran bangunan untuk bahan konstruksi. Dengan menggunakan bongkaran bangunan sebagai bahan konstruksi, diharapkan bongkaran tersebut dapat dikurangi jumlahnya sekaligus meningkatkan daya ekonominya. Di samping itu, dengan banyaknya material yang ada, maka pembangunan konstruksi Indonesia akan meningkat dengan pesat tanpa kekurangan stok material suatu hari nanti. Dari hasil penggunaan agregat kasar daur ulang bongkaran bangunan dan pasir alam akan diperoleh suatu mutu dan berat beton yang akan dihasilkan.

Tujuan penelitian adalah meneliti karakteristik agregat kasar daur ulang bongkaran bangunan dan pasir alam. Menganalisis kuat tekan beton yang dihasilkan untuk mengetahui mutu beton yang dicapai dari yang direncanakan dan berat beton untuk mengetahui klasifikasi beton yang dibutuhkan. Hasil penelitian ini

<sup>1</sup> Koresponding penulis: Paulus Ala, Telp.081343675496, paulus\_ala@poliupg.ac.id

diharapkan memberikan manfaat di bidang teknologi beton dan dapat memberikan rekomendasi daur ulang bongkaran bangunan untuk bahan agregat beton.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung selama delapan bulan, dari bulan April sampai November 2020 dengan pengujian karakteristik agregat terlebih dahulu kemudian rencana *mix design*, pembuatan benda uji dan pengujian kuat tekan serta kuat lentur beton. Semua prosedur ini dilaksanakan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Alat yang digunakan adalah serangkaian peralatan Laboratorium bahan antara lain: Mesin penggetar, Moulen (*Concrete Mixer*), *Compression Machine*, *Flexure Machine*, Oven listrik, Timbangan, Dunangan test set, Mesin kuat tekan, Mesin kuat lentur, Cetakan kubus 15 x 15 x 15 cm, Mistar, Talang, Gerobak, Palu, Sendok adukan, Ember, Majun Tabel warna, Gelas ukur, Cawan, Keranjang, Satu set saringan ( nomor 1½, ¾, 3/8, 4, 8 dan PAN ), Kerucut terpacung, dll.

Bahan yang dibutuhkan Semen: *Portland Cement Composite (PCC)* PT Semen Tonasa. Agregat halus: Pasir alam Sungai Lasape, Kab. Pinrang Agregat kasar: Daur ulang bongkaran bangunan yang terlebih dahulu diolah (dipecah-pecah) kemudian disaring menggunakan saringan 37,5 mm, 19 mm, 9,6 mm, 4,75 mm, dan 2,36 mm dimana yang digunakan lolos dari saringan 37,5 mm dan tertahan pada saringan yang ada di bawahnya. Air: Perusahaan Air Minum (PAM).

Prosedur penelitian sebagai berikut:

### 1) Persiapan penelitian

Pada bagian ini pekerjaan beton mulai dilakukan dengan mengambil sampel untuk dibawa ke laboratorium dan selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik. Pengambilan sampel dilakukan setelah menentukan komposisi sampel yang dibutuhkan dan lokasi pengambilan sampel uji selanjutnya sampel uji tersebut dibawa ke laboratorium untuk diuji sesuai dengan kebutuhan penelitian.

### 2) Perancangan benda uji (*mix design*)

Setelah menguji karakteristik bahan dan semua bahan telah memenuhi persyaratan, selanjutnya merancang campuran beton yang akan dibuat. Untuk merancang campuran beton digunakan metode *DOE* dengan mutu beton yang direncanakan mutu K-225.

### 3) Pembuatan benda uji

Jumlah benda uji yang akan dibuat adalah 15 sampel untuk benda uji kubus.

Adapun pembuatan benda uji yang akan dilaksanakan meliputi:

- Persiapan dilakukan dengan menyiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan selama pembuatan benda uji.
- Penakaran dilakukan dengan menimbang atau menakar bahan penyusun beton berdasarkan hasil uji karakteristik bahan penyusun dan mutu beton yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu K 225.
- Pengadukan (*mixing*) dilakukan dengan mencampur semua bahan yang telah disiapkan seperti batu pecah, pasir, semen, air dengan menggunakan alat pengaduk.
- Penuangan atau pengecoran dilakukan dengan mengisi cetakan dengan campuran beton segar yang telah dicampur sebelumnya.
- Pemadatan dilakukan dengan memadatkan campuran beton segar menggunakan meja penggetar, kemudian permukaannya diratakan.
- Penyelesaian akhir, terakhir dalam pembuatan benda uji, cetakan berisi beton diletakkan di tempat yang terlindung dari gangguan luar selama lebih dari 24 jam. Kemudian membuka cetakan dan mengeluarkan benda uji dari cetakan.

### 4) Pengujian berat volume beton segar dilakukan satu hari setelah cetakan dibuka dan dilakukan penimbangan berat masing-masing benda uji.

### 5) Perawatan dilakukan dengan mengambil benda uji berupa beton yang sudah jadi, kemudian merendamnya dalam bak perendaman yang berisi air agar proses pematangan berlangsung sempurna. Perendaman ini berlangsung sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

### 6) Pengujian kuat tekan beton. Proses pengujian kuat tekan beton sebagai berikut:

- Setelah perendaman sampel beton dilakukan pengeringan sebelum dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 28 hari, dimana benda uji diangkat atau dikeluarkan dari kolam bak perendaman kemudian biarkan mengering di udara ± 24 jam. Pengetesan hanya dilakukan pada umur 28 hari karena kuat tekan karakteristik yang akan diuji.

- b. Benda uji ditimbang beratnya dan diukur dimensinya.
- c. Benda Uji dikepping
- d. Meletakan benda uji di dalam mesin tekan. Selanjutnya, mesin uji dijalankan sampai mencapai batas maksimum, kemudian mengolah data hasil pengujian.

#### Metode Analisa data

Setelah mendapatkan data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah pengolahan data tersebut. Pada tahap pengolahan atau menganalisis data dilakukan dengan menghitung data yang ada dengan rumus yang sesuai. Hasil dari suatu pengolahan data digunakan kembali sebagai data untuk menganalisis yang lainnya dan berlanjut seterusnya sampai mendapatkan hasil akhir.

Data yang diperoleh dari hasil penelitian, dianalisis dengan menggunakan metode perbandingan, yaitu dengan membandingkan hasil dari penelitian beton sebelumnya dengan hasil penelitian beton yang dibuat. Dengan menggunakan metode ini, dapat diketahui peningkatan atau malah terjadi penurunan nilai mutu dibandingkan dengan rancangan beton sebelumnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus dari pasir Pinrang dan agregat kasar hasil daur ulang bongkaran bangunan setelah dilakukan pengujian dan analisis data, maka diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus Sumber Pasir Pinrang

No	Karakteristik	Pedoman	Hasil	Spesifikasi (Syarat SNI)	Keterangan
1	Kadar air	ASTM C117	2,26	3% - 5%	Agak Kering
2	Kadar lumpur lolos #200	ASTM C131	1,46	0,5% - 6%	Memenuhi
3	Berat Volume	ASTM C558	1,50	1,4 – 1,9kg/lt	Memenuhi
4	Berat jenis Spesifik	ASTM C127	2,54	1,6 – 3,2	Memenuhi
5	Absorpsi	ASTM C127	2,35	0,2% - 2%	Lebih Besar
6	Modulus kehalusan	ASTM C104	2,64	2,2 - 3,1	Memenuhi
7	Kadar Organik	ASTM C27	No.2	<No.3	Memenuhi

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar Hasil Daur Ulang Bongkaran Bangunan

No	Karakteristik	Pedoman	Hasil	Spesifikasi (Syarat SNI)	Keterangan
1	Kadar air	ASTM C558	5,81	0,5% - 2,0%	Lebih Besar
2	Kadar lumpur lolos #200	ASTM C117	2,21	0,2% - 1,0%	Lebih Besar
3	Berat Volume	ASTM C29	1,14	1,6 – 1,9kg/lt	Lebih Ringan
4	Berat jenis Spesifik	ASTM C127	2,07	1,6 – 3,2	Memenuhi
5	Absorpsi	ASTM C127	8,57	0,2% - 4%	Lebih Besar
6	Modulus kehalusan	ASTM C104	7,03	5,5 – 8,5	Memenuhi
7	Kehausan	ASTM C131	30,79	15% - 50%	Memenuhi

Hasil pengujian karakteristik agregat kasar daur ulang bongkaran bangunan antara lain: kadar air, kadar lumpur, berat volume, berat jenis dan penyerapan semua tidak dalam batasan sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan dimana diperoleh hasil kadar air lebih tinggi karena agregat berpori sehingga tetap dipengaruhi oleh kondisi suhu waktu pengambilan sedangkan kadar lumpur, berat volume dan berat jenis serta penyerapan ini juga tergantung keadaan pada waktu pengambilan dan agregat bongkaran umumnya berpori karena terdiri dari bongkaran beton, bongkaran pasangan batu dan spesi (adukan/campuran) dan bahan bongkaran besi beton tidak masuk dalam daur ulang sedangkan untuk karakteristik agregat halus secara umum memenuhi spesifikasi kecuali kadar air yang lebih kecil dan penyerapan yang relatif tinggi karena pada waktu pengambilan benda uji musim kemarau.

#### Kuat Tekan (Mutu) Beton

Untuk mengetahui kekuatan (mutu beton) yang ditentukan dengan mutu K-225 yang akan dihasilkan dengan menggunakan agregat halus (pasir Pinrang) dan agregat kasar hasil daur ulang bongkaran bangunan setelah dilakukan perhitungan penggabungan agregat dengan agregat halus, diperoleh hasil 35% agregat halus dan agregat kasar daur ulang 65% dalam perbandingan komposisi berat. Akan tetapi dapat juga dilakukan dengan perbandingan berat volume pada saat pelaksanaan di lapangan. Tetapi pada saat pembuatan benda uji di laboratorium pada penelitian ini menggunakan komposisi dalam perbandingan berat.

Adapun komposisi bahan campuran beton untuk pembuatan benda uji kubus beton 15 cm x 15 cm x 15 cm dengan jumlah 15 buah, untuk mengetahui mutu beton sesuai hasil rancangan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Komposisi Bahan Untuk Pembuatan Benda Uji Kubus

Volume (m <sup>3</sup> )	Air (kg/lit)	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Berat Total (Kg)
1 m <sup>3</sup>	200	370	500	930	2000
1 adukan 0,060 m <sup>3</sup>	12,00	22,20	30,00	55,80	120,00

### Berat Volume Beton Segar

Hasil pembuatan benda uji kubus 15x15x15 cm setelah cetakan dibuka maka dilakukan penimbangan benda uji, untuk mengetahui berat volume beton segar seperti yang diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Berat Volume Beton Segar

No.	Cor	Tes	Berat (Kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Berat Volume Beton Segar (Kg/m <sup>3</sup> )
1	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,33	0,003375	2.171,85
2	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,18	0,003375	2.127,41
3	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,16	0,003375	2.121,48
4	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,23	0,003375	2.142,22
5	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,27	0,003375	2.154,07
6	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,23	0,003375	2.142,22
7	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,18	0,003375	2.127,41
8	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,16	0,003375	2.121,48
9	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,33	0,003375	2.171,85
10	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,27	0,003375	2.154,07
11	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,16	0,003375	2.121,48
12	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,33	0,003375	2.171,85
13	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,27	0,003375	2.154,07
14	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,16	0,003375	2.121,48
15	06 – 07 - 2020	03 – 08 - 2020	7,27	0,003375	2.154,07
Jumlah					32.157,01
Berat Volume Beton Segar Rata-Rata (Kg/m <sup>3</sup> )					2.145

Hasil berat volume beton segar yang diperoleh 2.145 kg/m<sup>3</sup> lebih besar dari perkiraan *Mix Design* 2.000 kg/m<sup>3</sup> atau naik 7,25%. Hasil ini menunjukkan berat volume beton segar masuk dalam kategori berat beton normal berdasarkan spesifikasi berat beton dengan berat volume beton segar 2.200 sampai 2.400 kg/m<sup>3</sup>. Sebenarnya kalau dilihat nilai yang diperoleh belum masuk ke dalam batasan tersebut di atas tetapi kalau dibandingkan dengan berat beton ringan dimana berat volumenya  $\leq 2.000$  kg/m<sup>3</sup>. Nilai yang diperoleh lebih dekat kepada beton normal tetapi kalau didasarkan pada berat beton normal rata-rata yang dipakai pada perencanaan struktur diambil 2.400 kg/m<sup>3</sup> maka nilai yang diperoleh lebih dekat lagi ke beton ringan. Hal ini mungkin yang masih berpengaruh pada berat beton segar adalah agregat halusnya dimana berat jenis yang dipakai adalah 2,54 atau masih menggunakan agregat halus (pasir) alam.

### Kuat Tekan Beton

Hasil pembuatan benda uji kubus 15x15x15 cm setelah dilakukan uji tekan dengan alat tekan maka diperoleh hasil seperti yang diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel 5 Hasil Kuat Tekan Beton

No	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Luas (A) cm <sup>2</sup>	Beban		Koefisien Umur	Kuat Tekan (f <sub>c</sub> ) 28 Hr (Kg/Cm <sup>2</sup> )	f <sub>c</sub> – f <sub>cr</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	(f <sub>c</sub> - f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup> (Kg <sup>2</sup> /cm <sup>4</sup> )	
	Cor	Tekan				KN Kg						
1	06/07/2020	03/08/2020	28	7.83	225	637.8 63780		1.00	283.47	7.34	53.88	
2	06/07/2020	03/08/2020	28	8.06	225	648.4 64840		1.00	288.18	12.05	45.20	
3	06/07/2020	03/08/2020	28	7,33	225	618.2 61820		1.00	274.76	-1.37	1.88	
4	06/07/2020	03/08/2020	28	7,18	225	627.8 62780		1.00	279.02	2.89	8.35	
5	06/07/2020	03/08/2020	28	7,16	225	667.7 66770		1.00	296.76	20.63	425.60	
6	06/07/2020	03/08/2020	28	7,23	225	627.8 62780		1.00	279.02	2.89	8.35	
7	06/07/2020	03/08/2020	28	7,27	225	548.4 54840		1.00	243.73	- 32.40	1049.76	
8	06/07/2020	03/08/2020	28	7,23	225	737.8 73780		1.00	327.91	51.78	2681.17	
9	06/07/2020	03/08/2020	28	7,18	225	618.2 61820		1.00	274.76	- 1.37	1.88	
10	06/07/2020	03/08/2020	28	7,16	225	567.7 56770		1.00	252.31	- 23. 82	587.39	
11	06/07/2020	03/08/2020	28	7,33	225	618.2 61820		1.00	274.76	- 1.37	1.88	
12	06/07/2020	03/08/2020	28	7,27	225	537.8 53780		1.00	239.02	- 37.11	1377.15	
13	06/07/2020	03/08/2020	28	7,16	225	567.7 56770		1.00	252.31	- 23.82	587.39	
14	06/07/2020	03/08/2020	28	7,33	225	637.4 63740		1.00	283.29	7.16	51.27	
15	06/07/2020	03/08/2020	28	7,27	225	658.5 65850		1.00	292.67	16.54	273.57	
	Jumlah									4141.97		7154.72
	Kuat Tekan rata - rata ( kg/cm2)									276.13		SR = 22.76

Kuat tekan Rata – rata f<sub>cr</sub> = 276,13 kg/cm<sup>2</sup>  
 Deviasi Standar Sr = 22.76 x 1.16 = 26.40 kg/cm<sup>2</sup>  
 Margin M = 1.64 x 26.40 = 43.30 kg/cm<sup>2</sup>  
 Kuat tekan Karakteristik f<sub>c</sub> = 276.13 – 43.30 = 232.70 kg/cm<sup>2</sup> > 225 kg/cm<sup>2</sup> (ok)

Dari hasil uji tekan beton diperoleh kuat tekan karakteristik (mutu) beton dari hasil yang direncanakan K-225 (Kuat tekan karakteristik 225 kg/cm<sup>2</sup>) diperoleh hasil kuat tekan karakteristik 232 kg/cm<sup>2</sup> lebih tinggi dari yang direncanakan atau dengan kata lain mutu beton memenuhi syarat yang direncanakan K – 225 dengan menggunakan agregat kasar daur ulang bongkaran bangunan dan agregat halus (pasir) alam.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil uraian dan analisis data yang telah diolah, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil uji karakteristik agregat kasar hasilnya yang tidak sesuai dengan spesifikasi adalah kadar air 5,81% > 2% , kadar lumpur 2,21% > 1% berat volume 1,14 kg/ltr < 1,60 kg/ltr, berat jenis spesifik 2,07 < 1,6 dan penyerapan 8,57% > 4,60% . Tetapi di dalam pembuatan benda uji agregat tersebut tetap dipakai tanpa memperhatikan

syarat tersebut karena hasil yang ingin dicapai adalah mengetahui berat beton dan kuat tekan beton yang dihasilkan karena pasir Pinrang yang digunakan memenuhi syarat agregat halus yang disyaratkan hanya kadar air dan penyerapan yang lebih kecil dan besar tetapi dapat disesuaikan dengan *Slump test* pada saat pembuatan benda uji. Hasil berat beton berdasarkan hasil pembuatan benda uji kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm. Hasil kuat tekan beton berdasarkan pada hasil pembuatan benda uji Kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm yang akan dites pada umur 28 hari sesuai komposisi bahan campuran beton. Perlu diperhatikan pada saat pembuatan benda uji penggunaan air yang sesuai dengan faktor air semen dan keadaan agregat bila ada penambahan air baru sesuai dengan nilai slump yang direncanakan maka perlu juga penyesuaian jumlah semen agar faktor air semen tetap sesuai perencanaan. Perlu diperhatikan beton pada saat pengadukan agar air dimasukkan secara bertahap sampai sesuai dengan nilai slump yang ditentukan dan adukan tetap homogen sampai pemadatan dan perlu diperhatikan perawatan beton untuk mencapai kuat tekan beton optimal.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- American Concret Institut (ACI), October 1986. *Materials Journal*, Title no. 93-M21
- Akkas, AbdulMajid. (1996). *Rekayasa Bahan/Bahan Bangunan*, Jurusan Sipil, Makassar
- Ala, Paulus dkk. (2015). *Kuat Tekan Dan Lentur Beton Dengan Bahan Tambah Serat Ijuk*.
- Ala, Paulus dan Arruan, Herman. (2017). *Beton Ringan Menggunakan Styrofoam Sebagai Bahan Ganti Agregat Kasar*.
- Ala, Paulus dan Arruan, Herman (2018). *Kuat Tekan Dan Lentur Beton Dengan Menggunakan Terak Nikel Sebagai Pengganti Agregate Kasar*.
- American Standard Testing and Material. (1989). *Standard Spesification For Chemical Admixture For Concrete C.494*
- Brook, K. M, Murdock, L. J, 1991, *Bahan dan Praktek Beton; diterjemahkan oleh Ir. Stephanus Hendarko*, Jakarta: Erlangga.
- Badan Standarisasi Nasional. (1993). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-1993. *Badan Standarisasi Nasional*, 1-34.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Berat Isi Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. *Badan Standarisasi Nasional*, 1-34.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Ukuran Butir Agregat Kasar*. SNI 03-2847-2002. *Badan Standarisasi Nasional*, 25.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Kadar Air Agregat*. SNI 03-1971-1990. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Berat Volume Agregat*. SNI 03-1973-1990. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Berat Jenis dan Penyerapan Agregat*. SNI 03-1970-1990. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Kuat Tekan Beton*. SNI 1974-2011. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Kuat Lentur Beton*. SNI 4431-2011. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1990). *Perencanaan Campuran Metode DOE*. SNI T-15-1990-03. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Ilsley, 1942, *Laporan uji bahan*, 2011
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi, Yogyakarta.
- Nugraha, P., Antoni., 2007. *Teknologi beton dari material, pembuatan, ke beton kinerjatinggi*, Yogyakarta
- PBBI 1971 NI- 2 Bab.3.4, *Peraturan beton bertulang Indonesia, "Agregat Kasar (krikil dan Batu Pecah)"*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik, Bandung.
- Samekto, Wuryati dan Candra Rahmadiyanto. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Kansius.
- Tjokoridimulyo, 1996 dalam Muhammad Saifuddin, 2012. *Teknologi Beton*.