

ANALISA AGREGAT KASAR SEBAGAI VARIABEL BAHAN CAMPURAN BETON MENGUNAKAN METODE SNI DAN ACI (Studi Kasus Beton Mutu K-300)

Masherni

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro Lampung
Jl.Ki Hajar Dewantara No.166 Kota Metro Lampung 34111, Indonesia
Email :

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan maksud dan tujuan adalah untuk mengetahui dan membandingkan kuat tekan beton yang dapat dicapai menggunakan agregat kasar sumber Padang Ratu, Tegineneng dan Tanjungan. Selain itu juga untuk mengetahui kualitas agregat kasar yang bersumber dari daerah Padang Ratu, Tegineneng dan Tanjungan sebagai bahan campuran beton dengan metode SNI dan ACI. Untuk membandingkan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan menggunakan agregat kasar yang bersumber dari daerah Padang Ratu, Tegineneng dan Tanjungan korelasinya terhadap pencapaian mutu beton K-300 atau setara dengan 24,90 Mpa. Penelitian ini menggunakan sampel Uji Silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan saat umur 7, 14, 21 dan 28 dan setiap umur terdiri dari 3 benda uji. Sehingga dibutuhkan 72 benda uji. Dengan 3 variasi penggunaan agregat kasar dari 3 *quarry* yaitu Tanjungan, Padang Ratu dan Tegineneng menggunakan metode SNI dan ACI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas agregat mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan. Hubungan kuat tekan beton dengan umur beton menunjukkan bahwa semakin bertambahnya umur beton, kuat tekan beton meningkat juga. Dari hasil penelitian, beton yang mencapai kuat tekan rencana adalah pada campuran beton menggunakan agregat kasar Tanjungan dengan umur 28 hari yaitu : 26,55 Mpa (Metode ACI) dan 301,01 Kg/cm² (Metode SNI).

Kata Kunci : Kata Kunci : Agregat Kasar, Metode SNI dan ACI, Kuat Tekan Beton, K-300.

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan air. Adanya jaminan kekuatan dan keamanan secara struktur dari seluruh komponen bangunan. Struktur beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas bahan-bahan pencampur beton. Sebelum konstruksi beton digunakan pada suatu bangunan, harus terlebih dahulu melalui tahapan perencanaan/rancangan (*mix design*) yang benar-benar akurat dan memenuhi standarisasi yang ditentukan sehingga dapat dipertanggung jawabkan pada pelaksanaannya.

Ada beberapa lokasi sumber agregat kasar di Provinsi Lampung, seperti agregat kasar sumber material Tarahan, agregat kasar

sumber material Tegineneng, agregat kasar sumber material Sukadana dan agregat kasar sumber material Padang Ratu. Namun dari sumber agregat kasar tersebut ada beberapa yang belum secara maksimal diteliti, inilah yang melatarbelakangi penelitian untuk membandingkan kuat tekan beton yang dapat dihasilkan yang bersumber dari daerah yang satu dengan daerah yang lain. Oleh karena itu perlu adanya penelitian tentang agregat kasar tersebut agar masyarakat serta kalangan pelaksana bidang konstruksi bisa mengetahui kekuatan atau kelayakan dari agregat kasar tersebut guna mendukung pembangunan di Provinsi Lampung khususnya.

Pada penelitian ini agregat yang digunakan adalah agregat kasar Padang Ratu

dan sebagai pembandingnya adalah gregat kasar Tarahan dan Tegineneng. Agar diketahui apakah agregat tersebut merupakan agregat yang berkualitas baik atau tidak sebagai bahan campuran beton. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode SNI (Standard Nasional Indonesia) dan ACI (*American Concrete Institute*).

TINJAUAN PUSTAKA

Umum

Beton merupakan campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan semen hidrolik (*portland cement*), air dan bahan tambah bila diperlukan (*admixture* atau *additive*) yang dapat digunakan untuk membuat pondasi, balok, plat lantai dan lain-lain. *Engineer* harus benar-benar memahami karakteristik masing-masing komponen penyusun beton agar beton dapat memenuhi spesifikasi teknik yang ditentukan.

Hal hal yang paling mempengaruhi kekuatan tekan beton ialah:

1. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.
2. Kualitas semen yang digunakan
3. Banyaknya semen terhadap campuran beton.
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dan agregat.
5. Kekuatan dan kebersihan agregat.
6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pepadatan beton.

(Mulyono, T. 2001. *Teknologi Beton*)

Keunggulan Beton

Beton dalam keadaan mengeras akan sangat keras bagaikan batu dengan kekuatan tinggi, tapi dalam keadaan segar beton seperti bubur sehingga mudah dibentuk sesuai keinginan. Kelebihan beton antara lain :

1. Biaya pemeliharaan beton terbilang rendah.
2. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran sesuai desain.
3. Material penyusun beton mudah didapatkan.
4. Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah.
5. Beton mampu bertahan terhadap temperatur yang tinggi.

Kelemahan Beton

Beton juga mempunyai beberapa kelemahan. Kelemahan beton antara lain:

1. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
2. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan dilapangan sehingga Pelaksanaa pekerjaan memerlukan ketelitian yang tinggi.
3. Beton cenderung berat.
4. Beton cenderung retak.
5. Membutuhkan cetakan sebagai alat pembentuk.
6. Bentuk yang sudah dibuat sulit untuk diubah.

(Mulyono, T. 2001. *Teknologi Beton*)

Penelitian Terdahulu

Analisa Studi Perbandingan Material Agregat Kasar Padang Ratu Dengan Agregat Kasar Tegineneng Korelasi Terhadap Mutu Beton K-250 (Heri Priyatno, 2013)

Dari hasil penelitian Heri Priyatno pada tahun 2013 menunjukkan bahwa agregat kasar sumber Daerah Padang Ratu mempunyai kualitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan agregat kasar sumber Tegineneng, meskipun kuat tekan beton sama-sama tidak mencapai kuat tekan beton rencana, yaitu: K-250. Hubungan kuat tekan beton dengan umur beton menunjukkan bahwa semakin bertambahnya umur beton, kuat tekan beton akan meningkat. Dari hasil penelitian, kuat tekan maksimum pada umur 28 hari yang dicapai menggunakan agregat kasar sumber daerah Padang Ratu yaitu : $244,46 \text{ kg/cm}^2$ (setara dengan 20,291 Mpa) sedangkan kuat tekan maksimum pada umur beton 28 hari yang dicapai menggunakan agregat kasar sumber daerah Tegineneng yaitu : $238,74 \text{ kg/cm}^2$ (setara dengan 19,815 Mpa) . Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton mengalami peningkatan pada setiap umur beton, tetapi tidak mampu mencapai kuat tekan rencana yang disebabkan oleh kualitas material yang kurang bagus dan metode pelaksanaan yang kurang baik.

Material Dasar Beton

Pada penelitian ini material-material dasar yang digunakan adalah agregat kasar jenis batu pecah yang bersumber dari daerah Tarahan Lampung Selatan, Tegineneng Pesawaran dan Padang Ratu Lampung Tengah, Propinsi Lampung. Selain itu juga material dasar yang digunakan adalah agregat halus berupa pasir sungai yang bersumber dari daerah Gunung Sugih Lampung Tengah dan semen jenis PCC (*Portland Composit Cement*) merk Tiga Roda produksi PT. Indocement Tunggal Prakarsa.

Untuk perlakuan pada agregat, hanya pada agregat kasar diberi perlakuan tambahan berupa pencucian pada agregat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton serta tidak menggunakan bahan campuran tambahan (aditif) pada proses pelaksanaan di laboratorium.

METODE PENELITIAN

Adapun Tahapan atau langkah-langkah dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu :

Pemeriksaan Bahan-Bahan Dasar

Pemeriksaan bahan-bahan dasar meliputi dua bagian yaitu pemeriksaan agregat halus dan pemeriksaan agregat kasar, pemeriksaan bahan-bahan dasar tersebut meliputi :

Pemeriksaan Agregat Halus / Pasir

1. Pemeriksaan Kadar Lumpur (*Sand Aquivalent*) dalam agregat halus
2. Pemeriksaan kandungan bahan organik
3. Pemeriksaan Kadar Air
4. Analisa Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.
5. Pemeriksaan Gradasi Pasir (ASTM C33-93).

Pemeriksaan Agregat Kasar

- A. Pengujian Gradasi Agregat Kasar
- B. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- C. Pengujian Kadar Air Agregat Kasar
- D. Pengujian Kekerasan Agregat Kasar

Pengujian *Slump Test*

Alat Uji

Alat uji harus berupa sebuah cetakan yang terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan

tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tersebut tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm dan bila dibentuk dengan proses pemutaran (*spinning*), maka tidak boleh ada titik dalam cetakan yang ketebalannya lebih kecil dari 1,15 mm.

Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Permukaan dasar dan permukaan atas kerucut harus terbuka dan sejajar satu dengan yang lain serta tegak lurus terhadap sumbu kerucut. Batas toleransi untuk masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan. Cetakan harus dilengkapi dengan bagian injakan kaki dan untuk pegangan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1. Bagian dalam dari cetakan relatif harus licin dan halus, bebas dari lekukan, deformasi atau mortar yang melekat. Cetakan harus dipasang secara kokoh di atas pelat dasar yang tidak menyerap air. Pelat dasar juga harus cukup luas agar dapat menampung adukan beton setelah mengalami *slump*/penurunan.

Pembuatan benda uji

Benda uji yang digunakan yaitu benda uji silinder sebanyak 72 benda uji, bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji terlebih dahulu ditimbang sesuai dengan rancangan campuran yang telah dihasilkan, adapun rencana komposisi benda uji yang akan dibuat berdasarkan berat semen adalah sebagai berikut :

- a. Dibuat 3 tipe campuran untuk masing-masing beton yang terdiri dari :
 1. Beton menggunakan agregat kasar asal padang ratu.
 2. Beton menggunakan agregat kasar asal tegineneng.
 3. Beton menggunakan agregat kasar asal tanjungan.
- b. Setiap campuran diukur nilai *slump*
- c. Dibuat 3 unit contoh untuk masing-masing umur pengujian 7, 21 dan 28 hari.
- d. Kemudian cetakan dibuka dan dilakukan perawatan dengan cara mempertahankan kelembaban benda uji yaitu direndam dalam bak atau dimasukkan ke dalam desikator (alat pendingin).
- e. Perawatan beton ini dimaksudkan untuk mencegah suhu beton yang tinggi atau penguapan air secara berlebihan yang dapat mengurangi kekuatan beton.

HASIL PENGUJIAN

Metode ACI, $F'c$ 24,9 Mpa

Slump rencana : 25,4 - 101,6 mm

Tabel Nilai Pengujian *Slump* Beton untuk masing-masing *quarry*

Sumber Agregat Kasar	Nilai <i>Slump</i> (mm)	Nilai <i>Slump</i> (mm)	Nilai <i>Slump</i> Rata-Rata (mm)
Tanjungan	45,8	52,5	49,15
Padang Ratu	60,3	58,9	59,60
Tegineneng	70,6	65,4	68,00

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

Metode SNI, K- 300

Slump rencana : 100 - 140 mm

Tabel Nilai Pengujian *Slump* Beton untuk masing-masing *quarry*

Sumber Agregat Kasar	Nilai <i>Slump</i> (mm)	Nilai <i>Slump</i> (mm)	Nilai <i>Slump</i> Rata-Rata (mm)
Tanjungan	90,5	112,0	101,25
Padang Ratu	110,0	108,3	109,15
Tegineneng	122,5	127,8	125,15

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

Tabel Hasil Perhitungan Komposisi Berat Semen, Pasir dan Agr. Kasar serta Volume Air Yang dibutuhkan Untuk Membuat 1 m³ Beton Mutu $f'c$ 24,90 Mpa Dengan Metode ACI

Asal Agregat	Mutu Beton $f'c$ (Mpa)	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (liter)	Fas=w/c Ratio
Padang Ratu	24,90	361,11	636,24	1045,15	195	0,54
Tegineneng	24,90	361,11	626,60	1047,12	195	0,54
Tanjungan	24,90	361,11	684,44	1051,71	195	0,54

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel Jumlah Kebutuhan Material untuk 1 Unit Benda Uji

Asal Agregat	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Air (lt)
Padang Ratu	1,91	3,37	5,53	1,032
Tegineneng	1,91	3,31	5,54	1,032
Tanjungan	1,91	3,62	5,56	1,032

Sumber : hasil perhitungan

Tabel Penetapan Indeks Pencampuran Material pada Pekerjaan Beton K-275 berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia)

Membuat 1 m³ beton mutu K-300, *slump* (12 ± 2) cm, w/c = 0,53 (fas)

Bahan	Kebutuhan	Satuan	Indeks
PCC		Kg	413,00
Pasir		Kg	681,00
Beton Agregat kasar		Kg	1021,00
Air		Liter	215,00

Sumber : SNI DT-91-0008-2007

: SNI 7394-2008

Analisa Beton

1. Analisa beton menggunakan agregat kasar Tanjungan:

a. Dari hasil pengujian beton yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin bertambah umur beton, maka semakin besar kekuatan beton yang dihasilkan.

b. Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada lampiran, benda uji beton yang mempunyai kuat tekan beton terbesar ada pada umur 28 hari adalah benda uji ke- 2 yaitu sebesar 26,55 Mpa dengan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 25,77 Mpa pada umur 28 hari. Hal ini membuktikan bahwa benda uji menggunakan agregat kasar Tanjungan telah mencapai mutu beton yang direncanakan yaitu sebesar 24,90 Mpa (menggunakan Metode ACI), untuk rencana beton menggunakan Metode SNI nilai kuat tekan beton terbesar dihasilkan pada benda uji dengan umur 28 hari sebesar 301,01 Kg/cm² dari nilai kuat tekan rencana sebesar 300 Kg/cm². Namun pencapaian ini belumlah dikatakan baik karena nilai mutu beton yang dihasilkan masih terlalu dekat dengan nilai mutu beton yang direncanakan.

c. Hasil pengujian ini tidak mewakili keseluruhan agregat yang berasal dari *Quarry* Tanjungan, karena untuk mendapatkan hasil yang baik dalam proses pengambilan contoh benda uji agregat haruslah dilakukan dengan selektif dan menggunakan proses *sampling material* dengan proses pengujian dan pencampuran yang benar.

2. Analisa beton menggunakan agregat kasar Padang Ratu:

a. Pada tabel hasil pengujian beton menunjukkan bahwa semakin

bertambah umur beton, maka semakin besar kekuatan beton yang dihasilkan.

- b. Mengacu pada hasil pengujian beton yang tertera di lampiran pada laporan, benda uji yang mempunyai kuat tekan paling besar terdapat pada benda uji umur 28 hari dengan nilai kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari tersebut adalah 24,51 Mpa (untuk Metode ACI) dan 299,69 Kg/cm² (untuk Metode SNI). Hal ini menandakan bahwa agregat kasar yang digunakan belum dapat mencapai mutu beton yang direncanakan. Tidak tercapainya mutu beton rencana disebabkan agregat kasar Padang Ratu yang digunakan belum memenuhi persyaratan gradasi yang baik dan ukuran butirannya terlalu seragam, sehingga penyebaran butiran tidak maksimal. Selain itu proses pencampuran material dan pengujian yang belum memenuhi standar juga mempengaruhi besaran nilai kuat tekan beton yang dihasilkan.
 - c. Hasil pengujian ini tidak mewakili keseluruhan agregat yang berasal dari *Quarry* Padang Ratu, karena untuk mendapatkan hasil yang baik dalam proses pengambilan sampel harus dilakukan dengan selektif. Dan juga proses pengujian harus dilakukan dengan baik.
3. Analisa beton yang menggunakan agregat kasar *quarry* Tegineneng.
 - a. Berdasarkan tabel hasil pengujian beton, benda uji beton yang mempunyai kuat tekan beton terbesar adalah pada umur 28 hari dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 23,11 Mpa dan 286,86 Kg/cm². Hasil menunjukkan bahwa agregat kasar Tegineneng yang digunakan belum mampu mencapai kuat tekan beton rencana K-300 (f'c 24,90 Mpa). Hal ini dikarenakan agregat kasar mempunyai kualitas yang kurang baik ditinjau dari tingkat kekerasan/kepadatan agregat berdasarkan pengujian abrasi menggunakan mesin *los angeles* dan pengujian berat jenis, sehingga berpengaruh terhadap kualitas beton yang dihasilkan. Selain itu proses pencampuran material dan pengujian yang kurang baik juga diindikasikan

menjadi penyebab belum tercapainya kualitas/mutu beton yang direncanakan.

- b. Hasil dari penelitian ini hanya berdasarkan pada contoh agregat kasar yang digunakan pada penelitian sehingga tidak mewakili keseluruhan agregat kasar yang berasal dari *Quarry* Tegineneng tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kesimpulan hasil penelitian untuk Agregat kasar Tanjungan, Padang Ratu dan Tegineneng dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel Rangkuman Hasil Penelitian

Jenis Pengujian	Quarry Agregat Kasar		
	Tanjungan	Padang Ratu	Tegineneng
Berat Jenis	2,69	2,54	2,52
Penyerapan (%)	2,00	3,50	4,25
Kadar Air (%)	0,188	0,283	0,563
Berat Volume (gr/cm ³)	1602	1592	1595
Keausan Agregat (%)	13,89	13,28	13,28
Slump Test Rata-Rata (mm) (ACI)	49,15	59,60	68,00
Slump Test Rata-Rata (mm) (SNI)	101,25	109,15	125,15
Kuat Tekan Rata-Rata (28 H) (ACI-Mpa)	25,77	24,51	23,11
Kuat Tekan Rata-Rata (28 H) (SNI-Kg/cm ²)	301,01	299,69	286,86

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium

2. Hasil dari ketiga contoh benda uji agregat tersebut masih bervariasi, ada yang telah mencapai mutu beton rencana dan ada yang belum tercapai yaitu K-300, akan tetapi dari segi kualitas contoh agregat kasar *quarry* Tanjungan lebih baik jika dibandingkan dengan agregat kasar yang berasal dari *quarry* Padang Ratu dan Tegineneng.
3. Besaran nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dipengaruhi oleh kualitas material/bahan penyusun beton, perencanaan campuran (*mix design*), metode pelaksanaan, pemeliharaan sampai dengan pengujian.
4. Beton dari masing-masing contoh agregat ada yang telah mencapai mutu rencana (namun masih sangat riskan) dan ada yang belum mampu mencapai kuat tekan beton rencana yaitu 300 kg/cm², hal ini antara lain disebabkan oleh:

- a. Agregat kasar Padang Ratu gradasi butirannya tidak memenuhi standar ASTM dan SNI serta ukurannya relatif seragam dan besar. Sehingga pada beton terdapat banyak rongga yang seharusnya dapat diisi oleh butiran agregat kasar yang lebih kecil, akibatnya agregat kasar tidak dapat terikat dengan baik dengan bahan campuran yang lain sehingga beton akan kurang maksimal dalam menahan beban.
 - b. Agregat kasar Tegineneng tingkat kekerasannya lebih rendah dan pori-pori yang lebih banyak sehingga mudah pecah apabila diberikan tekanan dan berpengaruh pada kuat tekan beton yang dihasilkan.
 - c. Selain kedua hal tersebut di atas, hasil nilai kuat tekan beton tersebut juga disebabkan oleh hasil cetakan benda uji beton yang tidak maksimal dan standar (tidak tegak lurus) mengakibatkan proses pengujian yang kurang baik otomatis akan menghasilkan data/hasil pengujian yang kurang baik pula.
5. Contoh agregat kasar yang digunakan belum dapat digunakan untuk beton mutu tinggi kecuali agregat kasar yang berasal dari *quarry* Tanjungan dan Padang Ratu dengan syarat gradasi dan ukuran butiran lebih dibuat bervariasi dalam ukuran yang lebih kecil.
 6. Hasil dari penelitian yang dilakukan hanya berdasarkan contoh-contoh agregat yang didapatkan untuk penelitian di laboratorium dan tidak dapat mewakili seluruh agregat kasar yang berasal dari masing-masing *Quarry* (Tanjungan, Padang Ratu dan Tegineneng).

Saran

1. Dalam penelitian selanjutnya sebaiknya dipersiapkan peralatan yang memenuhi standar yang berlaku, sehingga hasil penelitian yang didapatkan dapat benar-benar maksimal dan akurat.
2. Untuk penelitian selanjutnya apabila menggunakan contoh agregat kasar dari Padang Ratu, sebaiknya menggunakan contoh agregat yang dapat memenuhi persentase penyebaran butiran (gradasi yang baik).
3. Pada penelitian lebih lanjut disarankan untuk memperhatikan metode pelaksanaan penelitian.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai agregat-agregat kasar yang berasal dari *Quarry* lain terutama yang berada di wilayah propinsi Lampung dengan standar dan metode yang berbeda, sehingga akan didapatkan lebih banyak referensi-referensi untuk pekerjaan konstruksi beton terutama di daerah Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI . 1991. *Standard Practice for Selecting Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete* ACI 211.1-91, USA : American Concrete Institute.
- Annual Book of ASTM Standart 1994. Concrete and Agregat, American Society for Testing and Material. Philadelphia.
- ASTM Committee C09. *ASTM C 33-03, Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International (2003).
- Heri Priyatno, 2013. *Analisa Studi Perbandingan Material Agregat Kasar Padang Ratu Dengan Agregat Kasar Tegineneng Korelasi Terhadap Mutu Beton K-250*, Metro: Universitas Muhammadiyah Metro.
- Mulyono, T. 2001. *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Penerbit Andi.
- SNI DT-91-0008-2007. *Tata Cara Perhitungan dan Pekerjaan Beton Normal*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-2495-1991. *Penggunaan Bahan Tambahan untuk Beton*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 1972-2008. *Cara Uji Slump Beton*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Standar SK SNI M-11-1989 F, *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Subakti , A. 1995. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).