

ANALISIS CAMPURAN BETON BERPORI DENGAN AGREGAT BERGRADASI TERPISAH DITINJAU TERHADAP MUTU DAN BIAYA

Herry Widhiarto¹, Bambang Sujatmiko²

¹Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

email: h_widhi@yahoo.com

²Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Abstrak

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi mutu beton salah satu diantaranya distribusi susunan butir agregat (gradasi), agregat bergradasi baik dalam campuran beton dapat menghasilkan beton yang berkualitas yaitu mudah dikerjakan (*workability*), awet (*durability*), kuat (*strenght*) dan ekonomis. Terkait dengan agregat bergradasi baik peneliti ingin menganalisis bagaimana jika menggunakan agregat bergradasi terpisah (*gap grading*) yaitu agregat yang memiliki satu atau dua jenis butiran. Fakta dari beberapa sumber agregat yang memiliki susunan butir *gap grading*, bila dipakai dalam campuran beton akan menghasilkan beton yang kropos dan berpori. Penelitian ini untuk mengetahui mutu beton dan menganalisis hubungan porositas, resapan terhadap mutu beton serta biaya kebutuhan material beton berpori bila dibandingkan dengan beton normal berdasarkan berat volume beton. Metode penelitian eksperimental yaitu dengan melakukan pengamatan dan pengukuran dilaboratorium dengan 75 benda uji, analisis campuran beton mengacu pada beton normal dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dapat disimpulkan bahwa : 1.)Kuat tekan beton berpori variasi BP-C sebesar 20,48 Mpa, sedangkan kuat tarik belah beton pada variasi BP-C sebesar 5,92 MPa lebih rendah dari beton normal pada umur 28 hari. Dengan demikian Mutu beton tidak mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan yaitu 30 Mpa. 2.)Porositas dan resapan beton berpengaruh pada mutu beton, semakin besar nilai porositas menyebabkan meningkatnya resapan dan menurunnya mutu beton, begitu pula sebaliknya. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil penelitian ini bahwa variasi PB-C nilai porositas 21,42 % dan nilai resapan 3,91 %, diperoleh kuat tekan sebesar 20,48 MPa, sedangkan porositas beton normal 14,70 % dan nilai resapan 3,62 %, diperoleh kuat tekan sebesar 31,71MPa. 3.)Biaya kebutuhan material beton berpori sebesar Rp 567,057.00/m³ atau lebih rendah 12,12 %, jika dibanding dengan beton normal sebesar Rp 645,925.00/m³. berdasarkan berat volume beton, sehingga berat volume padat beton berpori yang diperoleh dari hasil pengujian sebesar 2089 kg/m³ tidak mencapai berat beton normal (2400 kg/cm³)

Kata kunci : beton berpori, kuat tekan, kuat tarik, porositas

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi mutu beton salah satu diantaranya distribusi susunan butir agregat (gradasi), agregat bergradasi baik dalam campuran beton dapat menghasilkan beton yang berkualitas yaitu mudah dikerjakan (*workability*), awet (*durability*), kuat (*strenght*) dan ekonomis. Terkait dengan agregat bergradasi baik peneliti ingin menganalisis bagaimana jika menggunakan agregat bergradasi terpisah (*gap grading*) yaitu agregat yang memiliki satu atau dua jenis butiran. Fakta dari beberapa sumber agregat yang memiliki susunan

butir *gap grading*, bila dipakai dalam campuran beton akan menghasilkan beton yang kropos dan berpori.

Penelitian ini untuk mengetahui mutu beton dan menganalisis hubungan porositas, resapan terhadap mutu beton serta biaya kebutuhan material beton berpori bila dibandingkan dengan beton normal berdasarkan berat volume beton.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Berapa besar nilai kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton agar tercapainya kekuatan mutu beton tertinggi.

1.2.2 Adakah hubungan porositas, resapan terhadap kuat tekan beton dan kuat

tarik belah beton terkait dengan mutu beton.

- 1.2.3 Berapa besar biaya kebutuhan material beton berpori bila dibandingkan dengan beton normal berdasarkan berat volume beton.

1.3 Tujuan

- 1.3.1 Mengetahui nilai kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton agar tercapainya kekuatan mutu beton tertinggi.
- 1.3.2 Menganalisis hubungan porositas, resapan terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton terkait dengan mutu beton.
- 1.3.3 Mengetahui biaya kebutuhan material beton berpori bila dibandingkan dengan beton normal berdasarkan berat volume beton.

II. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Agregat

- 2.1.1 Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat ini kira-kira menempati 60% - 75% volume beton.
- 2.1.2 Agregat kasar harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - Agregat kasar (batu pecah) tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 1% sedangkan agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan berdasarkan berat kering).
 - Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat reaktif alkali.
 - Agregat kasar harus memiliki gradasi yang baik sesuai SNI 03-2834-1993
- 2.1.3 Agregat bergradasi terpisah yaitu gradasi dimana satu atau lebih bagian tengah tidak ada /dihilang kan. Beton dengan agregat gab grading

tetap padat, tetapi ada kele mahannya, yaitu lebih cenderung untuk memisah (*segregation*) karena butir halus begitu sedikit, dalam praktek agregat tidak berdempetan (tidak mungkin dikerjakan), sehingga perlu mortal sebagai pelumas yang membungkus butir agregat kasar.

2.2 Porositas

Porositas beton merupakan tingkatan yang menggambarkan kepadatan konstruksi beton. Porositas merupakan perbandingan antara ruang kosong dari suatu batuan dengan volume batuan itu sendiri. Pengujian porositas beton dilakukan untuk membandingkan hasil porositas beton dengan hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

Nilai porositas sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut :

1. Keseragaman butiran : semakin seragam butir penyusun batuan maka nilai porositas nya akan semakin besar, dilain pihak apabila ukuran butiran tidak seragam maka butiran yang lebih kecil akan mengisi ruang kosong diantara butiran yang lebih besar sehingga nilai porositas akan turun.
2. Derajat sementasi : semakin tinggi derajat sementasi maka pori-pori batuan yang tertutup semen akan semakin kecil, sehingga nilai porositas akan semakin kecil pula.
3. Rumus Porositas Beton Berdasarkan ASTM C 642-90, digunakan Persamaan sebagai berikut :

$$n = \frac{C - A}{C - D} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:
n = Porositas benda uji (%);
A = Berat kering oven benda uji (kg);
C = Berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg);
D= Berat beton dalam air (kg).

Rumus Resapan Beton

Penyerapan dalam Beton Berdasarkan ASTM D C 642-97 dapat digunakan Persamaan sebagai berikut :

$$nI = \frac{C - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

2.3 Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan kimia tambahan yang Fungsinya: sebagai pengencer beton sehingga dapat meningkatkan kemudahan pelaksanaan pekerjaan pengecoran (*work ability*), serta dapat mengurangi jumlah air. Dengan mengurangi jumlah pemakaian air, maka kekuatan beton akan meningkat.

2.4 Tegangan beton

Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI,1989), besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f^c = P / A \dots\dots\dots (3)$$

keterangan

- f^c = kuat tekan (MPa)
- P = beban tekan maksimum (N)
- A = luas penampang silinder
- Kuat tekan beton yang disyaratkan (karakteristik) ditentukan dengan rumus

$$f^c = f_{cr} - 1,64 S \dots\dots\dots (4)$$

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} / n \dots\dots\dots (5)$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - f_{cr})^2 / n - 1} \dots\dots\dots (6)$$

keterangan

- f_{cr}=Kuat tekan beton rata-rata (MPa)
- n=Jumlah benda uji
- S=Deviasi standar
- Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), besarnya kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma_t = 2 P / d . L \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

- σ_t = Kuat tarik beton (kg/cm²)
- P = beban tekan maksimum
- d = Diameter silinder (cm)
- L = Tinggi silinder (cm)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Sesuai dengan tujuan utama dalam penelitian ini yaitu membandingkan mutu beton dan biaya kebutuhan material berdasarkan berat volume beton terhadap beton berpori dan beton normal.

Penelitian ini dibagi menjadi enam tahap yaitu : 1> Pemeriksaan bahan campuran beton 2>.Pembuatan rencana campuran (*mix design*), 3>. Pembuatan benda uji, 4>. Pemeliharaan terhadap benda uji (*curing*), 5>. Pelaksanaan pengujian, dan 6>. Analisis hasil penelitian.

3.1.1 Lokasi

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Uji Material Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Dr Soetomo Surabaya.

3.1.2 Bahan dan instrumen

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland Type I merk semen gresik; agregat halus berasal dari Lumajang yang telah dilakukan pemeriksaan terhadap kadar air, berat jenis dan penyerapan, analisa saringan, kadar lumpur dan uji kandungan zat organik (standar ASTM-C33).. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat batu kali Pecah mesin dari Kab. Mojokerto. Air yang berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fak.Teknik Universitas . *Admixture* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sikament NN. Perencanaan pencampuran beton (*mix design*) menggunakan metode **SNI 03-2834-1993**. Benda uji terdiri dari silinder

diame ter 150 mm dengan tinggi 300 mm, sebanyak 60 buah benda uji dan silinder diameter 100 mm dengan tinggi 200 mm, sebanyak 15 buah benda uji.

Alat cetakan benda uji silinder diame ter 150 mm, 300 mm digunakan pada pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah serta cetakan benda uji silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm digunakan pada porositas dan resapan beton. Satu set saringan untuk mengetahui gradasi agregat dan untuk menentukan modulus kehalusan butir agregat kasar/agregat halus.

Penelitian ini menggunakan 4 (empat) variasi campuran agregat kasar dan tanpa menggunakan agregat halus (pasir) untuk beton berpori. Kerucut Abrams digunakan beserta tilm pelat baja dan tongkat besi untuk mengetahui kelecakan adukan (*workability*) dalam percobaan *slump test*. *Compressing Testing Machine* (CTM) merupakan alat yang di gunakan untuk melakukan

Kode	Porositas (umur 28 hari)	Kuat tarik belah (umur 28 hari)	Kuat tekan (umur)		
			7	14	28
BN	3	3	3	3	3
BP-C	3	3	3	3	3
BP-10	3	3	3	3	3
BP-20	3	3	3	3	3
BP-40	3	3	3	3	3
Jumlah	15	15	15	15	15

pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton.

Tabel: 1 Rencana Jumlah Benda Uji

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan terhadap agregat kasar/halusantara lain meliputi pemeriksaan-pemeriksaan modulus kehalusan, kadar air, berat volume, berat jenis, persen tase penyerapan, kadar lumpur, dan kandungan zat organik pada agregat halus.

Tabel: 2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pengujian	Hasil Tes	Spesifikasi ASTM
1	Berat Jenis SSD	2,42	2,1 – 2,6
2	Air resapan	2,88 %	< 3,5%
3	Kelembapan	2,36%	< 6%
4	Berat Volume	1,41	1,25–1,59
5	Kadar Lumpur	2,74 %	< 5%
6	Analisa Saringan	Zone 2	

Tabel: 3 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

No	Pengujian	Hasil Tes	Spesifikasi ASTM
1	Berat Jenis SSD	2,59	2,3 – 2,75
2	Air resapan	0,91 %	< 2%
3	Kelembapan	0,61%	< 1%
4	Berat Volume	1,5	1,35–1,75
5	Kadar Lumpur	0,99 %	>1 %
6	Analisa Saringan	40 mm	

Analisa Campur Beton Normal

Dalam perencanaan campuran beton berpori tetap mengacu pada perencanaan beton normal dengan menggunakan metode *SNI*. Perhitungan komposisi bahan-bahan penyusun beton dengan kuat tekan ($f'c$) rencana 30 MPa. Sehingga diperoleh komposisi bahan penyusun beton seperti pada Tabel 4 berikut ini

Tabel : 4 Berat bahan penyusun beton normal / m³

Berat Bahan					
No.	Kode	Semen (Kg)	Air (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat kasar (Kg)
1	BN	438	156,25	519,18	1237

Kelecakan (*workability*)

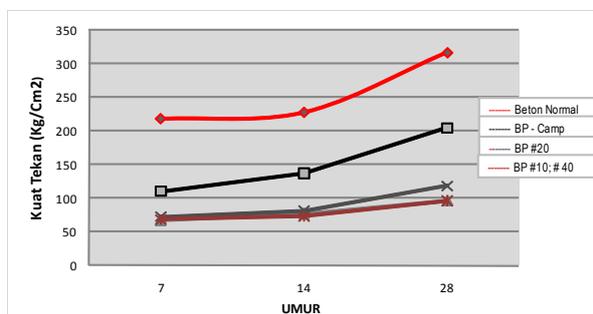
Pengujian yang dipakai untuk mengetahui kelecakan beton adalah pengujian *slump* (*slump test*). Adukan beton dikatakan mudah pengerjaannya bila nilai *slump* tersebut masih dalam batas nilai *slump* rencana. Sebenarnya pengujian yang dipakai untuk mengetahui kelecakan beton adalah pengujian *slump* (*slump test*).

Tabel 5 Hasil Pengujian *Slump*

No.	Kode	Fas	Nilai uji slump (mm)	Nilai slump rencana (mm)
1	BN	0,388	50	30-60

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berpori Terhadap Beton Normal

Variasi Campuran	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Penurunan Kuat Tekan Beon (MPa)	Persentase Penurunan Kuat tekan Beton (%)
BN	317,05		
BP-C	204,76	112,290	35,417
BP-10	96,07	220,980	69,699
BP-20	118,68	198,370	62,567
BP-40	96,07	220,980	69,699



Dari hasil percobaan dan analisa seperti yang tampak pada tabel 6 terlihat penurunan kuat tekan beton pada variasi BP-40 dan BP-10 lebih besar dibandingkan penggunaan variasi BP-20 dan BP-C, namun untuk keseluruhan terlihat adanya penurunan kekuatan beton setelah beton mencapai kekuatan optimal bila dibanding dengan beton normal.

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Berpori Terhadap Beton Normal

Variasi Campuran	Kuat Tarik belah beton (Mpa)	Penurunan Kuat Tarik Belah Beton (MPa)	Persentase Penurunan Kuat Tarik Belah Beton (%)
BN	80,00	0	0
BP-C	59,24	20,760	20,760
BP-10	25,21	54,090	67,513
BP-20	39,34	40,760	50,950
BP-40	20,00	60,000	75,000

Dari tabel 7, bahwa nilai kuat tarik belah yang dihasilkan pada BP-C sebesar 59,24 kg/cm², mengalami penurunan

sebesar 25,95% bila dibandingkan dengan beton normal sebesar 80,00 kg/cm² pada umur 28 hari. Dari pengamatan visual selama di laboratorium tampak bahwa penurunan mutu beton disebabkan adanya pori yang terdapat pada benda uji.

Tabel 8 Hasil Pengujian Porositas, Resapan, Mutu Beton

Variasi Campuran	Porositas	Resapan	Kuat Tekan Beton (Kg/Cm ²)	Kuat Tarik Belah Beton (Kg/Cm ²)
BN	14,70	3,62	317,05	80,00
BP-C	21,42	3,91	204,76	59,24
BP-10	30,30	3,95	96,07	25,91
BP-20	26,05	4,58	118,68	39,24
BP-40	30,81	6,81	96,07	20,00

Dari hasil analisa tabel 8 bahwa Porositas dan Resapan beton sangat berpengaruh pada kuat tekan beton, karena semakin besar nilai porositas menyebabkan meningkatnya nilai resapan yang dihasilkan, maka kuat tekan akan semakin kecil. Begitu pula sebaliknya semakin kecil porositas dan resapan suatu beton, maka kuat tekan beton akan semakin besar. Hal ini dapat dibuktikan bahwa campuran beton yang menggunakan PB-C nilai porositas 21,42 % dan nilai resapan 3,91 %, diperoleh kuat tekan sebesar 204,76 kg/cm², sedangkan porositas beton normal 14,70 % dan nilai resapan 3,62 %, diperoleh kuat tekan sebesar 317,05 kg/cm².

Berat Volume Beton

Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan, benda uji silinder beton terlebih dahulu ditimbang untuk mengetahui beratnya. Berat volume benda uji diperoleh dengan membagi berat dengan volume masing-masing benda uji.

Tabel 9 Berat Volume Masing-masing Benda Uji dan Berat Volume Rata-rata Benda

Variasi Campuran	Jumlah Benda Uji	Berat Volume Rata-rata (Kg/m ³)
BN	3	2380

BP-C	3	2080
BP-10	3	1900
BP-20	3	2290
BP-40	3	2120

Dari tabel 9 dapat dijelaskan bahwa berat volume beton segar untuk BP-C sebesar 2080 kg/m³, sedangkan untuk beton normal sebesar 2380 kg/m³, atau 87,39 % lebih kecil nilainya bila dibanding dengan beton normal . Artinya tidak mencapai berat volume padat beton normal sesuai standar SNI 2002 yaitu 2400 kg/cm³

Biaya

Dari hasil analisa campuran (data ada pada lampiran), didapat proporsi campuran tiap m³ dengan koreksi karena dilapangan pasir dan kerikil/ batu pecah tidak dalam keadaan SSD seperti tabel 10 :

Tabel 10 Volume material untuk beton normal
Semen = 438 kg : 50 kg = 8,76 Zak
Air = 156,25 kg : 1000 kg/m³ = 0,16 m³
Pasir = 519,18 kg : 600 kg/ m³ = 0,32 m³
Kerikil = 1237,57 kg : 1450 kg/m³ = 0,85 m³

Tabel 11 Volume material untuk beton normal

Material	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
Semen	zak	8,76	50.000,-	438.000,-
Air	m ³	0,16	30.000,-	4.800,-
Pasir	m ³	0,32	150.000,-	48.000,-
Kerikil	m ³	0,85	182.000,-	155.125,-
Jumlah				645.925,-

Dari tabel 11 dapat dijelaskan bahwa berat volume beton segar untuk BP-C sebesar 2,08 gr/cm³, sedangkan untuk 14,70% dan nilai resapan 3,62%, diperoleh kuat tekan sebesar 31,71 MPa. 3.)Biaya kebutuhan material beton berpori sebesar Rp **567,057.00/m³** atau lebih rendah 12,12 %, jika dibanding dengan beton normal sebesar Rp **645,925.00/m³** berdasarkan berat volume beton. Sehingga berat volume padat beton berpori yang diperoleh dari hasil pengujian sebesar 2089 kg/m³ tidak mencapai berat beton normal (2400 kg/cm³)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis dapat disimpulkan bahwa : 1.)Kuat tekan beton berpori variasi BP-C sebesar 20,48 Mpa sedangkan kuat tarik belah beton pada variasi BP-C sebesar 5,92 Mpa, lebih rendah dari beton normal pada umur 28 hari. Dengan demikian Mutu beton tidak mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan yaitu 30 Mpa. 2.)Porositas dan resapan beton berpengaruh pada mutu beton, semakin besar nilai porositas menyebabkan meningkatnya resapan dan menurunnya mutu beton, begitu pula sebaliknya. Hal ini dapat dibuktikan dari hasil penelitian ini bahwa variasi PB-C nilai porositas 21,42% dan nilai resapan 3,91%, diperoleh kuat tekan sebesar 20,48 MPa, sedangkan porositas beton normal 14,70% dan nilai resapan 3,62%, diperoleh

Saran

Beton berpori dengan agregat bergradasi terpisah sebaiknya digunakan untuk bangunan yang ringan atau beton non struktural, hal ini disebabkan karena didapat mutu yang rendah dan sifat beton yang kropos/ berpori, penggunaan *admix ture* perlu digunakan dengan memperhatikan sifat-sifat asli dari unsur-unsur pembentuknya sehingga didapatkan penam bahan yang benar-benar proporsional.

Untuk aspek lain seperti slump perlu dilakukan agar didapatkan beton yang plastis dan memperkecil terjadinya bleeding sesuai dengan fungsi dan tujuan penelitian, sehingga penelitian ini masih perlu dilanjutkan guna mendapatkan hasil yang baik dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1993. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*, Departemen Pekerjaan Umum.
....., 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*,

- Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- ASTM, 1990. *Standard Test Method for Specific Gravity, Absorption, and Void in Hardened Concrete (ASTM C642-90)*. Website : <http://www.astm.org>
- Ardiansyah, Rony., 2007 " *Fly ash Pemanfaatan Dan Kegunaannya PT Riau Pos Intermedia* " @1997-2007, 10 Nopember 2011
- Estutie " *Paving Blok Dengan Campuran Ply Ash Mutu Rendah Hasil Limbah PT. IPMOMI " Kuat Tekan Yang Dihasilkan 41,67 Mpa*. Journal
- Modul., 2001 " *Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi* ", Laboratorium Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Dr Soetomo Surabaya.
- Nugraha Paul, dan Anton., 2007 " *Teknologi Beton, dari Material, Pembuatan ke Beton Mutu Tinggi* " Penerbit Andi Offset.
- Sagel, R., Kole, P. and Kusuma Gideon , " *Pedoman Pengerjaan Beton* " , Erlangga,
- Spesifikasi Bahan Pembuat Beton Menurut Konsep PBI 1988., 1986 " *Seminar Teknologi Beton dalam Rangka Menyambut PBI 1988*. Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik ITS Surabaya.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2834-1993., 1993 " *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal* " Departemen Pekerjaan Umum.
- Standar Industri Indonesia (SII) 0052-80., 1980. " *Mutu Dan Cara Uji Agregat* " Departemen Perindustrian Indonesia.
- Subakti Aman., 1995. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik ITS Surabaya.
- Solikin Ahmad., 2000 " *Studi Pemanfaatan Abu Ampas Tebu (Aat) Sebagai Tambahan Bahan Pengikat (Semen Portland) Dalam Pembuatan Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tekan* ". Skripsi yang tidak dipublikasikan