

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH BATU MARMER SEBAGAI AGREGAT TERHADAP KUAT DESAK BETON

Retnowati Setioningsih

Jurusan/Prodi Teknik Sipil STTNAS Yogyakarta
Jl. Babarsari, Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281
email : rsetioningsih@yahoo.com

ABSTRAK

Constituent materials of concrete consists of aggregate, cement and water. The strength of concrete depends on the constituent material, including aggregate.

Therefore in this study used the waste marble from Tulung Agung as a substitute aggregate. Specimens used in this research were cylindrical concrete (diameter 150 mm dan height 300 mm) with the testing age 3, 7, 14, 28 days, and the number of the test objects were 24 pieces.

The results obtained in this study : concrete KM.PK-100 and KM.PM-100 have unit weight of concrete from 2200 to 2500 kg/m³, so it still includes the normal concrete; and strongly urged an increase in concrete KM.PK-100 and KM.PM-100 at 28 days for 10,91%.

Key words : *aggregates, concrete, marble waste, the unit weight, compressive strength.*

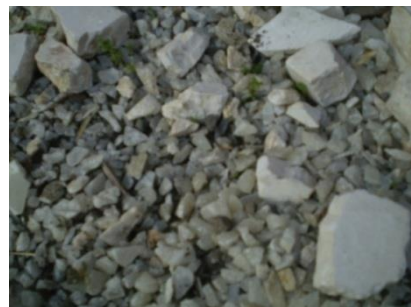
PENDAHULUAN

Hampir di setiap bangunan bahan beton selalu digunakan, baik untuk bangunan gedung, jembatan, jalan raya, dan lain sebagainya. Penggunaan konstruksi beton sebagai komponen struktur yang dominan, tentunya karena pertimbangan-pertimbangan konstruksi beton lebih kuat, awet, murah dan mudah dibentuk sesuai keinginan dibandingkan dengan konstruksi lain, misalnya konstruksi baja.

Perkembangan dunia Teknik Sipil ke depan adalah tidak hanya memandang pada struktur yang kuat saja, akan tetapi saat ini aspek-aspek lainnya seperti aspek arsitektural, ekonomis, efektif dan efisien mulai lebih diperhatikan. Khususnya untuk faktor ekonomis, saat ini sudah mulai banyak berkembang penelitian-penelitian untuk mengungkap kegunaan berbagai macam limbah industri.

Oleh karena itu pada penelitian yang dilakukan digunakan limbah potongan kecil yang dihasilkan dari usaha penggalan marmer (batu pualam) yang terdapat di Besole,

kabupaten Tulung Agung, Jawa Timur. Selama ini pemanfaatan marmer belum dioptimal-kan, bahkan hanya ditumpuk dan dibuang begitu saja. Melihat batu marmer yang keras maka dimungkinkan marmer dapat dimanfaatkan sebagai pengganti material dalam pembuatan beton. Dari hal inilah ingin diteliti seberapa besar kekuatan beton yang menggunakan marmer sebagai pengganti material dalam adukan beton.



Gambar 1. Potongan-potongan Kecil Limbah Marmer

Kekuatan, keawetan dan sifat beton juga tergantung pada sifat bahan dasar penyusunnya, nilai perbandingan bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan.

Kekuatan dari beton antara lain tergantung dari jenis bahan susun yang digunakan diantaranya agregat, maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk melihat : “Kuat Desak Beton Dengan Pemanfaatan Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Dalam Adukan Beton”.

Metode penelitian yang digunakan disesuaikan dengan prosedur, alat serta jenis penelitian sehingga penelitian dapat berjalan dengan sistimatis dan lancar. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. **Tahap perumusan masalah**, tahap ini meliputi perumusan topik penelitian termasuk perumusan serta pembatasan masalah.
- b. **Tahap perumusan teori**, pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap

teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian.

- c. **Tahap perancangan dan pelaksanaan**, perancangan dalam penelitian ini menggunakan cara pe-rencanaan campuran di laboratorium.

Dalam penelitian ini akan dibatasi pada hal-hal sbb :

- 1) Dalam pelaksanaan menggunakan benda uji silinder ukuran 150 mm x 300 mm.
- 2) Semen yang digunakan adalah semen Portland type I.
- 3) Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari kali Krasak dan pecahan limbah marmer dari Tulung Agung yang lolos saringan 10 mm dan tertahan saringan 0,15 mm.
- 4) Agregat kasar digunakan adalah kerikil pecahan limbah marmer dari Tulung Agung yang lolos saringan 40 mm tertahan saringan 10 mm.
- 5) Jumlah total benda uji 24 buah dengan variasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Penggunaan Material dan Jumlah Benda Uji

Kode	Kerikil Marmer (MK)	Pasir		Semen	Air	Pengujian (hari)				Jumlah Benda Uji
		Krasak	Marmer			3	7	14	28	
PK-100	100%	100	0	100%	100%	3	3	3	3	12
PM-100	100%	0	100	100%	100%	3	3	3	3	12

A. Agregat

Menurut Tjokrodinuljo, K. (1996) agregat didefinisikan sebagai material granular misalnya : pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku besi yang di-pakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan. Berdasarkan ukurannya agregat dibedakan menjadi :

- a. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil (agregat kasar), untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm.

- c. Pasir (agregat halus), untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Tingkat kekuatan beton tidak lebih tinggi dari pada kekuatan agregatnya, oleh sebab itu sepanjang kuat desak agregat lebih tinggi dari pada beton yang dihasilkan dari agregat tersebut, maka agregat tersebut masih dianggap cukup kuat. Ada dua sebab yang dapat membuat butir-butir agregat bisa bersifat kurang kuat yaitu, karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel-partikel yang kuat tetapi tidak terikat dengan kuat, jadi

bahan ikatannya yang kurang kuat, menurut Tjokrodinuljo, K. (1996).

B. Batu Marmer

Marmer atau batu pualam terjadi sebagai hasil malihan batu gamping karena suhu dan desakan atau kedua-duanya, strukturnya kompak mempunyai gugusan kristal yang sama dari halus sampai kasar. Marmer dinilai dari segi warna, kuat desak, derajat keausan, hiasan-hiasan yang terdapat didalamnya misalnya: kerang-kerangan, mineral-mineral dan guratan-guratan (Riyanto, B, 1991).

Marmer ditambang secara berteras, pada bukit dibuat lubang dengan mesin bor kemudian diledakkan. Hasil peledakan dipotong-potong dengan gergaji menjadi blok-blok kemudian diangkut ke pabrik. Blok marmer digergaji lagi menjadi lempengan-lempengan dan dipotong dalam berbagai ukuran menurut keperluan, banyak limbah potongan-potongan kecil yang dihasilkan dari industri marmer tersebut. Kandungan kimia pecahan marmer diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Kandungan Kimia Pecahan Marmer

No.	Unsur Kimia	(%)
1	Silikon Dioksida (SiO ₂)	0,13
2	Aluminium Dioksida (AlO ₂)	0,31
3	Feri Oksida (FeO)	0,04
4	Kalsium Oksida (CaO)	55,07
5	Magnesium Oksida (MgO)	0,36
6	Potasium Oksida (K ₂ O)	0,01
7	Sulfur Trioksida (SO ₃)	0,08
8	(lol)	44,00

Sumber : Tjangroe, dkk., Jurnal Desain dan Konstruksi, 2006

C. Semen

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI, 1982) klinker semen *Portland* dibuat dari batu kapur (CaCO₃), tanah liat dan bahan dasar berkadar besi.

D. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan.

E. Pengujian Kuat Desak

Nilai kuat desak beton didapat melalui pengujian standar dengan menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban desak bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton sampai hancur. Kuat desak masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan desak tertinggi yang dicapai benda uji.

Kuat desak beton yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan :

σ = tegangan (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

F. Metode Perancangan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan jumlah masing-masing bahan yang akan digunakan dalam adukan beton. Perencanaan adukan beton dalam penelitian ini buku standar No. SK-SNI-T-15-1990-03 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal.

METODE PENELITIAN

A. Umum

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu penelitian dengan percobaan (eksperimen) langsung yang bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya. Pada penelitian ini dipakai percobaan langsung yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan STTNAS Yogyakarta.

B. Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini meliputi persiapan bahan-bahan dan alat-alat yang digunakan dalam penelitian.

C. Tahap Uji Bahan

Pada tahap ini banyak dilakukan kegiatan baik di dalam maupun diluar laboratorium, secara garis besar tahap uji bahan ini meliputi :

1. Analisis pembagian butiran pemeriksaan pasir
2. Analisis pembagian butiran pemeriksaan kerikil

D. Tahap Pembuatan Benda Uji

1. Perhitungan Campuran Beton
2. Pembuatan Adukan Beton
3. Penuangan Adukan Beton

E. Tahap Perawatan

Setelah 24 jam cetakan silinder dibuka, kemudian dilakukan perawatan beton. Perawatan beton dilakukan untuk menjamin berlangsungnya proses hidrasi semen dengan sempurna, hal ini dapat dilakukan dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Bila hal ini tidak dilakukan beton kurang kuat dan timbul retak-retak.

F. Tahap Pengujian

1. Uji Berat Satuan Beton

Pengujian berat satuan beton dilakukan dengan pengukuran tinggi dan diameternya, kemudian benda uji ditimbang beratnya. Menurut Tjokrodinuljo, K. (1996), berat isi beton dihitung dengan rumus :

$$B_j = \frac{B}{V} = \frac{B}{\frac{1}{4} \times \Pi \times d^2 \times t} \quad (2)$$

dengan :

- B_j = berat isi benda uji, kg/m^3
 V = volume benda uji, m^3
 B = berat benda uji, kg
 d = diameter benda uji, m
 t = tinggi benda uji, m

2. Uji Kuat Desak Beton

Untuk mengetahui kekuatan beton yang telah dibuat, dilakukan pengujian kuat

desak terhadap benda uji. Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum yang diterima dengan luas bidang desak benda uji. Dalam penelitian ini digunakan benda uji berbentuk silinder (diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), kuat desaknya dihitung dengan rumus :

$$f_{cs} = \frac{P_{maks}}{A} = \frac{P_{maks}}{\frac{1}{4} \times \Pi \times d^2} \quad (3)$$

dengan :

f_{cs} = kuat desak karakteristik beton silinder (kg/cm^2)

P_{maks} = beban maksimum (kg)

A = luas silinder beton (cm^2)

d = diameter benda uji (cm^2)

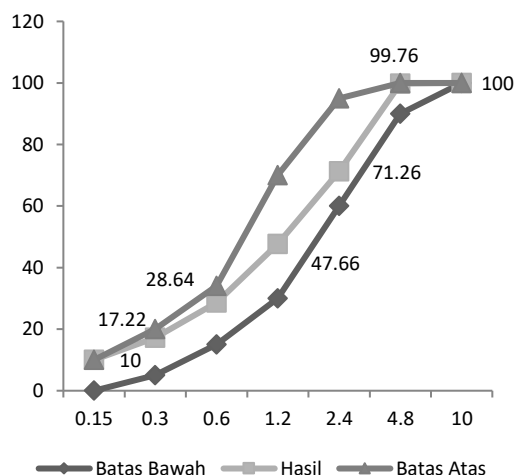
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Gradasi

Analisis gradasi dilakukan terhadap pasir yang berasal dari Kali Krasak (PK) dan Pasir Limbah Marmer (PM) Tulung Agung sedangkan agregat kasar yang digunakan berasal dari Kerikil Limbah Marmer (KM) Tulung Agung.

1. Pemeriksaan Gradasi PM

Hasil pemeriksaan gradasi PM Tulung Agung dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik Gradasi PM

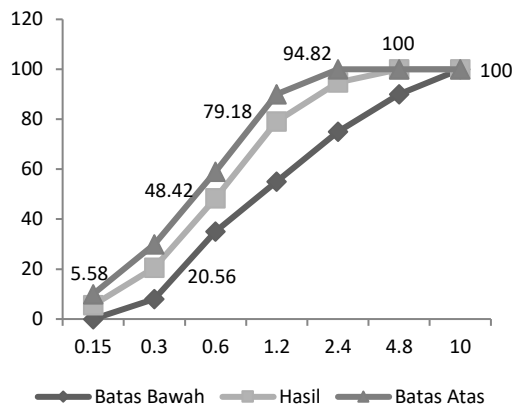
Berdasarkan Gambar 2 di atas maka PM Tulung Agung masuk dalam syarat gradasi zona 1 (pasir kasar) dengan nilai modulus halus butir (mhb) sebagai berikut :

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{325,46}{100} = 3,26$$

Menurut Tjokrodinuljo, K. (1996) suatu agregat masuk dalam kategori agregat halus pada umumnya bila mhb antara 1,5 – 3,8, mhb PM Tulung Agung sebesar 3,26 masih memenuhi syarat sebagai agregat halus.

2. Pemeriksaan Gradasi PK

Hasil pemeriksaan gradasi PK dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Gradasi PK

Berdasarkan Gambar 3 di atas maka PK masuk dalam syarat gradasi zona 2 (pasir agak kasar) dengan nilai modulus halus butir :

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{251,44}{100} = 2,51$$

Menurut Tjokrodinuljo, K. (1996) suatu agregat masuk dalam kategori agregat halus pada umumnya bila mhb antara 1,5 – 3,8, mhb butir PK sebesar 2,51 masih memenuhi syarat sebagai agregat halus.

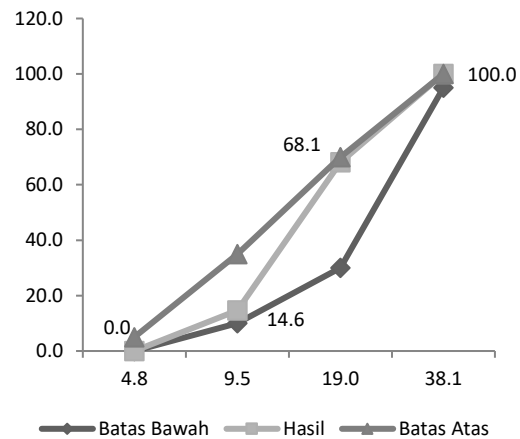
3. Pemeriksaan Gradasi KM

Hasil pemeriksaan gradasi KM Tulung Agung pada Gambar 4 berikut.

Berdasarkan Gambar 4 di atas maka KM Tulung Agung masuk dalam syarat gradasi agregat ukuran butir diameter 40 mm dengan nilai modulus halus butir (mhb) :

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{509,17}{100} = 5,09$$

Menurut Tjokrodinuljo, K. (1996) suatu agregat masuk dalam kategori agregat halus pada umumnya bila mhb antara 5 – 8, mhb KM Tulung Agung sebesar 5,09 masih memenuhi syarat sebagai agregat halus.



Gambar 4. Grafik Gradasi KM

B. Perencanaan Adukan Beton

Kebutuhan Material untuk proporsi campuran beton pada penelitian ini tiap 1 silinder dapat dilihat pada Tabel 3 berikut. Untuk agregat halus digunakan Pasir Krasak dan Pasir Limbah Marmer dengan jumlah takaran yang sama untuk tiap silinder beton yang dibuat.

Tabel 3. Kebutuhan Material

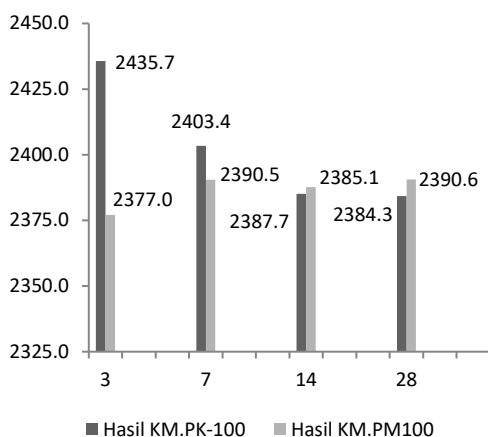
Volume	Berat Total (kg)	Air (ltr)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	KM (kg)
1 m ³	2340	189,9	590,67	623,77	935,66
1 silinder	4,89	0,40	1,24	1,30	1,96

C. Pengujian Berat Satuan Beton

Untuk mengetahui berat satuan beton menggunakan Rumus 2 dan hasil pengujian berat satuan beton dapat dilihat pada Gambar 5.

Menurut SNI 03-2847-2002 beton normal adalah beton yang mempunyai berat satuan 2200 kg/m³ sampai 2500 kg/m³ dan dibuat menggunakan agregat alam yang

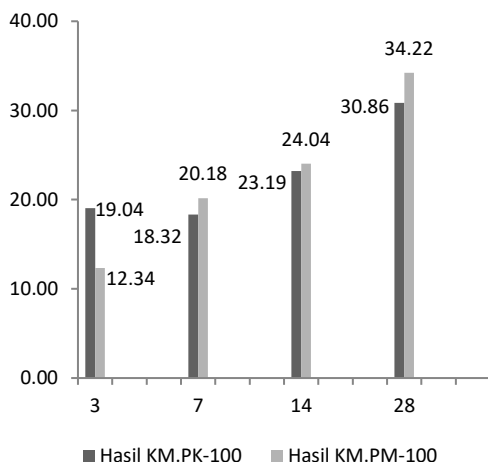
dipecah atau tanpa dipecah. Berdasarkan hasil yang diperoleh berat satuan dengan menggunakan KM.PK-100 menghasilkan berat isi yang berkisar antara 2300 kg/m^3 dan 2500 kg/m^3 , sehingga masih termasuk beton normal. Sedangkan KM.PM-100 menghasilkan berat isi yang berkisar antara 2300 kg/m^3 dan 2400 kg/m^3 , sehingga masih juga termasuk beton normal.



Gambar 5. Hasil Uji Berat Satuan Beton

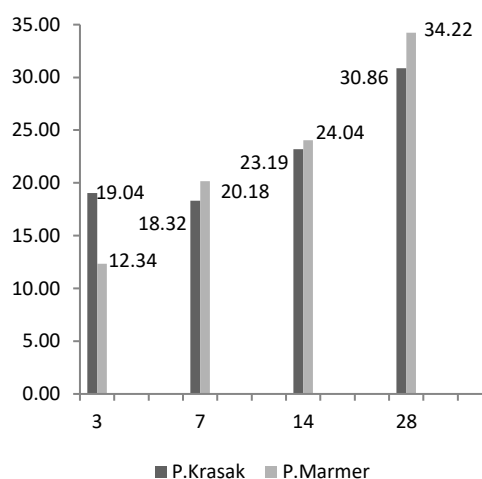
D. Pengujian Kuat Desak Beton

Salah satu cara untuk mengendalikan mutu beton adalah dengan menguji desak terhadap benda uji tersebut. Untuk mengetahui kuat desak beton menggunakan Rumus 3 dan hasil pengujian kuat desak beton dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Uji Kuat Desak Beton

Dari hasil kuat desak tersebut kemudian di rata-rata dan disajikan hasilnya pada Gambar 6. Dapat dilihat bahwa kuat desak beton dengan menggunakan MK-PM-100 dari umur 7 hari sampai dengan 28 hari mempunyai kuat desak yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton yang menggunakan MK.PK100 hanya pada umur 3 hari kuat desak beton dengan MK.PK-100 lebih tinggi, hal tersebut menunjukkan pada umur 3 hari kemungkinan kuat desak betonnya belum stabil.



Gambar 7. Hasil Uji Kuat Desak Beton Pada Umur 28 Hari

Dari Gambar 7 tersebut terlihat bahwa beton yang menggunakan KM.PM-100 menghasilkan kuat desak yang lebih tinggi dibanding dengan beton yang menggunakan KM.PK-100 dengan peningkatan kuat desak pada umur 28 hari sebesar 10,91 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa Pasir Limbah Marmer materialnya lebih keras dibanding dengan Pasir Kali Krasak.

KESIMPULAN

1. Pasir Kali Krasak masuk dalam zona gradasi 2 yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir sebesar 2,51. Pasir Limbah Marmer Tulung Agung masuk dalam zona gradasi 1 yaitu pasir kasar

dengan modulus halus butir sebesar 3,26. Keduanya masih memenuhi syarat sebagai agregat halus.

2. Kerikil Limbah Marmer Tulung Agung masuk dalam syarat gradasi agregat ukuran butir diameter 40 mm dengan modulus halus butir sebesar 5,09 masih memenuhi syarat sebagai agregat kasar.
3. Berdasarkan hasil analisis perhitungan berat satuan beton yang dihasilkan baik yang menggunakan KM.PK-100 ataupun KM.PM-100 Tulung Agung termasuk beton normal yaitu antara 2200 – 2500 kg/m³.
4. Kuat desak beton yang menggunakan KM.PK-100 berturut-turut umur 3, 7, 14, 28 hari menghasilkan kuat desak sebesar 19,04 MPa; 18,32 MPa; 23,19 MPa dan 30,86 MPa.
5. Kuat desak beton yang menggunakan KM.PM-100 berturut-turut umur 3, 7, 14, 28 hari sebesar menghasilkan kuat desak 12,34 MPa; 20,18 MPa; 24,04 MPa dan 34,22 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1985, **Peraturan Umum Untuk Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)**, Departemen Pekerjaan Umum, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Bandung.
- Anonim, 2002, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**, BSN.
- Anonim, 1991, **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Standar SK SNI T-15-1991-03)**, Yayasan LPMB, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Riyanto, B., 1991, **Pedoman Kuliah Geologi Ekonomi**, Fakultas Teknik Geologi UPN "Veteran", Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, **Teknologi Beton**, Pusat Antar Universitas, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjangroe, dkk., Juni 2006, *Pecahan Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar Self Compacting Concrete (SCC)*, **Jurnal Desain dan Konstruksi**, Vol. 5, No. 1.
- Wang and Salmon, 1985, **Desain Beton Bertulang**, alih bahasa Hariandja, B., Erlangga, Jakarta.