

PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON NORMAL DAN BETON DENGAN BAHAN *ADDITIVE SILICA FUME* ANTARA UJI *NON DESTRUCTIVE* DENGAN UJI *DESTRUCTIVE* (SUATU PENELITIAN BETON DENGAN FAKTOR AIR SEMEN 0,45 ; 0,50 DAN 0,55)

Mohammad Ali Akoeb

Staf Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

Abstract: Purpose of this riset was to determine the value of concrete compressive strength ratio between non-destructive testing of ultra-sonic test method and hammer test with a destructive test is a standard charge of testing. The samples used in the form of a standard cube size 15 cm x 15 cm x 15 cm of 72 specimens consisting of 36 specimens of normal Concrete and 36 specimens for concrete with the addition of silica fume as much as 9% by weight of cement. Tests conducted on the compressive strength of concrete cube specimens with FAS (Factor Air Cement) variation 0.45, 0.50, and 0.55. Specimens tested at ages 7, 14, and 28 days with the three methods of testing. The result showed that the compressive strength of normal concrete in FAS 0.45 for ultra-sonic testing and hammer tests compared with standard tests have an average ratio value β_1 (β ultrasonic) of 1.079 and β_2 (β Hammer) of 0.555 in fas 0, 50, the average ratio value β_1 (β ultrasonic) obtained at 0.956 and β_2 (β Hammer) equal to 0.592. At 0.55 fas obtained an average ratio value β_1 (β ultrasonic) of 1.586 and β_2 (β Hammer) equal to 0.74. While the strength of concrete with the addition of silica fume on fas 0.45 for ultrasonic testing and Hammer compared with a standard load test has an average ratio value β_1 (β ultrasonic) and 1.02 for β_2 (β Hammer) equal to 0.726. In fas 0.5 average ratio value β_1 (β ultrasonic) obtained at 1.026 and β_2 (β Hammer) of 0.690. At 0.55 fas obtained an average ratio value β_1 (β ultrasonic) of 1.102 and β_2 (β Hammer) of 0.83.

Keywords : Ultrasonic Test, Hammer Test, Non Destructive Test, Destructive Test, Compressive Strength of Concrete, Silica Fume.

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai perbandingan kuat tekan beton antara uji non destructive berupa metode ultrasonik test dan hammer test dengan uji *destructive* yaitu pengujian pembebanan standar. Benda uji yang digunakan berupa kubus standar ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, sejumlah 72 buah benda uji yaitu 36 benda uji untuk beton normal dan 36 benda uji untuk beton dengan tambahan silica fume sebanyak 9 % dari berat semen. Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji kubus beton dengan variasi faktor air semen dan umur benda uji. Benda uji kubus beton untuk faktor air semen 0,45 ; 0,50 dan 0,55 diuji pada saat benda uji berumur 7, 14 dan 28 hari dengan ketiga metode pengujian. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton normal pada FAS 0,45 untuk pengujian ultrasonik dan hammer dibandingkan dengan pengujian pembebanan standar mempunyai nilai perbandingan rata-rata β_1 (β ultrasonic) sebesar 1,079 dan β_2 (β hammer) sebesar 0,555. Pada FAS 0,50, nilai perbandingan rata-rata β_1 (β ultrasonic) yang diperoleh sebesar 0,956 dan β_2 (β hammer) sebesar 0,592. Pada FAS 0,55 diperoleh nilai perbandingan rata-rata β_1 (β ultrasonic) sebesar 1,586 dan β_2 (β hammer) sebesar 0,740. Sedangkan kuat tekan beton additive silica fume pada FAS 0,45 untuk pengujian ultrasonik dan hammer dibandingkan dengan pengujian pembebanan standar mempunyai nilai perbandingan rata-rata β_1 (β ultrasonic) sebesar 1,020 dan β_2 (β hammer) sebesar 0,726. Pada FAS 0,50, nilai perbandingan rata-rata β_1 (β ultrasonic) yang diperoleh sebesar 1,026 dan β_2 (β hammer) sebesar 0,690. Pada FAS 0,55 diperoleh nilai perbandingan rata-rata β_1 (β ultrasonic) sebesar 1,102 dan β_2 (β hammer) sebesar 0,803.

Kata kunci : ultrasonic test, hammer test, non destructive test, destructive test, kuat tekan beton, silica fume.

Bencana Gempa dan diikuti Gelombang Tsunami yang terjadi tanggal 26 Desember 2004 di wilayah pantai barat dan utara Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam dengan kekuatan 6,8 SR (*BMG*) atau 8,9 SR (*US Geological Survey*) telah mengakibatkan rusaknya infra struktur di bidang konstruksi sehingga muncul berbagai masalah dalam pelayanan publik yaitu lumpuhnya transportasi darat daerah pesisir pantai barat dan utara, tidak berfungsinya instansi pemerintahan dengan optimal karena gedung-gedungnya hancur/rusak dan meningkatnya kebutuhan pembangunan perumahan bagi penduduk yang kehilangan tempat tinggal.

Pasca bencana, pemerintah beserta LSM/NGO yang datang ke Nanggroe Aceh Darussalam mengambil kebijakan untuk memberikan bantuan berupa perbaikan di berbagai bidang konstruksi, terutama bantuan perumahan dan perbaikan gedung-gedung yang rusak akibat gempa dan gelombang tsunami. Untuk itu, dibutuhkan suatu *quality control* agar kualitas dari pelaksanaan konstruksi tersebut benar-benar terjamin sehingga dapat memberikan pelayanan yang terbaik bagi pihak yang membutuhkan. *Quality control* yang dilakukan berupa pemeriksaan terhadap mutu beton pada bangunan-bangunan yang sudah ada dengan mendapatkan nilai kuat tekan dari beton tersebut. Nilai kuat tekan ini, bisa diperoleh dengan berbagai macam metode pengujian baik untuk pengujian yang tidak merusak struktur beton (*non destructive*) maupun untuk pengujian merusak

(*destructive*).

Penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana perbandingan kuat tekan antara uji *non destructive* berupa metode *Ultrasonic Test* dan *Hammer Test* dengan uji *destructive* yaitu pengujian tekan terhadap benda uji kubus berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm.

KAJIAN PUSTAKA

Bahan tambahan mineral berupa *silica fume* merupakan bahan sisa hasil pembuatan produksi *silicon* dan *ferro silicon*, yang terdiri dari bahan *amorphous silico* serta merupakan bahan *spherical* yang sangat lembut. *Silica fume* merupakan hasil produksi sampingan dari reduksi Quarsa murni (SiO_2) dengan batu bara di tanur listrik dalam pembuatan campuran *silicon* dan *ferro silicon*. Menurut ASTM-C.1240-95, *silica fume* merupakan bahan yang mengandung SiO_2 lebih besar dari 85 % dan merupakan bahan yang sangat halus, berbentuk bulat yang berdiameter 1/100 diameter semen (Subakti, 1990 : 251).

Menurut Neville (1999:86), keuntungan dari *additive silica fume* antara lain adalah mengurangi perembesan dan meningkatkan kohesi campuran. Lebih jauh lagi, kegunaan *silica fume* adalah untuk memproduksi beton dengan kekuatan awal yang tinggi. Efek-efek yang menguntungkan dari *silica fume* tidak terbatas hanya pada sifat pozzolannya. Ada juga pengaruh fisik dari kemampuan partikel *silica fume* yang halus untuk menempati ruang yang sangat rapat dengan partikel agregat, yaitu pada bidang pemisah antara agregat dengan adonan semen.

Selain *additive silica fume*, dalam campuran adukan beton juga digunakan admixture superplasticiser. Hal ini dimaksudkan untuk menggantikan sejumlah air pada campuran beton sehingga dapat meningkatkan kelecakan agar adukan beton lebih mudah dikerjakan.

Fungsi utama dari *superplasticizer* adalah membuat beton yang cukup kaku dengan slump rendah sesuai dengan kemampuan pengecoran dan pemadatan yang dikehendaki tanpa menambah jumlah air, selain itu dapat mengurangi penyusutan beton, meningkatkan *surface finishing*, mengurangi permeabilitas, meningkatkan kekuatan dan mempermudah pengerjaan (*workability*), dan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi yang diinginkan dan mempercepat waktu pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Penggunaan *superplasticizer* dapat mengurangi air hingga 5-30%, sehingga faktor air semen kecil dan dapat mencapai 0,25-0,4, kondisi nilai perbandingan air semen yang rendah memberikan efek pengurangan jumlah pori sekaligus meningkatkan kekuatan beton (Subakti, 1990 : 70).

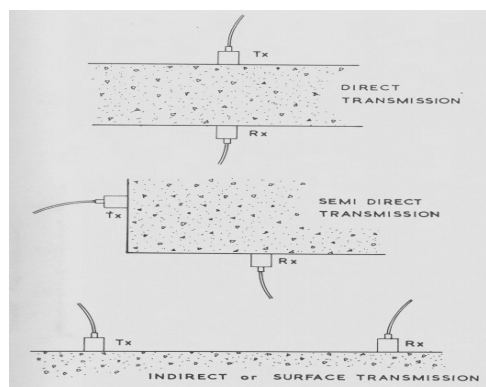
Non Destructive Test

a. Ultrasonic Test

Menurut Syafei Amri (2005:176), suara dapat merambat pada semua jenis benda seperti benda padat, gas dan benda cair. Kecepatan rambatan suara ditentukan oleh massa dari benda dan jarak yang ditempuhnya,

di mana semakin padat suatu benda akan merambatkan gelombang suara lebih cepat. Dengan prinsip rambatan suara ini, kerapatan massa beton dapat diketahui dan oleh para ahli telah ditemukan suatu alat yang dapat mengukur kerapatan massa beton yang disebut Alat Uji Pulsa Ultrasonik atau disingkat dengan pengujian ultrasonik (UVP -Test).

Pengukuran kecepatan gelombang dengan *Ultrasonic Test* dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu langsung (*direct*), semi langsung (*semi direct*), dan tidak langsung atau tegangan permukaan (*indirect/surface tension*), seperti Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1 Metode Pengujian ultrasonik
Sumber : PUNDIT 6 Operating Manual

Kecepatan rambat gelombang ultrasonik yang dihasilkan oleh transduser dihitung dengan Persamaan yang dikutip dari PUNDIT 6 Operating Manual, berikut ini :

$$V = \frac{L}{T} (cm / \mu sec) \dots\dots\dots(1)$$

di mana:

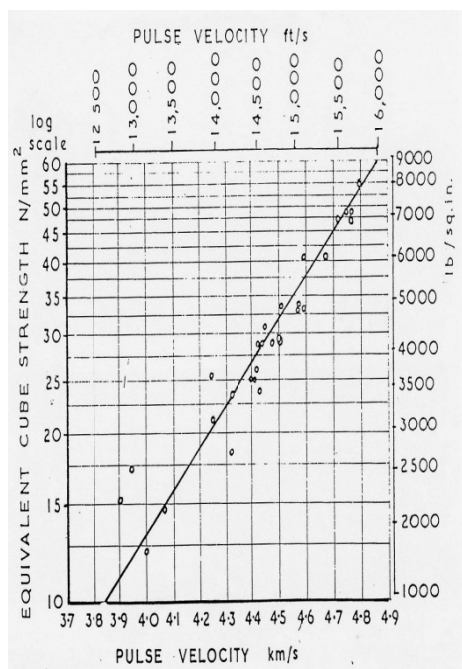
V : Kecepatan rambat gelombang (cm/μsec)

L : Jarak rambatan (cm)

T : Waktu tempuh rambat gelombang (μsec)

Grafik hubungan cepat rambat

gelombang ultrasonik dengan kuat tekan beton diperlihatkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Gelombang Ultrasonik
Sumber : PUNDIT 6 Operating Manual

Menurut Syafei Amri (2005:173), bila suatu benda dilemparkan pada permukaan benda yang lain, maka benda yang dilemparkan akan memantul kembali. Efek pantulan yang ditimbulkan tergantung pada sifat kekerasan benda yang dilemparkan dan juga sifat kekerasan serta tekstur permukaan benda yang terkena lemparan. Dengan mengetahui berat benda yang dilempar dan sifat permukaan yang terkena lemparan, maka dapat dihitung berapa tinggi pantulan yang akan terjadi. Dengan prinsip ini, maka telah dapat diciptakan suatu alat yang dapat menguji kekerasan beton. Alat ini sangat banyak digunakan dalam bidang pekerjaan beton untuk keperluan pengendalian mutu. Dari berbagai alat sejenis, alat yang diciptakan oleh

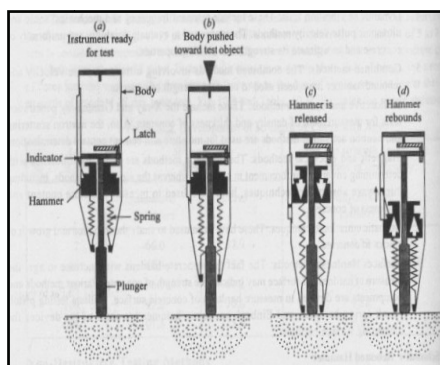
Ernest Schmidt adalah yang paling banyak digunakan dan dikenal dengan nama *Schmidt Concrete Hammer* atau palu beton Schmidt.

Alat *Concrete Test Hammer* ini, ada dua tipe/model, yaitu:

Model N dan L, dimana setelah setiap pukulan, nilai pantulan ditunjukkan oleh jarum petunjuk yang terdapat pada alat.

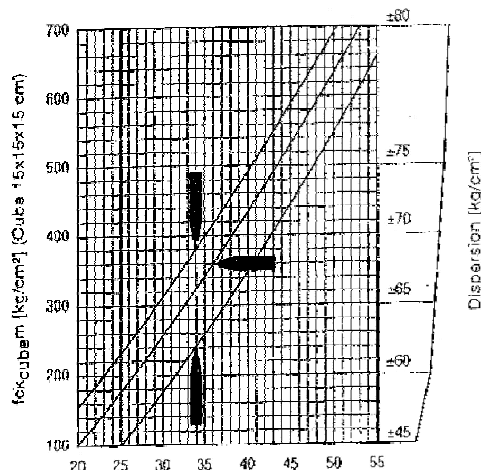
Model NR dan LR, dimana nilai pantulan secara otomatis terdaftar pada kertas pencatatnya. Alat ini memungkinkan untuk mencatat 4000 pengujian pada setiap gulungannya.

Pada penelitian ini, pengujian *Hammer Test* dilakukan dengan menggunakan alat *Concrete Test Hammer* model N/L. British Standard 1881 (BS) dan ASTM C805 (1996) memberikan suatu prosedur pengujian beton menggunakan *Hammer Test* beserta daftar/tabel kalibrasi tegangan permukaan menjadi kekuatan tekan beton. Prinsip pengujian *Hammer Test* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Prinsip Pengujian Hammer
Sumber : Shetty, 2002

Grafik hubungan data pengujian hammer dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut



Gambar 4 Grafik Hubungan Data Pengujian Hammer dan Kuat Tekan
Sumber : Manual Alat Hammer

b. Destructive Test

Metode *destructive* (merusak) yang dilakukan yaitu uji pembebanan dengan mesin tekan (*Compression Loading Machine*) bermerek Ton Industries No.2547/14/1970 berkapasitas 100 ton buatan pabrik manheim, Jerman.

Anonim (1971), menyatakan kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$f'_c = \frac{P_{Maks}}{A} \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

f'_c : kuat tekan yang timbul (kg/cm^2);

P_{Maks} : beban yang bekerja (kg); dan

A : luas penampang (cm^2).

METODE PENELITIAN

Pembuatan Benda Uji Beton

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen Portland tipe I produksi PT. Semen Padang, agregat halus dan agregat kasar yang diperoleh dari sungai Krueng Aceh, air yang berasal dari Laboratorium Konstruksi dan Bahan

Bangunan Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, serta *silica fume* sebagai *additive* dan *admixture superplasticiser* untuk mempermudah pengerjaan dan pematatan beton.

Bahan tambahan yang dipakai pada penelitian ini adalah pozzolan buatan dari *silica fume* atau disebut dengan *Sika Fume* yang berasal dari produksi PT. Sika Indonesia dan *superplasticiser* (*conplast SP337*) produksi PT. Fosroc Indonesia.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton adalah:

1. Alat *Ultrasonic Test* yang terdiri dari pembangkit pulsa elektrik (*electric pulse generator*), alat pengubah sinyal (*transducers*), sirkuit untuk mengukur waktu rambat (*amplifier*), dan alat pembuat nol pada layar;
2. Alat *Hammer Test*, berupa alat *Concrete Test Hammer* type N/L; dan
3. Mesin *Compression Test* (pengujian kuat tekan) kapasitas 100 ton.

Peralatan lain yang digunakan adalah cetakan benda uji kubus berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, timbangan, oven, pengaduk beton (molen), satu set saringan buatan Maruto Jepang yang mendekati sama dengan ukuran saringan standar ASTM, airmeter, dan alat-alat pendukung lain yang diperlukan.

Perencanaan campuran (*mix design*) didasarkan pada metode *American Concrete Institute* (ACI) 211.1-91 untuk beton normal dan *American Concrete Institute* (ACI) 211.4R-93 untuk beton *additive silica fume*. Faktor air semen untuk rancangan beton

adalah 0,45; 0,50 dan 0,55, dengan *slump* rencana antara 7,5–10 cm dan ukuran agregat kasar maksimum adalah lolos saringan 25,4 mm. Komposisi penambahan *silica fume* adalah 9% dari berat semen dan penambahan *superplasticiser* sebanyak 0,7 liter/100 kg semen.

Benda uji yang dibuat berbentuk kubus dengan ukuran (15 x 15 x 15) cm³. Jumlah benda uji yang dibuat untuk setiap perlakuan adalah 4 buah benda uji. Banyaknya benda uji seluruhnya yang dibuat adalah 72 buah, yaitu 36 buah benda uji untuk beton normal dan 36 buah benda uji untuk beton *additive silica fume*.

Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji di dalam air sesuai dengan umur pengujian yaitu selama 7, 14 dan 28 hari. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghindari terjadinya penyusutan beton secara mendadak. Perawatan tersebut dilakukan baik pada benda uji beton normal maupun benda uji beton *additive silica fume*. Variasi perlakuan terhadap benda uji diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1 Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Beton Normal

FAS	Umur Beton			Jumlah
	7	14	28	
0,45	X ₁₁₁	X ₁₂₁	X ₁₃₁	12
	X ₁₁₂	X ₁₂₁	X ₁₃₂	
	X ₁₁₃	X ₁₂₃	X ₁₃₃	
	X ₁₁₄	X ₁₂₄	X ₁₃₄	
0,50	X ₂₁₁	X ₂₂₁	X ₂₃₁	12
	X ₂₁₂	X ₂₂₂	X ₂₃₂	
	X ₂₁₃	X ₂₂₃	X ₂₃₃	
	X ₂₁₄	X ₂₂₄	X ₂₃₄	
0,55	X ₃₁₁	X ₃₂₁	X ₃₃₁	12
	X ₃₁₂	X ₃₂₂	X ₃₃₂	
	X ₃₁₃	X ₃₂₃	X ₃₃₃	
	X ₃₁₄	X ₃₂₄	X ₃₃₄	
Jumlah				36

Tabel 2 Data Pengujian Kuat Tekan Beton Additive Silica Fume

FAS	Umur Beton			Jumlah
	7	14	28	
0,45	Y ₁₁₁	Y ₁₂₃	Y ₁₃₁	12
	Y ₁₁₂	Y ₁₂₁	Y ₁₃₂	
	Y ₁₁₃	Y ₁₂₃	Y ₁₃₃	
	Y ₁₁₄	Y ₁₂₄	Y ₁₃₄	
0,50	Y ₂₁₁	Y ₂₂₁	Y ₂₃₁	12
	Y ₂₁₂	Y ₂₂₂	Y ₂₃₂	
	Y ₂₁₃	Y ₂₂₃	Y ₂₃₃	
	Y ₂₁₄	Y ₂₂₄	Y ₂₃₄	
0,55	Y ₃₁₁	Y ₃₂₁	Y ₃₃₁	12
	Y ₃₁₂	Y ₃₂₂	Y ₃₃₂	
	Y ₃₁₃	Y ₃₂₃	Y ₃₃₃	
	Y ₃₁₄	Y ₃₂₄	Y ₃₃₄	
Jumlah				36

Pengujian Kuat Tekan Beton

Sebelum proses pengujian dilakukan, benda uji dikeluarkan dari lingkungan perawatan dan dibiarkan selama 24 jam. Pengujian kuat tekan terhadap benda uji dilakukan pada saat benda uji berumur 7, 14, dan 28 hari untuk masing-masing FAS. Sebelum pengujian, benda uji ditimbang beratnya dan diukur dimensinya. Pengujian terhadap benda uji dilakukan melalui 3 tahap yaitu *Ultrasonic Test* (UT), *Hammer Test* (HT), dan *Compression Test* (CT).

Pada pengujian ultrasonik, pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap penampang benda uji kubus dan dilakukan dengan cara langsung (*direct*). Sebelum dilakukan pengujian, penampang kubus dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel dan diratakan permukaannya, karena apabila terdapat cacat pada permukaan maka kecepatan rambat gelombang akan menurun dan dapat mempengaruhi waktu tempuh rambat gelombang. Pada permukaan kedua transduser diberi gemuk (*grease*) agar

pengujian tidak terganggu, begitu pula pada permukaan *tin of couplant* ketika akan mengkalibrasikan alat PUNDIT.

Sebelum digunakan alat PUNDIT terlebih dahulu dikalibrasi dengan menggunakan *tin of couplant*. Kalibrasi ini dilakukan dengan menyatukan kedua transduser pada *tin of couplant*, sehingga didapatkan angka kalibrasi sebesar 25,4 μ . Apabila angka pada layar belum mencapai atau melewati 25,4, maka dilakukan pengesetan dengan cara memutar tombol Set Ref ke kiri atau ke kanan. Selanjutnya, untuk menentukan koreksi nol dilakukan dengan menyatukan kedua transduser sampai angka yang tertera pada layar menunjukkan angka nol. Setelah penentuan koreksi kalibrasi dan koreksi nol selesai, maka pengujian dilakukan dengan menyentuh transduser secara langsung (*direct*) di kedua sisi kubus sehingga akan didapatkan nilai waktu tempuh rambat gelombangnya. Apabila setiap benda uji dilakukan 5 kali pengujian pada setiap sisi penampangnya, maka penentuan koreksi nol juga dilakukan sebanyak 5 kali.

Berdasarkan data yang dihasilkan pada layar PUNDIT berupa nilai waktu tempuh gelombang (T), maka kecepatan rambat gelombang dapat dihitung dengan Persamaan 1. Kemudian dengan menggunakan Gambar 2 Akan diperoleh nilai kuat tekan betonnya.

Bentuk alat pengujian ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Bentuk Alat Pengujian Ultrasonik

Pengujian hammer dilakukan setelah pengujian ultrasonik selesai. Informasi yang diberikan untuk pengujian Hammer adalah kekerasan permukaan beton. Sebelum dilakukan pengujian permukaan atas dan bawah benda uji dibuat garis-garis (grid) yang berbentuk kotak-kotak dan pada kotak tersebut diberi titik-titik pengujian agar hasil pantulan hammer yang didapatkan merata pada permukaan benda uji. Pengujian ini dilakukan sebanyak 13 kali secara vertikal untuk setiap penampang atas dan penampang bawah kubus. Jadi untuk setiap benda uji dilakukan dua puluh enam kali pembacaan. Secara singkat cara pengujiannya dapat diuraikan sebagai berikut:

Tongkat penusuk yang terdapat pada alat ini ditusukkan pada permukaan beton yang akan diuji, kemudian per pengontrol palu dilepaskan. Palu yang dilepaskan akan memukul pangkal tongkat, lalu membentur permukaan beton. Akibat benturan, tongkat pemukul akan memantul kembali. Pada tongkat dipasangkan jarum petunjuk yang dapat dibaca efek pantulannya. Angka yang dibaca pada alat akan dikonversikan dengan grafik yang terdapat dibelakang hammer. Hasil akhirnya merupakan nilai kuat tekan benda uji.

Bentuk alat pengujiannya dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 6 Bentuk Alat Uji Hammer

Setelah pengujian Ultrasonik dan hammer selesai, selanjutnya dilakukan Pengujian pembebanan (*Compression Test*) untuk mendapatkan kuat tekan dengan menggunakan mesin uji tekan bermerek Ton Industrie No.2547/14/1970 berkapasitas 100 ton buatan pabrik Manheim, Jerman.

Pengujian tekan kubus dilakukan dengan cara meletakkan benda uji kubus pada pelat landasan mesin uji pembebanan, selanjutnya diberi beban arah vertikal secara perlahan. Pembacaan dihentikan setelah jarum pembebanan turun yang menyatakan bahwa pembebanan telah mencapai maksimum. Besarnya kuat tekan beton dihitung dengan Persamaan 2. Bentuk penempatan benda uji dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini :



Gambar 7 Pengujian Pembebanan standar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Komposisi Campuran Beton

Perhitungan rancangan campuran beton berdasarkan ACI Standard 211.1-91 Anonim (1991) untuk beton normal dan ACI Standard 211.4R-93 Anonim (1993). Hasil perhitungan rancangan campuran beton yang menghasilkan komposisi material untuk 1 m³ beton diperlihatkan pada tabel 3, tabel 4 dan tabel 5 berikut.

Tabel 3 Komposisi Campuran 1 m³ Beton untuk Faktor Air Semen 0,45.

Material	Berat Material (kg)	
	Beton Normal	Beton Additive Silica Fume
- Air	192,616	175,561
- Semen	428,036	390,137
- Kerikil	1084,068	1248,389
- Pasir kasar	105,027	87,544
- Pasir halus	571,214	476,126
- Silica fume	-	35,112
- Superplasticiser	-	2,731

Tabel 4 Komposisi Campuran 1 m³ Beton untuk Faktor Air Semen 0,50.

Material	Berat Material (kg)	
	Beton Normal	Beton Additive Silica Fume
- Air	192,616	175,561
- Semen	385,232	351,123
- Kerikil	1084,068	1248,389
- Pasir kasar	111,675	92,379
- Pasir halus	607,369	502,422
- Silica fume	-	31,601
- Superplasticiser	-	2,458

Tabel 5 Komposisi Campuran 1 m³ Beton untuk Faktor Air Semen 0,55.

Material	Berat Material (kg)	
	Beton Normal	Beton Additive Silica Fume
- Air	192,616	175,561
- Semen	350,211	319,203
- Kerikil	1084,068	1248,389
- Pasir kasar	117,114	96,335
- Pasir halus	636,951	523,938
- Silica fume	-	28,728
- Superplasticiser	-	2,324

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kekuatan tekan kubus beton dilakukan pada saat beton mencapai umur yang direncanakan pada masing-masing benda uji yang sebelumnya telah ditimbang beratnya. Pengujian kuat tekan yang pertama dilakukan adalah pengujian dengan metode ultrasonik, setelah seluruh benda uji diuji dengan cara ini lalu dilanjutkan dengan metode hammer. Kemudian baru dilakukan pengujian tekan. Data kekuatan tekan yang diperoleh dari hasil pengujian tekan benda uji selanjutnya diseleksi dengan statistik.

Hasil seleksi data dari 72 sampel pengujian kuat tekan dengan setiap metode pengujian yaitu:

1. Untuk pengujian ultrasonik diperoleh kumpulan data dengan klasifikasi 'sangat baik' 3 benda uji beton normal, klasifikasi 'baik' 6 benda uji untuk beton Normal dan 4 benda uji untuk beton *Additive Silica Fume*. klasifikasi 'sedang' 3 benda uji untuk beton normal dan 4 benda uji untuk beton *additive silica fume*, klasifikasi 'kurang baik' 15 benda uji untuk beton normal dan 28 benda uji

untuk beton *additive silica fume*.

2. Untuk pengujian hammer diperoleh kumpulan data dengan klasifikasi 'sangat baik' 4 benda uji untuk beton normal dan 12 benda uji untuk beton *additive silica fume*, klasifikasi 'baik' 4 benda uji untuk beton normal dan 8 benda uji untuk beton *additive silica fume*, klasifikasi 'sedang' 16 benda uji untuk beton normal dan 16 benda uji untuk beton *additive silica fume*, klasifikasi 'kurang baik' 12 benda uji untuk beton normal.
3. Untuk pengujian pembebanan diperoleh kumpulan data dengan klasifikasi 'sangat baik' 8 benda uji untuk beton normal dan 12 benda uji untuk beton *additive silica fume*, klasifikasi 'baik' 4 benda uji untuk beton normal, klasifikasi 'sedang' 12 benda uji untuk beton normal dan 6 benda uji untuk beton *additive silica fume*, klasifikasi 'kurang baik' 12 benda uji untuk beton normal dan 9 benda uji untuk beton *additive silica fume*.

Perbandingan kuat tekan beton yang diperoleh antara uji *non destructive* dengan uji *destructive* dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7 berikut.

Tabel 6. Nilai Kuat Tekan Beton Normal

FAS Dan Umur Benda Uji	Kuat Tekan Beton		
	Uji Ultrasonik	Uji Hammer	Uji Pembebanan
0,45	7	256,424	123,561
		257,778	
		199,115	161,517
		311,111	
	14	286,357	151,212
		266,667	
		-	150,605
		248,889	
		247,299	146,724
			271,111
		389,906	173,119
			320,000

FAS Dan Umur Benda Uji		Kuat Tekan Beton		
		Uji Ultrasonik	Uji Hammer	Uji Pembebanan
0,50		286,687	154,222	293,333
		-	158,199	240,000
		394,524	161,708	257,778
		357,039	161,812	277,778
	28	338,948	194,958	328,889
		-	166,455	337,778
		383,809	174,500	355,556
		392,889	190,598	337,778
		371,882	181,628	340,000
	7	175,710	151,145	204,444
		-	117,012	222,222
		198,230	137,128	213,333
		189,045	143,055	217,778
0,55	14	-	131,724	284,444
		273,254	155,501	240,000
		240,008	143,202	240,000
		255,214	169,865	257,778
		256,159	150,073	255,556
	28	290,913	160,826	311,111
		259,182	169,458	337,778
		-	178,355	302,222
		338,217	171,376	302,222
		296,104	170,004	313,333
	7	181,111	111,568	240,000
		177,835	100,493	200,000
		-	123,605	200,000
		192,731	105,036	213,333
0,55	14	183,892	110,175	213,333
		248,267	111,256	222,222
		-	117,946	248,889
		272,391	110,445	204,444
	28	217,402	132,062	213,333
		246,020	117,927	222,222
		-	162,889	240,000
		236,965	161,485	257,778
	7	338,986	145,059	293,333
		282,004	131,521	177,778
		285,985	150,238	242,222

Tabel 7. Nilai Kuat Tekan Beton *Additive Silica Fume (1/2)*

FAS dan Umur Benda Uji		Kuat Tekan Beton		
		Uji Ultrasonik	Uji Hammer	Uji Pembebanan
0,45	7	192,026	173,020	235,556
		221,932	178,020	280,000
		185,971	158,469	-
		282,401	178,784	200,000
	14	220,582	172,073	238,519
		266,927	206,869	284,444
		282,441	201,802	266,667
		281,674	218,336	284,444
	28	178,392	206,509	-
		252,358	208,379	278,519
		340,350	232,861	328,889
		353,695	226,750	355,556
0,50	7	386,485	226,212	337,778
		351,447	215,511	-
		357,994	225,333	340,741
		178,473	170,318	275,556
	14	144,812	140,476	-
		242,010	175,013	173,333
		271,202	161,365	240,000
		209,124	161,793	229,630
	28	284,686	202,013	266,667
		144,772	171,560	-
		185,715	178,875	284,444
		277,070	173,785	271,111
0,50	14	223,061	181,558	274,074
		374,670	199,892	-
		367,402	201,364	311,111
		313,711	196,818	328,889
	28	357,507	192,738	302,222
		353,323	197,703	314,074
		171,695	150,530	151,111
	7	138,149	129,015	177,778
		152,341	146,607	-
		206,342	153,677	168,889
		167,132	144,957	165,926
	14	174,173	151,360	222,222
		191,249	170,760	213,333

FAS dan Umur Benda Uji	Kuat Tekan Beton		
	Uji Ultrasonik	Uji Hammer	Uji Pembebanan
	222,530	174,812	244,444
	246,835	142,936	-
	208,697	159,967	226,667
28	246,835	142,936	-
	256,443	181,153	222,222
	340,251	175,311	204,444
	274,730	197,937	257,778
	299,294	181,628	228,148

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan/penambahan *additive silica fume* sebesar 9 % dari berat semen pada campuran beton serta penambahan *admixture superplasticiser* sebanyak 0,7 liter/ 100 gram semen, agar adukan beton lebih mudah dikerjakan, pada pengujian beton dengan umur 7, 14 dan 28 hari, dengan tiga macam jenis pengujian kuat tekan, yaitu dengan uji Ultra Sonic, Hammer Test dan pengujian standard, dengan masing-masing faktor air semen (FAS) 0,45, 0,50 dan 0,55, telah menghasilkan kuat tekan kubus beton mengalami penurunan dan kenaikan terhadap kuat tekan beton normal.

Dari perbandingan data uji ultrasonik dan hammer terhadap data uji pembebanan, maka didapatlah nilai β_1 (β Ultrasonik) dan β_2 (β Hammer) yang dapat digunakan sebagai angka koreksi pada pengujian lapangan.

Pada Beton Normal nilai β mendekati nilai kuat tekan sebenarnya (real) pada $\beta \approx 1$, pada nilai uji *Ultra Sonic* untuk FAS 0,45 dan 0,50, sedangkan untuk beton Normal dengan nilai FAS 0,55 nilai β yang diperoleh sebesar

150 % jika dibandingkan dengan uji pembebanan standard, pada uji *Hammer* untuk FAS 0,45; 050 dan 0,55 nilai β hanya mencapai nilai 50 % dibandingkan dengan nilai uji pembebanan standard.

Sedangkan pada beton yang menggunakan *additive silica fume* nilai β yang diperoleh rata-rata sebesar 75 % jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan pada pengujian standard.

Se\makin besar atau semakin kecil nilai dimana nilai uji ultrasonik dan uji hammer mendekati nilai uji pembebanan. Semakin besar atau semakin kecil nilai β menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada hasil uji ultrasonik dan uji hammer.

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang sebenarnya, maka pada pengujian-pengujian dengan menggunakan alat uji Ultra Sonic maupun Hammert Test, nilai kuat tekan yang didapat tersebut harus dikalikan dengan nilai β dari masing-masing jenis alat yang digunakan. Angka koreksi dari masing-masing jenis alat yang digunakan (nilai β) untuk beton normal dan beton *additive silica fume* dapat dilihat pada tabel 8 dan tabel 9.

Dari hasil pengujian yang diperlihatkan pada Tabel.6 dan Tabel.7, halaman 10 terlihat bahwa semakin besar FAS semakin kecil nilai kuat tekan yang diperolehnya, baik pada umur 7, 14, dan 28 hari, serta juga untuk ketiga jenis pengujian yang dilakukan, hal ini menunjukkan bahwa hasil-hasil yang diperoleh tersebut secara umum adalah benar.

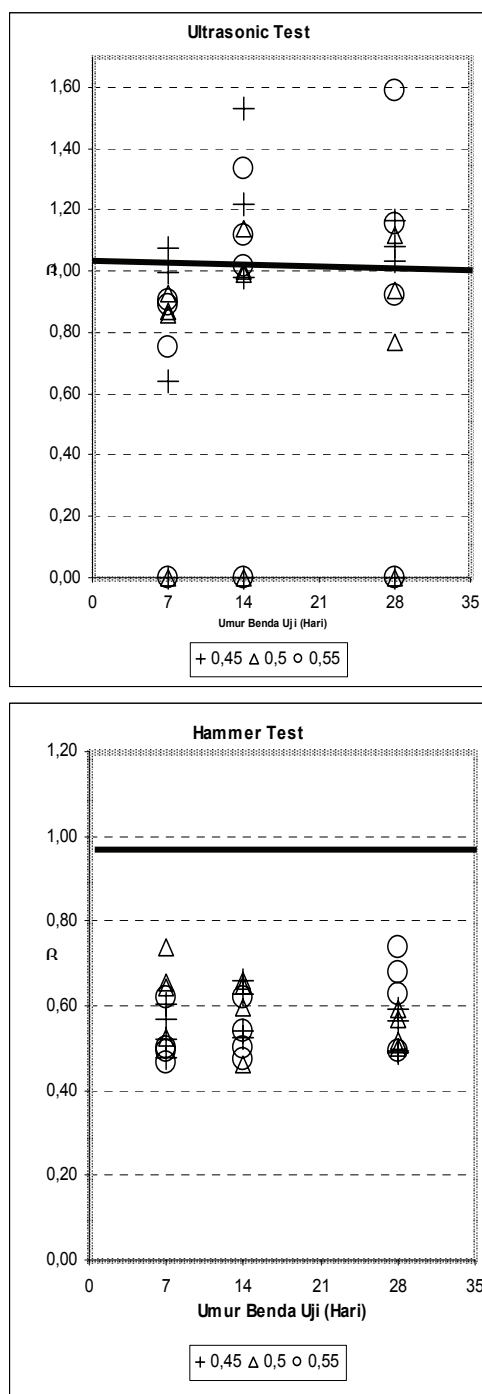
Tabel 8. Nilai β Beton Normal

FAS dan Umur Benda Uji		Kuat Tekan Beton (kg/cm²)			β_1	β_2
		Uji Ultrasonik	Uji Hammer	Uji Pembebanan		
0,45	7	256,424	123,561	257,778	0,995	0,479
		199,115	161,517	311,111	0,640	0,519
		286,357	151,212	266,667	1,074	0,567
		-	150,605	248,889	-	0,605
	14	389,906	173,119	320,000	1,218	0,541
		286,687	154,222	293,333	0,977	0,526
		-	158,199	240,000	-	0,659
		394,524	161,708	257,778	1,530	0,627
	28	338,948	194,958	328,889	1,031	0,564
		-	166,455	337,778	-	0,739
		383,809	174,500	355,556	1,079	0,527
		392,889	190,598	337,778	1,163	0,643
β rata-rata					1,079	0,555
0,50	7	175,710	151,145	204,444	0,859	0,657
		-	117,012	222,222	-	0,463
		198,230	137,128	213,333	0,929	0,648
		189,045	143,055	217,778	0,868	0,597
	14	-	131,724	284,444	-	0,659
		273,254	155,501	240,000	1,139	0,517
		240,008	143,202	240,000	1,000	0,502
		255,214	169,865	257,778	0,990	0,590
	28	290,913	160,826	311,111	0,935	0,567
		259,182	169,458	337,778	0,767	0,479
		-	178,355	302,222	-	0,519
		338,217	171,376	302,222	1,119	0,567
β rata-rata					0,956	0,592
0,55	7	181,111	111,568	240,000	0,755	0,465
		177,835	100,493	200,000	0,889	0,502
		-	123,605	200,000	-	0,618
		192,731	105,036	213,333	0,903	0,492
	14	248,267	111,256	222,222	1,117	0,501
		-	117,946	248,889	-	0,474
		272,391	110,445	204,444	1,332	0,540
		217,402	132,062	213,333	1,019	0,619
	28	-	162,889	240,000	-	0,679
		236,965	161,485	257,778	0,919	0,626
		338,986	145,059	293,333	1,156	0,495
		282,004	131,521	177,778	1,586	0,740
β rata-rata					1,586	0,740

Tabel 9. Nilai β Additive Silica Fume

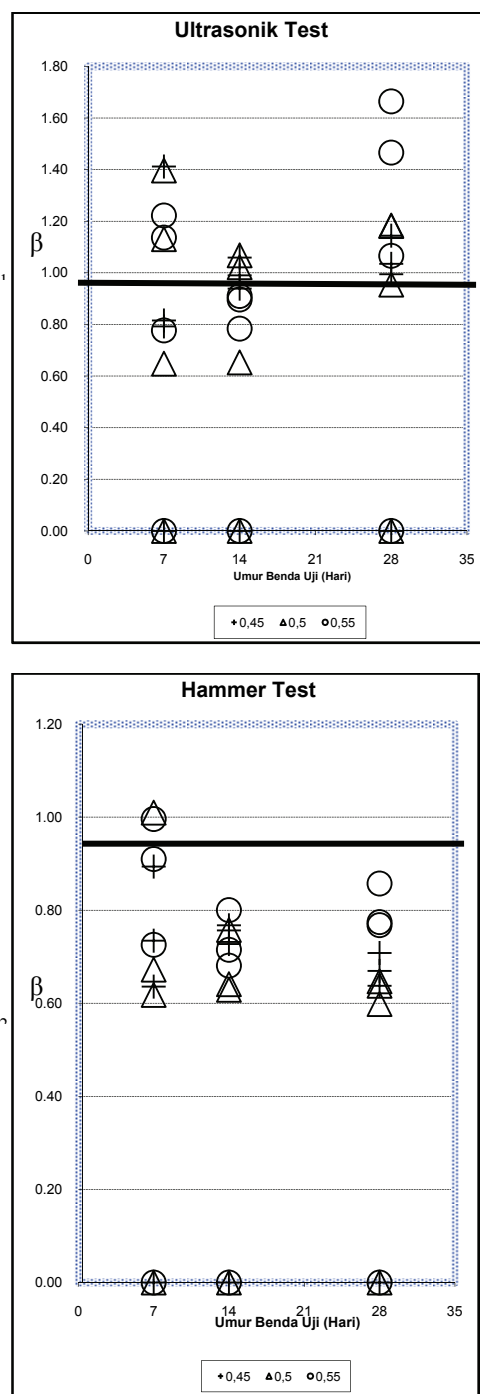
FAS dan Umur Benda Uji		Kuat Tekan Beton (kg/cm²)			β_1	β_2
		Uji Ultrasonik	Uji Hammer	Uji Pembebanan		
0,45	7	192,026	173,020	235,556	0,815	0,735
		221,932	178,020	280,000	0,793	0,636
		185,971	158,469	-	-	-
		282,401	178,784	200,000	1,412	0,894
	14	266,927	206,869	284,444	0,938	0,727
		282,441	201,802	266,667	1,059	0,757
		281,674	218,336	284,444	0,990	0,768
		178,392	206,509	-	-	-
	28	340,350	232,861	328,889	1,035	0,708
		353,695	226,750	355,556	0,995	0,638
		386,485	226,212	337,778	1,144	0,670
		351,447	215,511	-	-	-
β rata-rata					1,020	0,726
0,50	7	178,473	170,318	275,556	0,648	0,618
		144,812	140,476	-	-	-
		242,010	175,013	173,333	1,396	1,010
		271,202	161,365	240,000	1,130	0,672
	14	284,686	202,013	266,667	1,068	0,758
		144,772	171,560	-	-	-
		185,715	178,875	284,444	0,653	0,629
		277,070	173,785	271,111	1,022	0,641
	28	374,670	199,892	-	-	-
		367,402	201,364	311,111	1,181	0,647
		313,711	196,818	328,889	0,954	0,598
		357,507	192,738	302,222	1,183	0,638
β rata-rata					1,026	0,690
0,55	7	171,695	150,530	151,111	1,136	0,996
		138,149	129,015	177,778	0,777	0,726
		152,341	146,607	-	-	-
		206,342	153,677	168,889	1,222	0,910
	14	174,173	151,360	222,222	0,784	0,681
		191,249	170,760	213,333	0,896	0,800
		222,530	174,812	244,444	0,910	0,715
		246,835	142,936	-	-	-
	28	256,443	181,153	-	-	-
		325,754	172,113	222,222	1,466	0,775
		340,251	175,311	204,444	1,664	0,857
		274,730	197,937	257,778	1,066	0,768
β rata-rata					1,102	0,803

Grafik perbandingan kuat tekan beton normal uji *non destructive* berupa pengujian ultrasonik dan pengujian hammer terhadap uji *destructive* yaitu pengujian pembebanan standar, dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Perbandingan Uji *Non Destructive* Terhadap Uji *Destructive* untuk Beton Normal

Grafik perbandingan kuat tekan beton *additive silica fume* uji *non destructive* berupa pengujian ultrasonik dan pengujian hammer terhadap uji *destructive* yaitu pengujian pembebanan standar, dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Perbandingan Uji *Non Destructive* Terhadap Uji *Destructive* untuk Beton *Additive Silica Fume*

Dari hasil grafik Perbandingan kuat tekan beton normal dan beton *additive silica fume* untuk pengujian ultrasonik terhadap pengujian pembebanan, maka didapatkan nilai β_1 (β ultrasonik) yang mendekati nilai kuat tekan yang sebenarnya sehingga hasil pengujian ultrasonik dilapangan dapat langsung dipakai. Sedangkan nilai β_2 (β hammer) yang didapatkan dari grafik perbandingan kuat tekan beton normal dan beton *additive silica fume* untuk pengujian hammer terhadap pengujian pembebanan, tidak mendekati nilai $\beta \approx 1$ sehingga hasil pengujian hammer dilapangan harus dikoreksi terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang sebenarnya.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai perbandingan kuat tekan beton uji ultrasonik terhadap uji pembebanan yang dinotasikan dengan β_1 untuk beton normal dengan FAS 0,45 ; 0,50 dan 0,55 nilainya berkisar antara 0,640 – 1,530 ; 0,767 – 1,139 dan 0,755 – 1,586. Sedangkan untuk beton *additive silica fume* dengan FAS 0,45 ; 0,50 dan 0,55, nilainya berkisar antara 0,793 – 1,412 ; 0,648 – 1,396 dan 0,777 – 1,664.
2. Nilai perbandingan kuat tekan beton uji hammer terhadap uji pembebanan yang dinotasikan dengan β_2 untuk beton normal dengan FAS 0,45 ; 0,50 dan 0,55 nilainya berkisar antara 0,479 – 0,739 ; 0,463 – 0,659 dan 0,465 – 0,740. Sedangkan

untuk beton *additive silica fume* dengan FAS 0,45 ; 0,50 dan 0,55, nilainya berkisar antara 0,638 – 0,894 ; 0,598 – 1,010 dan 0,681 – 0,996.

3. Berdasarkan hasil penelitian, hasil pengujian ultrasonik dilapangan bisa langsung dipakai tanpa perlu dikoreksi. sedangkan hasil pengujian hammer dilapangan harus dikoreksi terlebih dahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *PUNDIT 6 Operating Manual*, CNS Farnell, 1 Manor Place Manor Way Borehamwood, Hertfordshire, WD6 1WG.
- Anonim, 1971, *Peraturan Beton Bertulang*, 1971 NI-2, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Jakarta.
- Anonim, 1991, *Recommended Practise For Selecting Proportions for normal, Heavy Weight and Mass Concrete*, Report ACI 211-1.91, ACI Commite 211, American Concrete Institute, Detroit, Michigan
- Anonim, 1993, *American Concrete Institute Committee*, 211.4R-93, Michigan, USA.
- Amri, S., 2005, *Teknologi Beton A-Z*, Penerbit Yayasan John Hi-Tech Idetama, Jakarta.
- Neville, A.M., 1999, *Properties of Concrete*, Fourth Edition, Longman Singapore.
- Shetty, M. S., 2002, *Concrete Technology Theory and Practice*, S.Chand & Sons, New York
- Subakti, A, 1990, *Teknologi Beton dalam Praktek*, Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Surabaya.
- Zurich, S., 2002, *Concrete Test Hammer N/NR – L/LR*, Proceq SA.