

# Prosiding

## **SEMINAR NASIONAL KEBIJAKAN DAN STRATEGI DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR PENGEMBANGAN WILAYAH BERBASIS GREEN TECHNOLOGY &**

Selasa, 10 Juli 2012



ISBN 978-602-7525-08-5

Diterbitkan Oleh:  
**FAKULTAS TEKNIK**  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)  
SEMARANG 2012

# DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	iv

## MAKALAH UTAMA

Kerusakan Alam Akibat Perbutan Manusia .....	1
Pratikso	
<i>Green Building</i> ” Sebagai Langkah Strategis Dalam Program Penurunan Emisi Co2 Di Indonesia .....	13
Hadjar Seti Adji	
Kebijakan Pemerintah Dalam Mendukung Implementasi Green Technology .....	17
Sigit Krida Hariono	

## MAKALAH PENDAMPING

### TEMA 1 : IMPLEMENTASI *GREEN TECHNOLOGY* DALAM PEMBANGUNAN

Konsep Penataan Hutan Kota Berbasis Taman Edukasi Menuju Implementasi Go Green (Studi Kasus : Hutan Kota Manahan – Kota Surakarta) .....	1-1
Eppy Yuliani	
Peran Komunitas Dalam Mengembangkan Biogas Komunal Sebagai Upaya Menciptakan Permukiman Yang Sehat (Studi kasus: Desa Nglobar Kec Purwodadi Kab Grobogan) .....	1-11
Mila Karmilah	
Evaluasi Implementasi Eko-Efisiensi Pada Usaha Kecil Menengah Batik (Studi Kasus : UKM Nadia Royani Kelurahan Simbang Kulon Kecamatan Buaran Kabupaten Pekalongan) .....	1-20
Velma Nindita, Purwanto, Danny Sutrisnanto	
Semarang Waterfront-City .....	1-30
Mohammad Agung Ridlo	

### TEMA 2 : DAMPAK PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DAN PENGEMBANGAN WILAYAH

Analisis Dampak Lalu Lintas (Studi Kasus Pembangunan Ruko Di Jalan Gajah Mada Semarang) .....	2-1
Sari Kusumaningrum, Prioutomo Pugh Putranto	

**Prediksi Amblesan Tanah (Land Subsidence) Pada Dataran Aluvial Di Semarang Bagian Bawah** ..... 2-9  
Soedarsono, Rifqi Brillyant Arief

**Stabilitas Tanah Dasar Daerah Tanah Lunak** ..... 2-21  
Abdul Rochim, Tri Wahyu Kuningsih

### **TEMA 3 : PERSPEKTIF DALAM PENGELOLAAN INFRASTRUKTUR BERBASIS *GREEN TECHNOLOGY***

**Studi Model Kelembagaan Dalam Pengelolaan Drainase Kota Semarang** ..... 3-1  
S. Imam Wahyudi, Henny Pratiwi Adi

**Penggunaan Jalur Pedestrian Sebagai Perwujudan Kota Berkelanjutan (Studi Kasus : Akses Utama Kampus Universitas Diponegoro Tembalang Semarang)** ..... 3-11  
Rizky Muliani Dwi Ujianti, Eko Budihardjo, dan Wahyu Krisna Hidajat

**Green Teknologi Berbasis Pengetahuan Lokal Untuk Mereduksi Bencana Gempa Pada Bangunan Di Palu, Sulawesi Tengah** ..... 3-20  
Sugeng Triyadi, Andi Harapan, St. Aisyah

**Tingkat Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Lingkungan Melalui Program Penyediaan Air Minum Dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (Pamsimas) Kabupaten Batang (Studi Kasus Desa Sodong Kec.Wonotunggal dan Desa Mojotengah Kec.Reban)** ..... 3-29  
Beata Ratnawati, Onny Setiani, Hartuti Purnaweni

**Peran Data Indeks Monsun Global Terhadap Pembangunan Food Dan Rice Estate Di Provinsi Kalimantan Timur (Study Kasus: Kabupaten Bulungan)** ..... 3-41  
Eddy Hermawan

**Perspektif Pengaruh Elemen Struktur Gedung Terhadap Pengelolaan Lingkungan Rumah Sakit** ..... 3-48  
Hermin Poedjiastoeti, Gata Dian Asfari, dan Antonius

**Sertifikasi Tenaga Kerja Konstruksi Sebagai Unsur Pendukung Pembangunan Infrastruktur** ..... 3-55  
Henny Pratiwi Adi, Siti Ummu Adillah

**Bangunan Hijau (*Green Construction*) Mengemban amanah Khalifah Allah di Bumi ....** 3-63  
H. Fauzi Fachruddin

**Kebijakan Dan Strategi Penerapan Green Infrastructure Dalam Mengelola Kualitas Lingkungan** ..... 3-69  
Ferry Firmawan, Fadil Othman, Khairulzan Yahya

**TEMA 4 : REKAYASA PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR &  
PENGEMBANGAN WILAYAH BERBASIS GREEN  
TECHNOLOGY**

<i>Utilizing Of 'Fuel Additive' To Save Oil Consumption And Reducing Exhausted Of Gas Emission</i> .....	4-1
Gatot Rusbintardjo, Nina Anindyawati	
<b>Kajian Alternatif Trase Pelurusan Sungai Ngarengan Di Desa Tubanan Kecamatan Kembang Kabupaten Jepara</b> .....	4-7
Esti Santoso	
<b>KAJIAN PENERAPAN PROTOTIPE RUMAH MURAH BERBASIS BAHAN BANGUNAN LOKAL DALAM RANGKA PENGEMBANGAN KAWASAN PERMUKIMAN PADA DAERAH BERKEMBANG (Studi Kasus Kecamatan Gerogak, Buleleng, Propinsi Bali dan Kecamatan Labuapi, Lombok Barat, Propinsi NTB)</b> .....	4-16
Made Aryati, Dianisari Rinda AM, Dwi Sulistia	
<b>Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil</b> .....	4-25
Niken Silmi Surjandari, Bambang Setiawan, Uswatun Chasanah	
<b>Rekayasa Pembangunan Infrastruktur &amp; Pengembangan Wilayah Berbasis <i>Green-Technology</i></b> .....	4-33
Tri Hardhono	
<b>Satu Energi = Keberlanjutan Energi ~ Horizon Pemahaman Baru Tentang Teknologi Hijau dan Krisis Lingkungan</b> .....	4-41
Alvin Hadiwono	
<b>Efektifitas Pasir Kuarsa Sebagai Agregat Halus Pada Sifat Mekanik Beton</b> .....	4-49
Antonius, Djoko Susilo Adhy dan Rochim Sutopo	
<b>Penggunaan Teknologi Bahan Baku Lokal Pada Pembangunan Rumah Murah Sederhana Sehat Studi Kasus: Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali</b> .....	4-56
Dianisari Rinda A Munarto, Made Aryati, Rusli	
<b>Konsep '<i>Building Life Cycle Costing</i>' Dalam Perencanaan '<i>Green Building</i>' (<i>Building Life Cycle Costing In Green Building Delivery Process</i>)</b> .....	4-64
Sani Heryanto	

## **EFEKTIFITAS PASIR KUARSA SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA SIFAT MEKANIK BETON**

Antonius<sup>17</sup>, Djoko Susilo Adhy<sup>18</sup> dan Rochim Sutopo<sup>19</sup>

### ***ABSTRAK***

*Paper ini menyajikan hasil pengujian secara eksperimental mengenai perilaku mekanik beton yang meliputi sifat kelecakan, kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, modulus elastisitas dan nilai Poisson beton dengan memanfaatkan pasir kuarsa sebagai agregat halus. Program eksperimen dilakukan dengan membuat total lebih dari seratus benda uji untuk mengetahui efektifitas pasir kuarsa dalam menghasilkan campuran beton dibandingkan dengan campuran beton yang menggunakan pasir Muntilan yang selama sudah biasa digunakan di daerah Jawa Tengah. Hasil eksperimen diantaranya menunjukkan bahwa sifat kelecakan beton menggunakan pasir Kuarsa cukup baik dan tidak berbeda jauh sifatnya dengan beton menggunakan pasir Muntilan. Kuat tekan beton menggunakan pasir Kuarsa juga dapat dihasilkan, dimana dapat dicapai kuat tekan karakteristik beton sekitar K-200 hingga K-300.*

*Kata kunci: Pasir Kuarsa, pasir Muntilan, sifat mekanik*

---

<sup>17</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung

<sup>18</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung

<sup>19</sup> Alumni Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung

## I. PENDAHULUAN

Hingga saat ini, material beton masih menjadi pilihan utama dalam pembangunan struktur sipil. Diantara bahan-bahan pembentuknya, agregat merupakan bagian beton yang menentukan besarnya kuat tekan, dimana agregat tersebut menempati kurang lebih 60% hingga 80% dari volume beton. Dengan kuantitasnya yang sangat dominan, maka agregat memegang peranan penting dalam menentukan kuat tekan beton. Secara umum agregat yang digunakan dalam material beton terdiri dari agregat kasar (krikil) dan agregat halus (pasir). Prosentase perbandingan kedua agregat tersebut sangat menentukan sifat kecacakan beton dan kuat tekan yang dihasilkan. Peranan pasir dalam mempengaruhi besarnya nilai slump sangat dominan dalam proses pengadukan beton segar, dimana semakin banyak pasir yang digunakan akan menyebabkan nilai slump meningkat namun dalam kondisi tertentu dapat mengakibatkan menurunnya kuat tekan beton [Neville, 1997].

Pasir Kuarsa mempunyai prospek yang sangat baik untuk pembuatan beton. Di daerah Pati dan Rembang ke arah Timur banyak ditemukan deposit pasir Kuarsa dalam jumlah yang sangat besar dan belum banyak dimanfaatkan sebagai salah satu bahan pencampur beton. Penggunaannya dalam campuran beton pun oleh penduduk di sekitarnya pada umumnya memakai perbandingan campuran 1 : 2 : 3, dimana berdasarkan asumsi campuran tersebut dapat menghasilkan mutu beton sekitar K250.

Meskipun demikian, sifat-sifat mekanik beton menggunakan Pasir Kuarsa yang meliputi kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur dan modulus elastisitas belum pernah diteliti secara mendalam [Sutopo, 2012]. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan utama untuk mengetahui kuat tekan, kuat tarik, kuat

lentur dan modulus elastisitas beton yang dapat dicapai dengan digunakannya pasir Kuarsa sebagai campuran beton, karena selama ini masyarakat lebih sering menggunakan pasir Muntilan untuk pembuatan beton. Hasil penelitian ini sangat berguna sebagai salah satu referensi pembuatan material beton dengan menggunakan bahan lokal dan dapat dimanfaatkan dalam pembangunan infrastruktur seperti bangunan gedung.

## II. PROGRAM EKSPERIMEN

Dalam penelitian ini bentuk benda uji yang dipilih berbentuk silinder dengan ukuran diameter ( $d$ ) = 110 mm, dan tinggi  $2d = 220$  mm. Pembuatan benda uji dilakukan dengan urutan : *setting* penempatan cetakan, penakaran material, pencampuran/pengadukan, penuangan, pemadatan, dan pemeliharaan benda uji beton. Jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 120 silinder beton dan 36 prisma beton. Pasir yang digunakan adalah Pasir Kuarsa dan pasir Muntilan sebagai pembanding. Beton yang dirancang dibuat 2 (dua) jenis yang berbeda berdasarkan material jenis agregat halus. Untuk agregat halus yaitu menggunakan pasir Kuarsa ex. Rembang dan pasir Muntilan, sedangkan mutu beton yang dirancang adalah K-250 dan K-450, dimana desain campuran berdasarkan perbandingan volume yaitu masing-masing adalah 1 : 1 ½ : 2 ½ dan 1 : 2 : 3. Agregat kasar berasal dari Semarang dan semen yang digunakan adalah Semen Gresik. Desain campuran beton ditunjukkan pada Tabel 1.

Perawatan benda uji beton dengan cara merendam seluruh permukaan beton dalam bak air dari sumber sumur artesis. Standar pengujian besaran mekanik beton berdasarkan ASTM.

**Tabel 1. Desain campuran beton**

Mutu beton	Material	Berat per satuan volume (Kg/m <sup>3</sup> )
K-250	Air	195
	Semen	361,20
	Agregat kasar	751,27
	Agregat halus	633,82
	Total	1941,29
K-450	Air	195
	Semen	453,50
	Agregat kasar	751,27
	Agregat halus	596,62
	Total	1996,39

**III. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN**

*Sifat Keleccakan (Workability)*

Tingkat kemudahan beton untuk dikerjakan (*workability*) ditunjukkan dengan nilai slump. Hasil penelitian nilai slump beton disajikan pada tabel berikut ini:

**Tabel 2 Nilai Rata-Rata Slump Beton**

Mutu Beton (kg/cm <sup>2</sup> )	Faktor Air Semen FAS	Jenis Pasir	Nilai Slump rata-rata (cm)
K-250	0,54	Kuarsa	18,83
K-250	0,54	Muntilan	20,06
K-450	0,43	Kuarsa	8,5
K-450	0,43	Muntilan	10,42

Berdasarkan Tabel 2, penggunaan agregat halus antara pasir Kuarsa dan pasir Muntilan mempunyai nilai slump pada mutu beton K-250 yaitu 18,83 cm dan 20,06 cm. Pada pasir Kuarsa dengan mutu beton K-450 nilai slump yaitu 8,5 cm sedangkan pasir Muntilan nilai slump 10,42 cm. Hasil penelitian kuat beton rata – rata disajikan pada Tabel 3.

**Kuat tekan**

Hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan pasir Kuarsa diperlihatkan pada Tabel 2. Secara umum proses pembebanan pada pengujian tekan pada silinder beton hingga runtuh dihasilkan perilaku yang sama dengan perilaku beton normal (menggunakan pasir Muntilan), lihat Gambar 1.

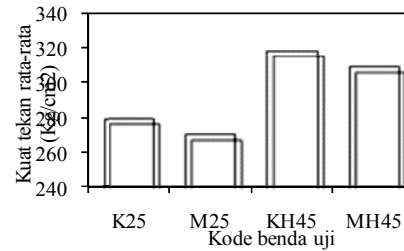


**Gambar 1. Keruntuhan beton pasir Kuarsa**

Berdasarkan Tabel 2 diketahui perbandingan antara kuat tekan beton menggunakan pasir Kuarsa dengan beton yang menggunakan campuran pasir Muntilan. Pada umur 28 hari diperoleh perbandingan untuk mutu beton K-250 yaitu untuk beton dengan pasir kuarsa memiliki kuat tekan rata-rata 280,10 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan beton dengan pasir Muntilan mempunyai kuat tekan rata-rata 270,92 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai tersebut menunjukkan bahwa beton dengan pasir Kuarsa lebih besar kuat tekannya dibandingkan dengan beton pasir Muntilan.

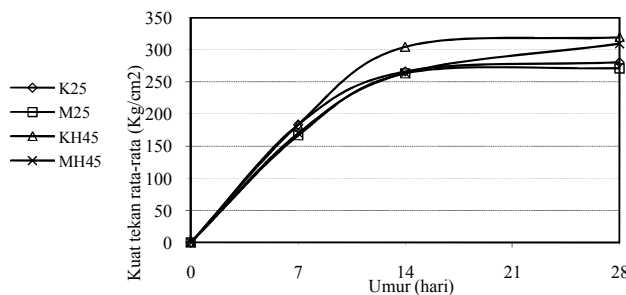
**Tabel 3. Perbandingan Kuat Tekan Beton Pasir Kuarsa dengan Pasir Muntilan**

Kode	Jenis Agregat halus	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm <sup>2</sup> )	Umur (hari)
K25	Kuarsa	180.555	7
		266.524	14
		280.100	28
M25	Muntilan	166.342	7
		262.849	14
		270.920	28
KH45	Kuarsa	183.187	7
		304.259	14
		319.164	28
MH45	Muntilan	170.328	7
		264.128	14
		309.633	28



**Gambar 2. Perbandingan kuat tekan beton menggunakan pasir Kuarsa dan pasir Muntilan**

Perbandingan kuat tekan beton menggunakan pasir Kuarsa dan pasir Muntilan disajikan pada Gambar 2. Pada perbandingan mutu beton K-450 diperoleh kuat tekan rata-rata beton dengan pasir Kuarsa umur 28 hari adalah 319,16 kg/cm<sup>2</sup>. sedang beton dengan pasir Muntilan 309,63 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini berarti pada mutu K-450 beton dengan pasir Kuarsa lebih besar kuat tekannya dibandingkan beton dengan pasir Muntilan, meskipun secara umum baik beton dengan campuran Kuarsa maupun dengan pasir Muntilan belum mencapai K-450. Kuat tekan pasir Kuarsa lebih baik ini karena gradasi butirannya keras sehingga mutu beton lebih baik.



**Gambar 3. Kuat tekan rata-rata terhadap waktu**

Perbandingan kuat tekan rata-rata beton pasir kuarsa dan pasir Muntilan pada umur 7 hari menunjukkan tidak ada

perbedaan yang signifikan antara kedua jenis beton tersebut, baik untuk beton mutu normal maupun mutu yang lebih



tinggi (Gambar 3). Namun pada umur 14 hari beton pasir Kuarsa mutu KH45 memperlihatkan nilai yang paling tinggi hingga umur beton mencapai umur 28 hari.

**Nilai Poisson (Poisson’s ratios)**

Poisson’s ratio beton merupakan perbandingan regangan arah lateral dengan regangan aksial akibat pembebanan aksial dalam kondisi batas elastis. Nilai poisson ratio beton normal berkisar antara 0,22 – 0,23. nilai tersebut masih dalam rentang nilai Poisson yang selama ini diasumsikan untuk beton.

**Tabel 4. Poisson Ration rata-rata Beton**

Mutu beton	Fas	Nilai Poisson’s rata-rata beton
K-250 Kuarsa	0,54	0,226
K-250 Muntilan	0,54	0,226
K-450 Kuarsa	0,43	0,216
K-450 Muntilan	0,43	0,216

**Tabel 5. Kuat Lentur Beton pasir Kuarsa dan beton pasir Muntilan**

Mutu beton (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat lentur rata-rata beton $F_{cr}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat lentur beton (Kg/cm <sup>2</sup> ) menurut SNI 03-2847-2002 Ps 11.5 ( $F_r$ )	$\frac{F_r}{F_{cr}}$
K-250 Kuarsa	69,64	37,404	0,537
K-250 Muntilan	64,18	36,786	0,408
K-450 Kuarsa	90,12	39,92	0,622
K-450 Muntilan	85,34	39,326	0,461

**Modulus Elastisitas**

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan dengan cara memberikan

*Poisson ratio* yang dihasilkan oleh beton dengan campuran pasir Kuarsa pada K-250 dengan FAS 0,54 nilai Poisson rata-rata 0,226 sedangkan pasir Muntilan nilai Poissonnya 0,226, pada mutu beton K-450 pada FAS 0,43 Nilai Poisson pasir Kuarsa 0,216 dan pasir Muntilan 0,216, berkaitan erat dengan kuat tekan beton. Semakin tinggi kuat tekan beton maka nilai poisson ratio semakin kecil, disini nilai Poisson sama karena pembulatan angka desimal, perbandingannya kuat tekan beton selisih sedikit. Pada tegangan tekan yang tinggi, transferral meningkat dengan cepat yang disebabkan oleh retak internal yang paralel dengan arah beban sehingga pembesaran benda uji menjadi kecil, regangan transversal juga kecil.

**Kuat Lentur Beton (Modulus of Rupture)**

Kuat lentur beton merupakan kemampuan beton didalam menahan momen. Nilai kuat lentur beton hasil penelitian dibandingkan dengan kuat lentur yang dipersyaratkan SNI 03-2847 (2002) pasal 11.5 yaitu sebesar  $F_r = 0,7 \sqrt{f_c}$  MPa Hasil kuat lentur beton disajikan pada Tabel 5.

beban secara bertahap sampai mencapai beban 40% beban puncak. Benda uji ( $\Delta L$ ) untuk menghitung regangan longitudinal diperoleh dari hasil pembacaan pada *gauge* yang dipasang pada benda uji. Nilai modulus elastisitas beton hasil pengujian dibandingkan dengan modulus elastisitas yang dipersyaratkan SNI 03-2846(2002) pasal 10.5 yaitu sebesar  $E_c = 4700 \sqrt{f_c}$ . Hasil penelitian modulus elastisitas beton disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6. Modulus Elastisitas (E) Rata-rata**

Mutu Beton	Modulus Elastisitas Rata-rata Beton (Kg/cm <sup>2</sup> )	Modulus Elastisitas Menurut SNI 03-2847-2002 Ps 10.5 (Kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>eksp</sub> /E <sub>SNI</sub>
K-250 Kuarsa	23779,1932	25104,27	0,947
K-250 Muntilan	15200,8413	26797,74	0,567
K-450 Kuarsa	22601,7915	24689,47	0,915
K-450 Muntilan	26806,0586	26394,60	1,016

Nilai modulus elastisitas beton untuk semua perlakuan pada penelitian ini lebih kecil dan hampir sama bila dibandingkan dengan modulus elastisitas menurut formulasi yang ditetapkan SNI-03-2847(2002) pasal 10.5 yaitu sebesar  $E_c = 4700 \sqrt{f_c}$  (MPa) ;  $E_c = 1500 \sqrt{f_c}$  (Kg/cm<sup>2</sup>).

**Uji Tarik**

Perbandingan kuat tarik rata-rata antara beton yang menggunakan pasir Kuarsa dengan beton yang menggunakan pasir Muntilan di sajikan pada Tabel 7. Nilai kuat tarik dengan fas 0,54 (K-250), kuat tarik tertinggi dihasilkan oleh beton yang menggunakan pasir Kuarsa yaitu 17,46 Kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada beton dengan fas 0,43 (K-450) kuat tarik tertinggi dihasilkan oleh beton yang menggunakan pasir Kuarsa yaitu 15,57 Kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat tarik masih berkisar antara 6 hingga 10% dari kuat tekannya, dimana hal tersebut menunjukkan sifatnya yang sama dengan beton biasa.

**Tabel 7. Hasil uji kuat tarik**

Mutu beton	Fas	Kuat tarik rata – rata beton (Kg)	Tegangan belah rata – rata beton (Kg/cm <sup>2</sup> )
K-250 Kuarsa	0,54	280,100	17,46
K-250 Muntilan		270,920	13,21
K-450 Kuarsa	0,43	319,164	19,34
K-450 Muntilan		309,633	15,57

**KESIMPULAN**

Pengujian sifat-sifat mekanik beton dengan menggunakan pasir Kuarsa telah dilakukan seperti uraian di atas. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, beberapa kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

1. Pemanfaatan pasir Kuarsa dalam campuran beton sebagai pengganti pasir Muntilan mempunyai kinerja yang baik, yang ditunjukkan dengan dapat dihasilkannya kuat tekan beton hingga kurang lebih 300 kg/cm<sup>2</sup>.
2. Sifat kelecakan beton menggunakan pasir Kuarsa tidak berbeda jauh bila dibandingkan dengan beton yang menggunakan pasir Muntilan.
3. Nilai Poisson beton pasir Kuarsa mempunyai harga yang masih dalam rentang nilai Poisson yang selama ini diasumsikan dalam desain beton.
4. Modulus Elastisitas beton pasir Kuarsa berdasarkan eksperimen kurang lebih sama dengan prediksi modulus elastisitas berdasarkan standar beton Indonesia (SNI).

**REFERENSI**

ASTM C 39 – 94 (1996), *Test Methode for Compressive Strength of Cylindrical*

- Concrete Spesimens*; Annual Books of ASTM Standards, USA, 1996.
- ASTM C 78 – 94 (1996), *Test Methode for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*; Annual Books of ASTM Standards, USA, 1996.
- ASTM C 469 – 94 (1996), *Test Methode for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compressio*; Annual Books of ASTM Standards, USA, 1996.
- ASTM C 496 – 94 (1996), *Test Methode for Splittig Tensile Strength of Cylindrical Concrete Spesimens*; Annual Books of ASTM Standards, USA, 1996.
- Badan Standarisasi Nasional (2002); *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung*, SNI-03-2847-2002.
- Neville, A.M. (1997); *Properties of Concrete*, Longman, 4<sup>th</sup> and Final Ed., London.
- Sutopo, Rochim (2012); *Studi Perbandingan Material Pasir Kuarsa dan Pasir Muntulan pada Besaran Mekanik Beton*; Tesis Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan, Fakultas Teknik-Universitas Islam Sultan Agung. Terima kasih disampaikan kepada para teknisi laboratorium yang telah membantu dalam fasilitas, pembuatan dan pengujian benda uji