

867 / FT.01/ SKRIP / 07 /2009



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISTIK KUAT TEKAN, MODULUS
ELASTISITAS, DAN PERMEABILITAS BETON
DENGAN MENGGUNAKAN SERBUK CANGKANG
KERANG DARAH SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
SEMEN**

SKRIPSI

LOLY AZYENELA

0405017048

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISTIK KUAT TEKAN, MODULUS
ELASTISITAS, DAN PERMEABILITAS BETON
DENGAN MENGGUNAKAN SERBUK CANGKANG
KERANG DARAH SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
SEMEN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

LOLY AZYENELA

0405017048

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

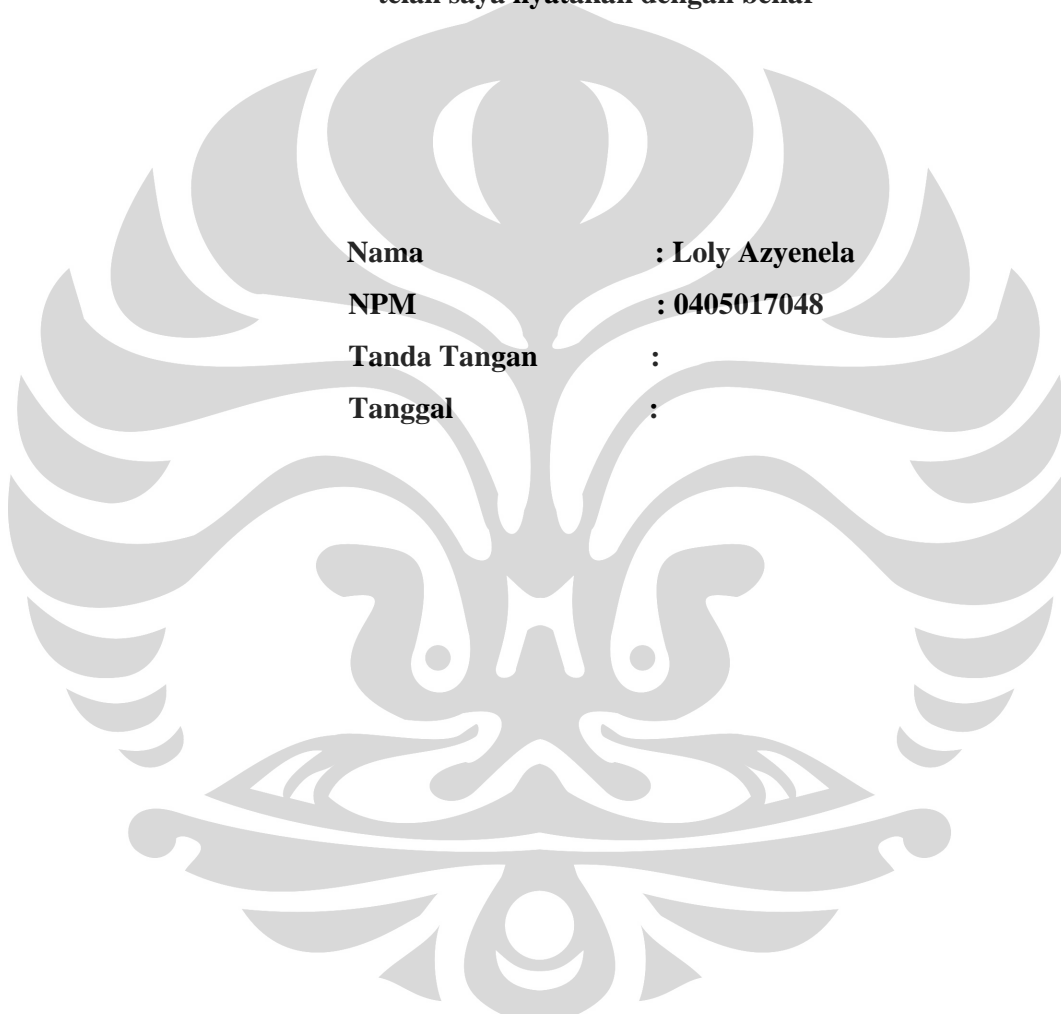
**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Loly Azyenela

NPM : 0405017048

Tanda Tangan :

Tanggal :



SHEET OF ORIGINALITY STATEMENT

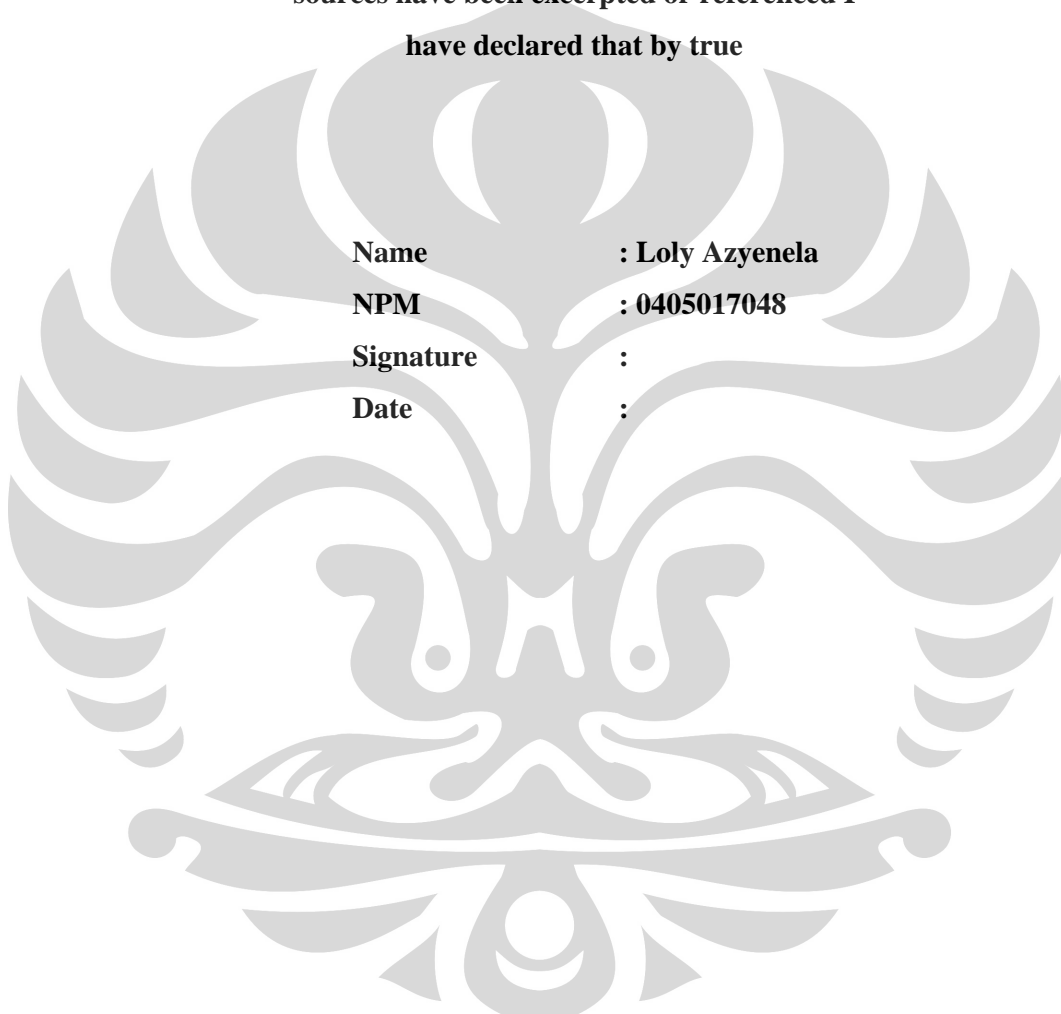
**This Thesis is creation by my self, and all of
sources have been excerpted or referenced I
have declared that by true**

Name : Loly Azyenela

NPM : 0405017048

Signature :

Date :



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Loly Azyenela
NPM : 0405017048
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Karakteristik Kuat Tekan, Modulus Elastisitas
Dan Permeabilitas Beton Dengan
Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang
Darah Sebagai Bahan Pengganti Semen

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir.H. Madsuri,MT  (.....)

Pembimbing : Dr.Ir.Elly Tjahjono,DEA  (.....)

Penguji : Ir.Essy Ariyuni,PhD  (.....)

Penguji : DR.Ing Josia Irwan Rustandi MT  (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

VALIDATION SHEET

This Thesis is Submitted by :

Name : Loly Azyenela

NPM : 0405017048

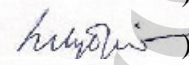
Study Program : Civil Engineering

Thesis Title : Characteristic Compression Strength, Modulus of Elasticity and Permeability of Concrete Using Bloody Cockle's Powder as Replacement of Cement.

This thesis has been success examined in front of the examiners team and accepted as partial fulfillment for the degree of Sarjana Teknik on study program of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Indonesia.

EXAMINERS TEAM

Advisor : Ir. H. Madsuri, M.T ()

Advisor : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA. ()

Examiner : Ir. Essy Ariyuni, MSc. PhD ()

Examiner : Dr.-Ing. Josia I. Rastandi ()

State on : Depok

Date :

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan seminar ini. Penulisan seminar ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) H.Ir.Madsuri.MT, selaku dosen pembimbing I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- 2) Dr.Ir. Elly Tjahjono.DEA, selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- 3) Mama (Dra Hj.Yen Eliwarnis), Papa (Drs H Azwardi.L) yang telah memberikan dukungan materil dan moral;
- 4) Kakakku (Dr.Rika Azyenela), Kembaranku (Lola Azyenela), Adekku (Lona Azyenela) yang memberikan semangatnya;
- 5) Randi Putra, Gustowo Suprayogi, teman seperjuangan;
- 6) Kak fitri, Nisa, yang selalu membantu di laboratorium struktur;
- 7) Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juli 2009

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Loly Azyenela
NPM : 0405017048
Program Studi: Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Karakteristik Kuat Tekan, Modulus Elastisitas Dan Permeabilitas Beton Dengan Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai Bahan Pengganti Semen

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal :

Yang Menyatakan

(Loly Azyenela)

ABSTRAK

Nama : Loly Azyenela
Program Studi : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Judul : Karakteristik Kuat Tekan, Modulus Elastisitas Dan Permeabilitas Beton Dengan Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai Bahan Pengganti Semen

Skripsi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan pengganti semen dalam beton terhadap kuat tekan, modulus elastisitas dan koefisien permeabilitas. Pemilihan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan pengganti semen ini dikarenakan cangkang kerang darah mengandung kalsium karbonat yang dapat mengikat agregat menjadi massa padat bila bereaksi dengan air. Variasi pemakaian serbuk cangkang kerang darah dalam sampel beton adalah sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Diharapkan dengan penggantian serbuk cangkang kerang darah dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton, dan menurunkan koefisien permeabilitas. Untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas (ME) digunakan silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan pengujian permeabilitas digunakan silinder diameter 150 mm dan tinggi 150 mm. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton komposisi 5%, komposisi 10% dan komposisi 15% mengalami penurunan dari komposisi acuan yaitu 0%. Sedangkan koefisien permeabilitas komposisi 5%, komposisi 10% dan komposisi 15% mengalami kenaikan terhadap komposisi acuan 0%.

Kata kunci:

Serbuk cangkang kerang, kuat tekan beton, modulus elastisitas beton, permeabilitas beton.

ABSTRACT

Name : Loly Azyenela
Program Study : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Title : Characteristic Compression Strength, Modulus of Elasticity and Permeability of Concrete Using Bloody Cockle's Powder as Replacement of Cement.

This thesis aims to understand the influence of the bloody cockle's powder as replacement of cement in the concrete compression strength, modulus of elasticity and permeability coefficients. Elections bloody cockle's powder as a replacement of cemen because this body shell oysters contain calcium that can bind carbonic aggregate into dense masses when reacts with water. Variations in the powder body shell oysters in the blood sample of concrete is 0%, 5%, 10%, and 15% of the weight of the cement. It is expected that the replacement body shell powder can increase the compression strength and concrete elasticity modulus, and lower permeability coefficients. To test a compression strength and modulus elasticity (ME) used cylinder diameter 150 mm and 300 mm high and the permeability test is used cylinder diameter 150 mm and 150 mm high. Results of research shows a strong press and modulus elasticity concrete composition 5%, the composition of 10% and the composition of 15% decrease from the reference composition is 0%. While the permeability coefficients composition 5%, the composition of 10% and the composition of 15% to increase the composition of the 0% reference.

Keywords:

Bloody cockle's powder, compression strength concrete, concrete modulus of elasticity , permeability concrete.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINILITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Hipotesis	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	2
1.6 Sistematika Penelitian	3
2. LANDASAN TEORI	4
2.1 Pengertian Umum Beton	4
2.2 Bahan Pembentuk Beton	5
2.2.1. Semen Portland	5
2.2.2. Agregat	10
2.2.3. Air	13
2.3 Bahan Tambah (Admixture)	14
2.3.1. Bahan Tambah Mineral	14
2.3.2. Bahan Tambah Kimia	15
2.3.3. Material Serbuk Kerang Darah Sebagai Bahan Pengganti Semen..	17
2.4 Sifat-Sifat Dari Beton	19
2.4.1. Sifat Fisik Beton Segar	19
2.4.2. Sifat Mekanik Tekan Beton	20
2.4.3. Modulus Elastisitas	20
2.4.4. Permeabilitas Beton	21
3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Pengambilan Kerang Darah	25
3.2 Pemilihan Fraksi Agregat	25

3.3	Pengujian Agregat	25
3.3.1.	Pengujian Agregat Halus	25
3.3.2.	Pengujian Agregat Kasar	31
3.4	Percobaan Campuran Beton	36
3.4.1.	Perbandingan Campuran Beton	36
3.4.2.	Prosedur Perhitungan Campuran	37
3.4.3.	Menentukan Ukuran Maksimum Agregat Kasar	37
3.4.4.	Menentukan Slump	37
3.4.5.	Menentukan Jumlah Air Adukan, Kandungan Udara dan Persentase Pasir Terhadap Agregat	38
3.4.6.	Menentukan Water Cement Rasio	39
3.4.7.	Target Strength	40
3.4.8.	Penentuan Perbandingan Campuran Sebenarnya	41
3.5	Pembuatan Benda Uji	42
3.6	Perawatan Benda Uji	42
3.7	Pengujian Kuat Tekan	42
3.8	Pengujian Modulus Elastisitas	45
3.9	Pengujian Permeabilitas Beton	46
4.	HASIL DAN ANALISA	48
4.1	Hasil Dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat	48
4.1.1.	Hasil dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat Kasar	48
4.1.2.	Hasil dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat Halus	50
4.2	Hasil Dan Analisa Pengujian XRF Campuran Semen Dan Serbuk Kerang.....	52
4.3	Hasil Dan Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton	58
4.4	Hasil Dan Analisa Pengujian Modulus Elastisitas Beton	64
4.5	Hasil Dan Analisa Pengujian Permeabilitas Beton	69
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Perkembangan Kekuatan Tekan Beton.....	10
Gambar 2.2.	Bentuk Agregat	12
Gambar 2.3.	Anadara Granosa	17
Gambar 2.4.	Grafik Tegangan – Regangan Beton	20
Gambar 2.5.	Pori Dalam Pasta Semen	22
Gambar 2.6.	Hubungan W/C Dengan Angka Permeabilitas	23
Gambar 3.1.	Skema Metode Penelitian	24
Gambar 3.2.	Sketsa <i>slump</i> tes	38
Gambar 4.1.	Perbandingan Analisa Saringan % Tertahan Agregat Dengan Standar ASTM	50
Gambar 4.2.	Perbandingan Analisa Saringan % Tertahan Agregat Dengan Standar ASTM	53
Gambar 4.3.	Kandungan Organik Agregat Halus	53
Gambar 4.4.	Perbandingan Kandungan Oksida PCC dan Serbuk Cangkang Kerang Darah	55
Gambar 4.5.	Persentase Kandungan Senyawa C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF untuk Variasi Campuran Semen dan Kerang	56
Gambar 4.6.	Persentase Panas Hidrasi yang dihasilkan C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF	57
Gambar 4.7.	Perbandingan Pengaruh Senyawa C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF terhadap Kuat Tekan	58
Gambar 4.8.	Perbandingan Kuat Tekan Komposisi 0%, 5%, 10%, dan 15%.....	60
Gambar 4.9.	Grafik Kuat Tekan Umur 28 Hari untuk Masing-Masing Komposisi	62
Gambar 4.10.	Hubungan Kuat Tekan dengan Kehalusan Butiran Semen.....	63
Gambar 4.11.	Nilai Modulus Elastisitas Masing-Masing Komposisi	64
Gambar 4.12.	Hubungan Kuat Tekan dengan Modulus Elastisitas	65
Gambar 4.13.	Kebocoran Pada Sampel 15%	71
Gambar 4.14.	Grafik Koefisien Permeability Masing-Masing Komposisi.....	72
Gambar 4.15.	Hubungan Kuat Tekan dengan Koefisien Permeabilitas	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Komposisi Senyawa Yang Terkandung Dalam Semen	8
Tabel 2.2.	Perkembangan Panas Hidrasi Semen Portland Pada Suhu 21°c	9
Tabel 2.3.	Hasil Uji XRF Anadara Granosa	18
Tabel 3.1.	Ukuran Agregat Kering Minimum	30
Tabel 3.2.	Ukuran <i>Slump</i> Maksimum Yang Dianjurkan Dalam Berbagai Macam Tipe Konstruksi	38
Tabel 3.3.	Perbandingan Material Yang Digunakan Dalam Berbagai <i>Design Mix</i>	39
Tabel 3.4.	Penyesuaian Harga Perbandingan Material	40
Tabel 3.5.	Harga-harga Compressive Strength Minimum Rata-Rata Dari Beton Untuk Berbagai-beda Harga Water-Cement Ratio.....	40
Tabel 3.6.	Target Strength	41
Tabel 4.1.	Hasil Percobaan Analisa Specific Gravity dan Absorpsi dari Agregat Kasar	49
Tabel 4.2.	Hasil Percobaan Keausan Agregat Kasar	49
Tabel 4.3.	Hasil Sieve Analysis Agregat Kasar	50
Tabel 4.4.	Analisa Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Kasar	51
Tabel 4.5.	Hasil Sieve Analysis Agregat Halus	51
Tabel 4.6.	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	52
Tabel 4.7.	Hasil Analisa <i>Specific Gravity</i> dan <i>Absorpsi</i> dari Agregat Halus	53
Tabel 4.8.	Hasil Analisa Berat Isi dan Rongga Udara dari Agregat Halus	53
Tabel 4.9.	Oksida yang terkandung dalam campuran semen dan serbuk kerang	54
Tabel 4.10.	Senyawa yang terkandung dalam campuran semen dan serbuk kerang	56

Tabel 4.11.	Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari Untuk Masing-Masing Komposisi	59
Tabel 4.12.	Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari Untuk Masing-Masing Komposisi	59
Tabel 4.13.	Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari Untuk Masing-Masing Komposisi	60
Tabel 4.14.	Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari	61
Tabel 4.15.	Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari	61
Tabel 4.16.	Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari	62
Tabel 4.17.	Hasil Modulus Elastisitas Masing-Masing Komposisi	65
Tabel 4.18.	Hasil koefisien Modulus Elastisitas Masing-Masing Komposisi	66
Tabel 4.19.	Hasil Poisson Ratio Untuk Masing-Masing Komposisi	69
Tabel 4.20.	Hasil Uji Permeability komposisi 0%	70
Tabel 4.21.	Hasil Uji Permeability komposisi 5%	70
Tabel 4.22.	Hasil Uji Permeability komposisi 10%	70
Tabel 4.23.	Hasil Uji Permeability komposisi 15%	71
Tabel 4.24.	Koefisien Permeability	72

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu faktor yang menentukan kemampuan suatu struktur dalam memikul beban statis maupun dinamis adalah kualitas dari bahan pembentuknya. Dengan demikian sifat dan perilaku dari bahan pembentuk struktur harus dianalisa dengan baik agar struktur tersebut menghasilkan kinerja yang optimal. Salah satu komponen pembentuk struktur adalah beton.

Beton adalah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen¹. Beton memiliki beberapa kelebihan diantaranya bahan pembentuknya mudah didapat, tahan terhadap tekan, kekakuan yang baik, tahan terhadap panas, harga yang relatif ekonomis, dan rendah perawatan. Karena itu setiap tahun jutaan ton beton berubah menjadi bangunan, jalan raya, bendungan, trotoar, dan untuk kegiatan konstruksi lainnya. Beton menjadi bagian terpenting dari kegiatan konstruksi, khususnya konstruksi fisik, oleh karenanya beton merupakan material terpenting di dunia².

Kekuatan beton banyak dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuknya. Campuran beton biasanya terdiri dari 60 hingga 70 persen pasir dan kerikil, 15 hingga 20 persen air, dan 10 hingga 15 persen semen³. Semen merupakan komponen utama dalam teknologi beton. Kandungan kimia semen terdiri dari Trikalsium Silikat, Dikalsium Silikat, Trikalsium Aluminat, Tetrakalsium Aluminofe, Gypsum yang berfungsi sebagai perekat hidrolik untuk mengikat dan menyatukan agregat menjadi massa padat

Semakin banyaknya penggunaan beton, maka produksi semen juga akan semakin meningkat. Produksi semen menghasilkan 7% gas karbondioksida di dunia (International Energy Authority: World Energy Outlook). Oleh karena itu perlu dicari alternatif material pengganti semen sehingga penggunaan semen dapat dikurangi.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari material lain yang berfungsi sama dengan semen yakni sebagai bahan pengikat pada beton. Material yang digunakan

¹ <http://id.wikipedia.org/wiki/Beton>

² Alexandra Goho. Concrete Nation. 2005. <http://www.jstor.org/stable/concrete&list>.

³ <http://id.wikipedia.org/wiki/Beton>

pada penelitian ini adalah yang berasal dari cangkang kerang. Cangkang kerang yang digunakan adalah kerang darah. Pemilihan cangkang kerang dikarenakan cangkang kerang ini mengandung kalsium karbonat. Kalsium karbonat ini berfungsi sebagai pengikat hidrolis, yang akan mengikat agregat pada campuran beton.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai melalui penelitian ini adalah :

- 1) Mengetahui komposisi kimia dari cangkang kerang yang akan digunakan
- 2) Mengetahui komposisi cangkang kerang sebagai bahan pengganti semen yang optimum pada campuran beton
- 3) Mengetahui karakteristik kuat tekan, permeabilitas, dan modulus elastisitas pada beton yang menggunakan serbuk cangkang kerang sebagai bahan pengganti semen

1.3 Hipotesis

Penggunaan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan pengganti semen dapat meningkatkan kuat tekan beton, dan menurunkan sifat permeabilitas beton.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini meliputi analisis kuat tekan, permeabilitas, dan modulus elastisitas dengan menggunakan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan pengganti semen. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil FTUI.

1.5 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini sampel beton menggunakan serbuk cangkang kerang sebagai bahan pengganti semen. Proporsi serbuk cangkang kerang pada sampel adalah 0%, 5%, 10%, dan 15 % dari berat semen yang akan digunakan pada campuran beton. Batasan- batasan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Beton didesain dengan $f_c' = 35$ MPa
2. Serbuk cangkang kerang akan digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam beton
3. Pengujian terhadap serbuk cangkang kerang adalah menentukan komposisi kimia abu cangkang kerang yang dilakukan di Laboratorium Material Science UI-Salemba.
4. Pengujian kuat tekan, uji modulus elastisitas, dan uji permeabilitas dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Pendahuluan ini berisi latar belakang, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penelitian yang digunakan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Landasan teori terdiri dari pengenalan tentang sifat-sifat beton serta bahan-bahan pembentuknya dan beberapa pengujian yang dilakukan pada penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini dijelaskan tentang aktivitas penelitian serta prosedur-prosedur yang dilaksanakan .

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Dalam bab ini berisikan data-data yang didapatkan pada penelitian di laboratorium dan analisa yang dapat disimpulkan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan dan saran dari hasil penelitian

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Umum Beton

Beton sudah digunakan sejak masa Romawi dan Mesir kuno. Beton didefinisikan sebagai batu buatan yang terdiri dari campuran bahan perekat (semen portland), bahan pengisi (agregat kasar dan halus) dan air dengan komposisi tertentu, yang setelah mengalami proses hidrasi akan membentuk bahan yang mempunyai struktur padat dan keras (Everett, Alan, 1992, 159)

SK.SNI T-15-1990-03:1 mendefinisikan beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat. Untuk membuat beton harus diperhatikan proporsi campuran untuk menghasilkan mutu beton yang diinginkan.

Secara umum, kelebihan dan kekurangan beton adalah :

◆ Kelebihan

- a) Beton menggunakan bahan-bahan dasar yang mudah didapat
- b) Mempunyai kekuatan yang sangat tinggi terutama kuat tekan
- c) Tahan terhadap temperatur tinggi
- d) Biaya pemeliharaan yang relatif rendah
- e) Beton segar dapat dengan mudah diangkut dan dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran sebarang tergantung keinginan.
- f) Memiliki kekakuan yang baik

◆ Kekurangan

- a) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah yang membuat beton mudah retak.
- b) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian tinggi
- c) Beton mempunyai bobot yang berat
- d) Panas hidrasi pada beton massa akan sangat tinggi, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retak pada saat pendinginan.
- e) Seringkali tidak kedap air sehingga dapat mengakibatkan kebocoran dan juga terkorosi terutama dilingkungan yang agresif.

- f) Memiliki perilaku susut dan rangkai
- g) Beton memiliki perilaku yang getas (tidak daktail).

2.2 Bahan Pembentuk Beton

2.2.1. Semen Portland

Semen portland adalah substansi halus yang berbentuk bubuk berwarna abu-abu dan kecoklatan, gabungan dari mineral kristal, yang terdiri dari kalsium dan aluminium sulfat. Kalsium silikat bereaksi dengan air memproduksi kandungan baru yang dapat memberi kekerasan campuran.

Semen portland dibuat dari semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidraulis dengan gipsum sebagai tambahan.

Proses pembuatan dari semen pada umumnya adalah sebagai berikut:

1. Menghancurkan bahan baku yang terdiri dari Lime, Silica, Alumina, dan juga dengan material minor lainnya, baik dalam keadaan basah, bentuk ini dinamakan slurry
2. Setelah dihancurkan, bahan-bahan ini dimasukkan kedalam rotary kiln dari bagian atas
3. Selama panas didapatkan pada klin beroperasi, bahan-bahan ini melewati bagian atas dari kiln menuju bagian bawah dari klin pada kecepatan tertentu
4. Temperatur dari campuran dinaikkan hingga pada titik permulaan fusion yang disebut clinkering temperature. Temperatur ini terus dijaga konstan hingga bahan-bahan menyatu dan membentuk bola-bola pada temperatur 1500° C. bola-bola ini, yang ukurannya berkisar antara 1/16 hingga 2 inci, disebut cilinkers
5. Clinker didinginkan kemudian diperhalus hingga berbentuk bubuk.
6. Pada saat penumbukan dilakukan, ditambahkan gypsum dengan persentase yang kecil untuk mengontrol atau menghambat setting time dari semen ketika berada di lapangan.
7. Semen portland yang sudah jadi, langsung didistribusikan untuk dipasarkan.

Ukuran partikel biasanya antara 0,5 mikron hingga 50 mikron dan lolos saringan No 200, mempunyai Specific Gravity antara 3,12 – 2,16

2.2.1.1. Tipe-Tipe Semen Portland

Menurut SII 0031-81 dan ASTM C 150-81, tipe semen portland adalah:

1) Tipe I (*Ordinary portland cement*)

Tipe standar untuk penggunaan umum tidak mempunyai persyaratan khusus. Kandungan $C_3S = 48-52\%$ dan $C_3A = 10-15\%$. Minimum *specific surface* $225 \text{ m}^2/\text{kg}$

2) Tipe II (*Modified Cement*)

Tipe II ini memiliki modifikasi panas hidrasi yang sedang untuk penggunaan tahan sulfat. Dalam beberapa penggunaan kekuatan awal yang lambat sangat tidak menguntungkan dan untuk alasan ini maka adanya modifikasi semen. Semen ini mempunyai panas yang lebih besar dari tipe IV dan tingkat kekuatan yang sama dengan Tipe I. biasanya digunakan untuk bangunan tepi laut seperti dermaga, bendungan, dinding penahan yang membutuhkan panas hidrasi rendah.

3) Tipe III (*Rapid- Hardening Portland Cement*)

Cepat menguap, panas hidrasi tinggi karena C_3S yang besar sampai 70% dan kehalusan yang tinggi. Tipe ini tidak digunakan untuk masa beton konstruksi atau dalam konstruksi yang besar karena tingkat perkembangan panas yang tinggi dan biasanya untuk lokasi suhu yang rendah dan cepat membeku. Minimum *specific surface* $325 \text{ m}^2/\text{kg}$

4) Tipe IV (*Low Heat Portland Cement*)

Panas hidrasi rendah 250 j/g pada umur 7 hari dan 290 j/g pada umur 28 hari. Penggunaan untuk pengecoran beton yang bersifat massal atau volume pengecoran yang besar seperti pembangunan bendungan yang besar dimana naiknya temperatur sebagai hasil dari panas yang dihasilkan selama pengerasan merupakan suatu faktor kritis (dibutuhkan pengecoran yang tidak menimbulkan panas). Minimum *specific surface* $275 \text{ m}^2/\text{kg}$.

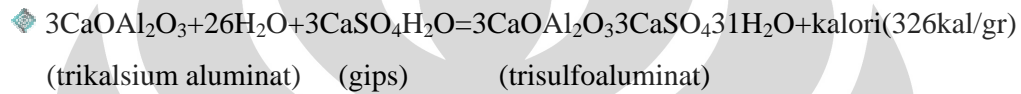
5) Tipe V (*Sulphate Resisting cement*)

Tipe ini mempunyai kandungan C_3A yang rendah dan tahan terhadap sulfat dari beton bagian luar, sehingga nanti adanya bentuk kalsium sulfoaluminat dan gypsum yang menyebabkan gangguan pada beton yang meningkatkan hasil volume.

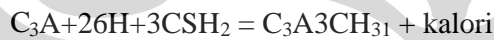
2.2.1.2. Kandungan senyawa gabungan yang terdapat dalam Semen Portland

Semen portland terdiri dari oksida utama silika, alumina, kapur dan besi.

Oksida utama saling bereaksi sehingga menghasilkan senyawa gabungan. Reaksi kimia yang terjadi selama proses hidrasi yaitu:



Disingkat:



(trikalsium aluminat) (trikalsium aluminat hidrat)

Disingkat:



(trikalsium silikat) (tobelmorite gel)

Disingkat :



(trikalsium silikat) (tobermorite gel) (kalsium hidroksida)

Disingkat:



(tetrakalsium aluminoforit) (calsium aluminoforit hidrat)

Disingkat :



Berikut ini senyawa gabungan dari reaksi semen portland:

- 1) Trikalsium silikat ($3\text{CaO SiO}_2 = C_3S$)

Senyawa ini cepat mengeras bila bereaksi dengan air dengan melepas panas 500 joule/gram, mempunyai kekuatan respon yang besar untuk permulaan tertentu. Jika pengerasan beton berlanjut, kekutan terakhir setelah enam bulan akan lebih besar untuk semen dengan persentase C_2S lebih banyak. Kekuatan awal beton semakin tinggi dengan meningkatnya persentase C_3S . Kandungan C_3S bervariasi antara 35-55%, rata-rata 45%.

2) Dikalsium silikat ($2CaO SiO_2 = C_2S$)

Senyawa ini mengeras dengan lambat bila bereaksi dengan air dan menimbulkan sedikit panas kurang lebih 250 joule/gram. C_2S berperan besar terhadap efek dari kekuatan terjadi pada umur satu minggu kemudian mencapai kekuatan tekan akhir sama dengan C_3S .

3) Trikalsium aluminium ($3CaO Al_2O_3 = C_3A$)

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan panas yang tinggi \pm 850 joule/ gram. Mendukung perkembangan kekuatan untuk hari-hari pertama karena ini campuran hidrasi awal sedikitnya komponen dari konsentrasi sulfat tinggi. Semen yang terbuat dari C_3A rendah biasanya panas yang ditimbulkan kecil dan tahan terhadap sulfat.

4) Tetra kalsium aluminoforit ($4CaO Al_2O_3FeO_3 = C_4AF$)

Campuran pembantu dalam pembuatan semen dengan mengijinkan temperatur klinker rendah C_4AF mendukung kekuatan sangat kecil sejak hidrasi dimulai. C_4AF akan cepat bereaksi dengan air dalam beberapa menit kemudian pasta akan terbentuk. Senyawa ini menyebabkan semen berwarna abu-abu.

Tabel 2.1 Komposisi Senyawa Yang Terkandung Dalam Semen (%)

	C_3S	C_2S	C_2S	C_4AF	$CaSO_4$	CaO	MgO	Loss in ignition
Type I	59	15	12	8	2.9	0.8	2.4	1.2
Type II	46	29	6	12	2.8	0.6	3	1
Type III	60	12	12	8	3.9	1.3	2.6	1.9
Type IV	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	1
Type V	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	1

(sumber : Navy, Edward. *Reiforced Concrete*. Prentice Hall.1996.Tabel 2.8 hal 22)

2.2.1.3. Sifat Fisik Semen Portland

Sifat fisik semen portland dibagi menjadi beberapa poin yaitu: kehalusan butir, kepadatan, konsistensi, waktu pengikatan, panas hidrasi, dan kekalan.

- **Kehalusan butir (Fineness).**

Kehalusan mempengaruhi proses hidrasi semen, makin kasar butiran maka waktu ikat yang terjadi akan semakin lama dan sebaliknya semakin halus ukuran butir semen menyebabkan waktu ikat akan berjalan lebih cepat. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya bleeding atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

- **Konsistensi.**

Konsistensi berpengaruh pada saat pencampuran awal yaitu pada saat terjadi awal pengikatan sampai saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi bergantung pada ratio air dan semen serta aspek lain yaitu kehalusan dan kecepatan hidrasi.

- **Waktu pengikatan.**

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan oleh semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen sehingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat dibagi menjadi dua yaitu waktu ikat awal dan waktu ikatan akhir. Waktu ikat awal adalah waktu pencampuran semen dan air sampai sifat campuran menjadi plastis dan waktu ikat akhir adalah waktu antara terbentuknya ikatan pasta semen sehingga beton mulai mengeras.

- **Panas hidrasi**

Merupakan panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air. Jumlah panas yang dibentuk antara lain bergantung dari jenis semen yang dipakai dan kehalusan butir semen. Pada semen normal panas hidrasi bervariasi antara 37 kalori/gram pada suhu 5°C sampai 80 kalori/gram pada suhu 40°

Tabel 2.2 : Perkembangan Panas Hidrasi Semen Portland Pada Suhu 21 °c

Jenis semen portland	hari					
	1	2	3	7	28	90
Tipe I	33	53	61	80	96	104
Tipe II	-	-	-	58	75	-
Tipe III	53	67	75	92	101	107
Tipe IV	-	-	41	50	66	75
Tipe V	-	-	-	45	50	-

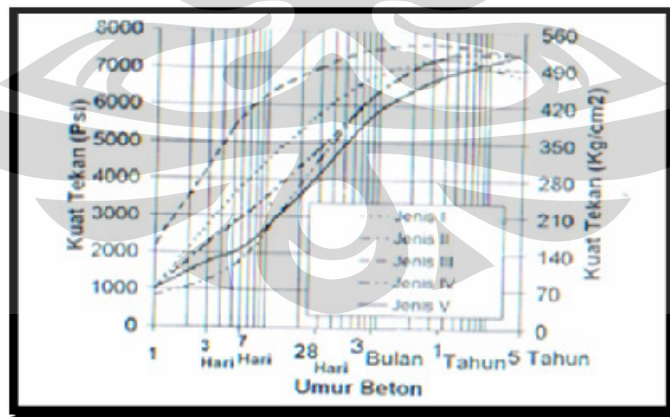
(Sumber: Neville, A.M. *Properties of Concrete*. Longman, 1995. Tabel 1.7 hal 38)

- Perubahan volume.

Merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan campuran dan kemampuan mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi. Ketidak kekalannya terjadi karena terlalu banyaknya jumlah kapur bebas yang pembakarannya tidak sempurna serta magnesium yang terdapat dalam campuran.

- Kekuatan tekan.

Setelah beton mengalami perawatan pada umur 28 hari dapat kita lihat perkembangan kekuatan tekan beton dengan menggunakan jenis semen yang berbeda tipe yaitu



Gambar 2.1 : Perkembangan Kekuatan Tekan Beton

2.2.2. Agregat

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan volume beton. Pada beton, biasanya terdapat sekitar 60% hingga 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda utuh, homogen dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar.

Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak dalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga beton, dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut

2.2.2.1. Berdasarkan ukurannya agregat terbagi dua jenis

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan-pecahan dari *blast-furnac*)

Agregat disebut kasar apabila ukurannya sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in (6 mm). sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap cuaca, dan efek-efek perusak lainnya.

Syarat agregat kasar adalah sebagai berikut:

- Terdiri dari butir keras dan tidak berpori, kuat dalam arti tidak pecah atau hancur oleh matahari, hujan dan cuaca.
- Tidak boleh mengandung zat agresif atau perusak
- Keausan agregat tidak boleh lebih besar dari 50% diuji dengan mesin los angeles.
- Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 % (ditentukan terhadap berat kering)
- Agregat yang semua butirnya tertahan ayakan berlubang 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm (ASTM C33,1982) atau 5 mm (BS.812,1976)
- Penyerapan agregat terhadap air maksimum 3% (ASTM C-127-04)
- Berat jenis (bulk) minimum 2,5% (ASTM C-29M-2003)

2. Agregat Halus

Agregat yang semua butirnya lolos ayakan berlubang 4,8 mm (SII.0052,1980) atau 4,75 mm (ASTM C33,1982) atau 5 mm (BS.812,1976) . syarat yang harus terpenuhi yaitu:

- Penyerapan agregat terhadap air maksimum 3% (ASTM C-128-04)
- Berat jenis curah minimum 2,5 (ASTM C-29M-2003)

2.2.2.2. Berdasarkan density, agregat terbagi atas :

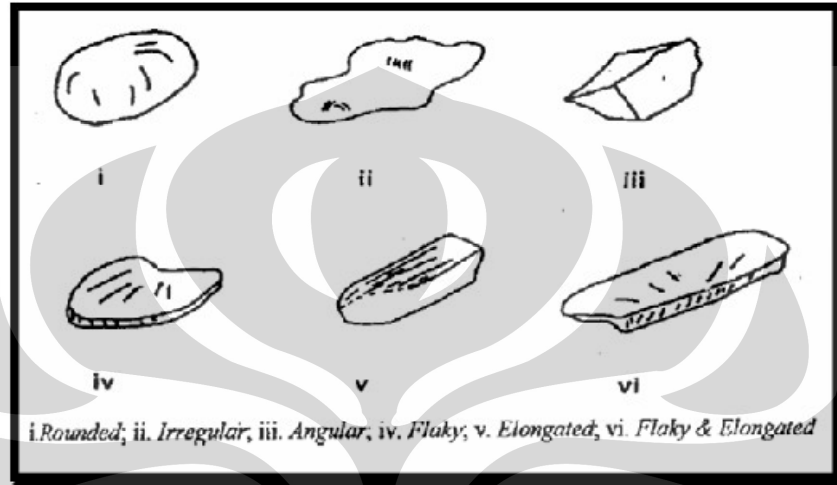
1. Agregat normal, mempunyai berat jenis rata-rata $2500-2700 \text{ kg/m}^3$ atau tidak boleh kurang dari 1200 kg/m^3 . Dipakai untuk beton normal.
2. Agregat ringan, mempunyai berat isi $350-880 \text{ kg/m}^3$ untuk agregat kasar dan $750-2500 \text{ kg/m}^3$ untuk agregat halunya. Dipakai dalam pembuatan precast dan struktur beton ringan
3. Agregat berat, mempunyai berat jenis lebih besar dari 2800 kg/m^3 .

2.2.2.3. Berdasarkan bentuk

1. Agregat bulat, memiliki rongga udara minimum 33% sehingga rasio luas permukaan kecil. Agregat ini kurang cocok untuk beton mutu tinggi karena ikatan antar agregat kurang kuat
2. Agregat bulat sebagian atau tidak teratur, secara alamiah berbentuk tak teratur dengan rongga udara pada agregat ini 35%-38% sehingga membutuhkan pasta semen lebih banyak untuk mudah dikerjakan.
3. Agregat bersudut, mempunyai sudut-sudut tampak jelas yang terbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini 38%-40%. Sangat cocok untuk beton mutu tinggi karena ikatan antar agregat yang baik dan dapat digunakan sebagai lapis perkerasan (rigid pavement)
4. Agregat panjang, panjangnya jauh lebih besar dari lebarnya dan lebarnya jauh lebih besar dari tebalnya, agregat ini cenderung berongga dibawahnya dan berpengaruh buruk pada beton yang dibuatnya
5. Agregat pipih, perbandingan antara tebal agregat dengan ukuran lebar adalah lebih kecil. menurut Galloway 1994, agregat pipih mempunyai perbandingan

panjang dan lebar dengan ketebalan berasio 1:3 yang dapat digambarkan sama dengan uang logam.

6. Agregat pipih dan panjang, agregat jenis ini mempunyai panjang yang jauh lebih besar daripada lebarnya, sedangkan lebarnya jauh lebih besar dari tebalnya.



Gambar 2.2 bentuk agregat
(Sumber: BSI 812-1975)

2.2.2.4. Berdasarkan gradasi

1. Gradasi sela (gap gradation), terjadi jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada maka gradasi ini akan menunjukkan satu garis horizontal pada grafiknya
2. Gradasi menerus didefinisikan jika semua ukuran butir ada dan terdistribusi dengan baik
3. Gradasi seragam, agregat memiliki ukuran yang sama. Agregat ini terdiri dari batas yang sempit dari ukuran fraksi dan dalam diagram terdapat garis yang hampir tegak.

2.2.3. Air

Air diperlukan dalam pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang mengandung senyawa berbahaya seperti air garam, mengandung minyak, gula atau kimia lain akan menurunkan kualitas dari beton. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi

selesai , sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak akan selesai sepenuhnya. Untuk air yang tidak memenuhi standar mutu maka kekuatan beton yang diijinkan tidak boleh kurang dari 90%.

Syarat mutu air untuk beton telah distandarisasi menurut British Standard (BS.3148-80) adalah menurut ketentuan dibawah ini:

1. Garam-garam anorganik. Gabungan ion-ion kalsium, magnesium , narium, kalium, bikarbonat, sulfat, klorida, dan karbonat tidak boleh melebihi 2000 mg per liter karena dapat memperlambat waktu pengikatan beton.
2. NaCL dan Sulfat. Konsentrasi NaCL atau garam dapur sebesar 20000 ppm pada umumnya masih diizinkan.
3. Air Asam. Air campuran asam dapat digunakan atau tidak berdasarkan konsentrasi asamnya yang dinyatakan dalam ppm (parts per million).
4. Air Basa. Air dengan kandungan natrium hidroksida sebesar 0,5% dari berat semen, tidak banyak berpengaruh pada kekuatan beton, asalkan waktu pengikatan tidak berlangsung dengan cepat.
5. Air Gula. Apabila kadar gula dalam campuran dinaikkan hingga mencapai 0,2% dari berat semen, maka waktu pengikatan akan lebih cepat dan berkurangnya kekuata beton pada 28 hari.
6. Minyak. Minyak tanah atau minyak mineral sengan konsentrasi lebih dari 2% berat semen dapat mengurangi kekuatan hingga 20%.
7. Rumput Laut. Rumput laut yang tercampur dengan air campuran beton daat menyebabkan berkurangnya kekuaan beton secara signifikan. Dimana pengaruh pada beton adalah mengurangi daya ekat semen sehingga menyebabkan banyaknya gelembung udara dalam beton.

2.3 Bahan Tambah (Admixture)

Admixture adalah bahan-bahan yang ditambahkan dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk kehematan biaya. Sedangkan menurut Standard definition of terminology relating to concrete and concrete agregat (ASTM C.125-1995:61) dan dalam cement and concrete technology (ACI SP-19) sebagai material selain

air , agregat, dan semen hidrolis yang dicampur kedalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama percampuran berlangsung.

2.3.1. Bahan tambah mineral

1. Abu terbang batubara

Menurut ASTM C.618 abu terbang (fly ash) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batubara. Fly ash dapat dibedakan menjadi dua yaitu abu terbang yang normal yang dihasilkan dari pembakaran batubara antrasit atau batubara bitomis dan abu terbang kelas C yang dihasilkan dari batubara jenis lignite atau subitumeus dimana pada abu terbang ini memiliki kandungan kapur 10% beratnya.

2. Slag

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag dalam ASTM.C989, adalah produk non metal yang merupakan material berbentuk halus. Keuntungan menggunakan slag dalam campuran beton adalah:

- Mempertinggi kekuatan tekan beton karena sifatnya yang cenderung melambatkan kenaikan kekuatan tekan beton.
- Meningkatkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan beton.
- Mengurangi variasi kekuatan tekan beton.
- Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut.
- Mengurangi serangan alkali silika.
- Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu.
- Memperbaiki penyelesaian akhir dan warna cerah pada beton.
- Mempertinggi keawetan karena pengaruh perubahan volume.
- Mengurangi porositas dan serangan terhadap klorida.

3. Silika fume

Definisi silika-fume dalam "Specification for silica-fume for use in hydraulic cement concrete and mortar" (ASTM.C.1240,1995: 637-642) adalah material pozzolan yang halus , dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau besi alloy silikon (dikenal sebagai gabungan antara microsilica dengan silika fume). Penggunaan silika fume berkisar antara 0-30% untuk memperbaiki karakteristik kekuatan dan

keawetan beton dengan faktor air semen sebesar 0,34 dan 0,28 dengan atau tanpa bahan superplasticizer dan nilai slump 50mm.

4. Panghalus gradasi

Bahan ini berupa mineral yang dipakai untuk memperhalus perbedaan-perbedaan campuran beton dengan memberikan ukuran yang tidak ada atau kurang dalam agregat. Selain itu dapat juga menaikkan mutu dari beton yang akan dibuat kegunaan lainnya adalah untuk mengurangi permeabilitas atau ekspansi kapur hidrolis, semen slag, fly ash, dan podzollan alam yang sudah menjadi kapur atau mentah.

2.3.2. **Bahan Tambah Kimia**

Menurut standar ASTM .C.494(1995:.254) dan pedoman beton 1989 SKBI.1.4.53.1989, jenis bahan kimia dibedakan menjadi tujuh tipe bahan tambah yaitu:

- Tipe A “Water Reducing Admixtures”

Water Reducing Admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. Bahan tambah ini antara lain digunakan untuk dengan tidak mengurangi bahan semen dan nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau rasio faktor air semen (w/c) yang rendah atau dengan nilai w/c yang tetap akan menaikkan nilai slump beton.

- Tipe B “Retarding Admixtures”

Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berguna untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya misalnya adalah karena kondisi cuaca yang panas atau memperpanjang waktu pematangan untuk menghindari cold joints dan menghindari dampak penurunan saat beton segar pada saat pengecoran dilaksanakan.

- Tipe C “Accelerating Admixtures”

Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan pada beton. Accelerating admixture yang

paling terkenal adalah Klasium Klorida dengan dosis maksimum 2% dari berat semen yang digunakan

- Tipe D “Water Reducing and Retarding Admixtures”

Water Reducing and Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur dan menghambat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton dengan mengurangi jumlah semen yang sebanding dengan kandungan air

- Tipe E “Water Reducing and Accelerating Admixtures Admixture”

Water Reducing and Accelerating Admixtures Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal. Air yang terkandung dalam bahan ini akan menjadi bagian dari air campuran beton. Jadi, dalam campuran perencanaan air ini harus ditambahkan sebagai berat air total dalam perhitungan beton.

- Tipe F “Water Reducing , High Range Admixtures”

Water Reducing , High Range Admixtures. Adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsisten tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan ini menjadi lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit, tetapi dengan tingkat kemudahan pekerjaan yang lebih tinggi. Bahan tambah ini dapat berupa superplasticizer

- Tipe G “Water Reducing High Range Retarding Admixtures”

Water Reducing High Range Retarding Admixtures adalah bahan yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur untuk menghasilkan konsistensi beton tertentu , sebanyak 12 % atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan bahan tambah superplasticizer dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasa digunakan untuk pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya untuk mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja

2.3.3. Material Serbuk Kerang Darah Sebagai Bahan Pengganti Semen.

Dalam penelitian ini dipakai kerang dari kelas Bivalvia. Nama latin kerang darah adalah *Anadara granosa*. Nama "bivalvia" mengacu pada dua bagian cangkang yang memiliki karakteristik sebagai spesies molusca (hewan berbadan lunak)⁴. Cangkang kerang ini dibuat oleh kalsium karbonat yang tersembunyi didalam mantelnya.



Gambar 2.3 Anadara Granosa

2.3.3.1. Komposisi Kimia Anadora Granos

Dari hasil uji XRF didapatkan komposisi kimia Anadora Granosa sebagai berikut:

Tabel 2.3 Hasil Uji XRF Anadara Granosa

No	Senyawa	Wt(%)
1	Na ₂ O	2,9571
2	Al ₂ O ₃	0,7036
3	SiO ₂	12,7348
4	S	0,1247
5	CaO	82,2112
6	Cr ₂ O ₃	0,1406
7	MnO ₂	0,0587
8	Fe ₂ O ₃	0,8442
9	SrO	0,2251

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa 82,2112% kulit kerang darah mengandung kalsium oksida, yang merupakan pengikat hidrolis agregat pada campuran beton.

⁴ www.wikipedia.com/anadara/granosa/

2.3.3.2. Reaksi Kalsium Oksida pada beton

- ◆ Kalsium oksida jika berhubungan dengan air akan menjadi kalsium hidroksida dengan panas sebagai energi yang hilang. Reaksi kimianya adalah:



- ◆ Pengikatan dapat terjadi akibat penguapan dan proses pengerasan akan berlangsung sebagai akibat reaksi karbondioksida dari udara dengan Ca(OH)_2 . Reaksinya adalah sebagai berikut



Dari reaksi kimia diatas terlihat bahwa terjadi pembentukan kristal-kristal kalsium karbonat, yang mengikat massa heterogen menjadi massa padat. Jika digunakan sebagai bahan tambah beton, kalsium karbonat akan menambah kekenyalan dan memperbaiki sifat beton

2.4 Sifat-Sifat Dari Beton

Beton memiliki sifat-sifat yang dapat dibagi menjadi dua yaitu sifat fisik dan sifat mekanik.

2.4.1. Sifat Fisik Pada Beton Segar (Fresh Concrete)

Pada fase ini beton berbentuk cairan. Sifat-sifat dari beton segar harus disesuaikan pada masa persiapan produksi dan proses pembuatan. Disyaratkan juga untuk beton dalam bentuk segar akan tetap. Adapun sifat yang terjadi selama beton dalam bentuk segar adalah:

1. Bleeding

Sebagai contoh setelah ditempatkan dan dicompact, ketika beton masih segar agregat mungkin dapat turun. Air dan semen akan pindah akibat gaya keatas. Keadaan ini disebut *bleeding*. Bagian yang lemah dari beton terbawa kepermukaan dari akumulasi air yang berada diatas beton dan akan mengurangi ikatan antara beton dengan tulangnya.

2. Workabilitas

Workabilitas beton atau sifat kemudahan pengerjaan dari beton yang meliputi kemudahan penempatan-pencetakan beton dan ketahanan beton terhadap segregasi serta sifat-sifat beton dalam kondisi plastis lainnya. Sifat

workabilitas (biasa disebut kelecakan) beton dapat diklasifikasikan menjadi. Compactibility yaitu mewakili sifat kemudahan pemampatan beton dengan cara menghilangkan rongga udara yang ada. Stability yaitu ketahanan beton terhadap segregasi materialnya selama masa pengangkutan atau saat pemadatan. Mobility yaitu kemudahan beton segar untuk mengisi seluruh sudut cetakan dan rongga antar tualangan. Finishability, yaitu sifat yang menolong untuk memperoleh penyelesaian permukaan beton yang licin dan baik.

Pengukuran derajat workabilitas beton dilakukan dengan pengujian-pengujian seperti : Uji Slump (ASTM C 143 - 78), untuk mengetahui variasi dari keseragaman dan konsistensi dari campuran beton tertentu.

3. Segregasi

Segregasi merupakan peristiwa lepasnya agregat dari campuran beton selama beton dalam proses pengangkutan, pemadatan dan pengecoran. Penyebab terjadinya segregasi adalah kadar semen yang rendah, kadar air terlalu tinggi, kurangnya agregat halus dan pada saat pengerjaan tinggi jatuh campuran ke cetakan / bekisting yang terlalu jauh

2.4.2. Sifat Mekanik Tekan Beton

Kekuatan dari beton sangat penting dalam sifat-sifat engineering karena tidak hanya mencerminkan kualitas mekanik, tapi juga memberikan indikasi dari ketahanan jangka panjang. Beton yang kuat tekan berarti beton tersebut adalah padat, permeabilitasnya rendah, dan lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan. Secara teoritis, kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas . dimana dapat ditulis kedalam rumusan

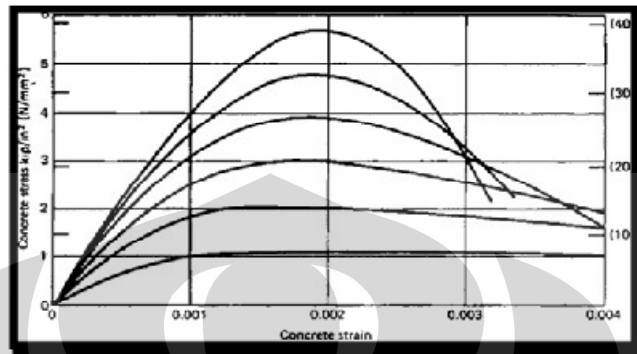
$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ = kuat tekan beton

P = beban tekan akibat gaya luar

A = luas bidang tekan

Hubungan tegangan dan regangan pada beton akibat beban dapat dilihat pada gambar ini.



Gambar 2.4 : Grafik tegangan – regangan beton

(Sumber: Jack C. McCormac" Desain Beton Bertulang" Erlangga)

2.4.3. Modulus Elastisitas

Beton tidak memiliki modulus elastisitas yang pasti. Nilainya bervariasi tergantung dari kekuatan beton, umur beton, jenis pembebanan, dan karakteristik dan perbandingan semen dan agregat.

Modulus elastisitas atau disebut juga *modulus young* adalah perbandingan antara tegangan tarik atau tekan terhadap regangan yang bersangkutan, di bawah batas proporsionalnya dari material. Nilai ini pada perhitungan perencanaan disebut sebagai modulus elastisitas beton. Modulus ini memenuhi asumsi praktis bahwa regangan yang terjadi selama pembebanan pada dasarnya dapat dianggap elastisitas (pada keadaan beban dihilangkan bersifat *reversible* penuh) dan regangan lainnya akibat beban dipandang sebagai rangkak.

SNI 03-2847-2002 memberikan persamaan untuk menghitung modulus elastisitas beton, yaitu $E_c = 4700 \sqrt{f_c}$ (MPa).

Besarnya nilai perbandingan antara regangan lateral (ϵ_2) terhadap regangan longitudinal (ϵ_1) pada suatu bahan/material adalah tetap (konstan). Nilai perbandingan inilah yang disebut dengan Rasio *Poisson* yang umumnya bernilai pada kisaran angka 0.15 - 0.2. Regangan yang arahnya segaris dengan arah gerak gaya disebut regangan longitudinal. Sedangkan regangan yang arahnya tegak lurus terhadap arah gerak gaya disebut regangan lateral.

2.4.4. Permeabilitas Beton

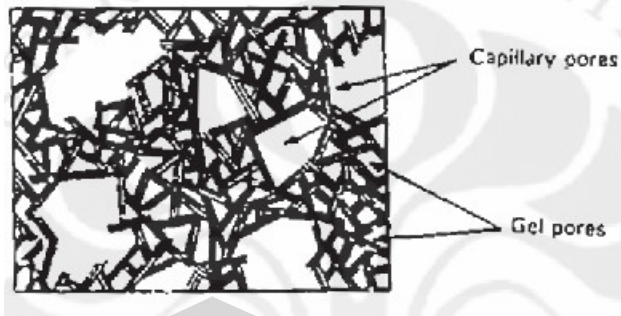
Permeabilitas beton adalah pengaliran suatu zat cair maupun gas melalui sistem pori-pori yang diakibatkan dari tekanan luar.

2.4.1.1. Struktur pori pada beton:

Permeabilitas beton ditentukan oleh volume, ukuran, dan kontinuitas pori. Tingkat transfer massa melalui padatan berpori dan properties mekanisnya dipengaruhi oleh sistem pori. Untuk itu diperlukan pengetahuan yang mendasar mengenai struktur pori dari beton. Struktur pori dalam beton dipengaruhi oleh struktur pori dalam agregat, pasta dan rongga udara.

Struktur pori masing-masing adalah sebagai berikut:

1. Pori dalam pasta
 - Pori gel : pori dalam gel sangat banyak dan jauh lebih kecil dibandingkan pori kapiler. Air dalam pori ini tidak berlaku sebagai air bebas normal karena ukurannya sangat. Berukuran 1,5 -2,0 nm. Gerakan air dalam pori ini berkontribusi kecil
 - Pori kapiler : pori kapiler berukuran sub mikroskopik, saling terhubung dan secara acak terdistribusi. Air dalam pori kapiler tidak berlaku sebagai air bebas normal dalam tingkat yang lebih kecil karena ukuran porinya lebih besar. Berukuran 10 nm – 5 μ m merupakan porositas yang permeable
2. Pori dalam agregat
 - Pori yang terakses ke permukaan, terdiri dari:
 - Intra partikel, yaitu pori yang berada dalam masing-masing agregat
 - Intra partikel, yaitu pori yang terbentuk diantara agregat
 - Pori yang terisolasi secara sempurna oleh padatan disekitarnya, pori ini tidak berhubungan langsung dengan durabilitas beton
3. Rongga udara
 - Entrained air merupakan rongga udara yang sengaja dibentuk dengan menambah zat aditif
 - Entrapped air merupakan rongga udara yang terbentuk akibat konsolidasi yang tidak sempurna.



Gambar 2.5 pori dalam pasta semen

(Sumber: Young, Francis Sydney Mindess. *The Science & technology of Civil Engineering Materials*. Prentice Hall, 1998)

2.4.1.2. Faktor yang mempengaruhi permeabilitas beton

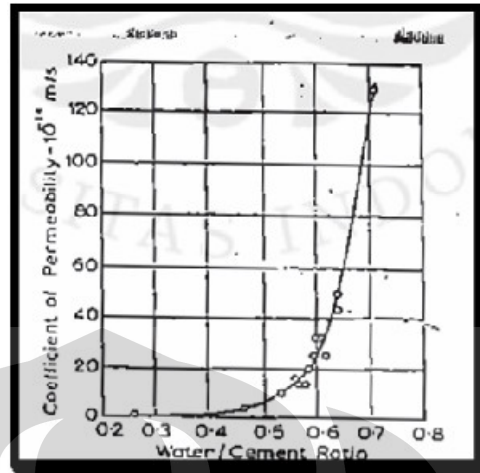
1. Material

- Pasta semen yang lambat hidrasinya akan lebih permeable dibandingkan dengan semen yang cepat hidrasinya.
- Semakin halus semen permeable beton yang dihasilkan.
- Permeabilitas meningkat ketika ukuran maksimum dari agregat meningkat karena adanya rongga air pada sisi bawah dari agregat kasar.
- Entrained air secara umum berfungsi untuk mengurangi permeabilitas karena peningkatan workabilitas, mengurangi bleeding dan efek dari rongga halus (void) yang terpisah dalam mengurangi terbentuknya struktur saluran air.
- Penambahan fly ash sebagai bagian dari PC secara umum mengurangi permeabilitas beton

2. Proporsi

Proporsi agregat yang tepat dan kandungan semen tergantung pada gradasi dan bentuk dari partikel agregat, pada kondisi pengecoran dan pada permeabilitas yang diinginkan.

- Jumlah air harus sesuai dengan kebutuhan. Kelebihan air akan mengurangi kepadatan dan meningkatkan aliran. Sedikit kelebihan air akan menghasilkan tempat bocor yang lebih kecil dibandingkan dengan sedikit kekurangan air.
- Semakin besar w/c semakin besar pula koefisien permeabilitas.

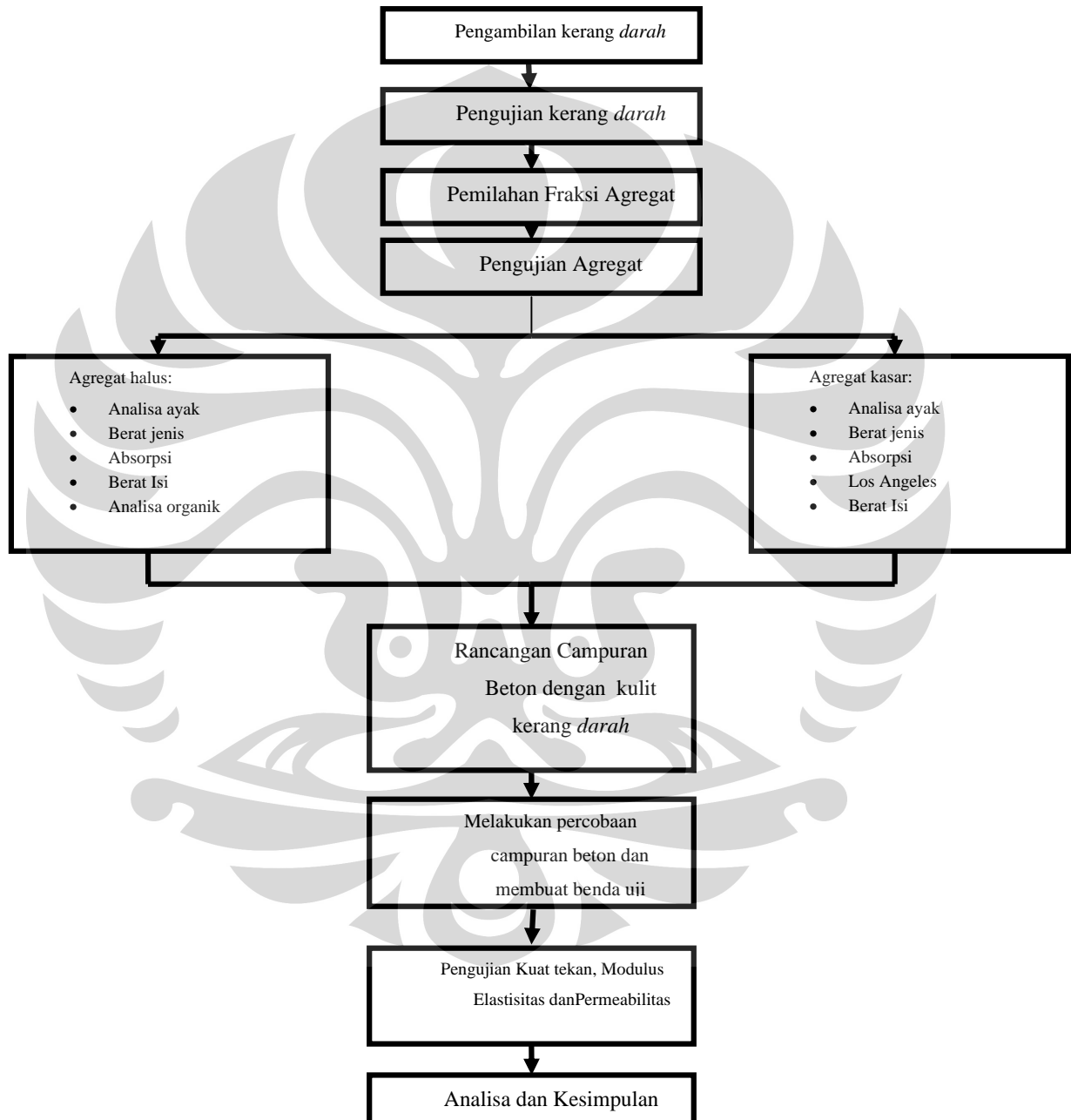


Gambar 2.6 hubungan w/c dengan angka permeabilitas

(Sumber : paul kliger & joseph lamond. Significance of test and properties of concrete and Concrete Making Material, ASTM, STP 169 C gambar 10 hal 245 (koefisien permeabilitas 10^{-12} m/s))

BAB 3 METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dan langkah kerja dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 3.1 Skema Metode Penelitian

3.1 Pengambilan Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Pada langkah ini akan dilakukan pengambilan kerang *darah* yang sudah tidak terpakai lagi.

3.2 Pemilahan Fraksi Agregat

Dalam proses pemilahan ini akan dilakukan pembagian material menjadi 2 (dua) fraksi yaitu:

- ✓ Agregat halus
- ✓ Agregat kasar

Adapun pembagian fraksi akan dilakukan dengan pengayakan melalui saringan. Menurut ASTM C 125 - 92, agregat kasar adalah porsi dari agregat yang tertahan (9,5 mm) dan pada saringan 4,75 mm (saringan No.4 standar ASTM), sedangkan agregat halus adalah agregat yang lewat ayakan 3/8 in (9,5 mm) dan hampir seluruhnya melewati saringan 4,75 mm (saringan No.4 standar ASTM) dan tertahan pada ayakan 75- μ m (No.200).

3.3 Pengujian Agregat

3.3.1. Pengujian Agregat Halus

3.3.1.1. Analisa Ayak

Pengujian ini berdasarkan standar ASTM C 136 – 95a

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan.

b. Peralatan:

- ✓ Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji.
- ✓ Satu set saringan : 76.2 mm (3"); 63.5 mm (2½"); 50.8 mm (2"); 37.5 mm (1½"); 25 mm (1"); 19.1 mm (¾"); 12.5 mm (½"); 9.5 mm (¼"); No.4; No.8; No.16; No.30; No.50; No.100; No.200 (standar ASTM).
- ✓ Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai (110±5)°C.
- ✓ Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- ✓ Mesin penggetar saringan.

- ✓ Talam-talam.
 - ✓ Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.
- c. Bahan:
- ✓ Ukuran maksimum No.4 berat minimum 500 gram.
- d. Prosedur
- ✓ Sediakan benda uji sebanyak 500 gram.
 - ✓ Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
 - ✓ Menyaring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran No.8, 16, 30, 50, 100, 200, pan. Kemudian saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
 - ✓ Timbang berat agregat halus pada masing-masing saringan
- e. Perhitungan:
- Menghitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

3.3.1.2. Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 128 - 93.

- a. Tujuan:
- Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat halus menurut ASTM C 128 guna menentukan agregat dalam beton.
- b. Peralatan:
1. Neraca timbangan dengan kepekaan 0,1 gram dan kapasitas minimum 1 kg.
 2. Piknometer kapasitas 500 gram.
 3. Cetakan kerucut pasir.
 4. Tongkat pemadat dari logam untuk cetakan kerucut pasir.
- c. Bahan:
- Seribu gram agregat halus, diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.
- d. Prosedur:

1. Agregat halus dibuat jenuh air dengan cara merendam selama 1 hari, kemudian dikeringkan sampai merata (Free Flowing Condition).
2. Sebagian benda uji dimasukkan pada *metal sand cone mold*. Benda uji kemudian dipadatkan dengan tongkat pemadat sampai 25 kali tumbukan. Kondisi SSD (*Surface Dry Condition*) diperoleh jika cetakan diangkat, agregat halus runtuh/longsor.
3. Agregat halus dalam keadaan SSD sebanyak 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer dan diisikan air sampai 90 % kapasitas. Gelembung-gelembung udara dihilangkan dengan cara mengoyang-goyangkan piknometer. Rendam dalam air dengan temperatur air 73.4 ± 30 °F selama paling sedikit 1 hari. Tentukan berat piknometer benda uji dan air.
4. Pisahkan benda uji dari piknometer dan dikeringkan pada temperatur $212 - 230$ °F selama 1 hari.
5. Tentukan berat piknometer berisi air sesuai kapasitas kalibrasi pada temperatur 73.4 ± 30 °F dengan ketelitian 0.1 gram.

e. Perhitungan:

- Bulk Specific Gravity (SSD) : $\frac{500}{B + 500 - C}$
- Apparent Specific Gravity : $\frac{A}{B + A - C}$
- Prosentasi Absorpsi : $\frac{500 - A}{A} \times 100\%$

Keterangan:

A = Berat (gram) dari benda uji *oven dry*

B = Berat (gram) dari piknometer berisi air

C = Berat (gram) dari piknometer dengan benda uji dan air sesuai kapasitas kalibrasi

3.3.1.3. Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 29/29M - 97.

a) Tujuan Percobaan

- Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat halus.
- Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

b) Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
2. Talam kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
3. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebaiknya terbuat dari baja tahan karat
4. Mistar perata (*straight edge*)
5. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang, berkapasitas sebagai berikut :

c) Benda Uji

1. Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ sampai berat tetap.
2. Prosedur
 - Berat isi lepas
 - Timbang dan catat berat wadah (w_1).
 - Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).
 - ✓ Berat isi pada agregat ukuran butir maksimum 36.1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") dengan cara penusukkan
 - Timbanglah dan catat berat wadah (w_1).
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).
 - Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38.1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") sampai 101.8 mm (4"") dengan cara penggoyangan

- Timbanglah dan catat berat wadah (w_1).
- Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.
- Padatkan setiap lapisan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah seperti berikut:
 - Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan.
 - Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
- Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

3. Perhitungan

$$\text{Berat Isi Agregat} = \frac{W_3}{V} \text{ kg / dm}^3$$

3.3.1.4. Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200

Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200 sesuai dengan standar ASTM C 117 - 04.

a. Tujuan Percobaan :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No.200 dengan cara pencucian.

b. Peralatan

1. Saringan No.16 dan No.200.
2. Wadah pencucian benda uji berkapasitas cukup besar sehingga pada waktu diguncang-guncang, benda uji dan atau air pencuci tidak tumpah.
3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$.
4. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh.
5. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.

c. Bahan

- ✓ Berat contoh agregat kering minimum tergantung pada ukuran agregat maksimum sesuai tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 Ukuran Agregat Kering Minimum

Ukuran Agregat Maksimum		Berat Contoh Agregat Kering Minimum
<i>mm</i>	<i>inci</i>	<i>Gram</i>
2,36	No. 8	100
1,18	No. 4	500
9,5	¼	2000
19,1	¾	2500
38,1	1½	5000

d. Persiapan benda uji

- ✓ Masukkan contoh agregat lebih kurang 25 kali berat benda uji ke dalam talam, keringkan dalam oven dengan suhu $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- ✓ Siapkan benda uji dengan berat $[w_1]$ sesuai dengan tabel III.1.

e. Prosedur

1. Masukkan benda uji ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
2. Guncang-guncangkan wadah dan tuangkan air cucian ke dalam susunan saringan No.16 dan No.200. Pada waktu menuangkan air cucian, usahakan agar bahan-bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
3. Masukkan air pencuci baru, dan ulanglah pekerjaan No.2 sampai air cucian menjadi bersih.
4. Semua bahan yang tertahan No.16 dan No.200 kembalikan ke dalam wadah; kemudian masukkan seluruh bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya $[w_2]$ dan keringkan dalam oven dengan suhu $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
5. Setelah kering timbang dan catatlah beratnya $[w_3]$.
6. Hitunglah berat bahan kering tersebut $[w_4 = w_3 - w_2]$.

f. Perhitungan

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan No.200} = \frac{w_1 - w_4}{w_1} \times 100\%$$

3.3.2. Pengujian Agregat Kasar

3.3.2.1. Analisa Ayak

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 136 – 95a.

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan.

b. Peralatan:

- Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji.
- Satu set saringan : 76.2 mm (3"); 63.5 mm (2½"); 50.8 mm (2"); 37.5 mm (1½"); 25 mm (1"); 19.1 mm (¾"); 12.5 mm (½"); 9.5 mm (¼"); No.4; No.8; No.16; No.30; No.50; No.100; No.200 (standar ASTM).
- Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai (110±5)°C.
- Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- Mesin penggetar saringan.
- Talam-talam.
- Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

c. Bahan:

Benda uji diperoleh dari alat pemisah.

d. Prosedur

- Sediakan benda uji sebanyak 2.5 kg.
- Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap. Menyaring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran 1, ¾, ¾, ½, 4, 8, dan pan. Kemudian saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
- Timbang berat agregat halus pada masing-masing saringan

e. Perhitungan:

Menghitung persentase gerak benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

3.3.2.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 127 - 88.

a. Tujuan:

Menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat kasar menurut ASTM C 127 guna menentukan volume agregat dalam beton.

b. Peralatan:

- Timbangan dengan ketelitian 0.5 gram, kapasitas minimum 5 kg.
- Panjang besi 8 in dan tinggi 2.5 in.
- Alat penggantung keranjang
- Oven
- Handuk

c. Bahan:

11 liter agregat [SSD] diperoleh dari alat pemisah contoh atau alat perempatan. Bahan benda uji lewat saringan No.4 dibuang.

d. Prosedur:

- Benda uji direndam 24 jam.
- Benda uji digulung dengan handuk, sehingga air permukaannya habis, tetapi harus masih tampak lembab (kondisi SSD). Timbang.
- Benda uji dimasukkan ke keranjang dan direndam kembali dalam air. Temperatur air $73,4 \pm 3^{\circ}\text{F}$ dan ditimbang sebelum *container* diisi benda uji, digoyang-goyang dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap.
- Benda uji dikeringkan pada temperatur $212 - 230^{\circ}\text{F}$. Didinginkan dan ditimbang.

e. Perhitungan:

- *Bulk Specific Gravity* (SSD) : $\frac{B}{B - C}$
- *Apparent Specific Gravity* : $\frac{A}{A - C}$
- Persentase Absorpsi : $\frac{B - A}{A} \times 100\%$

Keterangan:

A = Berat (*gram*) dari benda uji *oven-dry* di udara.

B = Berat (*gram*) dari benda uji pada kondisi SSD.

C = Berat (*gram*) dari benda uji pada kondisi jenuh.

3.3.2.3. Pemeriksaan Abrasi dengan Menggunakan Mesin Los Angeles

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 131 - 89.

a. Tujuan:

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 terhadap berat semula, dalam persen.

b. Peralatan

- Saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$.
- Mesin Los Angeles; mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 *cm* (26") panjang dalam 50 *cm* (20"). Silinder tertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8.9 *cm* (3.56").
- Saringan No. 12 dan saringan-saringan lainnya seperti tercantum dalam No.1.
- Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
- Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 *cm* dan berat masing-masing antara 390 *gram* sampai 445 gram.
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

c. Bahan:

- Berat dengan gradasi benda uji sesuai tabel 3.1.
- Bersihkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

d. Prosedur

- Keringkan aggragat kasar dalam oven (110 ± 5)°C selama 1 hari
- Saring benda uji dalam saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$
- Benda uji dan bola-bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles.
- Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, 500 putaran untuk gradasi A dan B selam 15 menit.
- Tunggu 5 menit agar agregat yang menempel pada dinding mesin berkumpul di bawah.
- Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12. Butiran yang tertahan dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu (110 ± 5) °C sampai berat tetap.

e. Perhitungan:

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (gram)

3.3.2.4. Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 29/29M - 97.

a. Tujuan Percobaan

- Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat kasar.
- Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

b. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
2. Talam kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
3. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebaiknya terbuat dari baja tahan karat
4. Mistar perata (*straight edge*)
5. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang.

c. Benda Uji

Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai tabel III.1; keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

d. Prosedur

- Berat isi lepas
 - Timbang dan catat berat wadah (w_1)
 - Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$)
- Berat isi padat agregat ukuran butir maksimum 36,1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") dengan cara penusukkan
 - Timbanglah dan catat berat wadah (w_1)
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$)
- Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38,1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") sampai 101,8 mm (4"") dengan cara penggoyangan
 - Timbanglah dan catat berat wadah (w_1)
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal
 - Padatkan setiap lapisan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah seperti berikut:
 - Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan
 - Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi

- Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
- Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
- Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

3.4 Percobaan Campuran Beton

3.4.1. Perbandingan Campuran Beton

✓ Konsep Perhitungan Campuran Beton

Perbandingan campuran bahan-bahan beton harus dipilih untuk mendapatkan beton yang paling ekonomis, sehingga dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia akan menghasilkan beton yang mempunyai *workability*, *durability*, dan *strength* seperti yang diinginkan. Tes-tes laboratorium adalah dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara komponen-komponen material beton seperti agregat, semen, air, dan *admixture* sehingga didapatkan kombinasi yang optimum, akan tetapi perbandingan yang terakhir harus ditentukan dengan cara coba-coba dan disesuaikan dengan keadaan di lapangan.

✓ Metode Perhitungan Campuran Beton

Perbandingan campuran beton pada prinsipnya harus dicari dengan cara coba-coba. Tes-tes terhadap campuran beton sebelum pengecoran beton dilaksanakan tidak boleh dilakukan dengan menggunakan material-material yang betul-betul diambil dari material yang akan digunakan. Dan setelah didapatkan perbandingan campuran yang dianggap cocok kemudian harus diselidiki dan disesuaikan dengan menggunakan *batching plant* yang sesungguhnya akan digunakan di lapangan.

3.4.2. Prosedur Perhitungan Campuran

Prosedur perhitungan campuran beton pada prinsipnya dilakukan dengan cara coba-coba, dan pada garis besarnya adalah sebagai berikut:

1. Tes terhadap material beton, untuk memeriksa apakah material tersebut memenuhi syarat spesifikasi atau tidak.

2. Menentukan ukuran butiran maksimum agregat kasar, *slump*, dan kandungan udara yang disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi dan pelaksanaan pekerjaan.
3. Menentukan *water-cement ratio* yang memenuhi *strength* dan *durability* yang diperlukan.
4. Menentukan perbandingan campuran dengan cara coba-coba di dalam *batch*, dengan jumlah air adukan dan presentase pasir terhadap agregat yang untuk sementara ditentukan.
5. Penyesuaian jumlah air adukan dan *admixture* untuk mendapatkan *slump* dan kandungan udara yang diperlukan.

3.4.3. Menentukan Ukuran Butir Maksimum Agregat Kasar

Ukuran butiran maksimum agregat kasar tidak boleh menyimpang dari ketentuan spesifikasi yang telah ditetapkan. Selama dalam batas-batas harga dan spesifikasi kemungkinan penggunaan agregat yang lebih besar adalah dibenarkan, akan tetapi hal ini akan menyebabkan berkurangnya air dan semen.

3.4.4. Menentukan *Slump*

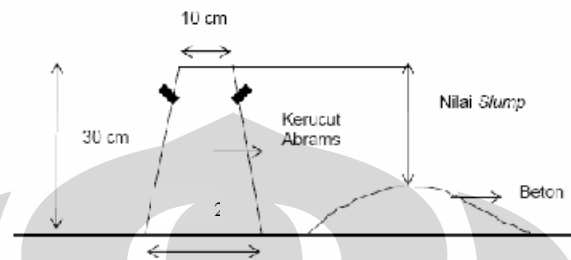
Slump suatu beton adalah lebih baik ditentukan serendah-rendahnya tetapi masih dapat dikerjakan dengan baik. Semakin rendah *slump* akan semakin sedikit jumlah air yang diperlukan, ini berarti akan semakin tinggi *strength* beton yang dihasilkan. Untuk menentukan *slump* suatu beton yang akan digunakan untuk bermacam-macam konstruksi dapat ditentukan dengan tabel 3.4.

Tabel 3.2 Ukuran *Slump* Maksimum Yang Dianjurkan Dalam Berbagai Macam Tipe Konstruksi

Jenis konstruksi	<i>Slump</i> maksimum [cm]
1. heavy mass concrete	5
2. canal lining dengan tabel >8cm	8
3. slap dan tunnel invert	5
4. walls, pier, parapet, dan curb	5

5. side walls, tunnel lining	10
6. konstruksi lainnya	8

(Sumber: US Bureau of Reclamation. "Concrete Manual". 8th edition. 1975)



Gambar 3.2 Sketsa slump tes

3.4.5. Menentukan Jumlah Air Adukan, Kandungan Udara dan Persentase Pasir Terhadap Agregat

1. Banyaknya kandungan udara di dalam beton yang menggunakan *air-entraining admixture* umumnya berkisar antara 3% – 6% dari volume beton tergantung kepada ukuran agregat maksimum yang digunakan.
2. Untuk mendapatkan *strength* yang terbesar, *durability*, dan sifat-sifat lainnya yang dikehendaki dengan baik, beton harus dibuat menggunakan jumlah air adukan yang terkecil tetapi masih dapat dikerjakan dengan baik. Jumlah air adukan (per meter kubik beton) yang diperlukan untuk membuat campuran beton dengan kekentalan yang dikehendaki dipengaruhi oleh ukuran agregat maksimum, bentuk partikel, dan gradasi dari agregat dan jumlah tambahan kandungan udara.
3. Harga-harga dari jumlah agregat kasar, jumlah air adukan, dan presentase pasir terhadap agregat yang diperlukan per meter kubik beton untuk bermacam-macam ukuran maksimum agregat kasar dapat menggunakan sebuah tabel.

3.4.6. Menentukan Water-Cement Ratio

Kualitas beton dapat diukur dari *workabilty*, *durability*, dan *strength* beton tersebut. Kualitas beton sebanding dengan jumlah semen yang digunakan dalam campuran beton. Untuk mendapatkan kualitas beton yang diinginkan, jumlah

semen yang diperlukan dapat dihitung dari *water-cement ratio* dan jumlah air adukan yang telah ditentukan. *Water-cement ratio* ini harus ditentukan dengan memperhitungkan *strength* dan *durability* beton yang diperlukan. Dalam memilih *water-cement ratio* berdasarkan kepada *compressive strength*, maka hubungan antara *water-cement ratio* dengan *compressive strength* (dalam umur 28 hari) pada prinsipnya harus ditentukan dengan tes-tes laboratorium.

Tabel 3.3 Perbandingan Material Yang Digunakan Dalam Berbagai *Design Mix*

<i>Size of Aggregate</i> [mm]	<i>Unit Coarse aggregate Content by Volume</i> [%]	<i>Concrete without AE ad.</i>			
		<i>Entrapped Air</i> [%]	<i>Sand Percent S/A</i> [%]	<i>Water content W</i> [kg]	<i>Air Content</i> [%]
15	53	2.5	49	190	7.0
20	61	2.0	45	185	6.0
25	66	1.5	41	175	5.0
40	72	1.2	36	165	4.5
50	75	1.0	33	155	4.0
80	81	0.5	31	140	3.5

Catatan: *harga-harga diatas berlaku untuk beton yang menggunakan pasir alam dengan FM = 2.8, dan *slump* beton dalam *mixer* 8cm.

* penyesuaian harga-harga di atas untuk kondisi yang lain dengan menggunakan tabel 3.4.

Tabel 3.4 Penyesuaian Harga Perbandingan Material

<i>Change in material or proportion</i>	<i>Correction on s/a and w</i>	
	<i>Sand percent s/a</i> [%]	<i>Water content W</i> [kg]
<i>Each 0.1 increase or decrease in FM of sand</i>	± 0.5	<i>No correction</i>
<i>Each 1 cm increase or decrease in slump</i>	<i>No correction</i>	±1.2 %

		<i>on</i>	
	<i>Each 1 % increase or decrease in air content</i>	$\pm 0.5 \sim 1$	$\pm 3 \%$
	<i>Using crushed coarse aggregate</i>	$\pm 3 \sim 5$	$\pm 9 \sim 15$
	<i>Using crushed coarse sand</i>	$\pm 2 \sim 3$	$\pm 6 \sim 9$
	<i>Each 0.05 increase or decrease in water-cement ratio</i>	± 4	<i>No correction</i>
	<i>Each 1 % increase or decrease in S/A</i>	<i>No correction</i>	± 1.5

Tabel 3.5 Harga-harga Compressive Strength Minimum Rata-Rata Dari Beton Untuk Berbagai-bagai Harga Water-Cement Ratio

Water-cement ratio [W/C]	Compressive strength pada umur 28 hari [kg/cm²]	
	Beton dengan A.E saja	Beton dengan A.E+W.R.A
0.40	400	450
0.45	340	390
0.50	290	340
0.55	250	290
0.60	220	250
0.65	180	220
0.70	150	190

3.4.7. Target Strength

Target *strength* adalah suatu kekuatan beton yang harus dicapai oleh beton (biasanya dalam umur 28 hari) yang digunakan sebagai dasar perhitungan dalam menentukan perbandingan campuran beton. Target *strength* ini pada umumnya ditentukan dengan memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut:

- ✓ *Standard Design Strength*
- ✓ Macam-macam kualitas beton yang mungkin dihasilkan di lapangan.
- ✓ Kepentingan/kegunaan dari pada struktur.

Compressive strength beton yang telah dipasang dalam konstruksi harus mempunyai koefisien variasi yang tidak boleh lebih dari 15%. Koefisien variasi adalah koefisien yang menentukan variasi *compressive strength*

beton yang dihasilkan oleh beberapa silinder tes beton yang mempunyai perbandingan campuran yang sama. Besarnya harga koefisien variasi ini berkisar antara 5% - 25%, dan ini sangat tergantung pada:

- ✓ Keadaan cuaca pada waktu produksi, sifat-sifat fisik agregat dan semen.
- ✓ Perubahan dari pada sifat-sifat fisik agregat dan semen.
- ✓ Perubahan dari pada gradasi agregat.
- ✓ Ketelitian dan keterampilan pada pekerja pada waktu pencampuran dan pengecoran. Semakin tinggi ketelitian dan keterampilan maka akan semakin kecil harga koefisien variasi yang dapat ditentukan.

Hubungan antara target *strength* dan *standard design strength* ditentukan

dengan rumus berikut:
$$\sigma_{ts} = \frac{\sigma_{ds}}{1 - t.V}$$

Keterangan: σ_{ts} = Target *strength*

σ_{ds} = *Standard design strength*

t = Konstanta

V = *Coefficient of variation*

Harga dari $(1/(1 - t.V))$ dinamakan “*increment coefficient*” [t]. Harga t ditentukan oleh banyaknya silinder tes beton yang mempunyai perbandingan campuran yang sama akan mencapai *compressive strength* di atas *standard design strength*. Biasanya 75% atau lebih silinder tes akan mencapai *compressive strength* di atas *standard design strength*. Lihat tabel III.8.

Tabel 3.6 Target Strength

Persentase target <i>strength</i> yang lebih besar dari <i>design strength</i>	t
75 %	0.703
80 %	0.883
85 %	1.100

3.4.8. Penentuan Perbandingan Campuran Sebenarnya

Penentuan perbandingan campuran sebenarnya harus ditentukan dengan melakukan tes-tes campuran di *batching plant* dengan cara coba-coba, sehingga

diperoleh perbandingan campuran beton yang mempunyai sifat-sifat sesuai dengan *compressive strength* dan *workability* yang diinginkan.

Penyesuaian perbandingan campuran ini harus memperhatikan faktor-faktor berikut:

- Gradasi dari agregat halus (pasir)
- *Surface moisture content* dari agregat halus
- *Slump* dan kandungan udara yang diperlukan

3.5 Pembuatan Benda Uji

Pada tahap ini secara umum harus mengikuti ketentuan sesuai ASTM C 31, C 42, C 192 dan C 1018. Untuk benda uji yang mempunyai kedalaman lebih kecil atau sama dengan 3" (75 mm) dilakukan pembuatan dengan satu lapis, sedangkan untuk benda uji dengan kedalaman lebih dari 3" (75 mm) pembuatan benda uji dilakukan dalam dua lapis.

3.6 Perawatan Benda Uji

Sesudah pelaksanaan pembuatan benda uji, maka dilakukan perawatan benda uji dengan ketentuan ASTM C 31- 91. Pembongkaran benda uji dilakukan dalam waktu ± 24 jam sesudah pembuatan yang selanjutnya dilakukan perendaman di dalam air rendaman. Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik.

Pada penelitian ini langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pembongkaran benda uji dilakukan ± 24 jam setelah pembuatan.
2. Perendaman di dalam bak rendaman Laboratorium Struktur dan Material Departemen Sipil FTUI dilakukan segera setelah pembongkaran.
3. Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

3.7 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini berdasarkan ASTM C39/C 39M-04a

a. Tujuan Percobaan

Tujuan dari pemeriksaan ini menentukan kekuatan tekan beton berbentuk silinder yang dibuat dan dirawat (curing) di laboratorium.

b. Peralatan Percobaan

- a) Cetakan silinder berdiameter 10 cm tinggi 20 cm.
- b) Tongkat pematat.
- c) Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk.
- d) Timbangan dengan ketelitian 0,3 % dari berat contoh.
- e) Mesin tekan, kapasitas sesuai kebutuhan
- f) Satu set alat pelapis (capping)
- g) Peralatan tambahan: ember, sekop, sendok, sendok perata dan talam.
- h) Satu set alat pemeriksaan slump.
- i) Satu set alat pemeriksaan berat beton.

c. Bahan Percobaan

1. Agregat halus
2. Agregat kasar
3. Semen Portland tipe I
4. Air

Semua bahan percobaan ditambah 15 % jumlah perhitungan mix design.

d. Prosedur Perobaan

a. Pembuatan dan pematangan benda uji.

Pengadukan :

- 1) Semen dan agregat halus dimasukkan ke dalam bak pengaduk kemudian diaduk dengan sekop sampai merata.
- 2) Agregat kasar dimasukkan dan diaduk sampai merata, pengadukan diteruskan sambil menambahkan air pencampur sedikit demi sedikit. Pengadukan dilakukan sampai beton merata.

Pengadukan dengan mesin pengaduk:

- 1) Agregat agregat kasar dan air pencampur sebanyak 30%- 40% dimasukkan ke dalam pengaduk. Mesin pengaduk dijalankan, lalu agregat halus, semen dan sisa air pencampur dimasukkan. Setelah semua bahan dimasukkan, campuran beton diaduk selama 3 menit. Setelah mesin pengaduk dihentikan, pengaduk beton ditutup selama 3 menit.
- 2) Mesin pengaduk dijalankan selama 2 menit. Lalu beton dituang ke dalam talam dan diaduk lagi dengan sekop hingga merata.

- 3) Tentukan slump. Apabila slump yang didapat tidak sesuai dengan yang dikehendaki, pengadukan diulangi lagi dengan menambah atau mengurangi agregat sampai mendapat slump yang dikehendaki. Lalu berat isi ditentukan.
 - 4) Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan. Pada saat pemadatan lapisan kedua dan ketiga, tongkat pemadat boleh masuk kira-kira 25.4 mm ke dalam lapisan dibawahnya. Setelah melakukan pemadatan, sisi cetakan diketuk perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Permukaan beton diratakan. Kemudian beton dibiarkan dalam cetakan selama 24 jam dan diletakkan pada tempat yang bebas dari getaran.
 - 5) Setelah 24 jam, cetakan dibuka dan benda uji dikeluarkan.
 - 6) Benda uji direndam dalam bak perendam berisi air yang telah memenuhi persyaratan untuk perawatan (curing), selama waktu yang dikehendaki
- b. Persiapan pengujian.
- 1) Benda uji yang akan ditentukan kekuatannya diambil dari bak perendam sehari sebelum diuji tekan. Benda uji ditempatkan ditempat yang kering.
 - 2) Berat dan ukuran benda uji ditentukan.
 - 3) Permukaan atas benda uji dilapisi (capping) dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut: Mortar belerang dilelehkan dalam pot peleleh (melting pot) sampai suhu kira-kira 130 °C. Belerang cair dituangkan ke dalam cetakan pelapis (capping plate) yang telah dilapisi oleh oli. Kemudian benda uji diletakkan tagak lurus pada cetakan pelapis sampai mortar belerang cair menjadi keras.
 - 4) Benda uji siap untuk diperiksa.
- c. Prosedur uji tekan
- 1) Benda uji diletakkan pada mesin tekan secara centris.

- 2) Mesin dijalankan, tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik.
- 3) Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat.

Untuk menghitung kuat tekan beton, menggunakan persamaan :

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Dimana : P = beban maksimum saat pengujian, (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

3.8 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 469 - 83. Tujuan percobaan ini untuk menentukan modulus elastisitas beton. Benda uji yang dipakai berbentuk silinder dengan dimensi 15x30 cm.

Prosedur pengujian :

- ✓ Benda uji berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm terlebih dahulu ditimbang dan diukur panjangnya (L) dan diameternya (D).
- ✓ Pasang alat *compressometer* pada benda uji, dan lengkapi dengan dial untuk mengukur perubahan panjang dalam arah lateral dan longitudinal.
- ✓ Beri beban dan catat beban pada saat dial menunjukkan perpindahan $\Delta_1 = 0.00005$, kemudian catat hasil pembacaan dial gage selanjutnya baik arah longitudinal maupun lateral, lanjutkan pembebanan sampai mencapai 40% beban maksimum dan catat perpindahan yang terjadi Δ_2 .

$$\text{Modulus elastisitas: } \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0.00005} \text{ Kg / cm}^2$$

Dimana :

- S_2 = tegangan pada saat 40 % beban maksimum
- S_1 = tegangan pada saat $\Delta_1 = 0.00005$
- ε_2 = regangan pada saat Δ_2

Banyaknya benda uji minimum 2 buah, diuji pada umur 28 hari. Pembebanan diberikan sampai 40 % dari beban maksimum karena retak antara agregat masih kecil. Dari hasil pengujian dibuat kurva tegangan-regangan.

Poisson's Ratio sampai ketelitian 0,01 sebagai berikut:

$$\mu = (\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}) / (\varepsilon_2 - 0.000050)$$

Dimana : μ = Poissons ratio

ε_{t2} = transverse strain ditengan panjang specimen yang disebabkan oleh stress S2

ε_{t1} = transverse strain ditengan panjang specimen yang disebabkan oleh stress S1

3.9 Pengujian Permeabilitas Beton (DIN 1048 Bagian 1)

a) Tujuan Percobaan

Untuk menentukan jumlah perembesan air ke dalam beton dan jarak penetrasi beton pada spesimen silinder beton

b) Alat dan Bahan

- ✓ Peralatan permeability INFARTEST
- ✓ Kompresor
- ✓ Waterpass
- ✓ Alat tulis
- ✓ Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 15 cm

c) Prosedur

Persiapan bahan:

- Benda uji harus sudah berumur 28 hari
- Kasarkan permukaan sample uji dengan bentuk lingkaran pada bagian tengah yang berdiameter 10 cm

Startup Mesin Permeability

Pelaksanaan pengujian

- Mengisi tangki air
- Memenuhi area pengujian spesimen dengan air
- Meletakkan benda uji
- pengujian

d) Parameter yang diukur

- ✓ Angka permeabilitas beton normal pada umur 28 hari

- ✓ Angka permeabilitas beton yang menggunakan bahan additif abu cangkang kerang sebagai pengganti semen

e) Pengukuran

- ✓ Pengukuran penetrasi pada benda uji dengan 2 sampel untuk tiap-tiap variasi campuran bahan abu kerang sebagai pengganti semen.



BAB 4 HASIL DAN ANALISA

4.1. HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN TERHADAP AGREGAT

4.1.1. Hasil dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat Kasar

1. Analisa Spesific Gravity dan Absorpsi dari Agregat Kasar (ASTM C127-04)

Dari percobaan specific gravity dan absorpsi, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Percobaan Analisa Spesific Gravity dan Absorpsi dari Agregat Kasar

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
SG bulk	2.651541	2.643376	2.647458
SG SSD	2.80112	2.794857	2.797989
SG apparent	3.117918	3.115283	3.116601
% absorpsi	5,6412%	5,7306%	5,6859%

Persentase absorpsi dari agregat kasar yang diuji adalah 5,6859%. Persentase absorpsi dari agregat kasar ini tidak memenuhi standar ASTM C127-04 yakni kurang dari 4%. Semakin besar kemampuan agregat kasar menyerap kandungan air, akan mengurangi kekuatan beton.

2. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles (ASTM C131-03)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No.12 terhadap berat semula, dalam persen. Dari pengujiannya, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Percobaan Keausan Agregat Kasar

berat awal	5000
berat setelah di oven	3503
% keausan	29.94

Persentase keausan agregat kasar yang digunakan adalah 29,94%. Persentase keausan ini memenuhi standar ASTM C 131-03 yang menyebutkan bahwa keausan agregat kasar untuk beton adalah 15% -50%.

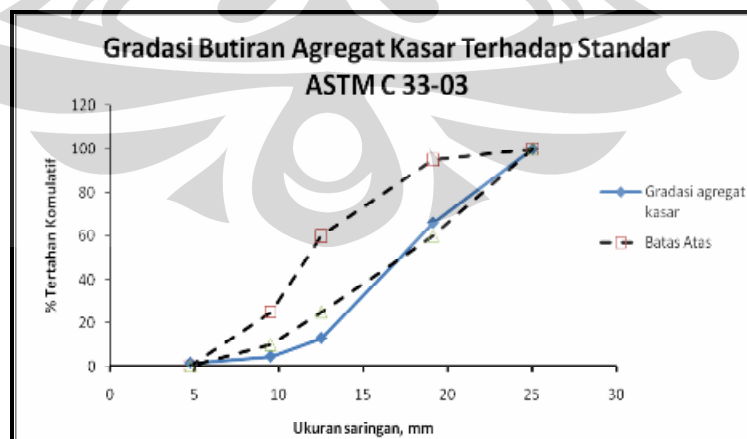
3. Analisa Saringan Agregat Kasar (ASTM 136-05)

Tujuan dari analisa saringan ini adalah untuk mengetahui gradasi dari agregat yang akan diujikan, kemudian menentukan apakah agregat tersebut memenuhi syarat untuk menghasilkan workability yang memadai.

Hasil ayakan agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Hasil Sieve Analysis Agregat Kasar

Ukuran Sieve	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Kumulatif Tertahan	% Kumulatif Lewat
1	0	0	0	100
3/4	852	34.107286	34.10728583	65.89271417
1/2	1321	52.882306	86.98959167	13.01040833
3/8	212	8.4867894	95.4763811	4.523618895
4	76	3.0424339	98.51881505	1.481184948
8	0	0	98.51881505	1.481184948
pan	37	1.4811849	100	0



Gambar 4.1 Perbandingan Analisa Saringan % Tertahan Agregat Dengan Standar ASTM

Dari grafik diatas terlihat bahwa distribusi butiran agregat kasar mendekati gradasi butiran yang disyaratkan oleh ASTM C33-03. Agregat terdistribusi pada ukuran $\frac{3}{4}$ dan $\frac{1}{2}$.

4. Analisa Berat Isi dan Rongga Udara

Tabel 4.4 Analisa Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Kasar

Kondisi	Lepas	Penusukan	Penggoyangan
Berat Isi Agregat (kg/L)	1,38	1,52	1,48
Rongga Udara %	47,98 %	42,73 %	44,12%

Dari tabel diatas diketahui bahwa rongga udara agregat memiliki nilai diantara 30% sampai 50% dari volume agregat.

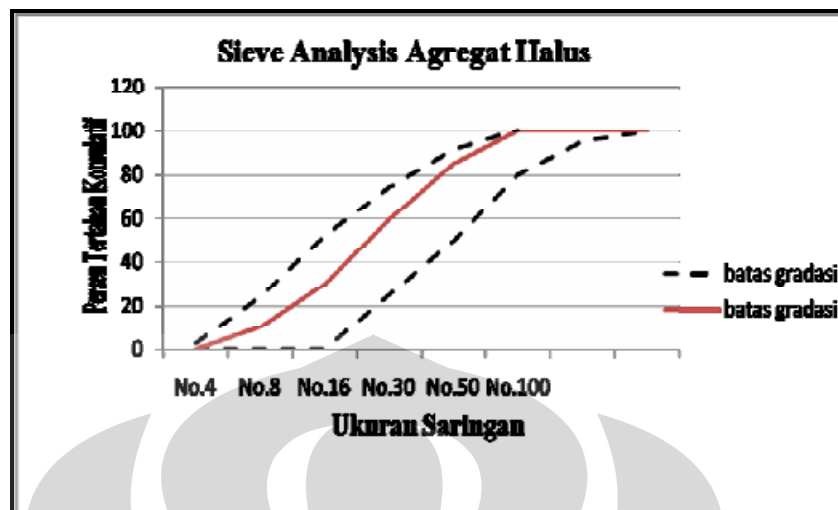
4.1.2. Hasil dan Analisa Pengujian Terhadap Agregat Halus

1. Analisa Saringan Agregat Halus (ASTM 135-05)

Tabel 4.5 Hasil Sieve Analysis Agregat Halus

No. Saringan	sampel 1			sampel 2		
	Berat tertahan (gr)	% tertahan	% kum tertahan	Berat tertahan (gr)	% tertahan	% kum tertahan
8	18	3.6	3.6	16	3.2	3.2
16	91	18.2	21.8	98	19.6	22.8
30	142	28.4	50.2	150	30	52.8
50	114	22.8	73	113	22.6	75.4
100	101	20.2	93.2	102	20.4	95.8
Pan	25	5	98.2	20	4	99.8
FM	2.418			2.5		
FM Rata-Rata				2.46		

Dari pengujian sieve analisis ini didapatkan nilai fine modulus (FM) dari pasir yakni sebesar 2.46



Gambar 4.2 Perbandingan Analisa Saringan % Tertahan Agregat Dengan Standar ASTM

Dari grafik gradasi agregat halus diatas, maka agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton memenuhi standar batas gradasi dari ASTM C 33-03

2. Analisa Kadar Lumpur Agregat Halus (ASTM C117-04)

Pemeriksaan bahan lewat saringan 200 bertujuan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan 200 dengan cara pencucian

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

	sample 1	sample 2	sample 3
berat awal	500	500	500
berat setelah oven	478	481	484
kadar lumpur (%)	4.4	3.8	3.2
Rata-Rata	3.8		

Kandungan material halus yang diizinkan untuk agregat halus adalah berkisar 0,2–6% (ASTM C117). Dari hasil percobaan didapatkan kadar lumpur agregat halus sebesar 3,8 %. Nilai kadar lumpur ini masih berada dalam batas izin ASTM C 117

3. Analisa Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Halus (ASTM C 128-04)

Tujuan pengujian berat jenis dan absorpsi adalah untuk menentukan bulk dan apparent specific gravity dan absorpsi dari agregat halus menurut ASTM C 128

Tabel 4.7 Hasil Analisa *Specific Gravity* dan *Absorpsi* dari Agregat Halus

	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-Rata
SG bulk	2.058559	2.124424	2.163551	2.115511
SG SSD	2.252252	2.304147	2.336449	2.297616
SG apparent	2.553073	2.589888	2.615819	2.58626
% absorpsi	9,4092	8,4599	7,9914	8,6201

Semakin besar kemampuan agregat halus menyerap kandungan air maka akan mengurangi kekuatan beton. Nilai absorpsi yang syaratkan ASTM C 128 adalah dibawah 2%. Dilihat dari tabl maka persentase absorpsi agregat halus tidak memenuhi standar ASTM C 128.

4. Analisa Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Halus

Tabel 4.8 Hasil Analisa Berat Isi dan Rongga Udara dari Agregat Halus

Kondisi	Lepas	Penusukan	Penggoyangan
Berat Isi Agregat (kg/L)	1.23	1.36	1.40
Rongga Udara %	42,17%	35,97%	33,87%

5. Analisa Kandungan Organik Agregat Halus

Standar warna kandungan organik untuk agregat kasar adalah No.3



Gambar 4.3 Kandungan Organik Agregat Halus

4.2. HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN XRF CAMPURAN SEMEN DENGAN SERBUK KERANG

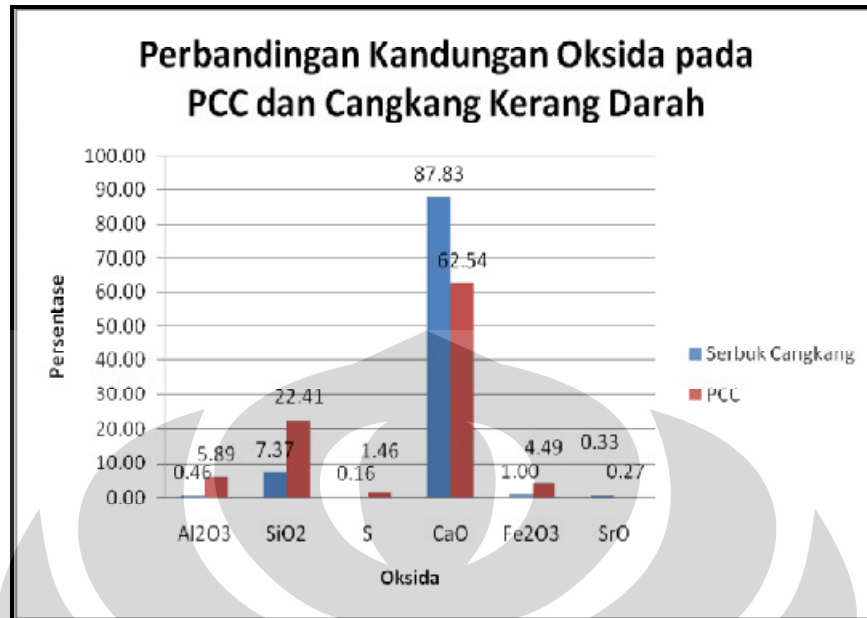
Pemeriksaan kandungan oksida yang terkandung di dalam semen dan campuran semen dengan serbuk kerang untuk masing-masing komposisi dilakukan dengan pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*).

Berikut ini adalah hasil uji XRF untuk campuran semen dengan serbuk kerang untuk masing-masing komposisi:

Tabel 4.9 Oksida yang terkandung dalam campuran semen dan serbuk kerang

Oksida	0%	5%	10%	15%
MgO	1.5461	1.5689	1.7508	1.7685
Al ₂ O ₃	5.8866	6.0329	6.0035	5.7811
SiO ₂	22.4098	20.966	21.0134	20.9812
SO ₃	1.456	1.3714	1.3492	1.2617
K ₂ O	0.9545	0.8355	0.9082	0.9714
CaO	62.5357	64.006	63.8144	64.0724
TiO ₂	0.356	0.431	0.4039	0.3898
Fe ₂ O ₃	4.4949	4.4683	4.4357	4.4627
ZnO	0.091	0.0861	0.0708	0.08
SrO	0.2695	0.2339	0.2502	0.2312

Dari hasil uji XRF dapat dibandingkan kandungan oksida antara PCC dengan kandungan serbuk cangkang kerang darah. Berikut adalah grafik yang menunjukkan perbandingan kandungan oksida PCC dan serbuk cangkang kerang.



Gambar 4.4 Perbandingan Kandungan Oksida PCC dan Serbuk Cangkang Kerang Darah

Dari grafik terlihat kandungan CaO serbuk cangkang lebih tinggi 28,79% dibandingkan dengan kandungan CaO pada PCC. Sebaliknya, kandungan SiO₂ PCC, 67,11% lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk cangkang kerang.

Oksida- Oksida yang terkandung dalam semen tersebut saling bereaksi sehingga menimbulkan senyawa gabungan. Dengan menggunakan persamaan Boque's (*Properties of Concrete, Am Neville, hal 9*) dan ASTM C 150 -00, yakni:

$$C_3S = 4,07(CaO) - 7,60(SiO_2) - 6,72(Al_2O_3) - 1,43(Fe_2O_3) - 2,85(SO_3)$$

$$C_2S = 2,87(SiO_2) - 0,754(3CaO \cdot SiO_2)$$

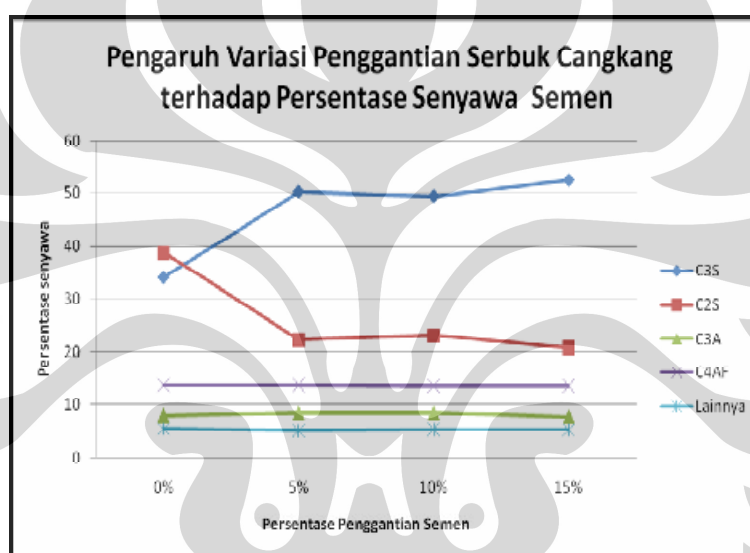
$$C_3A = 2,65(Al_2O_3) - 1,69(Fe_2O_3)$$

$$C_4AF = 3,04(Fe_2O_3)$$

Dari persamaan diatas didapatkan persentase senyawa utama yang terkandung dalam portland semen. Berikut ini adalah senyawa yang terbentuk dari gabungan oksida utama pembentuk semen:

Tabel 4.10 Senyawa yang terkandung dalam campuran semen dan serbuk kerang

Senyawa	0%	5%	10%	15%
C3S	34.07056	50.323573	49.49098	52.49105
C2S	38.76321	22.42974025	23.19023	20.84776
C3A	8.003109	8.435758	8.412942	7.777952
C4AF	13.6645	13.583632	13.48453	13.56661
senyawa lain	5.498629	5.22729675	5.421328	5.316633

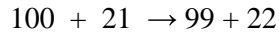
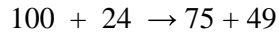


Gambar 4.5 Persentase Kandungan Senyawa C₃S, C₂S, C₃A, dan C₄AF untuk Variasi Campuran Semen dan Kerang

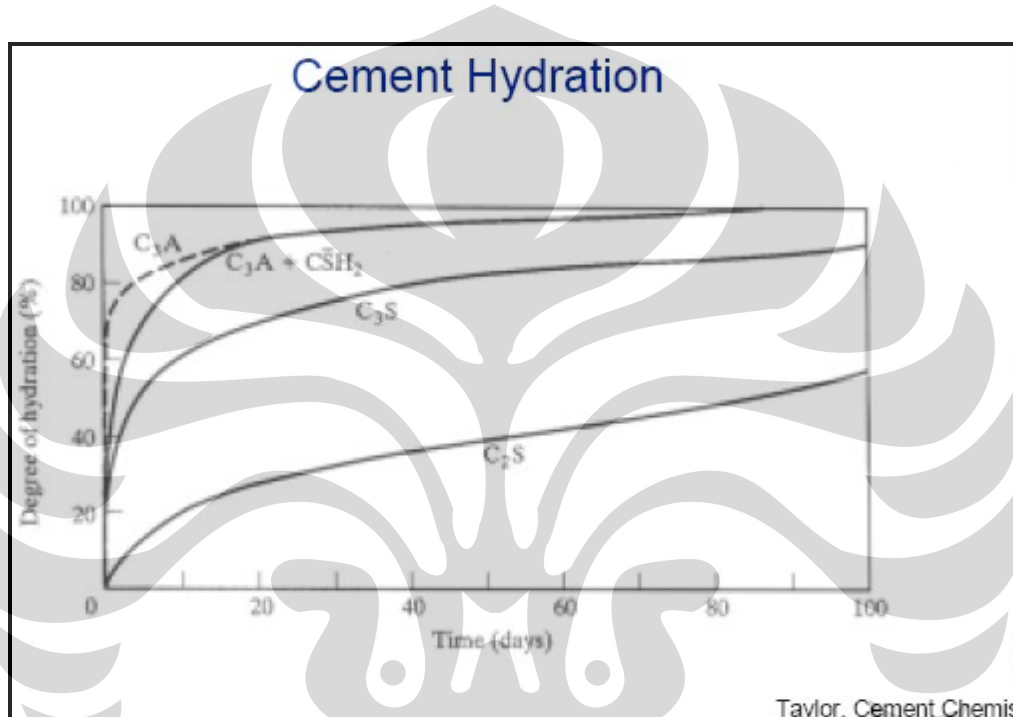
Dari grafik dapat dilihat bahwa potensi C₃S meningkat dengan penggantian semen dengan serbuk cangkang kerang untuk persentase 5%, 10% dan 15%. Tetapi potensi C₂S cenderung menurun untuk masing-masing komposisi. Sedangkan untuk C₃A, C₄AF cenderung sama.

Apabila senyawa tersebut bereaksi dengan air, akan terjadi proses hidrasi. Proses hidrasi ini akan menghasilkan panas. Panas inilah yang mempengaruhi kecepatan pengerasan pada beton. Berikut ini adalah reaksi C₃S dan C₂S jika bereaksi dengan air:



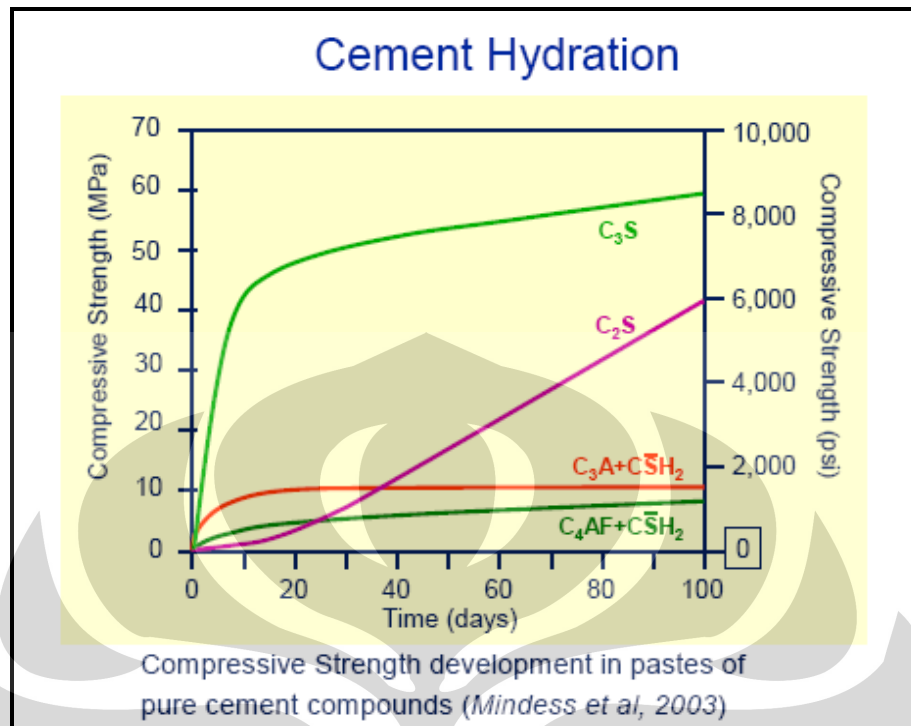


Berikut ini adalah grafik panas hidrasi yang dihasilkan oleh senyawa C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF :



Gambar 4.6 Persentase Panas Hidrasi yang dihasilkan C_3S , C_2S , C_3A , dan C_4AF
(Sumber: Kimberly Kurtis, School of Engineering, Georgia)

Dapat dilihat panas yang dihasilkan C_3S lebih besar dari pada C_2S . Panas ini yang mempengaruhi kecepatan pengerasan. Oleh sebab itu, apabila kandungan C_3S pada semen lebih besar, maka kecepatan pengerasannya juga semakin besar dan akan mempercepat kekuatan awal dari beton.



Gambar 4.7 Perbandingan Pengaruh Senyawa C₃S, C₂S, C₃A, dan C₄AF terhadap Kuat Tekan

(Sumber: Kimberly Kurtis, School of Engineering, Georgia)

Dapat dilihat proses pengerasan oleh senyawa C₃S (Tricalcium Silicat) lebih cepat jika dibandingkan dengan C₂S. Kecepatan mengeras oleh senyawa C₃S berpengaruh sebelum hari ke 14. Sedangkan senyawa C₂S lebih lambat bereaksi dengan air dan hanya berpengaruh terhadap semen setelah umur 7 hari.

4.3. HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Pengujian kuat tekan menggunakan sampel silinder ukuran 15 x 30 cm. pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Sebelum dilakukan pengujian, sampel terlebih dahulu di capping supaya permukaan sampel rata.

Berikut ini adalah hasil kuat tekan beton untuk masing-masing tipe komposisi, untuk umur beton 7 hari:

Tabel 4.11 Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari Untuk Masing-Masing Komposisi

Variasi	Berat (gr)	Berat Rata-Rata (gr)	P max (ton)	fc' (MPa)	fc' Rata-Rata (MPa)	Keterangan
0%	1) 11779 2) 11780 3) 11590	11716,33	1) 27,5 2) 44,00 3) 46,00	1) 15,55 2) 24,88 3) 26,02	25,45	Capping tebal
5%	1) 11582 2) 11664 3) 11763	11669,67	1) 35,50 2) 45,25 3) 45,50	1) 20,08 2) 25,59 3) 25,73	25,66	
10%	1) 11667 2) 11710 3) 11650	11675,67	1) 47,50 2) 44,00 3) 45,00	1) 26,86 2) 24,88 3) 25,45	25,73	
15%	1) 11713 2) 11637 3) 11681	11677	1) 46,25 2) 47,50 3) 43,50	1) 26,16 2) 26,86 3) 24,60	25,87	

Umur Beton 14 hari

Tabel 4.12 Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari Untuk Masing-Masing Komposisi

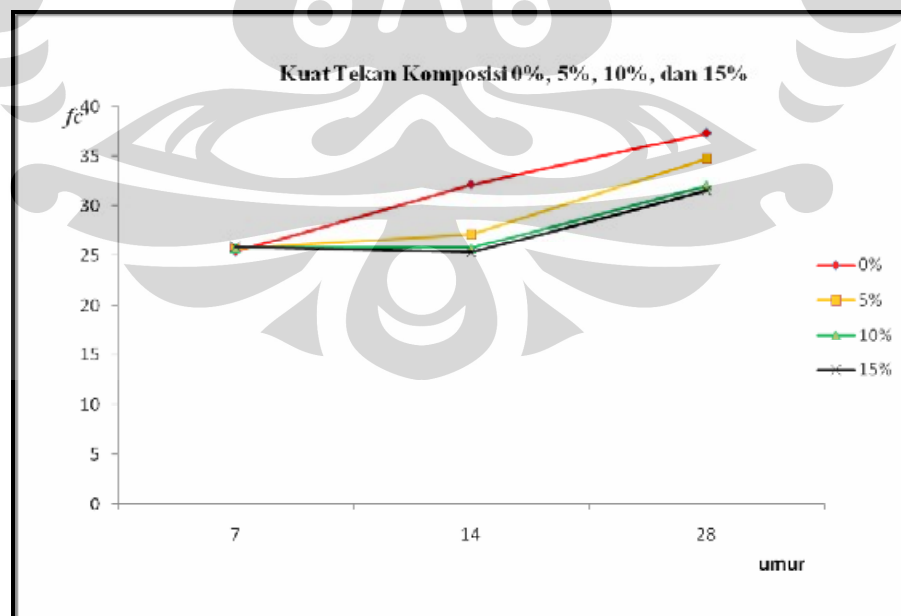
Variasi	Berat (gr)	Berat Rata-Rata (gr)	P max (ton)	fc' (MPa)	fc' Rata-Rata (MPa)	Keterangan
0%	1) 11667 2) 11738 3) 11733	11712,67	1) 57,50 2) 56,25 3) 35,00	1) 32,52 2) 31,81 3) 19,79	32,17	
5%	1) 11537 2) 11401 3) 11511	11483	1) 49,50 2) 45,00 3) 49,50	1) 28,00 2) 25,45 3) 28,00	27,15	
10%	1) 11461 2) 11510 3) 11511	11494	1) 46,00 2) 45,50 3) 45,00	1) 26,20 2) 25,73 3) 25,54	25,73	
15%	1) 11453 2) 11390 3) 11430	11424,33	1) 45,00 2) 44,50 3) 29,50	1) 25,40 2) 25,17 3) 16,68	25,13	Capping miring

Umur 28 hari

Tabel 4.13 Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari Untuk Masing-Masing Komposisi

Variasi	Berat (gr)	Berat Rata-Rata (gr)	P max (ton)	fc' (MPa)	fc' Rata-Rata (MPa)	Keterangan
0%	1) 11560 2) 11411 3) 11412 4) 11484	11466,75	1) 64,00 2) 70,75 3) 65,50 4) 64,00	1) 36,20 2) 40,02 3) 37,05 4) 36,20	37,36	
5%	1) 11605 2) 11500 3) 11516 4) 11582	11550,75	1) 48,75 2) 54,00 3) 60,00 4) 62,75	1) 27,57 2) 30,54 3) 33,93 4) 35,49	34,71	
10%	1) 11445 2) 11652 3) 11449 4) 11465	11502,75	1) 48,00 2) 55,50 3) 55,00 4) 59,50	1) 27,15 2) 31,39 3) 31,11 4) 33,65	32,0538	Capping terlalu tebal
15%	1) 11747 2) 11793 3) 11582 4) 11825	11736,75	1) 55,25 2) 55,00 3) 57,50 4) 55,25	1) 31,25 2) 31,11 3) 32,52 4) 31,25	31,53	

Berikut ini adalah grafik kuat tekan beton dengan menggunakan serbuk kerang darah sebagai pengganti semen untuk komposisi 0%, 5%, 10% dan 15%, untuk umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari:



Gambar 4.8 Perbandingan Kuat Tekan Komposisi 0%, 5%, 10%, dan 15%

Dari grafik terlihat kuat tekan umur 7 hari untuk masing-masing komposisi sebanding dengan beton dengan kadar serbuk kerang 0% . Berikut ini adalah hasil kuat tekan untuk umur beton 7 hari:

Tabel 4.14 Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari

Komposisi	Kuat Tekan Umur 7 Hari	% Kenaikan Kekuatan
0%	25.45455	0
5%	25.66667	0.8333333333
10%	25.73737	1.111111111
15%	25.87879	1.666666667

Pada umur beton 7 hari kuat tekan komposisi 5%, 10%, dan 15 % hampir sebanding dengan komposisi acuan (0%).

Pada umur beton 14 hari terjadi penurunan kekuatan untuk setiap komposisi jika dibandingkan dengan komposisi acuan. Berikut ini adalah hasil kuat tekan untuk umur 14 hari:

Tabel 4.15 Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari

Komposisi	Kuat Tekan Umur 7 Hari	% Penurunan Kekuatan
0%	32.17171717	0
5%	27.15151515	15.6043956
10%	25.73737374	20,6
15%	25.31313131	21.31868132

Pada umur beton 14 hari untuk komposisi serbuk kerang 5% perbedaan kekuatan sebesar 15,6% , untuk komposisi 10 % perbedaan kekuatan sebesar 20,6%, sedangkan untuk komposisi 15% perbedaan kekuatan sebesar 21,31%

jika dibandingkan dengan kekuatan komposisi acuan (0% kerang darah sebagai bahan pengganti semen)

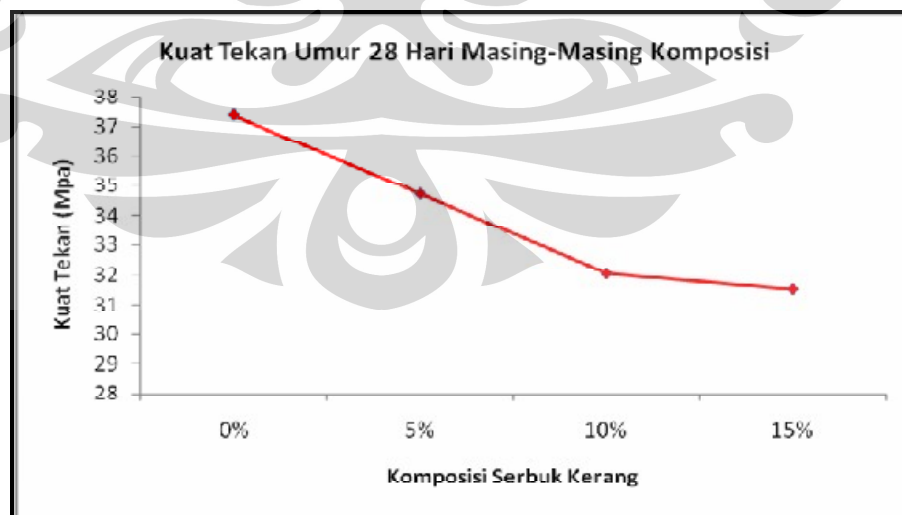
Pada umur beton 28 hari terjadi penurunan kekuatan untuk setiap komposisi jika dibandingkan dengan komposisi acuan. Berikut ini adalah hasil kuat tekan untuk umur 28 hari:

Tabel 4.16 Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari

Komposisi	Kuat Tekan Umur 28 Hari	% Penurunan Kekuatan
0%	37.36868687	0
5%	34.71717171	7.09553453
10%	32.05387205	14.2226427
15%	31.53535353	18.19852941

Pada umur beton 28 hari untuk komposisi serbuk kerang 5% perbedaan kekuatan sebesar 7,0955% , untuk komposisi 10 % perbedaan kekuatan sebesar 14,22%, sedangkan untuk komposisi 15% perbedaan kekuatan sebesar 18,19% jika dibandingkan dengan kekuatan komposisi acuan (0% kerang darah sebagai bahan pengganti semen)

Berikut adalah grafik kuat tekan umur 28 hari untuk setiap komposisi:



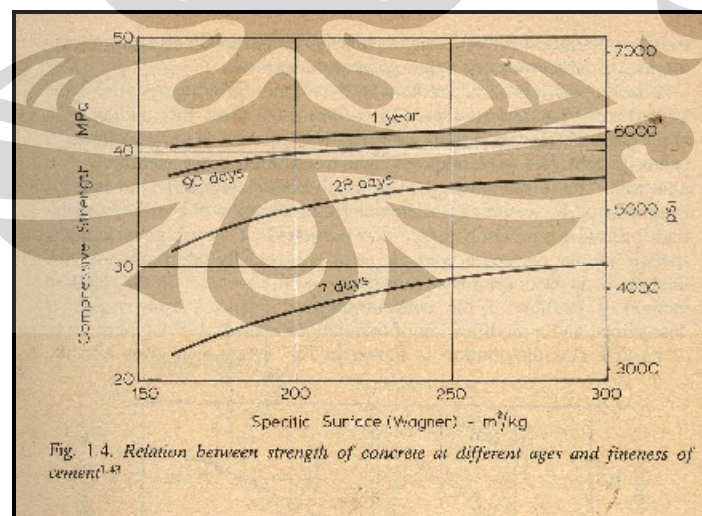
Gambar 4.9 Grafik Kuat Tekan Umur 28 Hari untuk Masing-Masing Komposisi

Pada umur beton 14 hari dan 28 hari terlihat penurunan kekuatan untuk komposisi 5%, 10%, dan 15% jika dibandingkan dengan komposisi acuan (0%). Penurunan kekuatan ini dikarenakan serbuk kerang tidak bereaksi dengan air. Serbuk kerang tersebut belum bersifat reaktif, dikarenakan serbuk kerang tersebut hanya melalui proses pengovenan dengan suhu 110°C. Serbuk kerang tersebut harus melalui proses pembakaran hingga 1500°C sehingga terbentuk polimer anorganik (Drs, Sunardi, Msc. Ka. Lab Afiliasi, Kimia, UI).

Karena tidak ada reaksi antara serbuk kerang dengan air, maka proses hidrasi juga tidak terjadi. Oleh sebab itu terjadi penurunan kekuatan untuk setiap komposisi.

Selain disebabkan oleh serbuk kerang yang belum bersifat reaktif, penurunan kekuatan juga disebabkan oleh kehalusan partikel campuran semen dengan serbuk cangkang kerang semakin kecil. Serbuk cangkang kerang yang digunakan kehalusannya lebih rendah jika dibandingkan dengan kehalusan semen. Apabila serbuk cangkang kerang ini dicampur dengan semen, maka kehalusan semen pada sampel beton juga akan semakin rendah.

Dapat dilihat pada tabel berikut ini, pengaruh kehalusan semen terhadap kuat tekan beton:



Gambar 4.10 Hubungan Kuat Tekan dengan Kehalusan Butiran Semen

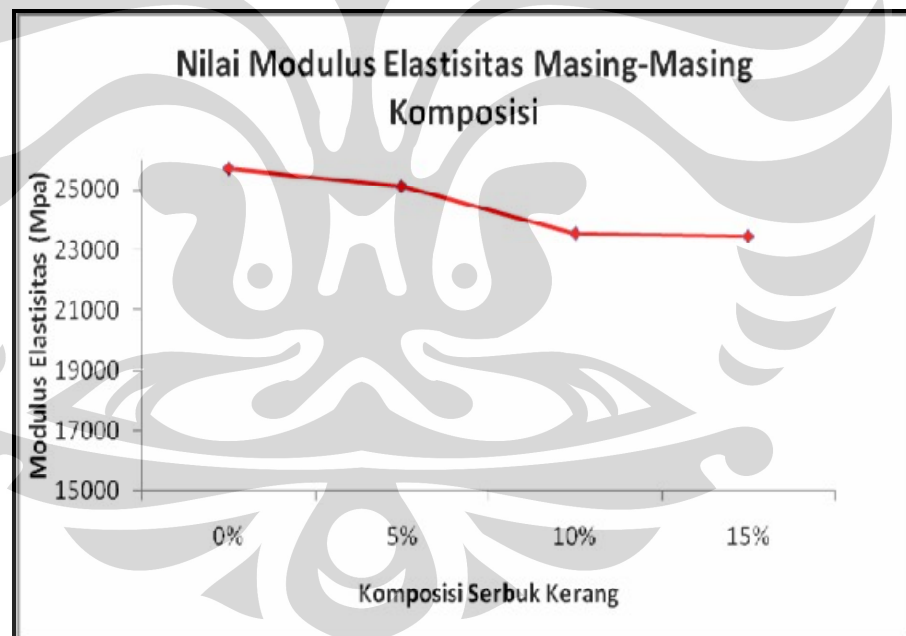
(Sumber: Neville, A.M. Properties of Concrete, Third Edition, hal 21)

“Semakin tinggi kehalusan partikel semen maka bleeding akan terjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan kehalusan yang lebih kasar”(Neville,A,M. Properties of Concrete, Third Edition, hal 20)

Oleh karena itu pada komposisi 5%, 10%, dan 15%, terjadi penurunan kekuatan terhadap komposisi acuan , yang mana kehalusan butiran semen semakin rendah, yang mengakibatkan kuat tekan pada komposisi ini berada dibawah komposisi acuan (0%).

4.4. HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS BETON

Berikut ini adalah nilai modulus elastisitas dari serbuk kerang 0%, 5%, 10%, dan 15%. Dapat dilihat pada grafik berikut ini:



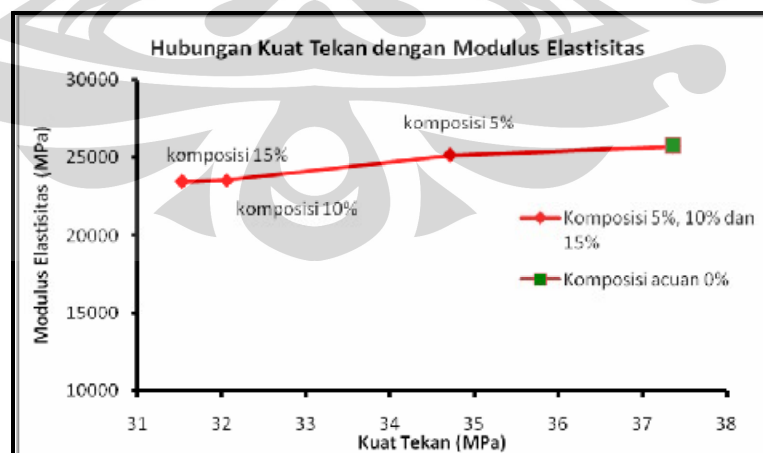
Gambar 4.11 Nilai Modulus Elastisitas Masing-Masing Komposisi

Tabel 4.17 Hasil Modulus Elastisitas Masing-Masing Komposisi

Komposisi	f_c'	S_1	S_2	ϵ_2	E	E Rata-Rata	% Penurunan Nilai ME
0%	40.0202	0.9426	12.7273	0.00053	26678.8	25725.23	0%
	37.0505	0.946	12.7273	0.00058	25134.1		
	36.202	1.414	12.7273	0.00058	25362.8		
5%	30.5455	1.414	12.7273	0.0005	25140.6	25140.61	2,272%
	33.9394	1.414	12.7273	0.0005	25140.6		
	35.4949	1.414	12.7273	0.0005	25140.6		
10%	29.697	0.946	11.3131	0.0005	23601,6	23542,92	8,483%
	31.1111	0.946	11.3131	0.0005	24393,2		
	33.6566	0.946	11.3131	0.00053	22633,8		
15%	33.3737	1.414	12.7273	0.00057	21896,6	23465,7	8,783%
	32.5253	2.117	12.7273	0.00057	24768,5		
	31.2525	2.117	12.7273	0.0006	23731,9		

Nilai modulus elastisitas untuk masing-masing komposisi mengalami penurunan. Komposisi 5% mengalami penurunan 2,272% dari komposisi acuan. Komposisi 10% mengalami penurunan nilai modulus elastisitas sebesar 8,483%, sedangkan komposisi 15% mengalami penurunan nilai ME sebesar 8,7883 % dari komposisi acuan (0%).

Berkurangnya nilai modulus elastisitas pada empat komposisi tersebut, sebanding dengan penurunan kuat tekan beton pada masing-masing komposisi.



Gambar 4.12 Hubungan Kuat Tekan dengan Modulus Elastisitas

Dapat dilihat pada grafik, nilai Modulus elastisitas beton akan meningkat seiring dengan peningkatan kuat tekan beton. Semakin tinggi mutu beton maka nilai modulus elastisitasnya akan semakin tinggi, dan apabila semakin rendah mutu beton, maka akan semakin rendah nilai modulus elastisitas beton tersebut.

Kecendrungan nilai modulus elastisitas yang berkurang karena ikatan semen dengan agregat yang berkurang, sehingga partikel beton akan lebih mudah meregang apabila diberikan beban.

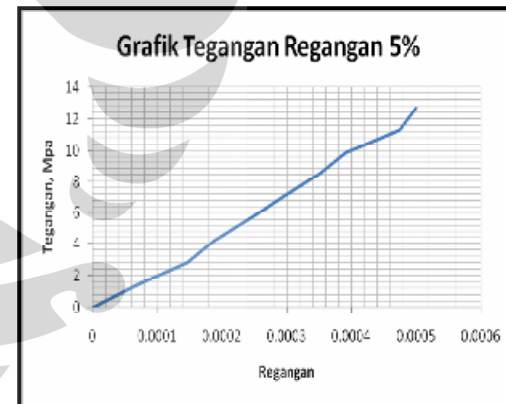
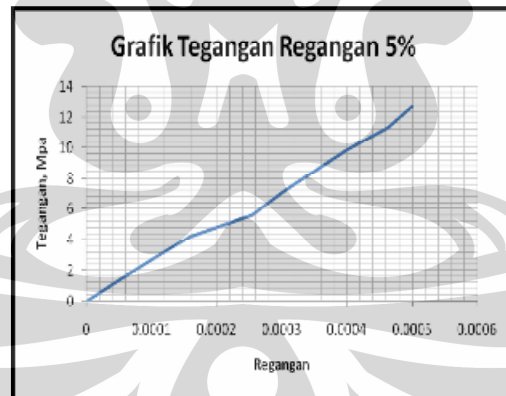
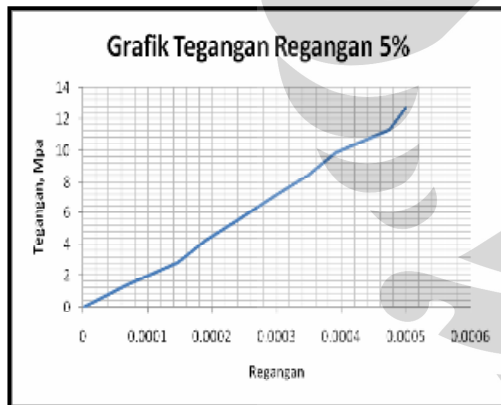
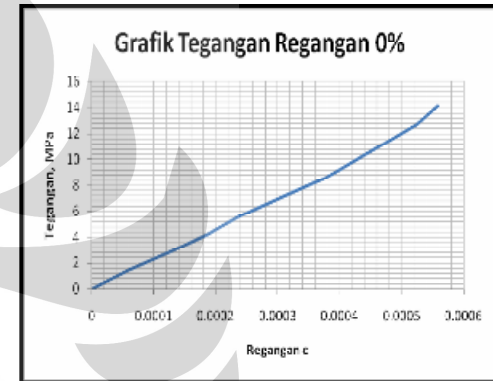
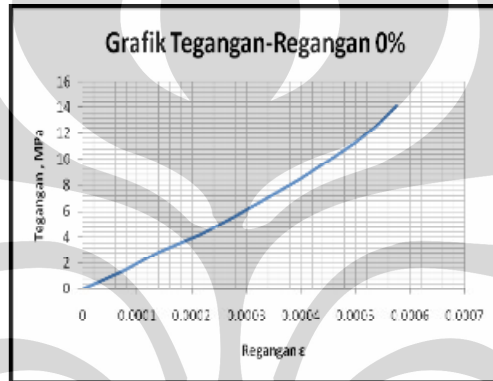
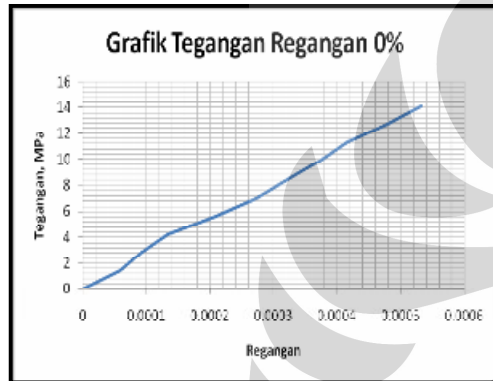
Ikatan semen dengan agregat ini berkurang dikarenakan ukuran butiran campuran semen dengan serbuk kerang darah yang semakin besar, sehingga kehalusan butiran partikel semen menjadi lebih rendah. Kehalusan butiran yang rendah ini menyebabkan panas hidrasi yang dihasilkan lebih rendah, sehingga ikatan semen dengan air dan agregat yang membentuk massa padat lebih rendah. Karena kemampuan semen untuk mengikat agregat berkurang maka regangan yang terjadi juga semakin besar, sehingga modulus elastisitas beton menjadi berkurang.

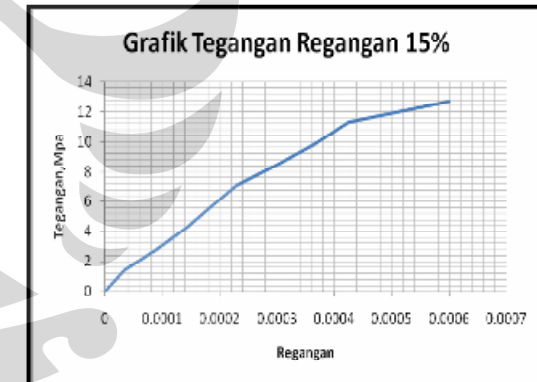
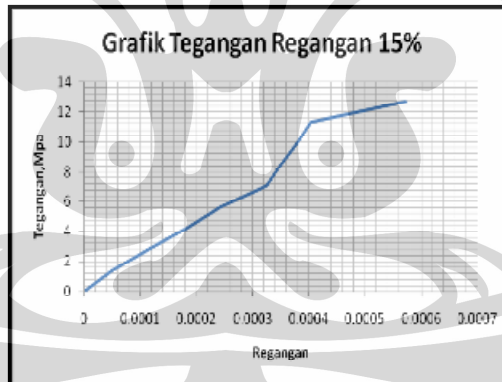
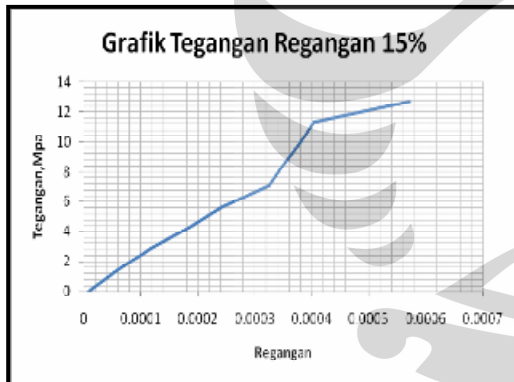
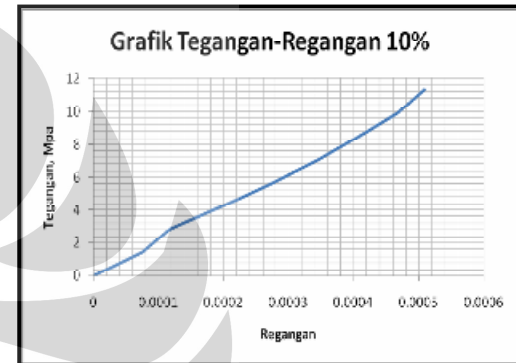
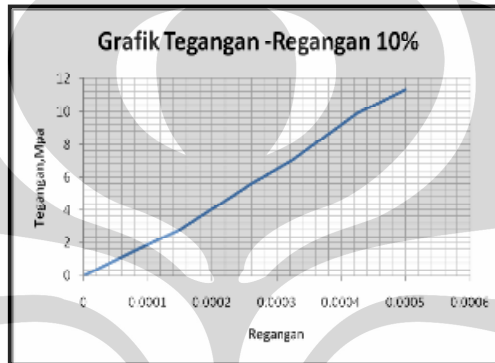
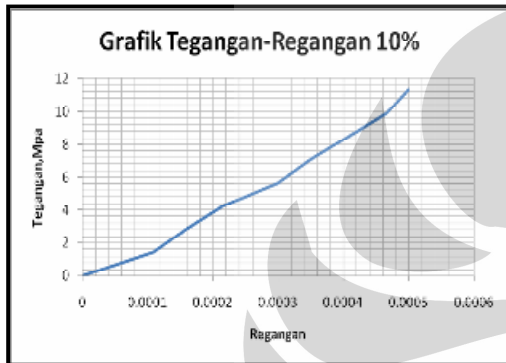
Modulus Elastisitas beton normal dapat dihitung dengan persamaan $E = 4700 \sqrt{f_c'}$. Untuk sampel komposisi 0%, kesalahan relatif dari penelitian ini adalah 10,41%. Modulus elastisitas campuran kerang dapat ditentukan berdasarkan RSNI Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung dapat dihitung dengan persamaan $E_c = w c^{1.5} \times 0,043 \sqrt{f_c'}$. Untuk mendapatkan konstanta hasil penelitian, dapat menggunakan persamaan: $E = w c^{1.5} k \sqrt{f_c'}$. Dari hasil penelitian, didapatkan nilai konstanta untuk menentukan modulus elastisitas yakni:

Tabel 4.18 Hasil koefisien Modulus Elastisitas Masing-Masing Komposisi

Persamaan	Komposisi	Koefisien (k)
$E = k \cdot w c^{1.5} \cdot \sqrt{f_c'}$ $k = 0.043$ (RSNI Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung)	0%	0.044
	5%	0,0431
	10%	0,0428
	15%	0,0402

Berikut ini adalah grafik tegangan regangan untuk masing-masing komposisi:





Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai Modulus Elastisitas, akan menghasilkan grafik yang lebih landai, dimana besarnya regangan maksimum ketika failure akan semakin besar seiring dengan menurunnya kuat tekan beton. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai Modulus Elastisitas, maka beton yang dihasilkan bersifat getas.

Poisson Ratio

Berikut ini adalah nilai poisson ratio spesiment untuk masing-masing komposisi:

Tabel 4.19 Hasil Poisson Ratio Untuk Masing-Masing Komposisi

Komposisi	Poisson Ratio
0%	0.21
5%	0.25
10%	0,261
15%	0,2795

Sebagai perbandingan dengan ketentuan yang ada, nilai Poisson Ratio bervariasi dari 0,15 hingga 0,2. Dapat dilihat pada tabel nilai poisson ratio yang didapatkan melebihi 0,2, ini menunjukkan bahwa regangan lateral yang terjadi pada specimen beton cukuplah besar.

Hal ini dikarenakan ikatan semen dengan agregat yang rendah, sehingga regangan akan cenderung lebih besar apabila diberikan pembebanan. Nilai poisson ratio yang cenderung besar mungkin terjadi akibat kurang akuratnya pengukuran faktor koreksi ketika percobaan berlangsung.

4.5. HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN PERMEABILITAS BETON

Angka permeabilitas dari beton dapat ditentukan dengan rumus “Darcy” dengan persamaan sebagai berikut:

$$K_w = \frac{dl}{dh} \cdot \frac{Q}{A \cdot t}$$

Dimana :

K_w = Koefisien permeabilitas dari beton, m/s

Q = Volume cairan yang melalui media beton (m^3)

d_l = penetrasi (m)

t = Lama Pengaliran (s)

A = Luas penampang media (m^2)

d_h = Tekanan (m)

Berikut ini adalah hasil penetrasi beton dengan menggunakan serbuk kerang darah sebagai bahan pengganti semen untuk variasi 0%

Tabel 4.20 Hasil Uji Permeability komposisi 0%

Tekanan (Bar)	Perembesan air kedalam beton (ml)			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Standar DIN (1045)
1	17	17	17	
3	25	25	57	
7	57	57	57	
Penetrasi (cm)	3.4	3.4	3.2	< 5 cm
Rata-Rata Penetrasi (cm)	3,33			

Tabel 4.21 Hasil Uji Permeability komposisi 5%

Tekanan (Bar)	Perembesan air kedalam beton (ml)			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Standar DIN (1045)
1	20	20	20	
3	27	27	27	
7	65	65	65	
Penetrasi (cm)	3.3	3.4	3.4	< 5 cm
Rata-Rata Penetrasi (cm)	3.36			

Tabel 4.22 Hasil Uji Permeability komposisi 10%

Tekanan (Bar)	Perembesan air kedalam beton (ml)			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Standar DIN (1045)
1	25	25	25	
3	32	32	32	

7	70.5	70.5	70,5	
Penetrasi (cm)	3.5	3.4	2.5	< 5 cm
Rata-Rata Penetrasi (cm)	3.45			

Tabel 4.23 Hasil Uji Permeability komposisi 15%

Tekanan (Bar)	Perembesan air kedalam beton (ml)			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Standar DIN (1045)
1	38	38	38	
3	45	45	45	
7	80	80	80	
Rata-Rata Penetrasi (cm)	2.1	2.3	2.5	< 5 cm
Rata-Rata Penetrasi (cm)	2.3			

Dari penetrasi yang terjadi pada masing-masing komposisi, telah memenuhi standar DIN 1045, yang menyebutkan bahwa apabila beton diberi tekanan 7 bar selama 4x24 jam dan kedalaman penetrasi kurang dari 5 cm, maka beton tersebut bisa dikategorikan beton kedap air.

Pada komposisi 15%, penetrasi yang terjadi lebih kecil dari komposisi acuan, hal ini dikarenakan terjadinya kebocoran pada sampel.



Gambar 4.13 Kebocoran Pada Sampel 15%

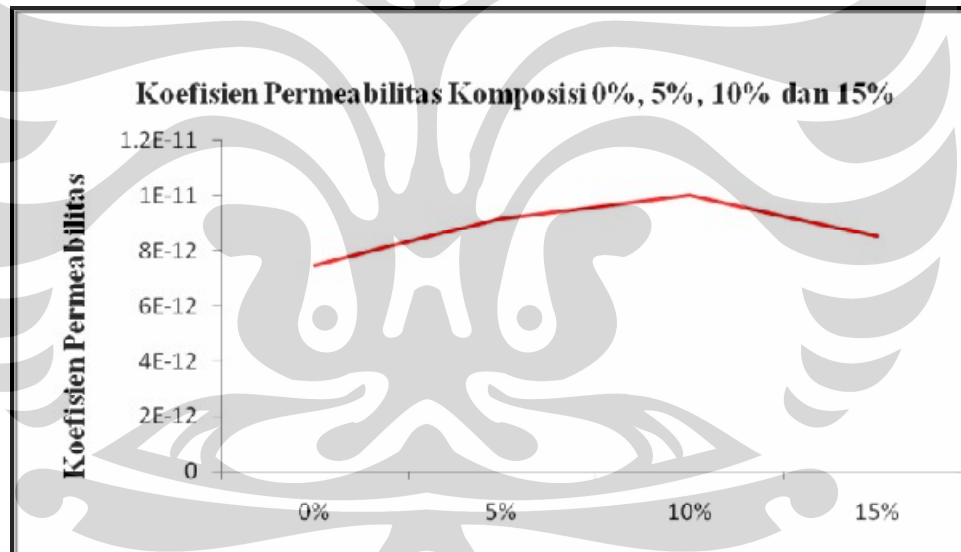
Dapat terlihat pada gambar diatas, terjadi kebocoran pada sampel. Kebocoran pada sampel ini disebabkan oleh beberapa hal diantaranya pada saat pengasaran permukaan sampel dilakukan dengan pengetokan dengan palu, yang seharusnya dilakukan dengan pemahatan. Apabila dilakukan dengan pengetokan,

disinyalir sampel akan rusak dan terjadi keretakan, sehingga terjadi kebocoran pada sampel.

Berikut ini adalah koefisien permeability untuk masing-masing komposisi:

Tabel 4.24 Koefisien Permeability

Kadar Kerang	Koefisien Permeability (m/s)	% Kenaikan Nilai Koefisien Permeabilitas
0%	7.48815E-12	0
5%	9.15831E-12	22.30412
10%	9.99135E-12	33.42888
15%	8.51551E-12	13.71978



Gambar 4.14 Grafik Koefisien Permeability Masing-Masing Komposisi

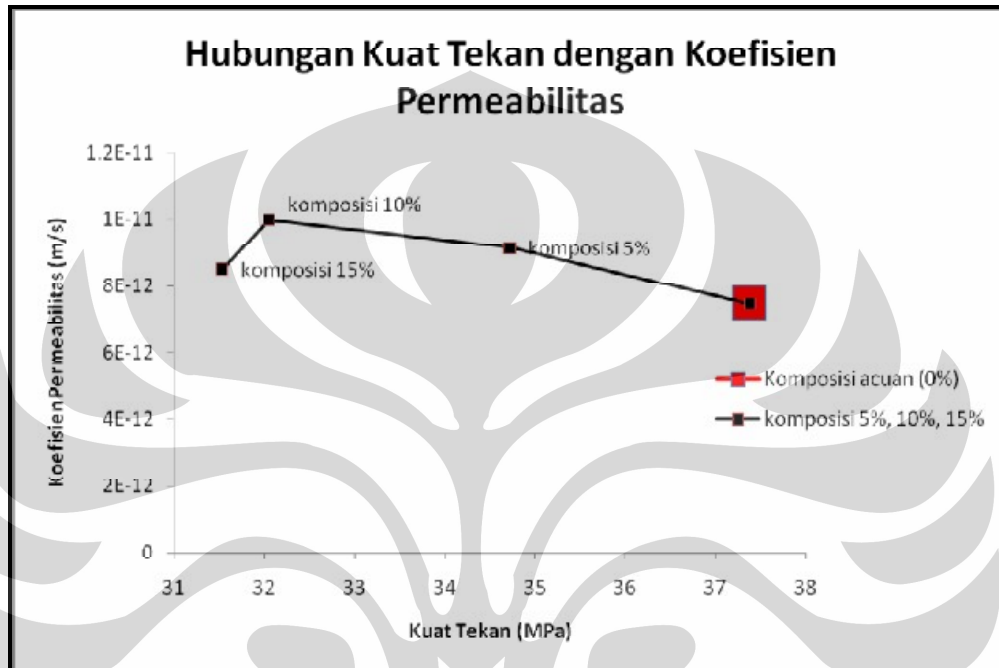
Dari grafik terlihat koefisien permeabilitas beton untuk masing-masing komposisi terjadi peningkatan. Pada komposisi 15%, terjadi penurunan koefisien permeability. Hal ini disebabkan karena sampel 15% terjadi kebocoran. Sehingga penetrasi yang terjadi lebih kecil dari pada penetrasi komposisi lainnya.

Nilai koefisien permeabilitas dari beton menurut standart DIN-1048 adalah:

✓ 12 MPa → $2 \cdot 10^{-11}$ m/s

✓ 50 MPa → $3 \cdot 10^{-14}$ m/s

Berikut ini adalah perbandingan kuat tekan beton dengan koefisien permeabilitas beton yang menggunakan serbuk cangkang kerang sebagai bahan pengganti semen:



Gambar 4.15 Hubungan Kuat Tekan dengan Koefisien Permeabilitas

Dapat dilihat pada grafik, bahwa kuat tekan berbanding terbalik dengan nilai koefisien permeabilitas. Semakin tinggi mutu beton, maka nilai koefisien permeabilitas semakin kecil, dan semakin rendah mutu beton, maka semakin tinggi nilai koefisien permeabilitas.

Semakin tinggi nilai koefisien permeabilitas beton, maka beton tersebut semakin porous. Sebaliknya semakin rendah koefisien permeabilitas beton, maka beton tersebut semakin kedap air. Hal ini menunjukkan bahwa beton mutu tinggi mempunyai angka permeabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan beton mutu rendah.

Kenaikan angka permeabilitas pada masing-masing komposisi, selain disebabkan kekuatan beton yang menurun, juga disebabkan oleh pori-pori yang

besar (tingkat porositas yang besar) pada beton, sehingga penyerapan air juga semakin besar.

Kehalusan semen yang semakin rendah untuk setiap kenaikan persentase komposisi menyebabkan ikatan semen dengan agregat semakin rendah, sehingga pori-pori pada beton semakin besar. Pori-pori yang besar menyebabkan porositas yang semakin besar.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Kandungan Oksida Serbuk Cangkang Kerang Darah.

Hasil uji XRF serbuk cangkang kerang darah di laboratorium “*Material and Science*” MIPA Salemba, mengandung 82,211 % kalsium oksida (CaO), 12,7348 % SiO₂, 2.9571% Na₂O, dan oksida lainnya.

2. Hubungan Kuat Tekan dengan Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah.

Dengan penggunaan serbuk cangkang kerang sebagai bahan pengganti semen dapat menurunkan kekuatan beton. Hal ini dikarenakan serbuk kerang belum bersifat reaktif, dan kehalusan butiran yang rendah.

3. Hubungan Modulus Elastisitas dan Poisson Ratio dengan Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah

Nilai modulus elastisitas untuk komposisi 5%, 10%, dan 15%, cenderung menurun, hal ini dikarenakan ikatan semen dengan agregat yang cenderung berkurang sehingga regangan yang terjadi lebih besar. Nilai poisson ratio yang terjadi cenderung naik dikarenakan regangan lateral yang lebih besar terjadi pada spesiment.

4. Hubungan Modulus Elastisitas dengan Kuat Tekan

Modulus elastisitas semakin turun sebanding dengan penurunan kuat tekan yang terjadi. Sedangkan poisson ratio semakin naik karena regangan lateral yang terjadi lebih besar

5. Hubungan Koefisien Permeabilitas dengan Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah

Koefisien permeabilitas untuk komposisi 5%, dan 10% cenderung naik jika dibandingkan dengan komposisi 0%. Pada komposisi 15%, terjadi penurunan koefisien permeabilitas yang disebabkan oleh kebocoran pada sampel. Semakin tinggi nilai koefisien permeabilitas beton, maka beton tersebut semakin porous. Sebaliknya semakin rendah koefisien permeabilitas beton, maka beton tersebut semakin kedap air. Hal ini menunjukkan bahwa beton mutu tinggi mempunyai angka permeabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan beton mutu rendah.

5.2. SARAN

1. Sebaiknya kerang terlebih dahulu dibakar pada suhu konstan 1500°C , agar serbuk kerang tersebut dapat bersifat reaktif.
2. Serbuk kerang yang digunakan yang adalah sebaiknya lolos saringan No.200. Karena semakin halus butiran semen, maka akan semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.
3. Pada pengujian modulus elastisitas, disarankan untuk mengukur faktor koreksi untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.
4. Untuk pengujian permeabilitas, pada saat mengasarkan permukaan sampel, sebaiknya dipahat, bukan di pukul dengan palu. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya kebocoran pada sampel.

DAFTAR REFERENSI

- American Concrete Institute, *ACI 318-89 Building Requirements for Reinforce Concrete, Part I, General Requirement, Fifth Edition*, Skokie, Illinois, USA
- American Society for Testing and Material, *Annual Book of ASTM Standards 2005; Vol.04.02, Concrete and Aggregate*, Philadelphia: ASTM 2005
- Buku Pedoman Praktikum. Pemeriksaan Bahan Beton dan Mutu Beton (Depok: Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil FTUI, 1998)
- Badan Standarisasi Nasional, *Handbook Standar Nasional Indonesia*, 2006
- Everett, Alan, 1992, *Materials*
- Jack C. McCormac. 2001. *Desain Beton Bertulang*. Erlangga
- Neville, A.M. 1995. *Properties of Concrete*. Longman.
- Standar Nasional Indonesia, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, 2002.
- Standar Industri Indonesia, *Mutu dan Cara Uji Agregat Beton, SII NO 0052-80*, Departemen Perindustrian, Jakarta
- Young, Francis. Sydney Mindess. 1998. *The Science & technology of Civil Engineering Materials*. Prentice Hall
- <http://id.wikipedia.org/wiki/Beton>
- Alexandra Goho. Concrete Nation. 2005.
<http://www.jstor.org/stable/concrete&list>.
www.wikipedia.com /anadara/granosa/

DAFTAR ACUAN

- US Bureau of Reclamation, "Concrete Manual" 8th Edition 1975. Table 17*
- US Bureau of Reclamation, "Concrete Manual" 8th Edition 1975. Table 13*
- ASTM C-128-04 Test Methode for Density, Specific Gravity, and Absorption of Fine Agregat*
- ASTM C-29M-97 (2003) Test Methode for Bulk Density (Unit Weight) in Agregate*
- ASTM C-136-05 Test Methode for Sieve Analysis of Fine Agregate*
- ASTM C-29M-97(2003) Test Methode for Bulk Density (Unit Weight) in Agregate*
- ASTM C-136-05 Test Methode for Sieve Analysis of Coarse Agregate*
- ASTM C-131-03 Test Methode for Resitence to Degradation of Small-size Coarse Agregate by Abration and Impact in the Los Angeles Machine*
- ASTM C-192-95 Practice for Making and Curing Concrete Test Speciment in Laboratory*
- ASTM C-143-05 Test Methode for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*
- ASTM C 39/C 39M-04a Annual Book of ASTM Standards. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Speciment*
- ASTM C 469-02 Annual Book of ASTM Standards. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*
- DIN 1048 Bagian 1, Pengujian Permeabilitas Beton**



LAMPIRAN A-1

ANALISA SPECIFIC GRAVITY DAN ABSORPSI AGREGAT KASAR

Nama : Loly Azyenela Dikerjakan
Judul : Diperiksa
Tabel : Analisa SG dan Absorpsi Agregat Kasar Tanggal
Berat : 5000 gram

Agregat kasar adhimix	sample 1	sample 2
Berat dalam SSD (B)	5000	5000
Berat dalam air (C)	3215	3211
Berat setelah di oven (A)	4733	4729

$$\text{Bulk Specific Gravity (SSD)} : \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} : \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Persentase Absorpsi} : \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat (*gram*) dari benda uji *oven-dry* di udara.

B = Berat (*gram*) dari benda uji pada kondisi SSD.

C = Berat (*gram*) dari benda uji pada kondisi jenuh.

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
SG bulk	2.651541	2.643376	2.647458
SG SSD	2.80112	2.794857	2.797989
SG apparent	3.117918	3.115283	3.116601
% absorpsi	0.056412	0.057306	0.056859



LAMPIRAN A-2

PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS

ANGELES

Nama	: Loly Azyenela	Dikerjakan
Judul	:	Diperiksa
Tabel	: Analisa Keausan Agregat Kasar	Tanggal
Berat	: 5000 gram	

Berat awal = 5000 gr

Berat benda uji tertahan saringan No.12 = 3503 gr

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (gram)

$$\begin{aligned} \text{Maka \% keausan} &= \frac{A - B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 3503}{3503} \times 100\% \\ &= 29,94 \% \end{aligned}$$



STRUCTURE AND MATERIAL LABORATORY
 Department of Civil Engineering – Faculty of Engineering
 University of Indonesia

LAMPIRAN A-3

PEMERIKSAAN SARINGAN AGREGAT KASAR

Nama : Loly Azyenela Dikerjakan
 Judul : Diperiksa
 Tabel : Analisa Saringan Agregat Kasar Tanggal
 Berat : 2500 gram

Ukuran Sieve	Berat Tertahan (gram)	% Tertahan	% Komulatif Tertahan	% Komulatif Lewat
1	0	0	0	100
¾	852	34.107286	34.10728583	65.89271417
½	1321	52.882306	86.98959167	13.01040833
3/8	212	8.4867894	95.4763811	4.523618895
4	76	3.0424339	98.51881505	1.481184948
8	0	0	98.51881505	1.481184948
pan	37	1.4811849	100	0



LAMPIRAN A-4

PEMERIKSAAN SARINGAN AGREGAT HALUS

Nama : Loly Azyenela Dikerjakan
 Judul : Diperiksa
 Tabel : Analisa Saringan Agregat Halus Tanggal
 Berat : 500 gram

No. Saringan	sampel 1			sampel 2		
	Berat tertahan (gr)	% tertahan	% kum tertahan	Berat tertahan (gr)	% tertahan	% kum tertahan
8	18	3.6	3.6	16	3.2	3.2
16	91	18.2	21.8	98	19.6	22.8
30	142	28.4	50.2	150	30	52.8
50	114	22.8	73	113	22.6	75.4
100	101	20.2	93.2	102	20.4	95.8
Pan	25	5	98.2	20	4	99.8
FM	2.418			2.5		
FM Rata-Rata	2.46					



STRUCTURE AND MATERIAL LABORATORY
 Department of Civil Engineering – Faculty of Engineering
 University of Indonesia

LAMPIRAN A-5

KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

Nama : Loly Azyenela Dikerjakan
 Judul : Diperiksa
 Tabel : Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus Tanggal
 Berat : 500 gram

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan No.200} = \frac{w_1 - w_4}{w_1} \times 100\%$$

w_1 = berat awal benda uji

w_4 = berat setelah kering dan tertahan saringan No.200

	sample 1	sample 2	sample 3
berat awal	500	500	500
berat setelah oven	478	481	484
kadar lumpur (%)	4.4	3.8	3.2
Rata-Rata	3.8		



LAMPIRAN A-6

ANALISA SPECIFIC GRAVITY DAN ABSORPSI AGREGAT HALUS

Nama : Loly Azyenela Dikerjakan
Judul : Diperiksa
Tabel : Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus Tanggal
Berat : 500 gram

sample	I	II	III
berat pasir awal	500	500	500
berat piknometer + benda uji + air (C)	947	930	953
berat piknometer + air (B)	669	647	667
berat benda uji setelah oven (A)	457	461	463

$$\text{Bulk Specific Gravity (SSD)} : \frac{500}{B + 500 - C}$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} : \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Prosentasi Absorpsi} : \frac{500 - A}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat (gram) dari benda uji *oven dry*

B = Berat (gram) dari piknometer berisi air

C = Berat (gram) dari piknometer dengan benda uji dan air sesuai kapasitas kalibrasi

	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-Rata
SG bulk	2.058559	2.124424	2.163551	2.115511
SG SSD	2.252252	2.304147	2.336449	2.297616
SG apparent	2.553073	2.589888	2.615819	2.58626
% absorpsi	9,4092	8,4599	7,9914	8,6201

LAMPIRAN B-1

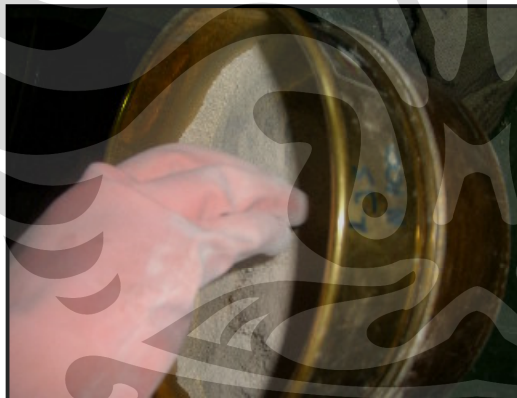
PROSES PEMBUATAN SERBUK CANGKANG KERANG



Pencucian



Pencucian kerang dan selanjutnya di oven



Disaring dengan saringan No.100



Disaring dengan saringan No.12



Universitas Indonesia

LAMPIRAN B-2

PROSES PENGECORAN



Persiapan



Pencampuran



Uji Slump

LAMPIRAN B-3

PROSES PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON



Meratakan
Benda Uji



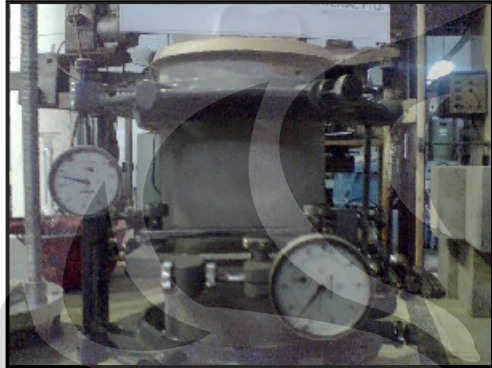
Mesin Tekan



Uji Tekan

LAMPIRAN B-4

PROSES PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS BETON



Pemasangan Alat Uji ME



Pengujian ME



LAMPIRAN B-5

PROSES PENGUJIAN PERMEABILITAS BETON



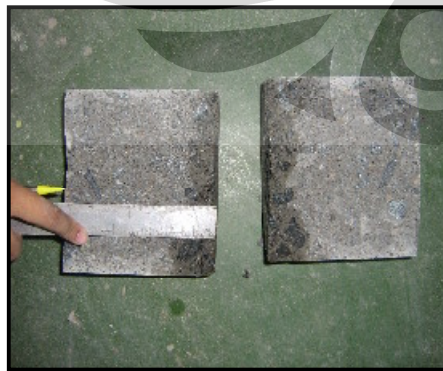
Persiapan Benda Uji



Pemasangan Benda Uji



Persiapan Kompresor



Pengukuran Penetrasi



Pembelahan Benda Uji

LAMPIRAN C-1

PERHITUNGAN CAMPURAN BETON

Metode perancangan campuran beton adalah berdasarkan metode *US Beureu of Reclamation*. Ketentuan jumlah material yang dibutuhkan tergantung dari data-data material yang telah didapat.

- f_c ' beton = 350 kg/cm²
- MSA = 25 mm
- Slump = 10 cm
- bj semen = 3,15 gr/cm³
- bj. kerikil = 2,8 gr/cm³
- bj pasir = 2,3 gr/cm³
- FM pasir = 2,48

Kebutuhan material berdasarkan ukuran *maksimum size agregate*

MSA	Unit coarse agg cont by volume (%)	Entrapped air (%)	Sand percent S/a (%)	Water content (kg)	Air content (%)
25 mm (1")	66	1.5	41	175	5

Beton yang digunakan pada konstruksi akan selalu mengandung udara (*entrapped air*) antara 0,5% sampai 2,5% yang besarnya tergantung dari ukuran agregat kasar maksimum. Udara yang terkandung dalam beton rencana adalah sebesar 1,5%, tergantung dari ukuran maksimum agregat.

Penyesuaian kebutuhan terhadap kondisi lainnya

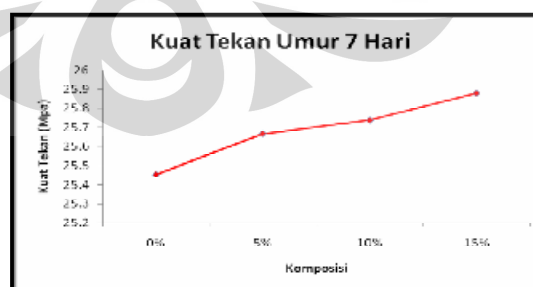
Perubahan		S/Ca (%)	Water content (kg)
FM	berkurang	39,4	tetap
slump	bertambah	tetap	179,2
air content	tetap		
using crushed coarse agg	ya	43,4	191,2
using crushed sand	tidak	tetap	tetap
w/c ratio	tetap		
S/Ca	bertambah	tetap	194,8
Setelah perubahan		43,4	194,8

Kebutuhan material setelah penyesuain

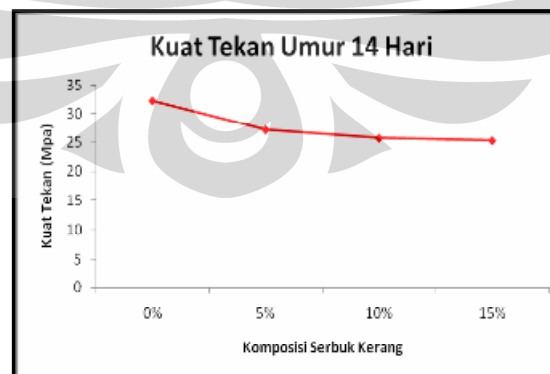
Material	SG (kg/m ³)	berat / m ³ beton
Semen	3150	487
Air	1000	194,8
Pasir	2300	634,8
Batu pecah	2800	1008
Udara		1,5%

Kuat Tekan Umur 7 Hari Masing-Masing Komposisi

NO	Kode	Variasi %	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur hari	Berat g	Slump cm	Luas Bidang Tekan cm ²	Beban Maks kg	$\sigma'b$ kg/cm ²	Keterangan
1	Tek 7-0%	0	26-Maret-09	2-Apr-09	7	11779	10.5	176.785714	27500	155.55556	
2	Tek 7-0%	0	26-Maret-09	2-Apr-09	7	11780	10.5	176.785714	44000	248.88889	
3	Tek 7-0%	0	26-Maret-09	2-Apr-09	7	11590	10.5	176.785714	46000	260,20202	
4	Tek 7-5%	5	5-Apr-09	12-Apr-09	7	11582	10	176.785714	35500	200.80808	
5	Tek 7-5%	5	5-Apr-09	12-Apr-09	7	11664	10	176.785714	45250	255.96161	
6	Tek 7-5%	5	5-Apr-09	12-Apr-09	7	11763	10	176.785714	45500	257.37374	
7	Tek 7-10%	10	23-Mei-09	30-Mei-09	7	11667	10.5	176.785714	47500	268.68687	
8	Tek 7-10%	10	23-Mei-09	30-Mei-09	7	11710	10.5	176.785714	44000	248.88889	
9	Tek 7-10%	10	23-Mei-09	30-Mei-09	7	11650	10.5	176.785714	45000	254.54545	
10	Tek 7-15%	15	23-Mei-09	30-Mei-09	7	11713	10.5	176.785714	46250	261.61616	
11	Tek 7-15%	15	23-Mei-09	30-Mei-09	7	11637	10.5	176.785714	47500	268.68687	
12	Tek 7-15%	15	23-Mei-09	30-Mei-09	7	11681	10.5	176.785714	45500	257.37374	



NO	Kode	Variasi %	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur hari	Berat g	Slump cm	Luas Bidang Tekan cm ²	Beban Maks kg	$\sigma'b$ kg/cm ²	Keterangan
1	Tek 14-0%	0	26-Maret-09	9-Apr-09	14	11667	10.5	176.7857143	57500	325.25253	
2	Tek 14-0%	0	26-Maret-09	9-Apr-09	14	11738	10.5	176.7857143	56250	318.18182	
3	Tek 14-0%	0	26-Maret-09	9-Apr-09	14	11733	10.5	176.7857143	35000	197.9798	Capping tebal
4	Tek 14-5%	5	5-Apr-09	19-Apr-09	14	11537	10	176.7857143	49500	280	
5	Tek 14-5%	5	5-Apr-09	19-Apr-09	14	11401	10	176.7857143	45000	254.54545	
6	Tek 14-5%	5	5-Apr-09	19-Apr-09	14	11511	10	176.7857143	49500	280	
7	Tek 14-10%	10	7-May-09	21-May-09	14	11461	10.5	176.7857143	46000	260.20202	
8	Tek 14-10%	10	7-May-09	21-May-09	14	11510	10.5	176.7857143	45500	257.37374	
9	Tek 14-10%	10	7-May-09	21-May-09	14	11511	10.5	176.7857143	45000	254.54545	
10	Tek 14-15%	15	7-May-09	21-May-09	14	11453	11	176.7857143	45000	254.54545	
11	Tek 14-15%	15	7-May-09	21-May-09	14	11390	11	176.7857143	44500	251.71717	
12	Tek 14-15%	15	7-May-09	21-May-09	14	11430	11	176.7857143	29500	166.86869	Capping tebal



NO	Kode	Variasi %	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur hari	Berat g	Slump cm	Luas Bidang Tekan cm ²	Beban Maks kg	$\sigma'b$ kg/cm ²	Keterangan
1	Tek 28-0%	0	26-Maret-09	23-Apr-09	28	11560	10.5	176.7857143	64000	362.0202	
2	Tek 28-0%	0	26-Maret-09	26-Apr-09	28	11411	10.5	176.7857143	70750	400.2020	
3	Tek 28-0%	0	26-Maret-09	26-Apr-09	28	11412		176.7857143	65500	370.5050	
4	Tek 28-0%	0	26-Maret-09	26-Apr-09	28	11484	10.5	176.7857143	64000	362.0202	
5	Tek 28-5%	5	5-Apr-09	3-May-09	28	11605	10	176.7857143	48750	275.7575	
6	Tek 28-5%	5	5-Apr-09	3-May-09	28	11500	10	176.7857143	54000	305.4545	
7	Tek 28-5%	5	25-Apr-09	23-May-09	28	11516	10	176.7857143	60000	339.3939	
8	Tek 28-5%	5	25-Apr-09	23-May-09	28	11582	10	176.7857143	62750	354.9494	
9	Tek 28-10%	10	25-Apr-09	23-May-09	28	11445	10.5	176.7857143	48000	271.5151	Caping miring
10	Tek 28-10%	10	25-Apr-09	23-May-09	28	11652	10.5	176.7857143	55500	313.9393	
11	Tek 28-10%	10	25-Apr-09	23-May-09	28	11449	10.5	176.7857143	55000	311.1111	
12	Tek 28-10%	10	25-Apr-09	23-May-09	28	11465	10.5	176.7857143	59500	336.5656	
13	Tek 28-15%	15	29-Apr-09	27-May-09	28	11747	11	176.7857143	55250	312.5252	
14	Tek 28-15%	15	29-Apr-09	27-May-09	28	11793	11	176.7857143	55000	311.1111	
15	Tek 28-15%	15	29-Apr-09	27-May-09	28	11582	11	176.7857143	57500	325.25253	
16	Tek 28-15%	15	29-Apr-09	27-May-09	28	11825	11	176.7857143	55250	312.52525	

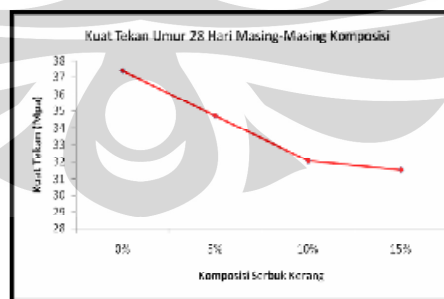
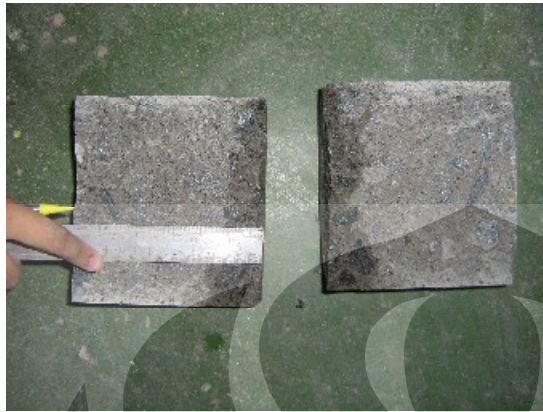


FOTO HASIL UJI PERMEABILITAS



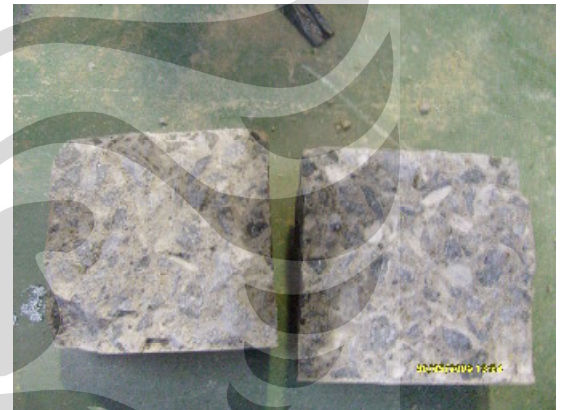
Komposisi
0%



Komposisi
5%



Komposisi
10%



Komposisi
15%