



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISTIK LENTUR DAN GESER BETON DENGAN
PENGUNAAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH SEBAGAI
PENGANTI SEMEN**

SKRIPSI

RANDI PUTRA

0405010531

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

876/FT.01/SKRIP/07/2009



UNIVERSITAS INDONESIA

**KARAKTERISTIK LENTUR DAN GESER BETON DENGAN
PENGUNAAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH
SEBAGAI PENGANTI SEMEN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

RANDI PUTRA

0405010531

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEKHUSUSAN STRUKTUR
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 : Randi Putra

NPM : 0405010531

Tanda Tangan : 

Tanggal : 16 Juli 2009

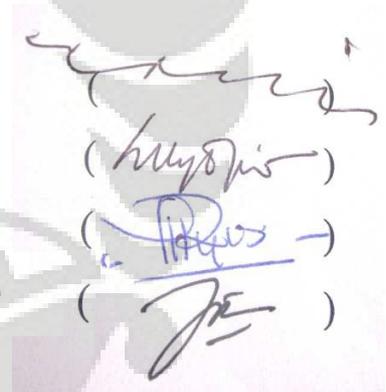
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Randi Putra
NPM : 0405010531
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Karakteristik Lentur Dan Geser Beton Dengan
Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai
Pengganti Semen

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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 I : Ir. Madsuri, MSi
Pembimbing II : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA
Penguji I : Ir. Essy Ariyuni, Msc, Phd
Penguji II : Dr-Ing. Josia Irwan Rastandi, ST



(*[Signature]*)
(*[Signature]*)
(*[Signature]*)
(*[Signature]*)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 16 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur pada kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas penulisan seminar skripsi dengan tema “Karakteristik Lentur Dan Geser Beton Dengan Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai Pengganti Semen” .

Penulis menyadari bahwa penulisan seminar ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Tuhan YME, yang telah melndungi, memberikan kasih dan berkat-Nya
2. Bapak Prof. Dr. Irwan Katili, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
3. Bapak Ir. H. Madsuri, MT. sebagai pembimbing pertama
4. Ibu Dr. Ir. Elly Tjahjono. sebagai pembimbing kedua
5. Ibu Ir. Essy Ariyuni, Msc, Ph.D sebagai dosen penguji
6. Bapak Dr-Ing. Josia Irwan Rastandi, ST sebagai dosen penguji
7. Segenap bapak dan ibu dosen Departemen Teknik Sipil ,Fakultas Teknik ,Universitas Indonesia atas bimbingan dan keikhlasan dalam memberikan ilmu dan pengalaman yang tidak ternilai
8. Seluruh staf Departemen Teknik Sipil ,Fakultas Teknik ,Universitas Indonesia yang telah memberikan kemudahan dalam administrasi dan kemudahan akademik

Akhirnya , dengan selesainya penulisan seminar ini, penulis berharap semoga penulisan seminar skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Depok, 16 Juli 2009

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Randi Putra
NPM : 0405010531
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi 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 LENTUR DAN GESER BETON DENGAN
PENGUNAAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH SEBAGAI
PENGANTI SEMEN**

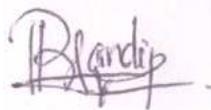
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 16 Juli 2009

Yang menyatakan



(Randi Putra)

ABSTRAK

Nama : Randi Putra
Program Studi : S1 Struktur Departemen Sipil FT UI
Judul : Karakteristik Lentur dan Geser Beton Dengan Penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai Bahan Pengganti Semen

Bukanlah mustahil untuk kita dapat daur ulang kembali sampah cangkang kerang sebagai bahan pengganti semen sehingga memiliki nilai ekonomis. Dalam penelitian ini digunakan cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*). Dari segi material, sebagai eksoskeleton dari kerang, bagian cangkang memiliki kandungan kalsium oksida yang tinggi. Kalsium merupakan bahan yang dapat meningkatkan proses hardening saat semen berhidrasi dengan air. Kalsium oksida juga merupakan bahan baku pembuat semen sehingga dengan terdapatnya kandungan kalsium oksida dalam cangkang kerang darah menjadikan material ini dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam campuran beton. Penelitian ini mengamati karakteristik lentur dan karakteristik geser dari beton. Sampel dibuat dengan penggantian serbuk cangkang kerang sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat semen PCC. Dari variasi tersebut dapat kita lihat pengaruh pemakaian Serbuk Cangkang Kerang Darah terhadap nilai kuat lentur dan geser dari beton beserta pola keretakan yang terjadi terhadap kondisi lentur murni dan geser. Dari hasil pengujian ditemukan semakin besarnya kadar percampuran serbuk cangkang kerang darah dengan semen PCC terjadi penurunan kuat lentur dan kuat geser beton.

Kata kunci :
karakteristik lentur dan geser, bahan pengganti semen, Serbuk Cangkang Kerang Darah

ABSTRACT

Name : Randi Putra
Programme : S1 Struktur Departemen Sipil FT UI
Title : Flexural And Shear Characteristics of Concrete With Blood
Cockle Body Shell's Powder as Material Replacement of
Cement

Its not impossible for us to recycle waste of body shell as material replacement of cement so that it has economic value. This research used blood cockle's body shell (Anadara Granosa). In terms of material, as exoskeleton from the shell, the body shell have high calcium oxide. Calcium is a substance that can improve hardening process of cement with water. Calcium oxide is also the raw material of cement, so calcium oxide in the body shell of blood cockle can be used as a replacement for cement in the concrete mix. This study observed the flexural and shear characteristics of concrete. Sample made with the replacement blood cockle body shell's powder as much as 0%, 5%, 10%, and 15% of the weight of the Portland composite cement. From the variations we can see the influence of cement replacement with the shear and flexural strength of concrete and cracks happens to pure flexural and shear condition. From the results test we found each increase the amount of replacement will decrease the flexural and shear strength of concrete.

Key words :

Flexural and shear characteristics, materials replacement of cement, Blood Cockle body shell's powder

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1.PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Hipotesis.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Metodologi Penelitian.....	3
1.7. Sistematika Penulisan Penelitian.....	4
2.LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Sejarah Beton.....	6
2.2. Bahan Pembentuk Beton.....	7
2.2.1. Semen.....	7
2.2.2. Agregat.....	18
2.2.3. Air.....	20
2.2.4. Bahan Tambah (Admixture).....	21
2.2.5. Material Abu Cangkang Kerang Darah Sebagai Pengganti Semen.....	22
2.3. Mutu Dan Sifat Beton.....	25
2.3.1. Faktor yang Mempengaruhi Mutu Beton.....	25
2.3.2 Sifat-Sifat Dari Beton.....	28
3.METODE PENELITIAN.....	41
3.1. Alur Penelitian.....	41
3.2 Persiapan Penelitian.....	42
3.2.1 Standar Pengujian.....	42

3.2.2 Bahan Baku Penelitian.....	42
3.3 Pembuatan Serbuk Cangkang Kerang Darah	42
3.4 Pengujian Bahan Baku Penelitian	43
3.4.1 Pengujian Agregat Halus	43
3.4.2 Pengujian Agregat Kasar	49
3.5 Analisis Rancang Campur	52
3.5.1. Metode Rancang Campur Beton.....	53
3.5.2. Metode Perancangan Campuran Beton menurut US Bureau of Reclamation	53
3.6. Proses Percobaan Beton	58
3.6.1 Pembuatan Adukan Dan Benda Uji Beton	58
3.6.2 Pengujian Beton Segar (<i>Slump Tes</i>) (ASTM C 143M,2003).....	60
3.6.3 Pengujian Beton Yang Telah Mengeras	62
4.HASIL UJI DAN ANALISIS PENELITIAN	69
4.1. Analisis Agregat	69
4.1.1 Pemeriksaan agregat halus.....	69
4.1.2. Pemeriksaan Agregat Kasar.....	74
4.2. Perhitungan Mix Desain.....	77
4.3. Analisis Pemakaian Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai Pengganti Semen	79
4.3.1 Pemeriksaan Serbuk Cangkang Kerang darah.....	79
4.3.2 Pemeriksaan Semen dengan Kandungan Serbuk Cangkang Kerang Darah 0%, 5%, 10% dan 15%.....	84
4.4 Analisis Tes Kuat Lentur Beton	89
4.4.1. Analisis Perilaku Benda Uji Saat Terjadi Tegangan Lentur.....	90
4.4.2. Analisis Kuantitatif Tegangan Lentur.....	91
4.5. Analisis Tes Kuat Geser Beton	97
4.5.1. Analisis Keretakan Geser.....	97
4.5.2. Analisis Hasil Pengujian Tegangan Geser.....	99
5.KESIMPULAN DAN SARAN	103
5.1. Kesimpulan.....	103
5.2. Saran Dan Usulan Penelitian Selanjutnya	104
DAFTAR REFERENSI	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 : Proses Produksi Semen	13
Gambar 2 : Perkembangan Kekuatan Tekan Beton Untuk Berbagai Tipe Portland Semen Dengan W/C 0,49 (Neville,1995,P:68)	18
Gambar 3: Anadara Granosa	22
Gambar 4 : Persentase Unsur Serbuk Cangkang Kerang Darah	24
Gambar 5: Persentase Senyawa Serbuk Cangkang Kerang Darah	24
Gambar 6 : Proses Terjadinya Pengikatan Dalam Beton	26
Gambar 7 : Grafik Tegangan – Regangan Beton	30
Gambar 8 : Tegangan Geser Pada Balok	31
Gambar 9 : Pola keretakan akibat geser	31
Gambar 10 Tipe Keretakan Akibat Lentur	33
Gambar 11 : Alur penelitian	41
Gambar 12 :Grafik penentuan W/C(US Beureau of Reclamation)	57
Gambar 13 : Kerucut Abram	61
Gambar 14 : Keruntuhan yang terjadi ditengah bentang	63
Gambar 15 : Keruntuhan lentur terjadi pada tepi bentang	64
Gambar 16 : Benda Uji Pengujian Geser Beton	65
Gambar 17 : Grafik Gradasi Butiran Agregat Halus	72
Gambar 18 : Hasil Uji Kotoran Organik Pada Agregat Halus	73
Gambar 19 : Gradasi Butiran Agregat Kasar	76
Gambar 20 : Hasil Pengujian Kotoran Organik Serbuk Kerang	80
Gambar 21: Persentase Unsur Cangkang Kerang Darah	81
Gambar 22: Persentase Oksida Cangkang Kerang Darah	82
Gambar 23 : Grafik Perbandingan Oksida Serbuk Cangkang Kerang Darah dan Semen PCC	83
Gambar 24 : Komposisi Senyawa Semen Kadar Serbuk 0%	85
Gambar 25 : Komposisi Senyawa Semen Kadar Serbuk 5%	86
Gambar 26 : Komposisi Senyawa Semen Kadar Serbuk 10%	86
Gambar 27 : Komposisi Senyawa Semen Kadar Serbuk 15%	87
Gambar 28 : Pengaruh Variasi Serbuk Terhadap Senyawa Semen	88
Gambar 29 : Perkembangan Kekuatan Senyawa Semen (Neville, 1945, P42)	89
Gambar 30 : Bagan Gaya Dalam Pengujian Lentur	90
Gambar 30 : Deformasi Penampang Terhadap Tegangan Lentur	91
Gambar 31 : Tegangan Lentur VS % Serbuk Cangkang	93
Gambar 32 : Kuat Tekan VS Serbuk Cangkang	94
Gambar 33 : Hubungan Antara Fineness dengan Kuat Tekan Beton (Neville, 1995,p.20)	96
Gambar 34: Keruntuhan Benda Uji Lentur Tidak Ditengah Bentang	97
Gambar 35 : Idealisasi Konsep Gesekan Geser	98
Gambar 36 : Pola Keretakan Tegangan Geser	98
Gambar 37 : Grafik Tegangan Geser VS % Serbuk Cangkang	101
Gambar 38 : Bleeding Pada Beton Segar	103
Gambar 39 : Potongan Penampang Beton Segar Saat Terjadi Bleeding	103

DAFTAR TABEL

Tabel 1 : Kandungan Oksida Semen Portland	13
Tabel 2 : Karakteristik Senyawa Semen Portland.....	15
Tabel 3 : Persentasi Komposisi Senyawa Semen Portland	16
Tabel 4 : Perkembangan Panas Hidrasi Semen Portland Pada Suhu 21 ^o c	17
Tabel 5 : Syarat besar agregat butir halus(ASTM C 33,2003).....	19
Tabel 6 : Syarat besar butir agregat kasar (ASTM C33,2003).....	20
Tabel 7: Standar Pengujian Laboratorium	42
Tabel 8 : Daftar Peralatan Percobaan Berat Isi Agregat (ASTM C 29/C 29M t) ..	46
Tabel 9 : Ukuran Agregat Kering Minimum (ASTM C 117,2004).....	48
Tabel 10 : gradasi butiran untuk pengambilan contoh.....	52
Tabel 11 : Ukuran agregat maximum yang dianjurkan dipakai dalam bermacam-macam tipe konstruksi (US Bureau of Reclamation,1975).....	56
Tabel 12 : Faktor air semen berdasarkan kuat tekan (US Bureau of Reclamation, 1975)	57
Tabel 13 : Pembuatan Benda Uji	59
Tabel 14: Penamaan Benda Uji.....	59
Tabel 16 : Ukuran Slump Maksimum Yang Dianjurkan Dalam Berbagai Macam Tipe Konstruksi (US Bureau of Reclamation,1975).....	60
Tabel 17 : Hasil Pengujian SG dan Absorpsi Agregat Halus.....	69
Tabel 18 : Hasil Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Halus	70
Tabel 19 : Hasil Pengujian Sieve Analysis Agregat Halus	71
Tabel 20: Batasan Gradasi Agregat Halus (ASTM C33,2003).....	71
Tabel 21 : Hasil Pengujian Kadar Lumpur	72
Tabel 22 : Indikator Warna Pada Organik Plate (ASTM C40,2004).....	73
Tabel 23 : Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Absorpsi Agregat Kasar	74
Tabel 18 : Hasil Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Halus	75
Tabel 24 : Batasan Gradasi Agregat Kasar	75
Tabel 25 : Hasil Pengujian Abrasi Agregat Kasar	76
Tabel 26 : Penyesuaian Pasir dan Kadar Air.....	78
Tabel 27 : Berat Komponen Beton / m ³	79
Tabel 28: Perbandingan Oksida Serbuk Cangkang Kerang Darah dan Semen PCC	82
Tabel 29 : Perbandingan Oksida Pada Semen dengan Variasi Serbuk Cangkang Kerang Darah	84
Tabel 30 : Komposisi Senyawa Semen Pada Variasi Serbuk Kerang Darah.....	87
Tabel 31 : Hasil Pengujian Tes Lentur.....	92
Tabel 32 : Korelasi tekan dan Lentur.....	94
Tabel 33 : Hasil Pengujian Geser.....	100
Tabel 34 : Korelasi Kuat Tekan Dengan Kuat Geser Beton	102

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A-1 : Analisa <i>Specific Gravity</i> & Absorpsi Agregat Halus.....	A-1
Lampiran A-2 : Pemeriksaan Berat Isi & Rongga Udara Agregat Halus.....	A-2
Lampiran A-3 : Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No.200.....	A-3
Lampiran A-4 : Pemeriksaan Kotoran Organik Agregat Halus.....	A-4
Lampiran A-5 : Analisa Saringan Agregat Halus.....	A-5
Lampiran B-1 : Analisa <i>Specific Gravity</i> & Absorpsi Agregat Kasar.....	A-6
Lampiran B-2 : Pemeriksaan Berat Isi & Rongga Udara Agregat Kasar.....	A-7
Lampiran B-3 : Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar.....	A-8
Lampiran B-4 : Analisa Saringan Agregat Kasar.....	A-9
Lampiran C : Perhitungan Rancang Campur Beton.....	A-10
Lampiran D-1 : Pemeriksaan Kotoran Organik Serbuk Cangkang Kerang Darah.....	A-11
Lampiran D-2 : Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur Dan Oksida Serbuk Cangkang Kerang Darah 100%	A-12
Lampiran D-3 : Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur Dan Oksida Campuran Semen Pcc Dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 0%	A-13
Lampiran D-4 : Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur Dan Oksida Campuran Semen Pcc Dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 5%.....	A-14
Lampiran D-5 : Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur Dan Oksida Campuran Semen Pcc Dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 10%	A-15
Lampiran D-6 : Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur Dan Oksida Campuran Semen Pcc Dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 15%.....	A-16
Lampiran E : Spesifikasi Standar Untuk Agregat.....	A-17
Lampiran F : Spesifikasi Gambar Benda Uji Geser.....	A-18
Lampiran G : Hasil Pengujian Geser.....	A-19
Lampiran H : Hasil Pengujian Lentur.....	A-20

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan utama manusia yang wajib dipenuhi adalah kebutuhan akan pangan, sandang dan papan. Semuanya akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi di suatu negara. Kebutuhan manusia akan papan bersentuhan langsung dengan industri dibidang konstruksi bangunan beton. Dengan meningkatnya perkembangan industri konstruksi bangunan beton akan diikuti oleh peningkatan pemakaian beton sebagai bahan bangunan. Beton merupakan material yang paling sering dipakai karena ekonomis, dapat dibentuk sesuai keinginan dan relatif mudah didapatkan di pasaran.

Bahan dasar pembentuk beton terdiri dari semen, agregat baik agregat halus maupun agregat kasar, air dan bahan tambahan lainnya. Agregat memegang peranan penting dalam pembentukan beton karena agregat menyumbang volume beton 60-80% dan sisanya oleh semen sebagai pembentuk pasta diperlukan untuk mengikat agregat. Semen merupakan bahan dengan harga yang relatif mahal dibandingkan material komposit beton lainnya. Selain itu, produksi semen disebut sebagai penyokong polusi udara yang besar didunia. Hal ini disebabkan tingginya emisi/ pancaran debu yang potensial mencemari dan juga konsumsi energi yang banyak dalam proses pembuatannya, karena membutuhkan energi dalam bentuk batu bara untuk memanaskan tanur dan listrik untuk menjalankan mesin-mesin serta peralatan lainnya.

Teknologi beton memungkinkan kita untuk mengurangi pemakaian semen dalam campuran beton. Penggantian sejumlah bagian semen dalam proses

pembuatan beton, atau secara total menggantinya dengan material lain menjadi pilihan yang lebih menjanjikan dibanding memperkuat kualitas agregat dalam pemakaian campuran. Pengurangan jumlah pemakaian semen sebaiknya menggunakan material yang ramah lingkungan, dalam hal ini digunakan sampah hasil buangan manusia yang mengandung bahan kapur, silika dan Alumina. Penggunaan bahan pengganti semen dalam campuran beton memungkinkan kita untuk mengurangi jumlah pemakaian semen dalam campuran. Dalam penelitian ini digunakan bahan pengganti semen dari cangkang kerang darah atau sering disebut *Anadara Granosa*. Cangkang kerang darah ini banyak ditemukan sebagai limbah padat di lingkungan pasar dan pantai. Dengan dipakainya cangkang kerang diharapkan dapat mengurangi jumlah limbah padat yang dihasilkan manusia sekaligus membuat biaya dalam pembuatan beton menjadi lebih murah.

Dari segi material, sebagai *eksoskeleton* dari kerang bagian cangkang memiliki dominasi kandungan kalsium oksida yang tinggi dibandingkan senyawa lainnya. Kalsium merupakan bahan yang dapat meningkatkan proses hardening saat semen berhidrasi dengan air. Dengan terdapatnya kandungan kalsium oksida dalam cangkang kerang darah menjadikan material ini dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam campuran beton.

1.2. Perumusan Masalah

Tegangan lentur dan geser beton yang besar dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada struktur beton. Dalam lentur murni didapati hubungan yang erat antara momen lentur dan regangan maksimum dari material. Nilai lentur dari beton dapat kita amati dari nilai *Modulus of rupture* dari penampang beton. Sedangkan dalam kondisi geser nilai tegangan geser dihasilkan dari nilai gaya lateral yang bekerja pada luasan geser penampang.

Nilai tegangan lentur dan tegangan geser akan berbeda untuk komposisi campuran beton yang berbeda. Dalam penelitian ini digunakan variasi pemakaian kerang sebagai bahan pengganti semen sehingga untuk kadar Serbuk Cangkang Kerang Darah yang berbeda dapat dilihat besarnya nilai lentur maksimum dan

geser maksimum dari beton. Dari hasil yang didapat kita lihat komposisi optimal kadar serbuk cangkang kerang untuk dapat kuat menahan tegangan lentur murni dan tegangan geser murni.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan Serbuk Cangkang Kerang Darah sebagai bahan pengganti semen dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dari berat semen terhadap kuat lentur dan geser murni dari beton.

1.4. Hipotesis

Dari penelitian ini diduga bahwa dengan penambahan kadar penggantian Serbuk Cangkang Kerang Darah terhadap Semen PCC, maka kekuatan geser dan lentur beton akan bertambah.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

1. Beton didesain dengan kadar Serbuk Cangkang Kerang Darah dengan variasi : 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen
2. Jenis kerang yang digunakan dari kelas Anadara Granosa (kerang darah)
3. Semen yang digunakan adalah portland composite cement
4. *Slump* yang diinginkan adalah 10 ± 2 Cm
5. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah 25 mm
6. Beton didesain nilai f_c' 35 Mpa

1.6. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Studi pustaka

Dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan dari buku dan jurnal material.

2. Metode eksperimental

Dengan melakukan uji coba di laboratorium.

3. Analisis

Dengan menganalisis hasil pengujian laboratorium yang didapat.

1.7. Sistematika Penulisan Penelitian

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Pendahuluan berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penelitian yang digunakan

BAB II. LANDASAN TEORI

Landasan teori berisikan pengenalan sifat-sifat beton serta bahan-bahan pembentuknya

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang pengujian yang dilakukan dalam penelitian dan hal-hal yang perlu dilakukan dalam penelitian ini

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan perancangan proporsi campuran beton, data-data hasil penelitian dan analisis-analisis yang dapat ditarik setelah pengujian dilakukan berdasarkan hasil dan metode yang dilakukan

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari hasil pengujian dan saran untuk desain yang optimal.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sejarah Beton

Beton telah digunakan sejak lebih dari dua ribu tahun lamanya. Struktur beton pada masa lampau masih dapat ditemukan di beberapa tempat di Romawi, Timur Tengah dan Asia. Nama asingnya, concrete - diambil dari gabungan prefiks bahasa Latin *com*, yang artinya bersama-sama, dan *crescere* (tumbuh) yang jika digabungkan berarti kekuatan yang tumbuh karena adanya campuran zat tertentu. Beton dibuat dari bahan dasar semen (biasanya semen Portland), mineral agregat dan air. Beton juga terkadang mengandung udara dan bahan tambah atau material lainnya. Beton bersifat lebih atau kurang plastis setelah penyampuran tetapi secara substansial akan mengeras seperti batu. Partikel agregat akan menyatu bersama dengan mengerasnya pasta semen. Beton merupakan material komposit yang heterogen baik dalam level makroskopis ataupun mikroskopis. Banyak dari sifat beton keras sangat unik diantara material struktur lainnya diantaranya

- Beton menjadi getas pada suatu saat dan dapat juga bersifat daktail.
- Beton juga menjadi bersifat elastik pada suatu waktu dan dapat juga menjadi bersifat plastis.
- Beton mempunyai propertis liquid dan juga propertis solid
- Selama proses pengeringan beton secara signifikan akan menyusut
- Beton akan retak penuh jika sebuah retak kecil dibebani secara berkala.
- Secara teknis properti beton akan bergantung pada besarnya tingkat keahlian dalam pembuatan beton dan kondisi lingkungan saat pembuatannya.

2.2. Bahan Pembentuk Beton

Kualitas dan kuantitas dari masing-masing bahan yang dicampur kedalam beton ditentukan oleh sesuai dengan kebutuhan. Sebuah beton yang baik harus cukup untuk menahan beban luar selama masa layan tanpa mengalami keretakan atau perubahan bentuk. Secara definitif terdapat beberapa campuran yang dipakai dalam pembangunan struktur beton yaitu:

1. pasta semen yaitu campuran antara semen dan air
2. mortar merupakan campuran antara semen, air, dan agregat halus.
3. beton merupakan campuran antara semen, air, agregat halus dan agregat kasar.

Ketiga properti campuran ini sangat penting dalam bentuk cair dan padat. Pasta semen dalam mortar segar atau beton bertindak sebagai material pereduksi gesekan yang berkontribusi terhadap workability dan kohesi beton. Dalam pemadatan campuran perkerasan, pasta akan mengisi rongga antara partikel agregat sekaligus sebagai perekat antar agregat menjadi sebuah bentuk yang menyatu. Sehingga kekuatan beton juga bergantung kepada kekuatan dari daya ikat pasta semen. Agregat tidak bereaksi dengan bahan kimia lainnya, berbentuk butiran, merupakan material organik dan menyumbang 75% kekerasan dari volume beton. agregat sangat besar mengurangi jumlah semen dalam beton. Sehingga menurunkan rangkai dan susut dari beton dan disaat yang sama membuat beton menjadi ekonomis.

2.2.1. Semen

2.2.1.1 Sejarah Semen

Bentuk semen yang kita kenal sekarang ini pada mulanya merupakan hasil percampuran batu kapur dan abu vulkanis. Semen pertama kali ditemukan di zaman Kerajaan Romawi, tepatnya di Pozzuoli, dekat teluk Napoli, Italia. Sehingga semen dinamai pada mulanya dinamai pozzuolana. Sedangkan kata semen sendiri berasal dari caementum (bahasa Latin), yang artinya "memotong menjadi bagian-bagian kecil tak beraturan". Meski

sempat populer di zamannya, semen pertama yang dibuat di Napoli ini tak berumur panjang. Menyusul runtuhnya Kerajaan Romawi, sekitar abad pertengahan (tahun 1100 - 1500 M) campuran pozzuolana sempat menghilang dari peredaran. Baru pada abad ke-18 (ada juga sumber yang menyebut sekitar tahun 1700-an M), John Smeaton seorang insinyur asal Inggris menemukan campuran semen kembali. John Smeaton membuat percampuran dengan memanfaatkan campuran batu kapur dan tanah liat saat membangun menara suar Eddystone di lepas pantai Cornwall, Inggris. Namun pada kenyataannya, hak paten proses pembuatan semen awal ini bukanlah pada Smeaton melainkan Joseph Aspdin yang juga insinyur berkebangsaan Inggris, pada 1824 mengurus hak paten ramuan yang dinamai "portland cement" atau PC. Pemberian nama ini menurut warna hasil akhir olahannya mirip tanah liat Pulau Portland, Inggris. Hasil rekayasa dari Joseph aspdin merupakan campuran semen yang sering dipakai oleh masyarakat dewasa ini

Sebenarnya, adonan Aspdin tak beda jauh dengan Smeaton. Dia tetap mengandalkan dua bahan utama, batu kapur (kaya akan kalsium karbonat) dan tanah lempung yang banyak mengandung (sejenis mineral berbentuk pasir), aluminium oksida (alumina) serta oksida besi. Bahan-bahan itu kemudian dihaluskan dan dipanaskan pada suhu tinggi sampai terbentuk campuran baru. Di dalam proses pemanasan, menghasilkan campuran padat yang mengandung zat besi. Supaya tidak mengeras seperti batu, campuran ini diberi bubuk gips dan dihaluskan hingga berbentuk partikel-partikel kecil.

2.2.1.2 Jenis - Jenis Semen

Semen yang sering dipakai dalam pembangunan sebagai bahan pengikat dalam campuran beton merupakan semen hidrolik. Semen hidrolik adalah semen yang dapat terikat dengan air. Contoh semen hidrolik adalah

- 1. Kapur hidrolik**, dibuat dengan cara membakar batu kapur yang mengandung silica dan lempung sampai menjadi klinker dan mengandung cukup kapur untuk menghasilkan kapur hidrolik

2. **Semen podzollan**, merupakan bahan ikat yang mengandung silica amorf , yang apabila dicampur dengan kapur akan membentuk benda padat yang keras.
3. **Semen terak**, merupakan semen hidrolik yang sebagian besar terdiri dari suatu campuran seragam serta kuat dari terak tanur kapur tinggi dan kapur tohor.
4. **Semen alam**, dihasilkan melalui pembakaran batu kapur yang mengandung lempung pada suhu lebih rendah dari suhu pengerasan. Hasil pembakaran kemudian digiling menjadi serbuk halus, kadar silika, alumina dan oksida besi pada serbuk cukup untuk membuatnya bergabung dengan kalsium oksida sehingga membentuk senyawa kalsium silikat dan aluminat yang dianggap mengandung sifat hidrolik
5. **Semen Portland**, menurut ASTM C-150, 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.
6. **Semen portland podzoland** , adalah campuran semen Portland dan bahan-bahan yang bersifat pozollan seperti terak tanur tinggi dan hasil residu PLTU
7. **Semen putih**, semen Portland yang kadar oksida besinya rendah, kurang dari 0,5 %. Bahan bakunya adalah kapur murni, lempung putih yang tidak mengandung oksida besi dan pasir silika
8. **Semen alumina**, dihasilkan melalui pembakaran batu kapur dan bauksit yang telah digiling halus pada suhu 1600°C. hasil pembakaran telah berbentuk klinker dan selanjutnya dihaluskan menjadi bubuk.
9. **Semen portland komposit**, berdasarkan SNI no 15-7064 tahun 2004 memiliki definisi sebagai bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan

bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen portland komposit.

2.2.1.3 Tipe Semen Portland

Pada penelitian ini digunakan semen portland, semen jenis ini merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Terdapat beberapa tipe semen portland yang dihasilkan dari proses produksi saat ini. Tipe semen ini diklasifikasi oleh SK.SNI T-15-1990-03:2. Adapun tipe-tipe semen portland adalah:

1. Semen Portland tipe I

Disebut *ordinary Portland cement* merupakan penggunaan umum dari semen yang dapat digunakan ketika properti khusus dari keempat tipe semen lainnya tidak diperlukan misalnya untuk keperluan pembuatan blok beton, portal bertulang, balok dan pelat.

2. Semen Portland tipe II

Merupakan modifikasi dari tipe I ditambahkan fungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap serangan sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen ini digunakan untuk struktur seperti dam, pipa beton, perkerasan jalan, dan fondasi.

3. Semen Portland tipe III

Berdasarkan terminologi dari Inggris, sering disebut "*rapid hardening Portland cement*" digunakan jika diperlukan peningkatan kecepatan kekuatan awal setelah pengikatan terjadi seperti yang digunakan dalam pembuatan precast, pengecoran pada musim dingin dan sebagainya

4. Semen Portland tipe IV

Berdasarkan terminologi dari Inggris, sering disebut “*low heat Portland cement*”. Telah digunakan untuk bendungan yang besar yang memerlukan panas hidrasi yang rendah.

5. Semen Portland tipe V

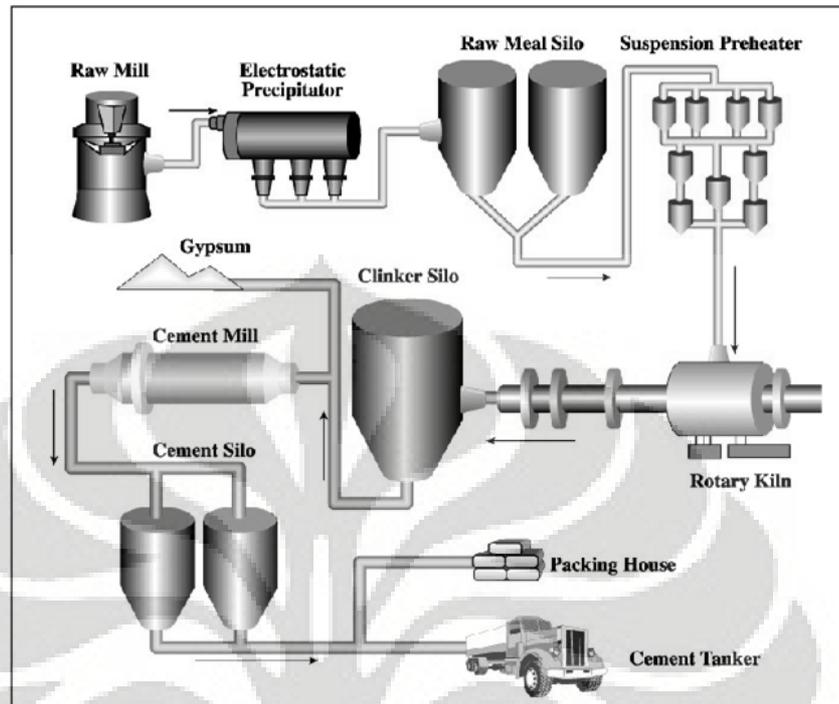
Berdasarkan terminologi dari Inggris, sering disebut “*sulfate resistance Portland cement*”. Digunakan untuk struktur bangunan yang memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat misal saluran, tangki penampungan dsb.

2.2.1.4 Proses Pembuatan Semen Portland

Adapun proses pembuatan semen portland yaitu:

1. **Penggalian/Quarrying:** Terdapat dua jenis material yang penting bagi produksi semen: yang pertama adalah yang kaya akan kapur atau material yang mengandung kapur (*calcareous materials*) seperti batu gamping, kapur, dll., dan yang kedua merupakan material yang kaya akan atau material mengandung tanah liat (*argillaceous materials*) seperti tanah liat. Batu gamping dan tanah liat dikeruk atau diledakkan dari penggalian dan kemudian diangkut ke alat penghancur.
2. **Penghancuran:** Penghancur memiliki kontribusi terhadap pengecilan ukuran primer bagi material yang digali.
3. **Pencampuran Awal:** Material yang dihancurkan melewati alat analisis on-line untuk menentukan komposisi tumpukan bahan.
4. **Penghalusan dan Pencampuran Bahan Baku:** Sebuah belt conveyor mengangkat tumpukan yang sudah dicampur pada tahap awal ke penampung, dimana perbandingan berat umpan disesuaikan dengan jenis klinker yang diproduksi. Material kemudian digiling sampai kehalusan yang diinginkan.

5. **Pembakaran dan Pendinginan Klinker:** Campuran bahan baku yang sudah tercampur rata diumpankan ke *pre-heater*, yang merupakan alat penukar panas yang terdiri dari serangkaian siklon dimana terjadi perpindahan panas antara umpan campuran bahan baku dengan gas panas dari kiln yang berlawanan arah. Kalsinasi parsial terjadi pada *pre-heater* ini dan berlanjut dalam kiln, dimana bahan baku berubah menjadi agak cair dengan sifat seperti semen. Pada kiln yang bersuhu 1350-1400°C, bahan berubah menjadi bongkahan padat berukuran kecil yang dikenal dengan sebutan klinker, kemudian dialirkan ke pendingin klinker, dimana udara pendingin akan menurunkan suhu klinker hingga mencapai 100 °C.
6. **Penghalusan Akhir:** Dari silo klinker, klinker dipindahkan ke penampung klinker dengan dilewatkan timbangan pengumpan, yang akan mengatur perbandingan aliran bahan terhadap bahan-bahan aditif. Pada tahap ini, ditambahkan gipsum ke klinker dan diumpankan ke mesin penggiling akhir. Campuran klinker dan gipsum untuk semen jenis 1 dan campuran klinker, gipsum dan posolan untuk semen jenis P dihancurkan dalam sistim tertutup dalam penggiling akhir untuk mendapatkan kehalusan yang dikehendaki. Semen kemudian dialirkan dengan pipa menuju silo semen.



Gambar 1 : Proses Produksi Semen

2.2.1.5 Sifat Dan Karakteristik Semen Portland

Semen dapat dibedakan dengan jenis semen lainnya dilihat berdasarkan susunan kimia dan kehalusan butirannya. Kandungan bahan penyusun semen portland adalah :

Tabel 1 : Kandungan Oksida Semen Portland

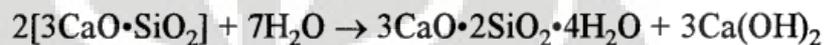
<i>Oksida</i>	<i>Kandungan, %</i>
<i>CaO</i>	60-67
<i>SiO₂</i>	17-25
<i>Al₂O₃</i>	3-8
<i>Fe₂O₃</i>	0,5-0,6
<i>MgO</i>	0,5-4,0
<i>Alkali (sebagai Na₂O)</i>	0,3-1,2
<i>SO₃</i>	2,0-3,5

1. Komposisi kimiawi semen portland

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimia utama yang menyusun semen Portland yaitu:

- **Trikalsium Silikat ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)** yang disingkat menjadi C_3S . C_3S mempengaruhi kekuatan tekan awal dan panas hidrasi, makin tinggi C_3S makin tinggi kekuatan tekan awal beserta panas hidrasinya dan sebaliknya.

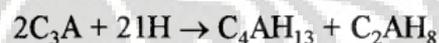
Saat berhidrasi akan timbul reaksi



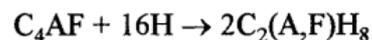
- **Dikalsium Silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)** yang disingkat menjadi C_2S . C_2S memberikan ketahanan terhadap serangan kimia dan mempengaruhi susut terhadap panas akibat lingkungan. Saat berhidrasi akan timbul reaksi



- **Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$)** yang disingkat menjadi C_3A . C_3A berpengaruh pada nilai panas hidrasi tertinggi, baik pada saat pengerasan maupun saat pengerasan berikutnya yang panjang. Jika terkena sulfat, C_3A akan mengembang pula dan menyebabkan retak pada beton. Saat berhidrasi akan timbul reaksi



- **Tetrakalsium Aluminoforit ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$)** yang disingkat menjadi C_4AF . C_4AF mempunyai pengaruh yang kecil terhadap kekerasan beton atau beton sehingga kontribusi dalam peningkatan kekuatan juga kecil. Saat berhidrasi akan timbul reaksi



Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang saling mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi C_3S dan C_2S adalah 70% sampai 80% dari semen

dan merupakan bagian yang paling dominan memberikan sifat semen. Kalkulasi potensi komposisi semen portland didasari oleh R.H. Bogue yang sering disebut sebagai komposisi Bogue dimana persamaan senyawa utama dari semen diberikan :

$$C_3S = 4,07 (\text{CaO}) - 7,60(\text{SiO}_2) - 6,72 (\text{Al}_2\text{O}_3 - 1,43 (\text{Fe}_2\text{O}_3) - 2,85 (\text{SO}_3)$$

$$C_2S = 2,87 (\text{SiO}_2) - 0,75(3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$$

$$C_3A = 2,65(\text{Al}_2\text{O}_3) - 1,69(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$C_4AF = 3,04(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

Karakteristik Komposisi senyawa yang dibutuhkan dalam semen Portland menurut standar ASTM C-150 (ASTM C-150 Vol.04.02:1995,92) dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel 2 : Karakteristik Senyawa Semen Portland

Nilai	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Penyemenan	Baik	Baik	Buruk	Buruk
Kecepatan reaksi	Sedang	Lambat	Cepat	Lambat
Pelepasan panas hidrasi	Sedang	Sedikit	Banyak	Sedikit

Sedangkan dalam SII 0013-1981 dapat diketahui komposisi kimia dari kelima jenis semen Portland dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 : Persentasi Komposisi Senyawa Semen Portland

Jenis semen portland	Komposisi dalam %						
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO	MgO
Tipe I	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4
Tipe II	46	29	6	12	2,8	0,6	3
Tipe III	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6
Tipe IV	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7
Tipe V	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6

2. Sifat fisik semen portland

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

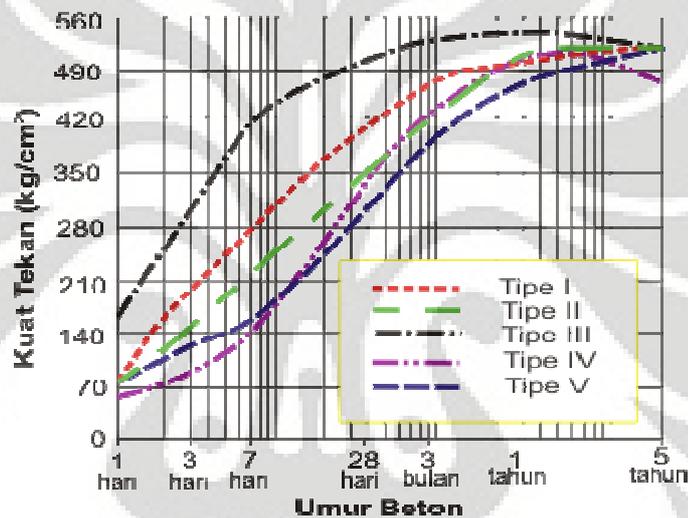
- **kehalusan butir (*Fineness*)**. Kehalusan mempengaruhi proses hidrasi semen, makin kasar butiran maka waktu ikat yang terjadi akan semakin lama dan sebaliknya semakin halus ukuran butir semen menyebabkan waktu ikat akan berjalan lebih cepat. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya bleeding atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM, butir semen yang lewat saringan 200 harus melebihi 78%. Luasan minimum butiran adalah 280 m²/Kg
- **Kepadatan (*Density*)**. Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3,15 gr/cm³. Namun dilapangan berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara 3,05 gr/cm³ - 3,25gr/cm³ hal ini berpengaruh pada proporsi semen dalam campuran.

- **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. Berdasarkan ASTM C-150 nilai minimum untuk waktu ikat awal adalah 45-375 menit
- **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°C

Tabel 4 : 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	-

- **Perubahan volume.** Merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan campuran dan kemampuan mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi. Ketidakkekalan 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 : Perkembangan Kekuatan Tekan Beton Untuk Berbagai Tipe Portland Semen Dengan W/C 0,49 (Neville,1995,P:68)

2.2.2. Agregat

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan. Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batas ukuran agregat halus menurut *british standard* adalah 4,8 mm dan diatas nilai tersebut, agregat digolongkan kepada agregat kasar. Agregat kemudian diklasifikasikan kedalam beberapa aspek yaitu:

2.2.2.1 Berdasarkan Ukuran Butir Nominal (ACI 318,1989:2-1)

1. **Agregat halus**, ialah 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:

- Nilai *fineness modulus* diantara 2,3 sampai 3,1 (ASTM C-128, 2004)
- Penyerapan agregat terhadap air maksimum 3% (ASTM C-128, 2004)
- Kadar lumpur untuk beton secara umum tidak lebih dari 5% (ASTM C 33, 2003)
- Berat jenis curah (bulk) minimum 2,5 (ASTM C-29M, 2003)

Tabel 5 : Syarat besar agregat butir halus(ASTM C 33,2003)

No Saringan	Persen Lolos
9,5 mm (3/8 in)	100
4,75 mm (No. 4)	95-100
2,36 mm (No. 8)	80-100
1,18 mm (No. 16)	50-85
600 μ m (No. 30)	25- 60
300 μ m (No. 50)	5-30
150 μ m (No. 100)	0-10

2. **Agregat kasar** ialah 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)

- Jumlah butir yang tertahan saringan no 4 yang mempunyai paling sedikit 2 bidang pecah : minimum 50% (khusus kerikil pecah)
- Indeks kepipihan butiran yang tertahan saringan 9,5 mm maksimum 25%
- Penyerapan agregat terhadap air maksimum 3% (ASTM C-127, 2004)
- Berat jenis curah (bulk) minimum 2,5% (ASTM C-29M, 2003)

Tabel 6 : Syarat besar butir agregat kasar (ASTM C33,2003)

No Saringan	Persen Lolos
25 mm (1 in)	100
19 mm (3/4 in)	90-100
12,5 mm (1/2 in)	20-55
9,5 mm (3/8 in)	0-15
4,75 mm (No. 4)	0-5

2.2.2.2 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. Syarat mutu air untuk beton telah distandarisasi oleh ACI 318M tahun 2005 dimana air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari minyak, asam, alkali, garam, dan material organik.

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%.

2.2.4. 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 hidrolik yang dicampur kedalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama percampuran berlangsung.

2.2.4.1 Jenis- Jenis Admixtures

Berdasarkan sifatnya bahan tambah terdiri dari dua jenis yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi dan bahan tambah yang bersifat material.

1. Bahan tahan 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*”
- Tipe B “*Retarding Admixtures*”
- Tipe C “*Accelerating Admixtures*”
- Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixtures*”
- Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixtures Admixture*”
- Tipe F “*Water Reducing , High Range Admixtures*”
- Tipe G “*Water Reducing High Range Retarding Admixtures*”

Dalam campuran beton pada penelitian ini, admixture tidak dipakai.

2. Bahan tambah mineral

Bahan tambah ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Bahan tambah ini digunakan lebih banyak untuk

menambah kekuatan beton sehingga lebih cenderung untuk penyemenan. Beberapa bahan tambah ini adalah *pozzolan*, *Fly ash*, *slag*, dan *silica fume*. Dalam campuran beton pada penelitian ini, bahan tambah mineral tidak dipakai.

2.2.5. Material Abu Cangkang Kerang Darah Sebagai Pengganti Semen

2.2.5.1. Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Anadara granosa atau yang lebih sering dikenal sebagai kerang darah hidup di tepi laut pada kedalaman 1 sampai 2 meter dari permukaan laut. Kerang darah memiliki ekosistem daerah pasir dan berlumpur dengan distribusi kadar salinitas 10-15%. Untuk bertahan hidup mereka biasa mengubur dirinya sendiri kedalam lumpur dan menyerap makanan dengan cara penyaringan. Makanannya adalah *zooplankton* dan *detritus*



Gambar 3: *Anadara Granosa*

2.2.5.2 Properti Fisik dari Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

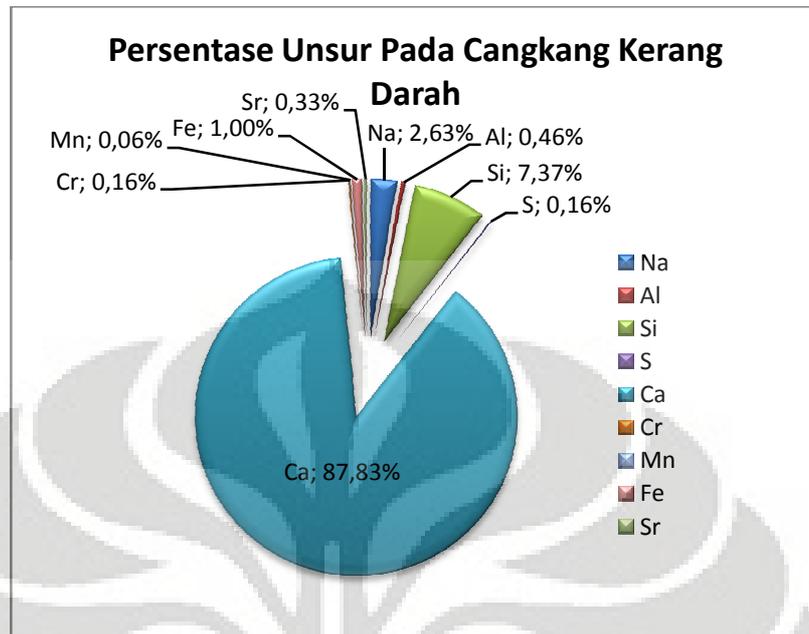
Kerang adalah hewan air yang termasuk hewan bertubuh lunak (*mollusca*). Semua kerang-kerangan memiliki sepasang cangkang yang biasanya simetri cermin yang terhubung dengan suatu *ligamen* (jaringan ikat).

Pada kebanyakan kerang terdapat dua otot adduktor yang mengatur buka-tutupnya cangkang.

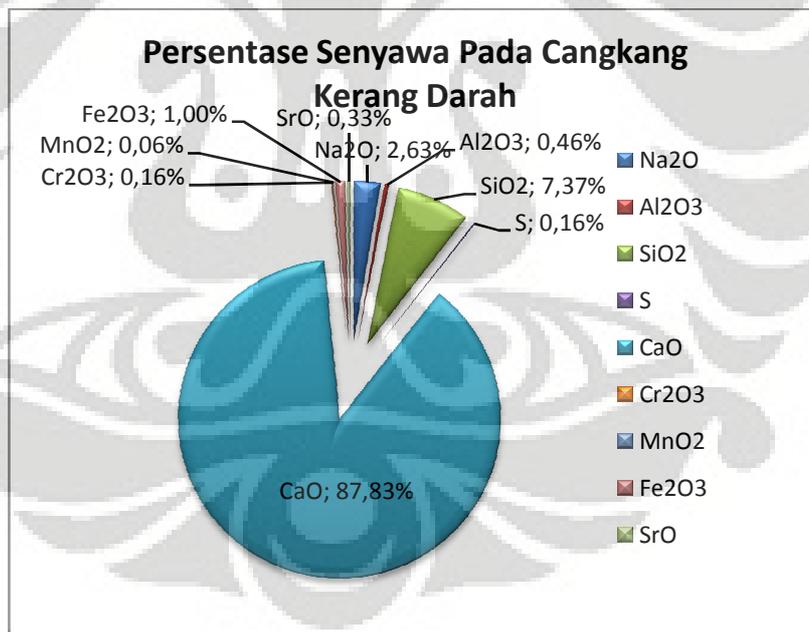
Kerang tidak memiliki kepala dan hanya simping yang memiliki mata. Organ yang dimiliki adalah ginjal, jantung, mulut, dan anus. Kerang dapat bergerak dengan "kaki" berupa semacam organ pipih yang dikeluarkan dari cangkang sewaktu-waktu atau dengan membuka-tutup cangkang secara mengejut.

Kerang darah memiliki cangkang yang berbentuk oval dan pipih. Ukuran dewasa dari kerang darah memiliki panjang sekitar 5 cm sampai 6 cm dan lebar antara 4 cm sampai 5 cm. Engselnya lebar dan berwarna coklat gelap. Kerang darah merupakan spesies berdarah merah. Warna dari permukaan luar dari cangkang adalah kecoklatan.

Cangkang kerang darah memiliki kandungan mineral dan senyawa dengan kandungan kalsium oksida sebagai yang paling dominan. Menurut pengujian laboratorium yang dilakukan dengan pengujian XRF didapati kandungan senyawa serta unsur-unsur yang terdapat pada Serbuk Cangkang Kerang Darah. Dari percobaan tersebut dihasilkan



Gambar 4 : Persentase Unsur Serbuk Cangkang Kerang Darah



Gambar 5: Persentase Senyawa Serbuk Cangkang Kerang Darah

2.3. Mutu Dan Sifat Beton

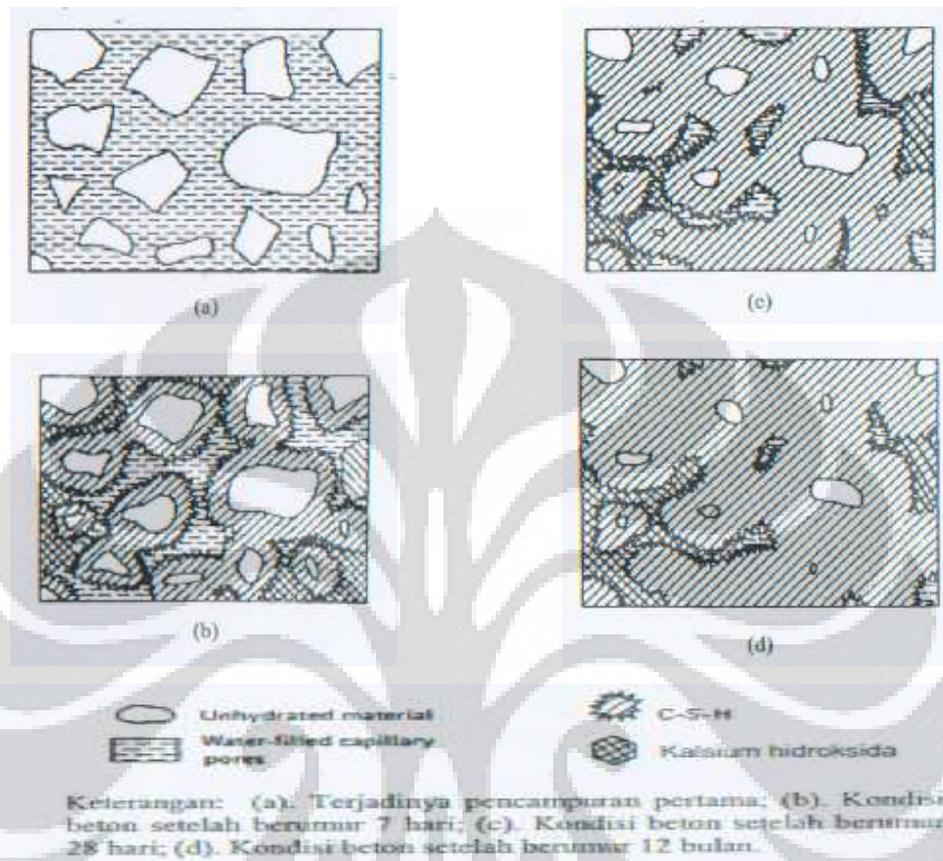
Banyak yang mempengaruhi kekuatan beton, diantaranya adalah kualitas bahan-bahan penyusunnya, rasio air-semen yang rendah dan kepadatan yang tinggi.

2.3.1. Faktor yang Mempengaruhi Mutu Beton

Pada umumnya ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam mendesain mutu dan keawetan beton yang baik diantaranya faktor air semen, kualitas agregat kasar, kualitas agregat halus, dan penggunaan bahan tambah baik *admixture* maupun *additive*. Berikut ini adalah proses pengikatan pada beton

2.3.1.1 Faktor Air-Semen

Secara umum makin besar nilai faktor air-semen maka semakin rendah mutu kekuatan beton. Maka untuk menghasilkan sebuah beton bermutu tinggi maka nilai faktor air-semen harus diturunkan. Hal yang terjadi selama proses hidrasi adalah semen portland akan terus bereaksi dengan air saat pengikatan terjadi. Setelah 24 jam pada suhu kamar, 30%-40% semen akan mengalami proses hidrasi, pembentukan lapisan penutup dengan bertambahnya kecepatan serta kepadatan dan ketebalan yang melapisi partikelnya. Hidrasi partikel klinker yang besarnya parsial dan keseluruhan akan membentuk beton. Proses pembentukan beton sampai umur 90 hari dapat dilihat dibawah ini



Gambar 6 : Proses Terjadinya Pengikatan Dalam Beton

2.3.1.2 Kualitas Agregat Halus

Agregat halus memiliki peran yang penting dalam besarnya nilai kekuatan tekan beton dimana hal-hal yang dapat meninggikan kuat tekan adalah

- Agregat berbentuk bulat memiliki rongga udara 33% lebih kecil dari bentuk lainnya sehingga beton yang dihasilkan memiliki rongga yang lebih kecil
- Permukaan agregat dengan tekstur halus akan lebih sedikit membutuhkan air daripada agregat dengan permukaan kasar sehingga kemungkinan mendapat beton mutu tinggi akan lebih besar.

- FM (*fineness modulus*) yang mengukur indeks kekasaran atau kehalusan dari agregat yang memiliki nilai 2,5 s/d 3 akan berpotensi untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi
- Gradasi yang baik dan teratur dari agregat yang baik untuk beton mutu tinggi adalah memiliki perbedaan tidak kurang 45 % dari saringan teratas ke saringan terbawah.

2.3.1.3 Kualitas Agregat Kasar.

Agregat kasar merupakan inti dari kekuatan dan ketahanan beton. Agregat kasar yang baik akan menghasilkan mutu beton yang baik pula. Untuk beton bermutu tinggi hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Kekerasan agregat kasar dengan porsi sedang akan lebih menguntungkan, karena dapat mengurangi konsentrasi tegangan, pembasahan atau pengeringan dan pemanasan atau pendinginan pada agregat sehingga dapat mencegah terjadinya keretakan
- Bentuk fisik agregat bersudut memiliki ikatan antar agregat yang baik sehingga sangat cocok untuk penggunaan beton mutu tinggi.
- Ukuran butir maksimum untuk beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15 mm. namun demikian ukuran 25 mm masih dimungkinkan menghasilkan beton mutu tinggi dalam pengerjaannya.
- Gradasi yang baik dan menerus akan memiliki kekuatan yang lebih tinggi daripada agregat dengan gradasi gap dan seragam.

2.3.1.4 Bahan Tambah

Bahan tambah yang dipakai untuk beton mutu tinggi adalah bahan tambah admixture dan additive. Bahan tambah admixture pada umumnya digunakan untuk memperbaiki kelecakan pada beton. Bahan tambah ini dikelompokkan kedalam *high Range Water reducing admixture*. Digunakan antara lain untuk mengurangi faktor air semen tanpa mengurangi kadar semen dan nilai *slump*. Dimana keuntungan yang didapat adalah:

- Dengan berkurangnya faktor air akan meningkatkan kekuatan tekan beton
- Tingginya nilai *slump* akan mempermudah pekerjaan
- Penggunaan semen lebih kecil sehingga lebih hemat

2.3.2 Sifat-Sifat Dari Beton

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

2.3.2.1 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:

- ***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.

- **Workabilitas**

Workabilitas beton yaitu kemudahan penempatan-pencetakan beton dan ketahanan beton terhadap segregasi serta sifat-sifat beton dalam kondisi plastis lainnya. Menurut Newman sifat workabilitas 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. Unsur-unsur yang mempengaruhi kemudahan dalam pengerjaan antara lain: Penambahan semen, penambahan air, gradasi agregat.

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.

- **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

2.3.2.2 Sifat Mekanik Tekan Beton

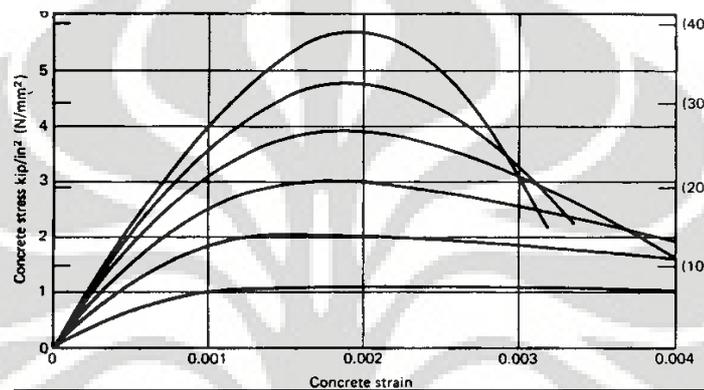
Kekuatan dari beton sangat penting dalam sifat-sifat engineering karena tidak hanya mencerminkan kualitas mekanik, tapi juga memberikan indikasi dari keahanan jangka panjang. Beton yang kuat tekan berarti beton tersebut adalah padat, permeabilitasnya rendah, dan lebih ehan terhadap pengaruh lingkungan.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

σ = kuat tekan beton

P = beban tekan akibat gaya luar

A= luas bidang tekan

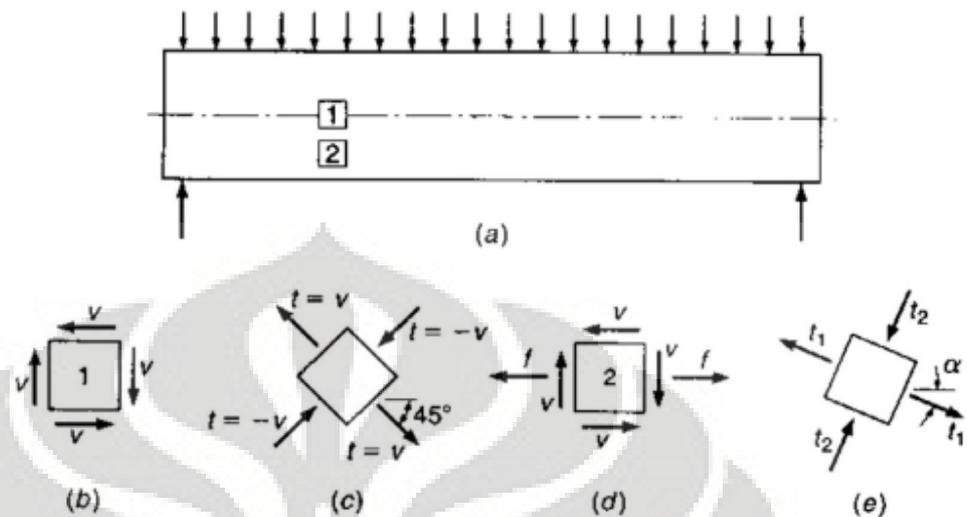
Hubungan tegangan dan regangan pada beton akibat beban dapat dilihat pada gambar ini.



Gambar 7 : Grafik Tegangan – Regangan Beton

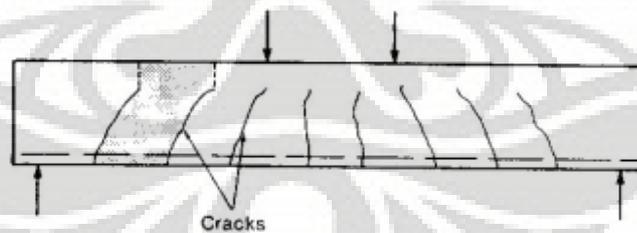
2.3.2.2 Sifat Geser Beton

Sebuah balok yang dibebani beban terbagi rata akan mengalami tegangan yang berbeda pada setiap titik pada penampang. Pada gambar dibawah ini bahwa pada garis netral (titik 1) dimana tegangan yang terjadi adalah tegangan geser murni, maka tegangan utama yang terjadi kanan membentuk sudut 45° dari sumbu normal. Sedangkan pada titik 2 yaitu pada bagian tarik terdapat tambahan gaya tarik disamping gaya geser maka sudut tegangan yang terjadi akan berubah dari 45° menjadi sebesar α .



Gambar 8 : Tegangan Geser Pada Balok

Berdasarkan hasil pengujian dilaboratorium terhadap geser beton didapati pola keretakan yang terjadi adalah membentuk sudut 45° dari sumbu normal sehingga dalam aplikasinya balok selalu diberi tulangan geser dengan arah baik tegak lurus dari penampang atau tulangan dengan kemiringan yang sama dengan kemiringan geser untuk menahan geser yang terjadi dibalok.



Gambar 9 : Pola keretakan akibat geser

Sedangkan dalam pengujian yang dilakukan dilaboratorium dilakukan pengujian dengan Benda Uji berbentuk L ganda yang disatukan oleh bidang geser ditengahnya.

Rumusan yang dipakai adalah:

$$v = \frac{V}{A} = \frac{V}{bxh}$$

dimana

- v = tegangan geser beton. (kg/cm^2)
- V = gaya maksimum (kg)
- A = luas bidang geser beton (cm^2)
- B = lebar bidang geser beton (cm)
- H = tinggi bidang geser beton (cm)

2.3.2.2 Sifat Lentur Beton

Kegagalan dalam beton dapat biasanya dimulai dengan retak lentur pada bagian yang mengalami tarik. Hal ini dikarenakan beton lemah terhadap tarik. Kuat lentur maksimum dialami oleh serat bawah balok beton dan disebut sebagai *Modulus of Rupture*, yang besarnya tergantung dari panjang balok dan jenis pembebanan.

Modulus of Rupture merupakan tegangan tarik lentur beton yang timbul pada pengujian hancur beton polos (tanpa tulangan yang dibebani dititik-titik sepertiga bentang), sebagai pengukur kuat tarik sesuai dengan teori elastisitas

Modulus of Rupture untuk Benda Uji yang memiliki keretakan ditengah pada bentang kedua dapat dihitung dengan rumus

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

R = modulus of rupture

P = beban maksimum total balok

L = bentang balok

b = lebar balok

d = tinggi balok

Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tepi bentang, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Dimana :

R = Modulus Runtuh, psi atau MPa

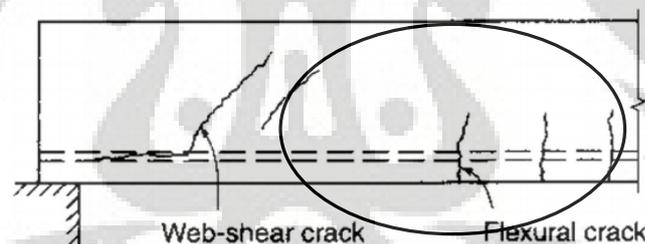
P = Maksimum Beban, lbf atau N

a = Jarak Rata-rata antara retakan dengan perletakan .
 . yang terdekat, in atau mm

b = Rata-rata lebar benda uji, in atau mm

d = Rata-rata ketinggian benda uji, in atau mm

kegagalan akibat lentur merupakan kegagalan yang sering terjadi pada balok dengan bentang panjang. Pola keretakan terdapat pada bagian bawah dibawah serat tarik balok (terutama pada daerah lapangan) yang memiliki arah tegak lurus terhadap garis netral balok.

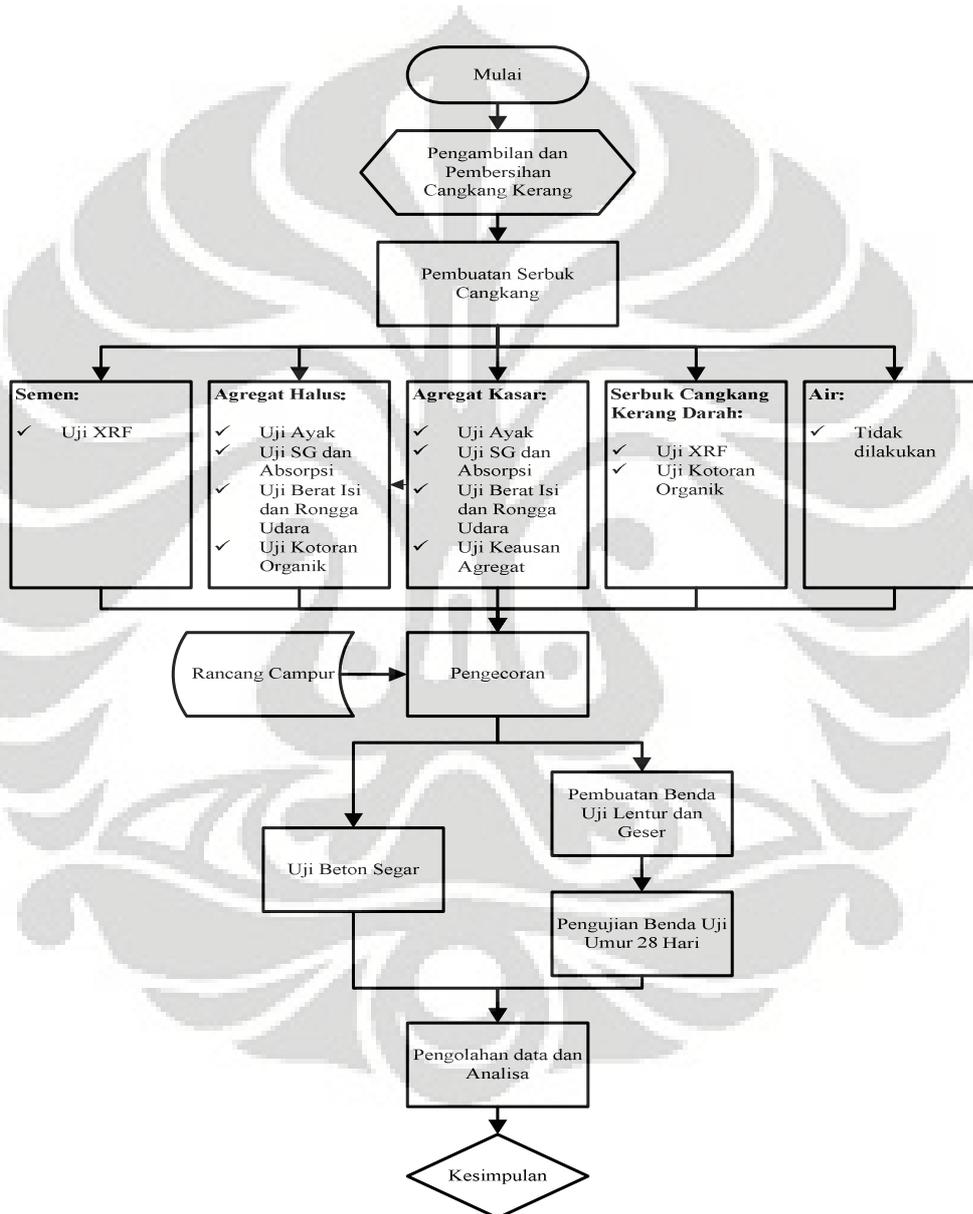


Gambar 10 Tipe Keretakan Akibat Lentur

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Alur Penelitian



Gambar 11 : Alur penelitian

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1 Standar Pengujian

Standar pengujian yang digunakan yaitu:

Tabel 7: Standar Pengujian Laboratorium

Analisis Saringan Agregat Halus	ASTM C 136 – 04
Analisis <i>Specific Gravity</i> dan Absorpsi dari Agregat halus	ASTM C-128 01
Pemeriksaan Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Halus	ASTM C 29/C 29M
Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200	ASTM C 117 – 04
Pemeriksaan Kotoran Organik	ASTM C 040-04
Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar	ASTM C 136 – 04
Analisis <i>Specific Gravity</i> dan Absorpsi dari Agregat Kasar	ASTM C-127 01
Pemeriksaan Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Kasar	ASTM C 29/C 29M
Pemeriksaan Keausan Agregat Dalam Mesin Los Angeles	ASTM C 131 – 03
Analisis Kuat Lentur beton dengan metode pembebanan tiga titik	ASTM C 78 – 02
Analisis Geser dengan Benda Uji <i>Double L</i>	Standard Jerman DIN

3.2.2 Bahan Baku Penelitian

Bahan baku penelitian diambil dari hasil buangan kerang yang dagingnya telah dipisah dari cangkangnya. Didaerah Muara Angke.

3.3 Pembuatan Serbuk Cangkang Kerang Darah

Dalam penelitian ini bahan tambah dari abu cangkang kerang darah berperan sebagai bahan pengganti semen. Adapun langkah yang dilakukan dalam pembuatan bahan tambah ini adalah:

- Cangkang dibersihkan dengan air terkucur dari sisa-sisa daging yang menempel di sisi dalam.
- Dilakukan pengeringan pada suhu oven selama 24 jam untuk mendapat kondisi yang kadar airnya 0 %
- Kerang yang telah dibakar dihancurkan dengan menggunakan mesin Los Angeles

- Hasil penghancuran disaring dengan saringan ASTM No 100

3.4 Pengujian Bahan Baku Penelitian

Dalam pengujian ini dilakukan pengujian untuk agregat halus dan agregat kasar. Serbuk Cangkang Kerang Darah dilakukan pengujian XRF untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung didalam cangkang. Hal yang sama dilakukan terhadap semen, semen dengan kandungan 0%, 5% , 10% dan 15% Serbuk Cangkang Kerang Darah.

3.4.1 Pengujian Agregat Halus

3.4.1.1 Analisis Saringan Agregat Halus (ASTM C 136 ,2004)

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

Peralatan yang digunakan yaitu

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji.
2. 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).
3. Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai (110±5)°C.
4. Alat pemisah contoh (sample splitter).
5. Mesin penggetar saringan.
6. Talam-talam.
7. Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.
8. Bahan: Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.
 - Ukuran maksimum No.4 berat minimum 500 gram.
 - Ukuran maksimum No.8 berat minimum 100 gram

Prosedur

1. Sediakan benda uji sebanyak 500 gram.

2. Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
3. 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.
4. Timbang berat agregat halus pada masing-masing saringan
5. Perhitungan: Menghitung persentase gerak benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

3.4.1.2 Analisis Specific Gravity dan Absorpsi dari Agregat halus ASTM C-128 01

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan bulk dan *Apparent Specific Gravity* dan absorpsi dari agregat halus menurut ASTM C 128 guna menentukan agregat dalam beton.

Peralatan yang digunakan yaitu

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.
5. Bahan: Seribu gram agregat halus, diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.

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.

Perhitungan:

- *Bulk Specific Gravity*
$$: \frac{A}{B + 500 - C}$$
- *SSD Specific Gravity*
$$: \frac{500}{B + 500 - C}$$
- *Apparent Specific Gravity*
$$: \frac{A}{B + A - C}$$
- *Persentase 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

3.4.1.3 Pemeriksaan Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Halus ASTM C 29/C 29M

Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat halus.

Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

Peralatan yang digunakan yaitu:

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 :

Tabel 8 : Daftar Peralatan Percobaan Berat Isi Agregat (ASTM C 29/C 29M t)

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal Wadah Minimum (mm)		Ukuran Butir Maksimum (mm)
			Dasar	Sisi	
2.832	152.4 ± 2.5	154,9 ± 2.5	5.08	2.54	12.7
9.435	203.2 ± 2.5	292,1 ± 2.5	5.08	2.54	25.4
14.158	254.0 ± 2.5	279,4 ± 2.5	5.08	3.00	38.1
28.316	355.6 ± 2.5	284,4 ± 2.5	5.08	3.00	101.8

Benda Uji dimasukkan ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai tabel 8, keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

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 (1½") 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 (1½") 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 ($w_3 = w_2 - w_1$).
 - Perhitungan Berat Isi Agregat $= \frac{W_3}{V} \text{ kg / dm}^3$

3.4.1.4 Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200 (ASTM C 117 2004)

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

Peralatan yang digunakan

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.

Bahan berupa berat contoh agregat kering minimum tergantung pada ukuran agregat maksimum sesuai tabel 9 dibawah ini :

Tabel 9 : Ukuran Agregat Kering Minimum (ASTM C 117,2004)

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

- Persiapan benda uji
 1. Masukkan contoh agregat lolos saringan no.4, keringkan dalam oven dengan suhu $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
 2. Siapkan benda uji dengan berat $[w_1]$ sesuai dengan tabel 9
- Prosedur
 1. Masukkan benda uji 500 gram 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 ± 5]°C sampai berat tetap.

5. Setelah kering timbang dan catatlah beratnya [w_3].
6. Hitunglah berat bahan kering tersebut [$w_4 = w_3 - w_2$].
7. Perhitungan jumlah bahan lewat saringan No.200 = $\frac{w_1 - w_4}{w_1} \times 100\%$

3.4.1.5 Pemeriksaan Kotoran Organik Dalam Agregat Halus ASTM C 040-04

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan adanya bahan organik dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar atau beton. Kotoran organik adalah bahan-bahan organik yang terdapat didalam pasir dan menimbulkan efek merugikan dalam beton. Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah :

1. Botol gelas tidak berwarna mempunyai tutup dari karet, gabus, atau lainnya yang tidak larut dalam larutan NaOH, dengan isi sekitar 350 ml.
2. Standart warna (*Organik Plate*).
3. Larutan NAOH.

Prosedur

1. Masukkan benda uji ke botol
2. Tambahkan larutan NaOH 3% kedalam botol , setelah dikocok, isinya kira-kira 2/3 botol.
3. Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat diatas benda uji dengan warna standart no.3.

3.4.2 Pengujian Agregat Kasar

3.4.2.1 Analisis Saringan Agregat Kasar (C 136 ,2004)

Analisis ini memiliki prosedur yang sama dengan agregat halus

3.4.2.2 Analisis Specific Gravity dan Absorpsi dari Agregat kasar (ASTM C-127, 2001)

Percobaan ini ditujukan untuk menentukan berat jenis agregat kasar dalam berbagai kondisi. Keadaan tersebut nantinya akan berpengaruh pada penentuan volume agregat di dalam beton dan juga akan berimbas pada ketahanan atau keawetan sebuah bangunan bermaterialkan agregat kasar

Peralatan

1. Neraca Timbangan dengan kepekaan 0,5 gram dan kapasitas minimum 5 kg.
2. Besi dengan panjang 8 inci dan tinggi 2,5 inci.
3. Alat penggantung keranjang.
4. Oven, dengan ukuran yang mencukupi dan dapat mempertahankan suhu $[110 \pm 5] ^\circ\text{C}$.
5. Handuk.

Prosedur

1. Benda uji direndam 24 jam.
2. Benda uji digulung dengan handuk, sampai air permukaannya habis, tetapi harus masih tampak lembab [Kondisi SSD]. Timbang.
3. Benda uji dimasukkan ke keranjang dan direndam kembali dalam air. Temperatur air $[73,4 \pm 3] ^\circ\text{F}$ dan ditimbang. Sebelum ditimbang, container diisi benda uji, lalu digoyang-goyangkan dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap.
4. Benda uji dikeringkan dalam oven pada temperatur $[212 - 230] ^\circ\text{F}$. Didinginkan, kemudian ditimbang.

- Pengolahan data

A : Berat [gram] dari benda uji oven dry

B : Berat [gram] dari benda uji pada kondisi SSD

C : Berat [gram] dari benda uji pada kondisi jenuh

- Perhitungan

Berat jenis curah [<i>Bulk Specific Gravity</i>]	= $A/(B-C)$
Berat jenis kering-permukaan jenuh [SSD]	= $B/(B-C)$
Berat jenis semu [<i>Apparent Specific Gravity</i>]	= $A/(A-C)$
Presentasi Absorpsi	= $(B-A)/A \times 100\%$

3.4.2.3 Pemeriksaan Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Kasar ASTM C 29/C 29M

Analisis ini memiliki prosedur yang sama dengan agregat halus

3.4.2.4 Pemeriksaan Keausan Agregat Dalam Mesin Los Angeles ASTM C 131 – 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.

Peralatan yang digunakan :

1. Mesin *Los Angeles*; mesin terdiri dari dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (26”) panjang dalam 50 cm (20”). Silinder tertumpu pada dua poros pendek yang yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56”).
2. Saringan no.12 dan saringan-saringan lainnya seperti tercantum dalam Tabel 10 .
3. Timbangan, dengan ketelitian 5 gram.
4. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1,84”) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai 445 gram.
5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Bahan

1. Berat dengan gradasi benda uji sesuai tabel 10 .
2. Bersihkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

Tabel 10 : gradasi butiran untuk pengambilan contoh

Ukuran Saringan		Massa Dari Ukuran Indikasi, g			
Lewat	Tertahan	Grade			
		A	B	C	D
37,5 mm	25,0 mm	1250 ± 25	-	-	-
25,0 mm	19,0 mm	1250 ± 25	-	-	-
19,0 mm	12,5 mm	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
12,5 mm	9,5 mm	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
9,5 mm	6,3 mm	-	-	2500 ± 10	-
6,3 mm	4,75 mm	-	-	2500 ± 10	-
4,75 mm	2,36 mm	-	-	-	5000 ± 10

Prosedur

1. Benda uji dan bola-bola baja dimasukkan kedalam mesin Los Angeles.
2. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, 500 putaran untuk gradasi A,B,C dan D; 1000 putaran untuk gradasi E,F, dan G.
3. Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no.12. Butiran yang tertahan datanya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
4. Dapat dicari nilai Keausan = $\{(a - b) / a\} \times 100 \%$
 - a = Berat benda uji semula
 - b = Berat benda uji tertahan saringan No.12

3.5 Analisis Rancang Campur

Perbandingan proporsi campuran bahan-bahan beton perlu dipilih dan diperhitungkan sedemikian rupa, tidak hanya untuk mendapatkan beton dengan mutu yang bagus

tapi juga ekonomis sehingga beton yang dihasilkan dari campuran tersebut mempunyai *workability*, *durability* dan *strength* seperti yang diinginkan.

Pengujian-pengujian yang dilakukan di laboratorium dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara komponen-komponen material beton seperti agregat, semen, air dan *admixture* sehingga didapatkan proporsi campuran yang optimum.

3.5.1. Metode Rancang Campur Beton

Ada beberapa metode perhitungan untuk rancangan proporsi campuran beton yang telah sering digunakan, antara lain :

- Rancangan menurut ROAD No. 4
- Rancangan menurut *American Concrete Institute (ACI)*
- Rancangan menurut Cara Inggris
- Rancangan menurut *US Bureau of Reclamation (Japan Society of Civil Engineer)*

Akan tetapi pada prinsipnya perbandingan proporsi campuran beton harus ditentukan dengan cara coba-coba di laboratorium. Percobaan campuran sebelum pekerjaan pengecoran dimulai harus dilakukan dengan menggunakan sample material yang sesungguhnya yang akan digunakan di lapangan. Setelah didapatkan perbandingan proporsi campuran beton yang dianggap cocok, kemudian harus dicoba lagi dengan menggunakan peralatan *batching plant* yang sesungguhnya akan digunakan di lapangan.

3.5.2. Metode Perancangan Campuran Beton menurut US Bureau of Reclamation

3.5.2.1. Kekuatan yang Dibutuhkan

ACI 318 merekomendasikan bahwa proporsi campuran beton harus dirancang berdasarkan pengalaman di lapangan atau *trial mix* di laboratorium. Proporsi campuran beton dirancang berdasarkan *Required Strength* yang harus

lebih tinggi dari *Design Strength* dan dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34 \quad \text{atau} \quad f'_{cr} = f'_c + 2,33 S + 500$$

dimana,

f'_{cr} : required strength

f'_c : design strength

S : standar deviasi dari sejumlah benda uji yang disiapkan dari beton tersebut.

3.5.2.2. *Prosedur Rancang Campur*

Prosedur perancangan campuran beton diformulasi untuk mendapatkan suatu campuran yang memenuhi persyaratan yang diinginkan, diantaranya:

- Workability (*slump*).
- Ukuran agregat kasar maksimum dipilih berdasarkan kebutuhan pekerjaan.
- Kandungan udara dalam beton ditentukan berdasarkan *durability requirement*.
- Water-Cement Ratio ditentukan sesuai *Design Strength* dan *durability* yang disyaratkan.
- Jumlah air adukan dan agregat kasar ditentukan berdasarkan *average workability (slump)*.

Beton yang digunakan dalam berbagai jenis konstruksi selalu mengandung udara (*entrapped air*) antara 0,5% sampai 2,5% yang besarnya tergantung pada ukuran agregat kasar maksimum.

3.5.2.3. *Proses Langkah Demi Langkah*

- Tahapan Perhitungan

1. Menentukan Design Kriteria, dan *Slump*
2. Menentukan Ukuran Maximum Agregat Kasar

Ukuran maksimum agregat kasar ditentukan berdasarkan jenis, dimensi, dan kerapatan tulangan pada struktur tersebut. Ketentuan penggunaan ukuran maksimum agregat kasar berdasarkan standar yang ditentukan oleh *US Bureau of Reclamation*.

3. Menentukan Kelecekan (*workability*) Campuran Beton

Kelecekan beton adalah suatu nilai yang menunjukkan tingkat kemudahan pekerjaan dari beton tersebut yang dinyatakan dengan *slump* (dalam cm) di mana semakin tinggi nilai *slump* berarti semakin tinggi tingkat kemudahannya dan dalam hal ini semakin banyak air yang diperlukan. Hal tersebut akan berpengaruh pada kuat tekan beton yang semakin rendah.

Penentuan *slump* beton untuk beberapa jenis struktur berdasarkan *US Bureau of Reclamation "concrete manual"* disajikan dalam 16

4. Menentukan jumlah air adukan

Untuk menentukan jumlah air adukan digunakan data pada tabel 11. Dengan tabel ini, jumlah air adukan ditentukan berdasarkan ukuran butir maksimum agregat kasar dan dengan data tersebut juga dapat ditentukan jumlah kandungan udara dalam beton dan presentase pasir terhadap total agregat (S/A).

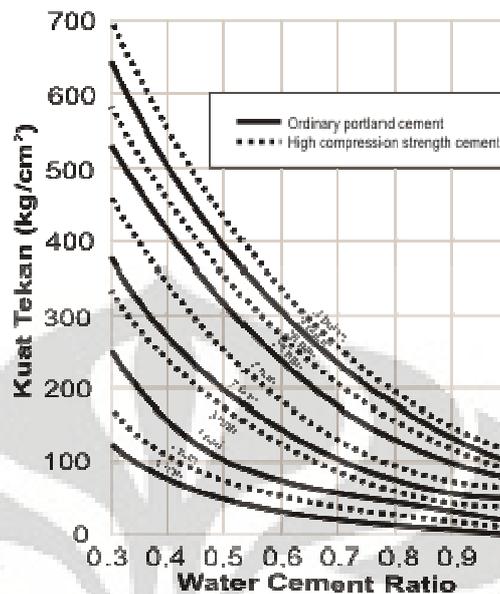
Tabel 11 : Ukuran agregat maximum yang dianjurkan dipakai dalam bermacam-macam tipe konstruksi (US Bureau of Reclamation,1975)

Of aggregate (m)	Unit CA content by volume (%)	Concrete without AE ad			
		Entrapped air (%)	Sand percent S/A (%)	Water content (%)	Air content (%)
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

Harga pada tabel 11 berlaku untuk beton dengan menggunakan pasir alam dengan FM 2.8 dan *slump* 8 cm

5. Menentukan Water-Cement Ratio (W/C)

Water-cement ratio (W/C) ditentukan berdasarkan kebutuhan kuat tekan (*compressive strength*) dan keawetan (*durability*) beton.. Akan tetapi dalam perancangan proporsi campuran beton, *required strength* harus lebih dibandingkan *design strength*. Kemudian dapat digunakan gambar 12 untuk mendapatkan nilai w/c desain.



Gambar 12 :Grafik penentuan W/C(US Beureu of Reclamation)

Hasil pembacaan tabel 11 kemudian dilakukan koreksi terhadap beberapa aspek antara lain: perubahan FM dari pasir, perubahan *slump*, perubahan kandungan udara, penggunaan batu pecah dan pasir pecahan batu, kenaikan w/c, dan perubahan nilai S/A. Nilai koreksi pada kondisi diatas dapat dilihat di tabel 12.

Tabel 12 : Faktor air semen berdasarkan kuat tekan (US Bureau of Reclamation, 1975)

Change in material or propotion	Correction on S/A and W	
	Sand Percent S/A (%)	Water content W (kg)
Each 0.1 increase/decrease FM of sand	± 0.5	No correction
Each 1 cm increase/decrease in <i>slump</i>	No correction	$\pm 1.2 \%$
Each 1% increase/decrease in air content	$\pm 0.5-1$	$\pm 3\%$
Using crushed coarse	$\pm 3-5$	9-15
Using crushed coarse sand	$\pm 2-3$	$\pm 6-9$
Each 0.05 increase/decrease in water cement ratio	± 4	No correction
Each 1% increase/decrease in S/A	No correction	+ 1.5

6. Menentukan berat satuan semen, kandungan total agregat dan volume pasir dan volume agregat kasar

3.6. Proses Percobaan Beton

Proses percobaan beton dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Universitas Indonesia dimana dari analisis beton rancang campur yang telah dibuat dilakukan:

3.6.1 Pembuatan Adukan Dan Benda Uji Beton

Tahapan dalam melakukan pengadukan material beton adalah Pengadukan :

- 1) Campuran semen dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 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.

Adapun pembuatan benda uji ini memiliki 4 variabel dan dua pengujian seperti yang terlihat di tabel 13.

Tabel 13 : Pembuatan Benda Uji

Kadar serbuk kerang dari berat semen	Jumlah Benda Uji	
	Uji geser hari 28 (Dobel L 20 x 30x 7,5)	Uji lentur hari 28 (Balok 15 x 15 x 60)
0%	4	3
5%	4	3
10%	4	3
15%	4	3

Adapun kode yang diberikan untuk setiap benda uji adalah

Tabel 14: Penamaan Benda Uji

No	Kode Benda Uji Lentur	Kode Benda Uji Geser
1	1-RPL-0%	1-RPG-0%
2	2-RPL-0%	2-RPG-0%
3	3-RPL-0%	3-RPG-0%
4	4-RPL-5%	4-RPG-0%
5	5-RPL-5%	5-RPG-5%
6	6-RPL-5%	6-RPG-5%
7	7-RPL-10%	7-RPG-5%
8	8-RPL-10%	8-RPG-5%
9	9-RPL-10%	9-RPG-10%
10	10-RPL-15%	10-RPG-10%
11	11-RPL-15%	11-RPG-10%
12	12-RPL-15%	12-RPG-10%
13		13-RPG-15%
14		14-RPG-15%
15		15-RPG-15%
16		16-RPG-15%

3.6.2 Pengujian Beton Segar (*Slump Tes*) (ASTM C 143M,2003)

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 143M-03 Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan *slump* beton. *Slump* merupakan ukuran kekentalan / plastisitas dan kohesif dari beton segar. *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 16.

Tabel 15 : Ukuran *Slump* Maksimum Yang Dianjurkan Dalam Berbagai Macam Tipe Konstruksi (US Bureau of Reclamation,1975)

<i>Jenis konstruksi</i>	<i>Slump maksimum [cm]</i>
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

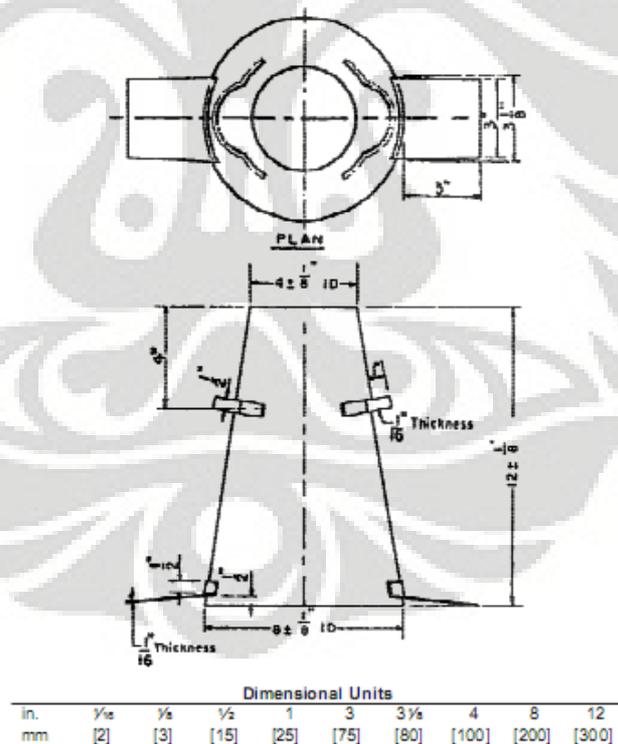
Peralatan:

- Cetakan berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm dan tinggi 30 cm. Bagian bawah dan atas cetakan terbuka.
- Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm, ujung dibulatkan dan sebaiknya dibuatkan dari baja tahan karat.
- Mistar ukur

Langkah Kerja

1. Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
2. Letakan cetakan diatas pelat

3. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton muda dalam 3 lapis, tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Pada pemadatan, tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama penusukan bagian tepi, tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
4. Segera setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat; tunggu selama setengah menit dan dalam jangka waktu ini semua benda uji yang jatuh disekitar cetakan harus disingkirkan.
5. Kemudian cetakan diangkat perlahan-perlahan tegak lurus ke atas.
6. Baliklah cetakan dan letakkan perlahan-lahan di samping benda uji.
7. Ukurlah *slump* yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.



Gambar 13 : Kerucut Abram

3.6.3 Pengujian Beton Yang Telah Mengeras

3.6.3.1 Kuat Lentur

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 78 - 02 dengan metode *Third-Point Loading*. Dengan umur pengujian adalah 28 hari. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui modulus of rupture, yaitu tegangan lentur maksimum yang ditahan oleh serat bawah balok pada beton yang mengeras dengan umur 28 hari. Benda uji balok beton ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm.

Peralatan:

- Mesin Uji Lentur (*Flexural Strength Testing Machine*) Beton Kapasitas 100 kN Laboratorium Beton Univeritas Indonesia
- Beam mold 15 cm x 15 cm x 60 cm

Langkah Kerja:

1. Benda uji balok yang sudah mengalami proses perawatan dan pengeringan disiapkan, diukur dimensinya (juga untuk mengetahui balok tersebut memenuhi persyaratan keseragaman Benda Uji).
2. Tentukan panjang bentang yaitu tiga kali tinggi balok pada posisi simetris memanjang dan mengatur posisi roda baja bagian bawah untuk meletakkan benda uji.
3. Balok diletakkan di kedua perletakan mesin uji lentur secara simetris dan diberi beban garis sejarak $1/3$ bagian dari perletakan secara simetris.
4. Hidupkan mesin dan berikan beban secara tetap dan berkesinambungan tanpa ada beban kejut sampai keruntuhan terjadi.
5. Besar beban maksimum yang terjadi catat untuk perhitungan.

Pada test kuat lentur ini digunakan empat variabel yaitu sebagai berikut :

Perhitungan nilai *modulus of rupture* tergantung dari lokasi patahan yang terjadi pada balok, yaitu:

- Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tengah bentang dari balok, tidak lebih dari 5% panjang bentang balok, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{Pl}{bd^2}$$

Dimana :

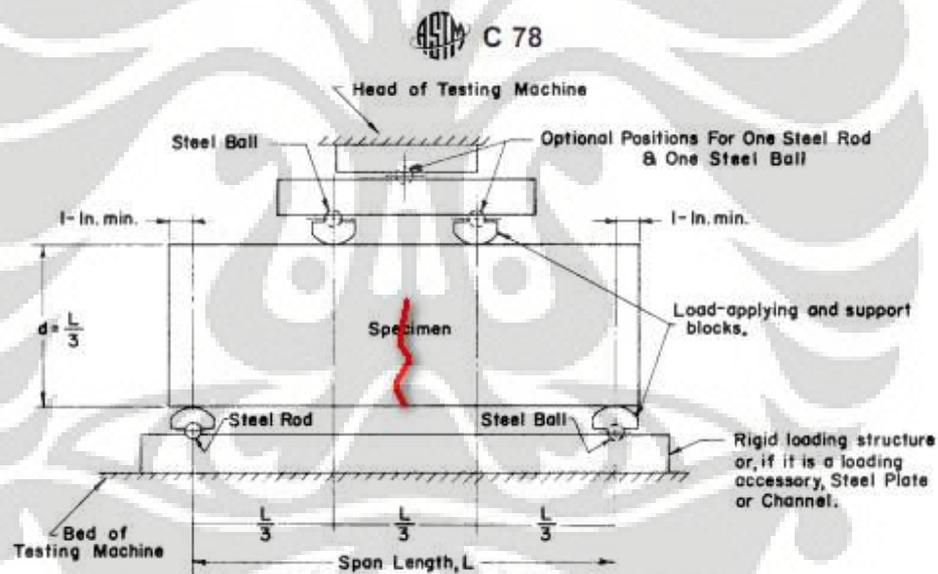
R = Modulus Runtuh, psi atau Mpa

P = Maksimum Beban, lbf atau N

l = Panjang bentang, in atau mm

b = Rata-rata lebar benda uji, in atau mm

d = Rata-rata ketinggian benda uji, in atau mm



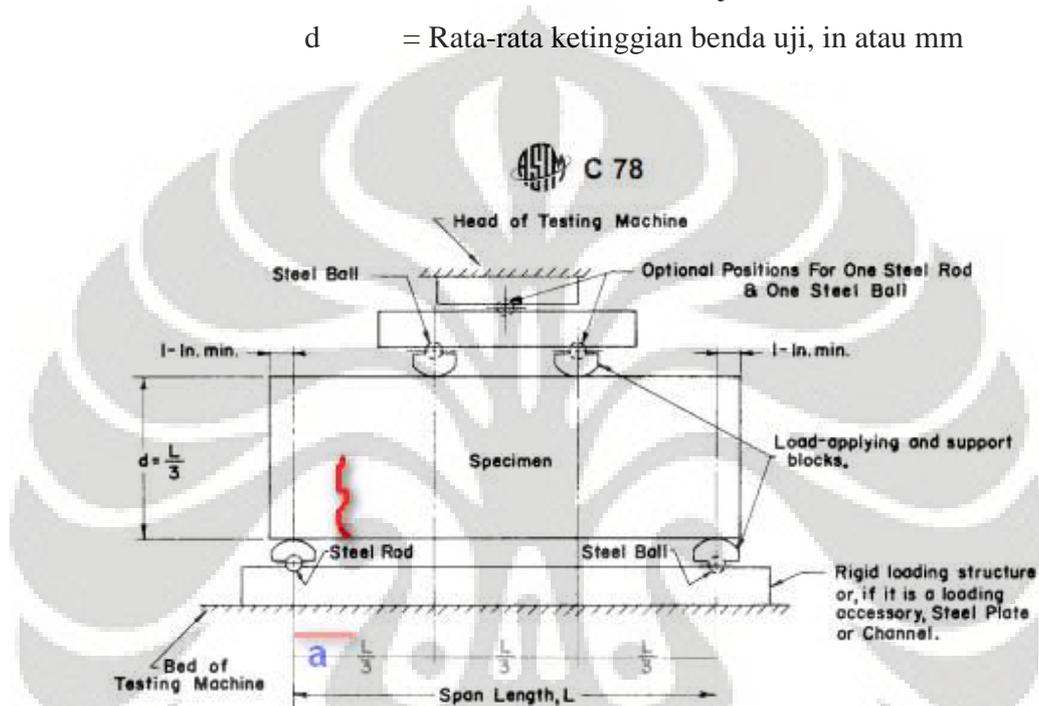
Gambar 14 : Keruntuhan yang terjadi ditengah bentang

- Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tepi bentang, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Dimana :

- R = Modulus Runtuh, psi atau MPa
 P = Maksimum Beban, lbf atau N
 a = Jarak Rata-rata antara retakan dengan perletakan yang terdekat, in atau mm
 b = Rata-rata lebar benda uji, in atau mm
 d = Rata-rata ketinggian benda uji, in atau mm



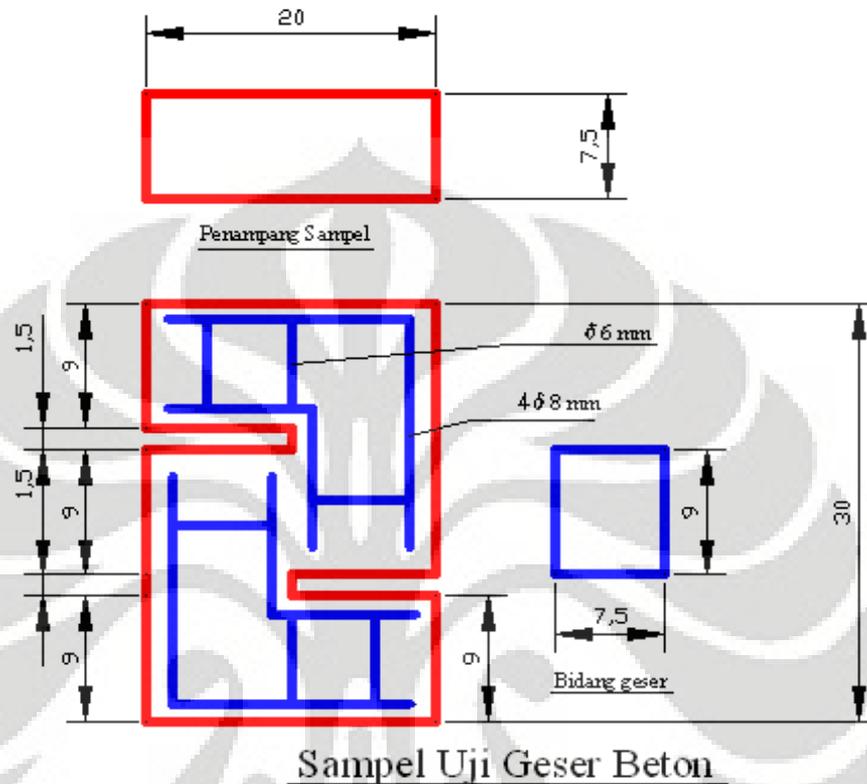
Gambar 15 : Keruntuhan lentur terjadi pada tepi bentang

- Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tepi bentang balok dengan jarak lebih dari 5 % panjang bentang, hasil ini harus dianulir.

3.6.3.2 Kuat Geser

Benda uji yang digunakan berbentuk benda uji double L yang berisi tulangan untuk memperkuat sisi beton yang diharapkan tak hancur. Dengan demikian dapat dipastikan kehancuran dapat terjadi pada daerah lemah benda uji double L yaitu pada garis tengah benda uji. Untuk tulangan sengkang

digunakan baja diameter 8 mm dan 6 mm. pengujian dilakukan pada benda uji $(20 \times 30 \times 7,5) \text{ cm}^3$. Pada beton berumur 28 hari.



Gambar 16 : Benda Uji Pengujian Geser Beton

Peralatan

- timbangan
- mesin uji tekan

Prosedur untuk uji kuat geser beton adalah:

- Benda uji beton yang akan diuji sesuai dengan umur perawatan diambil dari tempat perawatan satu hari sebelum pengujian dilaksanakan,
- Masing-masing benda uji beton double L ditimbang beratnya.
- Meletakkan benda uji pada mesin uji geser beton secara sentris
- Menjalankan mesin penguji

- Melakukan pembebanan sampai bidang geser menjadi hancur and mencatat beban maksimum yang terjadi
- Perhitungan kuat geser didapat dengan rumus

$$v = \frac{V}{A} = \frac{V}{bxh}$$

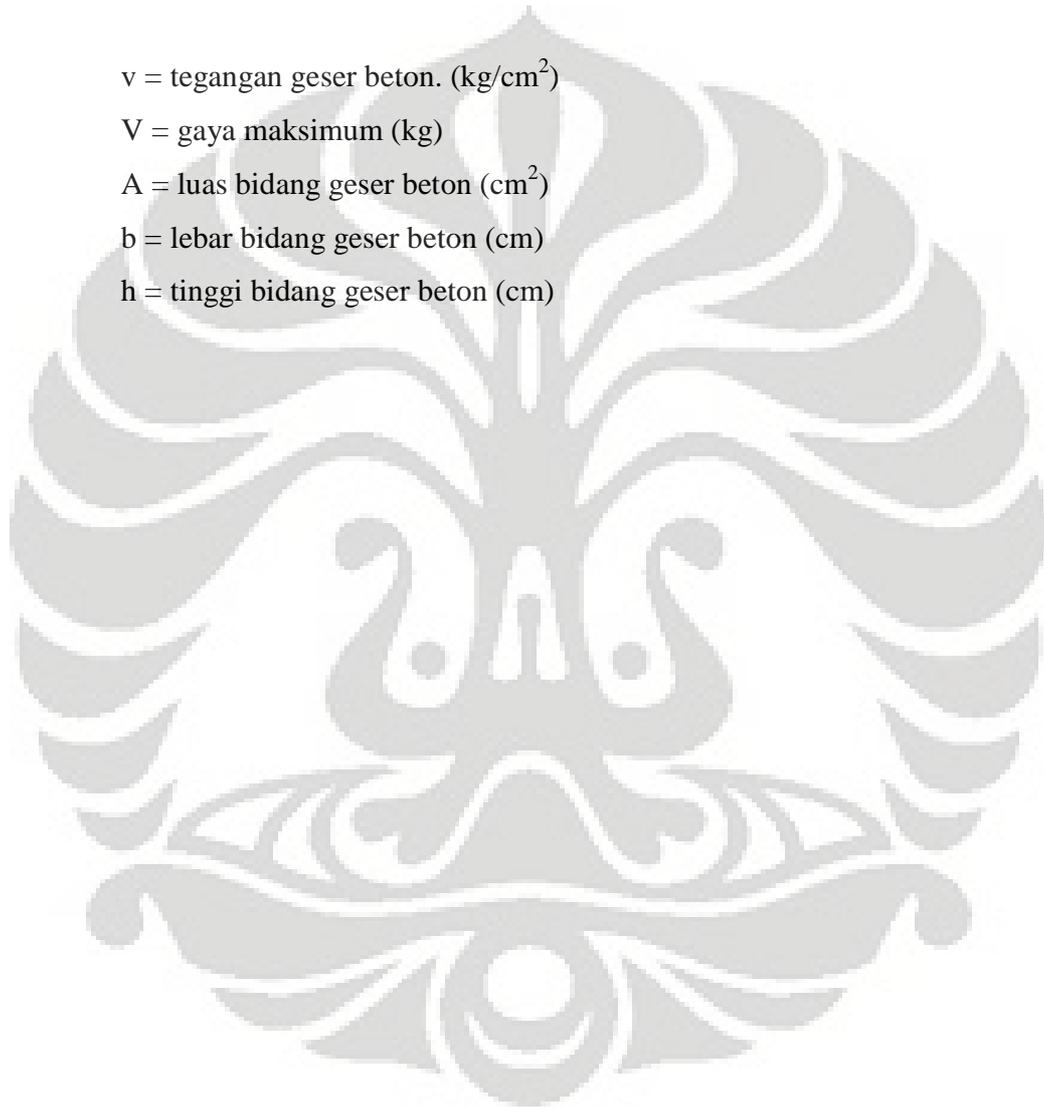
v = tegangan geser beton. (kg/cm^2)

V = gaya maksimum (kg)

A = luas bidang geser beton (cm^2)

b = lebar bidang geser beton (cm)

h = tinggi bidang geser beton (cm)



BAB IV

HASIL UJI DAN ANALISIS PENELITIAN

4.1. Analisis Agregat

Sebanyak 60 % dari volume beton merupakan agregat sehingga kualitas dari agregat sangatlah penting untuk mendapat beton yang bermutu baik. Setiap agregat memiliki nilai kualitas yang berbeda-beda. Untuk itu sebelum dilakukan perhitungan rancang campur dan pengecoran, diperlukan data-data agregat yang diperoleh dari pengujian dilaboratorium.

4.1.1 Pemeriksaan agregat halus

4.1.1.1. Pengujian *Specific Gravity* dan *absorpsi agregat halus*

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM C-128-01 dengan tujuan untuk menentukan *Specific Gravity* agregat halus yang digunakan dalam percobaan. Pasir yang digunakan merupakan pasir yang Tersedia di laboratorium Material Departemen Teknik Sipil UI yang berasal dari daerah Cimangkok. Dari percobaan dengan tiga benda uji diperoleh

Tabel 16 : Hasil Pengujian SG dan Absorpsi Agregat Halus

Benda Uji	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
BJ curah (bulk)	2.06	2.12	2.16
BJ SSD	2.25	2.3	2.34
BJ Semu (<i>apparent</i>)	2.55	2.59	2.62
Absorpsi	9,4%	8,5%	8%

Specific gravity adalah karakteristik umum yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan volume agregat pada rancang campur beton

- *Specific Gravity bulk* rata-rata adalah 2,12
- *Specific Gravity SSD* rata-rata adalah 2,30
- *Specific Gravity Apparent* rata-rata adalah 2,59
- % Absorpsi rata-rata adalah 8,6 %

Dalam tahapan rancang campur dipakai *specific gravity* agregat halus dalam konsisi SSD (*saturated surface dry*). Kondisi ini merupakan kondisi yang sama saat dilakukan pengecoran beton . Absorpsi agregat halus memiliki besaran 8,6% . nilai tersebut telah melampau batas nilai Absorpsi agregat halus sebesar 3% (ASTM C 127). Kondisi ini mengakibatkan sebagian air yang digunakan terserap cukup banyak di agregat halus.

4.1.1.2. Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Halus

Pengujian berat isi bertujuan untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat halus. Pengujian ini dilakukan dengan standar ASTM C29/ C 29M dengan menggunakan tiga metode yaitu dengan cara jatuh lepas, penusukan dan penggoyangan. Dari percobaan dilaboratorium diperoleh nilai berat isi dan rongga udara dari agregat halus.

Tabel 17 : Hasil Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Halus

Kondisi	Lepas	Penusukan	Penggoyangan
Berat Isi Agregat (kg/L)	1.226	1.3575	1.402
Rongga Udara %	48%	42%	44%

Dari tabel diatas diketahui bahwa rongga udara agregat memiliki nilai diantara 30% sampai 50% dari volume agregat. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa agregat memiliki rongga udara yang memenuhi syarat beton normal.

4.1.1.3. Analisis saringan agregat halus

Pengujian Analisis saringan agregat halus bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Percobaan ini menggunakan standar ASTM 136-04. Dari hasil pengujian Lab dengan membuat dua Benda Uji dapat dilihat pada tabel 19.

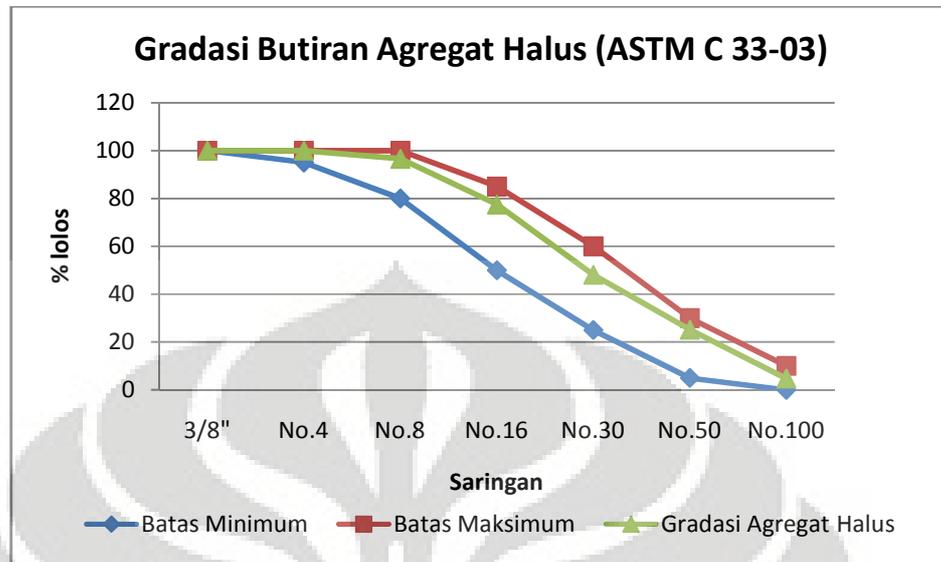
Tabel 18 : Hasil Pengujian Sieve Analysis Agregat Halus

Saringan		Benda Uji 1		Benda Uji 2	
No Pan	Mm	Berat Tertahan (Gr)	% Lolos Kumulatif	Berat Tertahan (Gr)	% Lolos Kumulatif
4	4,74	0	100	0	100
8	2.36	18	96,37	16	96,76
16	1.18	91	78,02	98	76,96
30	0.6	142	49,40	150	46,66
50	0.3	114	26,41	113	23,83
100	0.15	101	6,05	102	3,23
Pan		34	0	21	0
Total		500		500	
FM		2.418		2.5	

Dari data diatas dapat kita bandingkan antara gradasi agregat halus % lolos saringan rata rata dengan standar batasan yang diijinkan oleh ASTM untuk mendapat gradasi butiran agregat halus yang baik

Tabel 19: Batasan Gradasi Agregat Halus (ASTM C33,2003)

No. Saringan Mm	Rata-rata % Kumulatif Lolos	Batas Minimum	Batas Maksimum
9,5	100	100	100
4,75	100	95	100
2,36	96,57	80	100
1,18	77,49	50	85
0,6	48,03	25	60
0,3	25,12	5	30
0,15	4,64	0	10



Gambar 17 : Grafik Gradasi Butiran Agregat Halus

Dari grafik diatas disimpulkan bahwa agregat halus yang digunakan dalam beton ini memiliki gradasi yang baik karena terletak diantara batas maksimum dan minimum yang ditetapkan ASTM C33-03. Didalam percobaan juga didapatkan nilai *finer modulus* rata-rata adalah 2,48. Nilai ini masih dalam jangkauan batas untuk nilai *finer modulus* berdasarkan ASTM C-128-04 yaitu antara 2,3 sampai 3,1.

4.1.1.4. Pemeriksaan bahan lewat saringan No. 200

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No. 200 dengan cara pencucian. Dari percobaan dengan membuat tiga Benda Uji didapatkan:

Tabel 20 : Hasil Pengujian Kadar Lumpur

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

Dari tabel diatas, didapatkan nilai kadar lumpur sebesar 3,8 %. Nilai ini masih memenuhi batas kadar lumpur berdasarkan ASTM C33-03 yaitu sebesar 5%.

4.1.1.5. Pemeriksaan kotoran organik

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan adanya bahan organik dalam pasir alam yang digunakan sebagai campuran beton. Kotoran organik dapat menimbulkan efek merugikan terhadap mutu mortar beton. Pemeriksaan ini menggunakan indikator warna dan larutan NaOH sesuai dengan standar ASTM C40-04.

Tabel 21 : Indikator Warna Pada Organik Plate (ASTM C40,2004)

Warna terdekat dari Benda Uji	Organik Plate Number
<i>Lighter / Equal / Darker Colour to</i>	1
	2
	3 (Standard)
	4
	5



Gambar 18 : Hasil Uji Kotoran Organik Pada Agregat Halus

Dari percobaan yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa larutan benda uji memiliki warna bernomor 3 dalam indikator warna. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pasir memiliki kadar organik yang baik

4.1.2. Pemeriksaan Agregat Kasar

4.1.2.1. Pengujian berat jenis dan absorpsi agregat kasar

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM C-127-01 dengan tujuan untuk menentukan berat jenis agregat kasar dalam berbagai kondisi. Berdasarkan prosedur yang digunakan, *specific gravity* ditunjukkan dalam kondisi *oven dry*, *saturated surface dry* dan kondisi *apparent*. Dari percobaan dengan dua Benda Uji diperoleh

Tabel 22 : Hasil Pengujian Berat Jenis Dan Absorpsi Agregat Kasar

Data yang Diperoleh	Benda Uji 1	Benda Uji 2
berat dalam SSD (B)	5000	5000
Berat dalam air (C)	3215	3211
Berat setelah di oven (A)	4733	4729
SG bulk (A/(B-C))	2.65	2.64
SG SSD (B/(B-C))	2.80	2.79
SG apparent(A/(A-C))	3.117	3.115
% absorpsi (B-A)/A)x100%	5,64	5,73

Specific gravity adalah karakteristik umum yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan volume agregat pada rancang campur beton

- *Specific Gravity bulk* rata-rata adalah 2,65
- *Specific Gravity SSD* rata-rata adalah 2,80
- *Specific Gravity Apparent* rata-rata adalah 3,116
- % Absorpsi rata-rata adalah 5,7 %

Dari hasil yang diperoleh dapat dibandingkan dengan batasan yang terdapat di peraturan. Agregat kasar yang dipakai memiliki *Specific Gravity bulk* sebesar 2,65. Nilai ini lebih dari nilai *Specific Gravity bulk* minimum

ASTM C-29M-03 yaitu sebesar 2,5. Sedangkan nilai absorpsi agregat kasar diperoleh nilai 5,7 %, nilai ini lebih besar dari nilai absorpsi maksimum agregat halus yaitu sebesar 3%

4.1.2.2. Pengujian berat isi agregat kasar

Pengujian berat isi bertujuan untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat kasar. Pengujian ini dilakukan dengan standar ASTM C29/ C 29M dengan menggunakan tiga metode yaitu dengan cara jatuh lepas, penusukan dan penggoyangan. Dari percobaan dilaboratorium diperoleh nilai berat isi dan rongga udara dari agregat halus.

Tabel 23 : Hasil Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Agregat Halus

Kondisi	Lepas	Penusukan	Penggoyangan
Berat Isi Agregat (kg/L)	1,378451	1,51758	1,48091
Rongga Udara %	42,17%	35,97%	33,87%

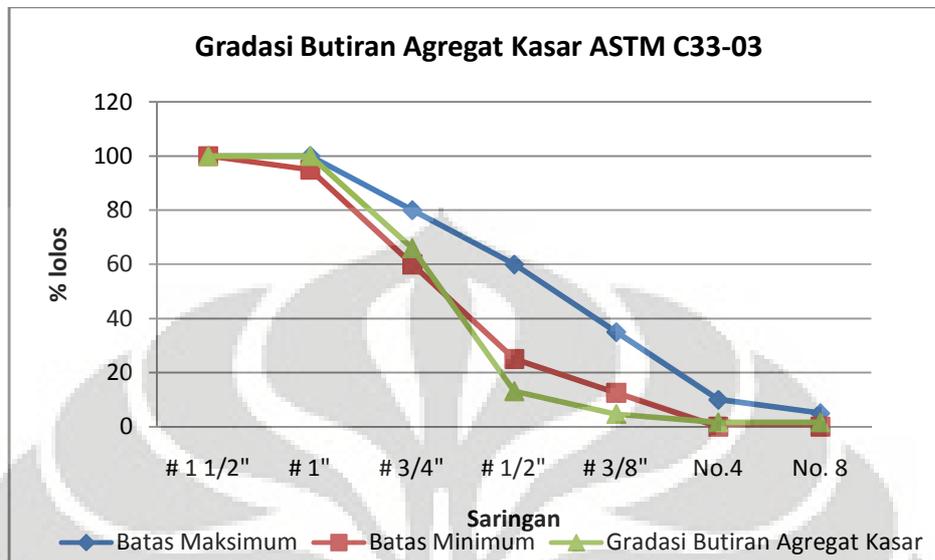
Dari tabel diatas diketahui bahwa rongga udara agregat memiliki nilai diantara 30% sampai 50% dari volume agregat. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan

4.1.2.3. Analisis saringan agregat kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Dalam percobaan digunakan standar ASTM C136-04. Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil:

Tabel 24 : Batasan Gradasi Agregat Kasar

Saringan	Berat Tertahan (Gr)	% Kumulatif Lolos Saringan	Batas Bawah	Batas Atas
1"	0	100,00	95	100
¾"	852	65,89	-	-
½"	1321	13,08	25	60
3/8"	212	4,6	-	-
No.4	76	1,56	0	10
No.8	0	1,56	0	5
Pan	39	0	-	-



Gambar 19 : Gradasi Butiran Agregat Kasar

Mayoritas gradasi agregat kasar berada dibawah nilai minimum standar ASTM C33-03. Hal ini menunjukkan bahwa sedikitnya penggunaan agregat berbutir sedang (1/2" s/d 3/8").

4.1.2.4 Pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*

Pengujian abrasi bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Percobaan ini menggunakan standar ASTM 131-03. dari percobaan di laboratorium diperoleh nilai keausan agregat sebesar 29,94%.

Tabel 25 : Hasil Pengujian Abrasi Agregat Kasar

berat awal	5000
berat setelah dioven	3503
% keausan	29.94 %

Nilai persentase keausan agregat kasar adalah 29,94% hal ini masih dibawah batas nilai maksimum menurut standar ASTM C131-03 sebesar 50%.

4.2. Perhitungan Mix Desain

Beton dirancang untuk memiliki kuat tekan f_c' 35 MPa dengan *slump* 10 cm dalam kondisi normal. Perhitungan rancang campur menggunakan metode *US Beureau of Reclamation* seperti yang telah dijelaskan di Bab 3. Dari hasil pengujian di laboratorium didapatkan spesifikasi campuran beton.

$$w/c = 0,4$$

$$f_c' \text{ beton} = 35 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = 36,34 \text{ Mpa}$$

$$\text{MSA} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Slump} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Bj semen} = 3,15 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Bj pasir} = 2,3 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{FM pasir} = 2,48$$

$$\text{Bj. Agregat Kasar} = 2,8 \text{ gr/cm}^3$$

Dari gambar 12 dapat ditarik hubungan antara kuat tekan rencana dengan water cement ratio. Dari gambar 12 didapat nilai water cemen ratio 0,4. Dari nilai MSA berdasarkan tabel 11 didapatkan nilai-nilai desain rancang campur.

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

Nilai desain rancang campur pada tabel 11 hanya berlaku untuk beton dengan menggunakan pasir alam dengan FM 2.8 dan *slump* 8 cm. Untuk itu dilakukan penyesuaian berdasarkan acuan tabel 12 didapatkan nilai persentase pasir dan kadar air yang disesuaikan.

Tabel 26 : Penyesuaian Pasir dan Kadar Air

Perubahan		S/A (%)	Water content (kg)
• FM	berkurang	39,4	Tetap
• Slump	bertambah	Tetap	179.2
• air content	Tetap		
• using crushed coarse agg	Ok	43,4	191.2
• using crushed sand	Tidak	Tetap	Tetap
• w/c ratio	Tetap		
• S/A	bertambah	Tetap	194,8
Setelah perubahan		43,4	194,8

Berdasarkan perhitungan di tabel 26 didapat nilai kandungan air sebesar 194,8 kg. Dengan menggunakan water cement ratio senilai 0,4 dapat kita hitung berat semen yang dibutuhkan yaitu 487 kg tiap m³ beton. Dengan diketahuinya berat semen, air dapat kita hitung berat agregat yang dibutuhkan dengan metode perbandingan volume.

$$volume\ agregat = 1\ m^3 - \left(\frac{487}{3150} + \frac{194,8}{1000} + 0,015 \right) = 0,635\ m^3$$

Dari penyesuaian di tabel 26 dapat diketahui persentase agregat halus adalah 43,4% dari total agregat. Sehingga dapat dihitung volume agregat halus adalah 0,276 m³. Nilai volume dikalikan berat jenis agregat halus menghasilkan berat agregat halus yang dibutuhkan adalah 634,8 kg. volume agregat kasar adalah 0,359 m³. Nilai volume dikalikan berat jenis agregat kasar menghasilkan berat agregat kasar yang dibutuhkan tiap m³ beton adalah 634,8 kg.

Tabel 27 : Berat Komponen Beton / m³

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%

4.3. Analisis Pemakaian Serbuk Cangkang Kerang Darah Sebagai Pengganti Semen

Pemakaian Serbuk Cangkang Kerang Darah sebagai pengganti semen memiliki pengaruh yang penting terhadap kekuatan beton. Untuk mengetahui pengaruh penggantian Serbuk Cangkang Kerang Darah dilakukan dua jenis pengujian yaitu pengujian kadar organik di kulit kerang dan pemeriksaan dengan mesin XRF (*X-ray Flourescent*)

4.3.1 Pemeriksaan Serbuk Cangkang Kerang darah

4.3.1.1. Pemeriksaan Kadar Organik di Serbuk Cangkang Kerang Darah

Pengujian ini dilakukan mengingat cangkang kerang darah sendiri berasal dari bagian tubuh makhluk hidup yang dikhawatirkan mengandung partikel-partikel organik yang cukup tinggi. Partikel kotoran organik yang tinggi dapat menurunkan mutu beton. Sebelumnya cangkang kerang dihancurkan sampai memiliki gradasi yang sama dengan agregat halus sehingga kita dapat indikator warna dan larutan NaOH sesuai dengan standar ASTM C40-04.

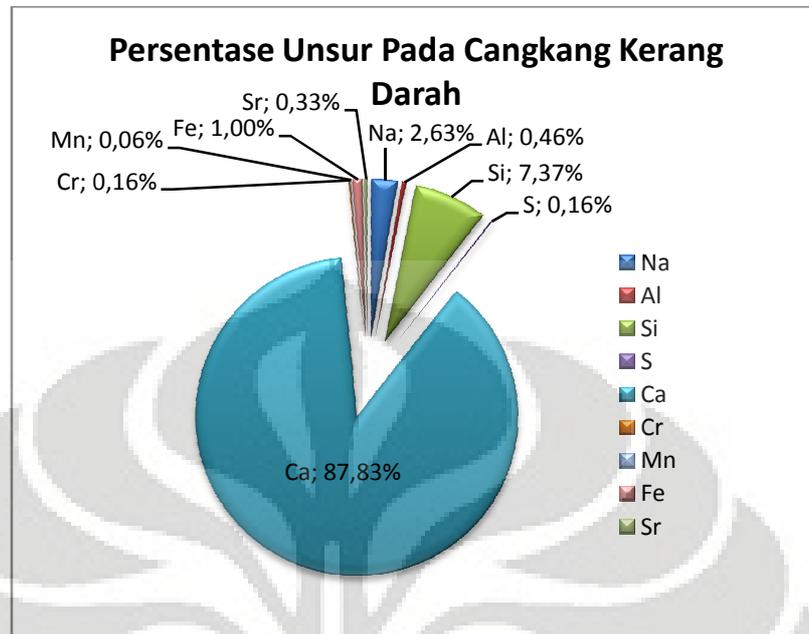


Gambar 20 : Hasil Pengujian Kotoran Organik Serbuk Kerang

Gambar 20 menunjukkan hasil pengujian kotoran organik terhadap cangkang kerang dimana dihasilkan pembacaan indikator warna kotoran organik bernomor 1. Hal ini membuktikan bahwa pada cangkang kerang darah memiliki kandungan kotoran organik yang sangat kecil sehingga tidak akan menurunkan kualitas beton jika digunakan sebagai bahan campuran beton.

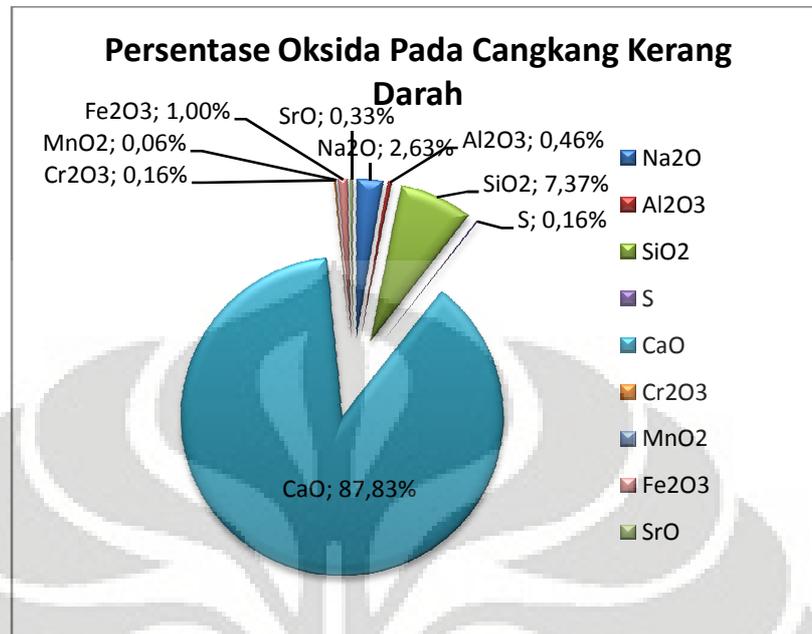
4.3.1.2. Pemeriksaan XRF pada Serbuk Cangkang Kerang Darah

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium *Material Science* Universitas Indonesia. Pengujian XRF bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur dan oksida yang terdapat pada serbuk cangkang kerang.



Gambar 21: Persentase Unsur Cangkang Kerang Darah

Gambar 21 menunjukkan besarnya persentase unsur-unsur yang terkandung dalam cangkang kerang darah. Di lingkungan unsur diatas bereaksi dengan udara membentuk oksida yang nilainya dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 22: Persentase Oksida Cangkang Kerang Darah

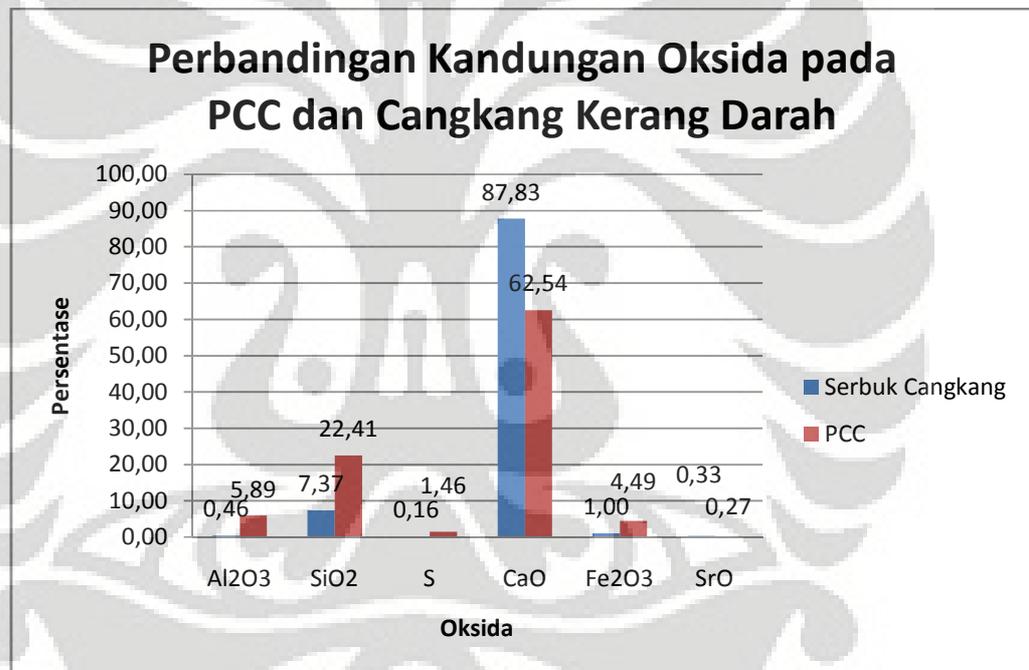
Gambar 22 menunjukkan besarnya persentase Oksida yang terkandung dalam cangkang kerang darah. Nilai oksida dari cangkang kerang darah dapat dibandingkan dengan kandungan Oksida dari Portland komposit Semen PCC.

Tabel 28: Perbandingan Oksida Serbuk Cangkang Kerang Darah dan Semen PCC

kandungan Oksida	Serbuk Cangkang	PCC
Al ₂ O ₃	0,46%	5,89%
SiO ₂	7,37%	22,41%
S	0,16%	1,46%
CaO	87,83%	62,54%
Fe ₂ O ₃	1,00%	4,49%
SrO	0,33%	0,27%
Na ₂ O	2,63%	0,00
Cr ₂ O ₃	0,16%	0,00
MnO ₂	0,06%	0,00

MgO	0,00	1,55%
ZnO	0,00	0,09%
K ₂ O	0,00	0,95%
TiO ₂	0,00	0,36%

Tabel 28 menunjukkan bahwa terdapat kandungan oksida yang mendominasi pada serbuk cangkang kerang adalah sama dengan oksida yang mendominasi di Portland komposit semen. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat kemiripan kandungan antara Semen PCC dan Serbuk Cangkang Kerang Darah.



Gambar 23 : Grafik Perbandingan Oksida Serbuk Cangkang Kerang Darah dan Semen PCC

Dari grafik 23 menunjukkan perbandingan kandungan oksida pada Semen PCC dan Serbuk Cangkang Kerang Darah dimana dapat disimpulkan makin banyak penggantian semen dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah akan menambah nilai oksida CaO dan SrO dan akan mengurangi nilai oksida dari Al₂O₃, SiO₂, S, dan Fe₂O₃ di *Portland Composite Cement*.

4.3.2 Pemeriksaan Semen dengan Kandungan Serbuk Cangkang Kerang Darah 0%, 5%, 10% dan 15%

Hasil pengujian XRF dengan penggantian semen dengan serbuk cangkang kerang sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%. Memberi pengaruh kuantitas nilai oksida yang berbeda di Semen PCC. Nilai tersebut tercantum pada tabel 30.

Tabel 29 : Perbandingan Oksida Pada Semen dengan Variasi Serbuk Cangkang Kerang Darah

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 nilai-nilai oksida yang terdapat di tabel 30, dapat kita hitung potensi persentase senyawa gabungan yang terbentuk dari oksida-oksida penyusun semen pada variasi penggantian semen 0%, 5%, 10% dan 15%. Dengan komposisi Boque dengan rumus umum

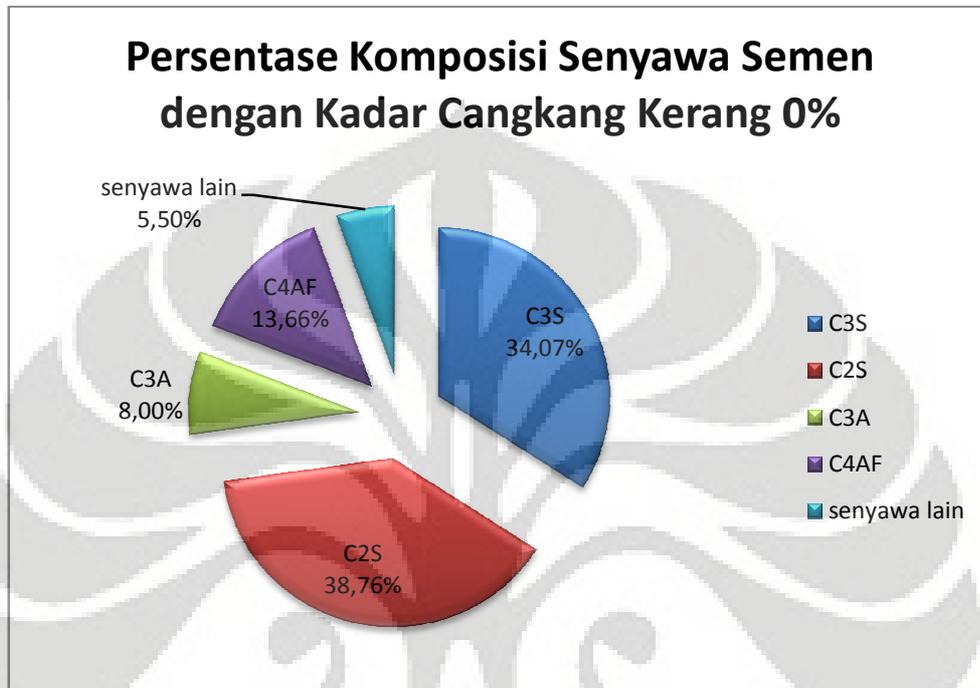
$$C_3S = 4,07 (CaO) - 7,60(SiO_2) - 6,72 (Al_2O_3) - 1,43 (Fe_2O_3) - 2,85 (SO_3)$$

$$C_2S = 2,87 (SiO_2) - 0,75(3CaO.SiO_2)$$

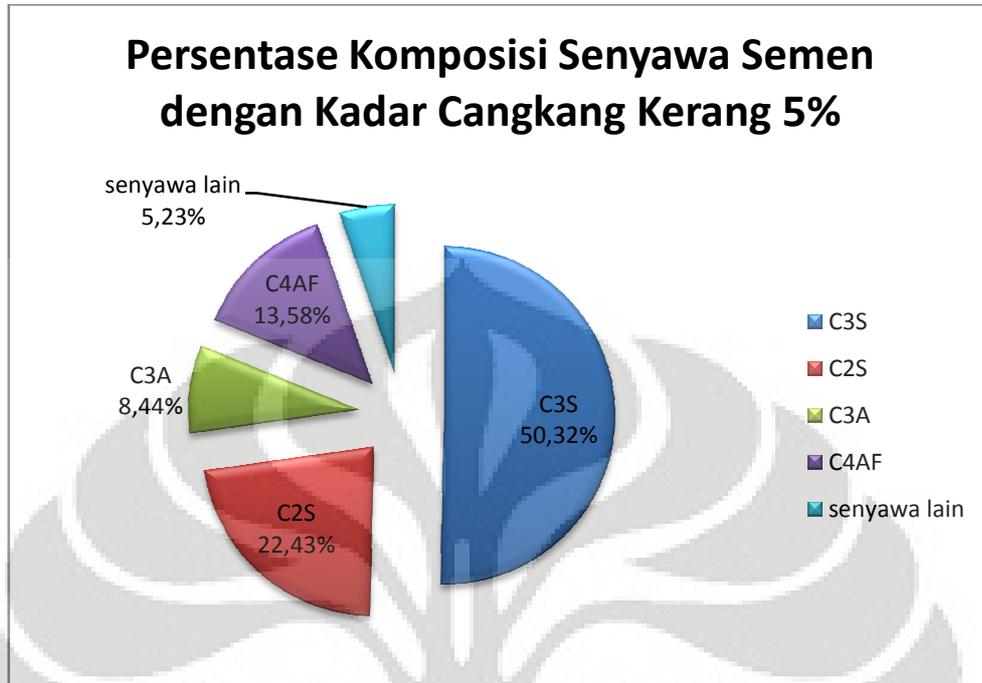
$$C_3A = 2,65(Al_2O_3) - 1,69(Fe_2O_3)$$

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

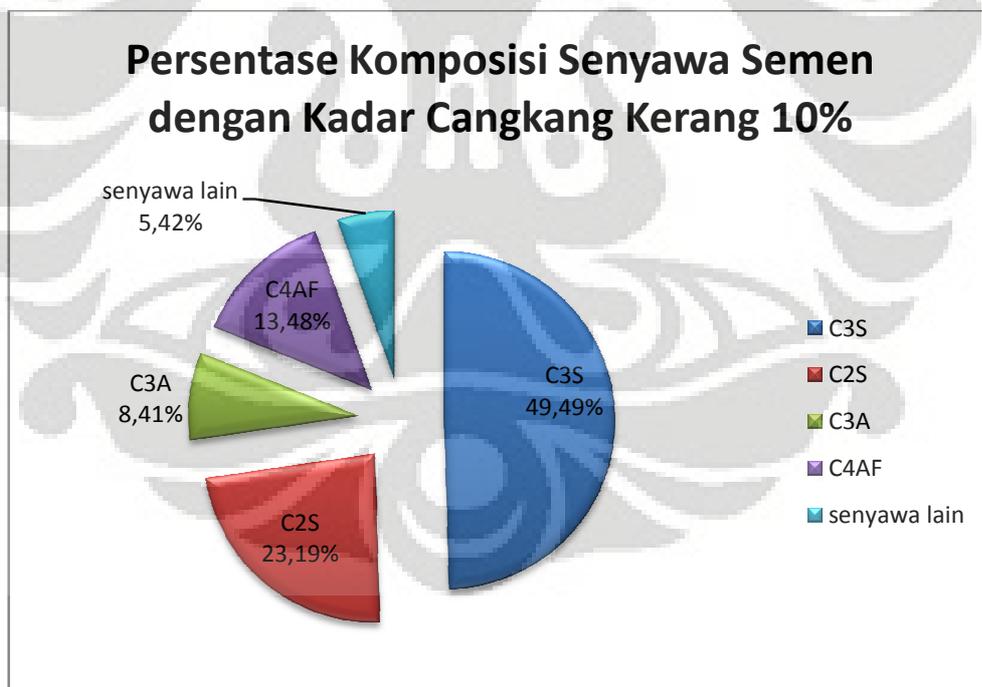
Dari rumusan diatas dapat dilihat persentase kandungan C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF terhadap berat semen pada keempat variasi penggantian semen pada grafik-grafik dibawah ini.



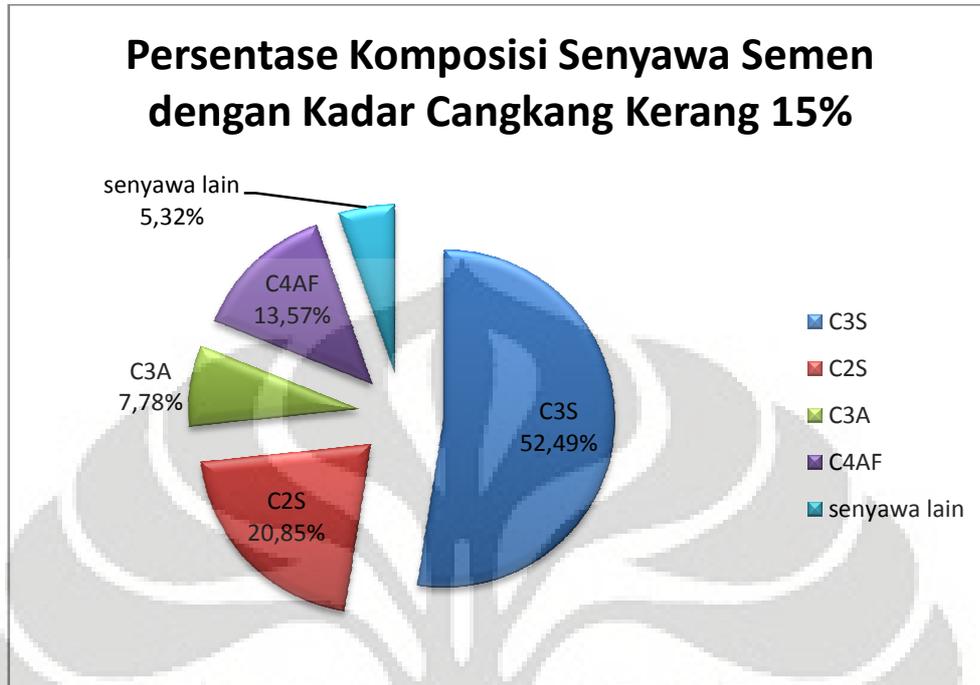
Gambar 24 : Komposisi Senyawa Semen Kadar Serbuk 0%



Gambar 25 : Komposisi Senyawa Semen Kadar Serbuk 5%



Gambar 26 : Komposisi Senyawa Semen Kadar Serbuk 10%

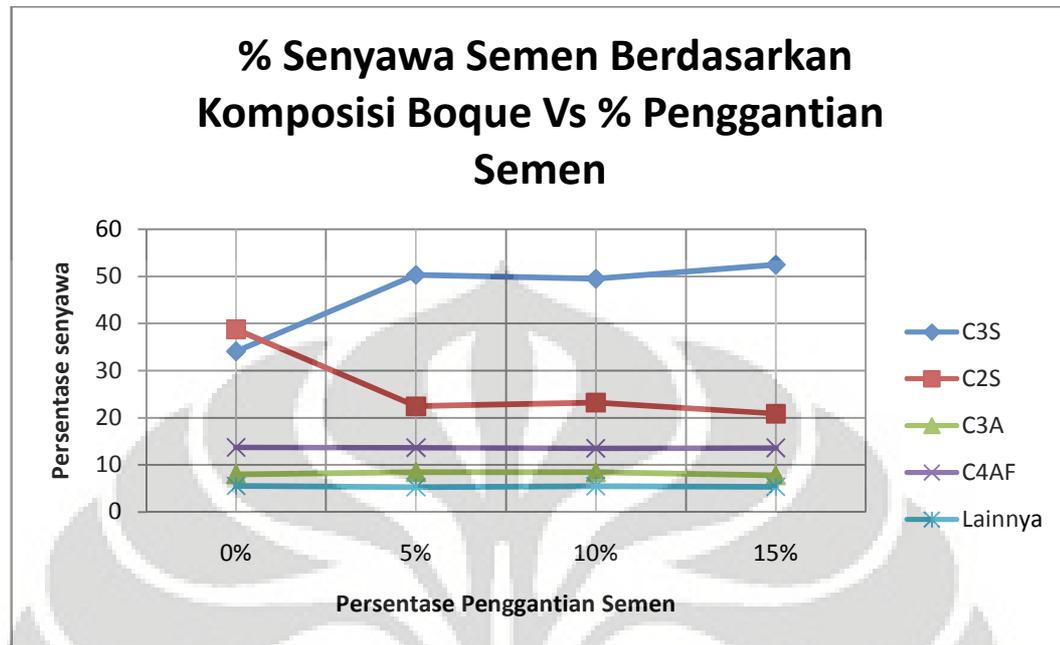


Gambar 27 : Komposisi Senyawa Semen Kadar Serbuk 15%

Dari nilai yang terdapat pada gambar 24, 25, 26, 27 dapat kita buat perbandingan komposisi senyawa menurut komposisi Boque terhadap 4 variasi penggantian Semen PCC oleh Serbuk Cangkang Kerang Merah

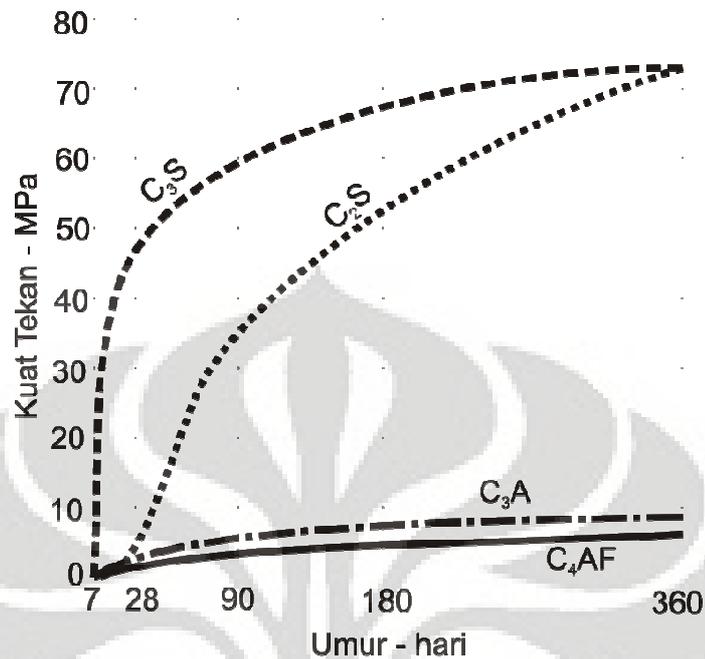
Tabel 30 : Komposisi Senyawa Semen Pada Variasi Serbuk Kerang Merah

Senyawa	0%	5%	10%	15%
C ₃ S	34,07056	50,323573	49,49098	52,49105
C ₂ S	38,76321	22,42974025	23,19023	20,84776
C ₃ A	8,003109	8,435758	8,412942	7,777952
C ₄ AF	13,6645	13,583632	13,48453	13,56661
senyawa lain	5,498629	5,22729675	5,421328	5,316633



Gambar 28 : Pengaruh Variasi Serbuk Terhadap Senyawa Semen

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa makin besar kadar penggantian Semen PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah akan berpotensi memberikan kontribusi kenaikan senyawa C_3S dan Semen PCC. Pada umur beton 28 hari. Kekuatan beton didominasi oleh kontribusi hidrasi senyawa C_3S dari Semen. Perkembangan kekuatan dapat dilihat pada gambar 29.



Gambar 29 : Perkembangan Kekuatan Senyawa Semen (Neville, 1945, P42)

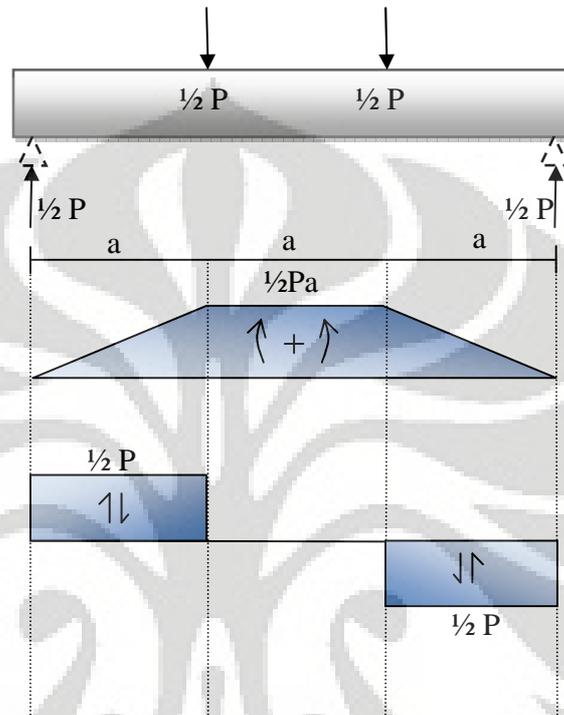
kecepatan hidrasi C_3S dan C_2S memiliki perbedaan pada awal umur beton. Keduanya berpengaruh pada kekuatan hidrasi pasta semen. Menurut literatur Neville diketahui bahwa C_3S berkontribusi perkembangan kekuatan pada beton berumur sampai 4 minggu. Sedangkan C_2S memberikan kontribusi kekuatan beton pada saat beton berumur lebih dari 4 minggu. Berdasarkan teori tersebut, kekuatan beton dengan campuran serbuk cangkang kerang darah pada umur 28 hari akan bertambah kuat untuk persentase penggantian serbuk cangkang kerang yang lebih besar dengan nilai C_3S yang turut bertambah besar.

4.4 Analisis Tes Kuat Lentur Beton

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 78 - 02 dengan metode *Third-Point Loading*. Dengan umur benda uji saat dilakukan pengujian adalah 28 hari. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui *modulus of rupture*, yaitu kuat lentur maksimum yang ditahan oleh serat bawah balok pada beton yang mengeras dengan umur 28 hari.

4.4.1. Analisis Perilaku Benda Uji Saat Terjadi Tegangan Lentur

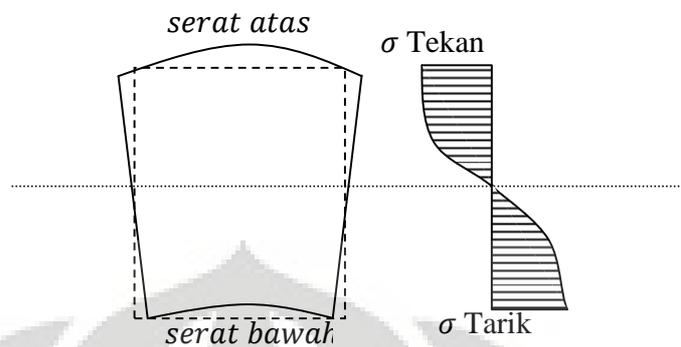
Berdasarkan prinsip mekanika struktur pada Benda Uji balok beton, gaya yang terjadi adalah seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 30 : Bagan Gaya Dalam Pengujian Lentur

Dilihat pada gambar 30 diatas bahwa pada saat balok diberikan beban terdapat lentur dan geser di bentang pertama dan bentang ketiga. Pada bentang tengah hanya terdapat gaya dalam momen saja. Dengan demikian yang terjadi di bentang tengah balok adalah lentur murni.

Pada material yang bersifat getas, keretakan awal dimulai dari keretakan tarik hal ini dikarenakan beton lebih lemah terhadap tarik daripada tekan. Dalam kondisi lentur, tegangan tarik terjadi pada daerah serat bawah penampang balok sedangkan tegangan tekan terjadi pada daerah serat atas penampang balok. Akibat momen lentur terjadi perubahan bentuk penampang pada balok. Perubahan bentuk dapat dilihat pada gambar 31.



Gambar 31 : Deformasi Penampang Terhadap Tegangan Lentur

Distribusi tegangan yang terjadi pada balok diatas memiliki nilai

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{W}$$

Dimana nilai momen yang terjadi ditengah bentang adalah

$$M = \frac{1}{2}Pa = \frac{1}{2}P \cdot \frac{1}{3}L = \frac{1}{6}PL$$

Sedangkan nilai massa inersia dari penampang adalah

$$W = \frac{I}{c} = \frac{\frac{1}{12}bh^3}{\frac{1}{2}h} = \frac{1}{6}bh^2$$

Sehingga tegangan lentur juga dapat disajikan dengan rumus

$$\sigma = \frac{\frac{1}{6}PL}{\frac{1}{6}bh^2}$$

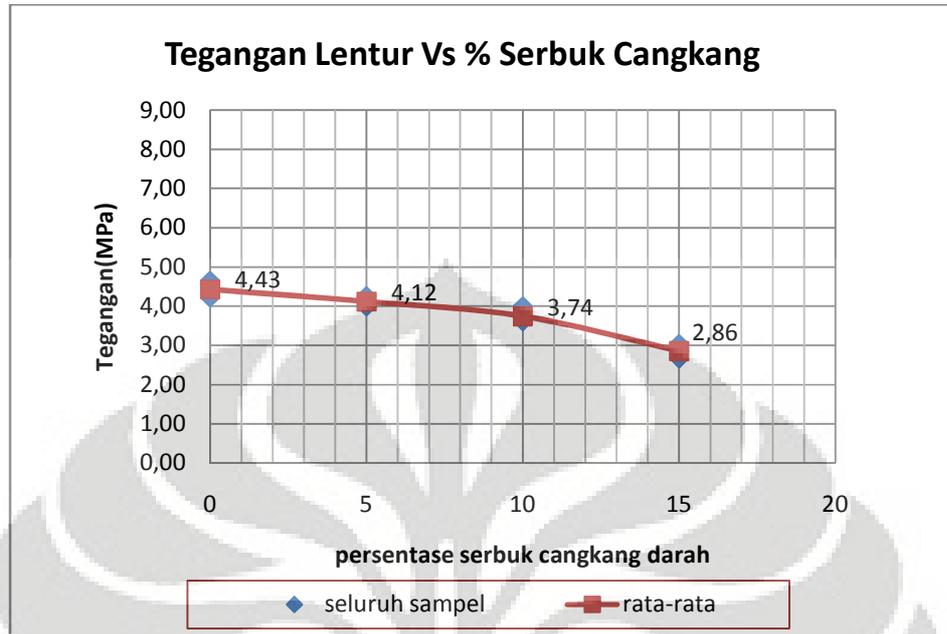
4.4.2. Analisis Kuantitatif Tegangan Lentur

Pada percobaan tes lentur yang dilakukan dilaboratorium dengan menggunakan 12 Benda Uji dengan variasi serbuk cangkang kerang yang berbeda. Dihasilkan nilai-nilai tegangan lentur pada tabel 31.

Tabel 31 : Hasil Pengujian Tes Lentur

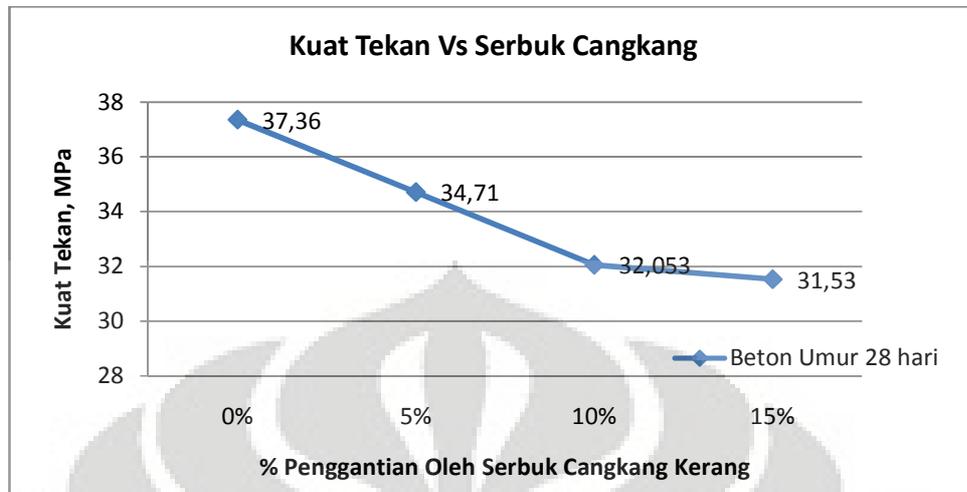
No	Kode	Dimensi		Bentang (cm)	beban	W (cm ³)	momen lentur (kg.Cm)	tegangan lentur (kg.cm ²)
		b	H	L	(kg)	(1/6. b. h ³)	1/6 P.L	M/W
1	RPL 0% 1	15,1	15,2	45	3267	581,45	24502,5	42,14
2	RPL 0% 2	15	15,3	45	3628,14	585,23	27211,05	46,50
3	RPL 0% 3	15,4	15,1	45	1856,4	585,23	13923	23,79
4	RPL 5% 4	15,2	15,6	45	3284,4	616,51	24633	39,96
5	RPL 5% 5	15,3	15,4	45	3427,2	604,76	25704	42,50
6	RPL 5% 6	15,3	15	45	4998	562,50	37485	66,64
7	RPL 10% 7	15	15	45	2998,8	562,50	22491	39,98
8	RPL 10% 8	15	15	45	2713,2	562,50	20349	36,18
9	RPL 10% 9	15	15	45	2713,2	562,50	20349	36,18
10	RPL 15% 10	15	15	45	2142	562,50	16065	28,56
11	RPL 15% 11	15	15	45	2284	562,50	17130	30,45
12	RPL 15% 12	15	15	45	1999,2	562,50	14994	26,66

Dari 31 diatas dapat dilihat setiap variasi memiliki tiga buah benda uji. Selanjutnya dihitung nilai rata-rata tegangan dari ketiga Benda Uji dalam variasi yang sama. Jika kita tinjau di variasi 0 % didapat nilai tegangan sebesar Benda Uji 1 = 42,14 kg/cm²; Benda Uji 2 = 46,5 kg/cm² dan Benda Uji 3 = 23,79 kg/cm². Benda Uji ketiga memiliki nilai yang cukup jauh berbeda dengan Benda Uji pertama dan kedua dengan deviasi sebesar ± 23 kg/cm². Sehingga dalam menentukan rata-rata tegangan yang terjadi pada variasi 0% hanya dihitung dengan menggunakan Benda Uji pertama dan kedua saja. Deviasi yang besar juga terjadi Benda Uji 6 pada variasi serbuk cangkang kerang sebesar 5% sehingga nilai tegangan pada variasi penggantian Serbuk Cangkang Kerang Darah hanya dihitung di Benda Uji 4 dan Benda Uji 5 saja. Dari hasil rata-rata tegangan kita tinjau hubungan antara tegangan lentur yang terjadi di balok dengan variasi penggantian semen dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah seperti pada grafik di gambar 31.



Gambar 32 : Tegangan Lentur VS % Serbuk Cangkang

Dapat dilihat dari grafik di gambar 31 bahwa semakin tinggi kadar penggantian Semen PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah maka kuat lentur akan makin berkurang. Penurunan mencapai 6,99% dari kadar 0% sampai 5% ; 9,22 % dari kadar 5% sampai 10% dan merosot 23,52% dari kadar 10% sampai 15%. Kondisi ini juga sama jika kita bandingkan antara kuat tekan beton dengan keempat variasi penggantian cangkang kerang darah yang juga makin menurun seiring meningkatnya kadar penggantian PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah yang dapat dilihat pada gambar 32.



Gambar 33 : Kuat Tekan VS Serbuk Cangkang

Berdasarkan Standarisasi Nasional Indonesia 03-2847-2002 didapat hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur untuk beton normal yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\sigma_{lentur} = 0,7 \sqrt{\sigma_{tekan}}$$

Tentunya rumusan diatas hanya berlaku untuk beton normal saja. Jika kita asumsikan angka 0,7 pada persamaan diatas adalah sebuah konstanta k, maka tentu perhitungan persamaan empiris tersebut dapat ikut disesuaikan dengan mengubah nilai k seiring naiknya persentase penggantian Semen PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah.

Tabel 32 : Korelasi tekan dan Lentur

Kadar Serbuk Cangkang	Umur	fc'	k√fc'	K
0%	28	37,36	4,43	0,725
5%	28	34,71	4,12	0,699
10%	28	32,05	3,74	0,660
15%	28	31,53	2,86	0,509

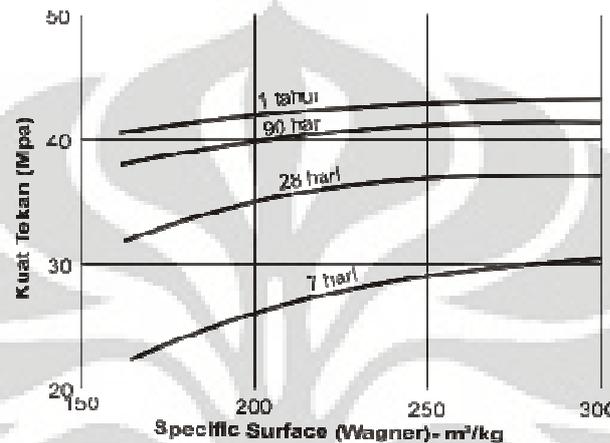
Dapat dilihat bahwa penurunan nilai tegangan lentur pada variasi persentase penggantian Semen PCC dengan serbuk cangkang kerang yang semakin besar sejalan dengan penurunan kuat tekan pada uji tekan.

Jika kita tinjau dari standar ASTM terhadap kandungan senyawa pada tipe semen Portland tipe I, II, III, IV, dan V pada gambar 2 dan pada tabel 3. Dapat dilihat bahwa beton akan semakin kuat untuk tipe semen dengan kadar C_3S semakin besar.

Hal ini bertolak belakang dengan hasil yang didapat pada hasil uji lentur yang telah dilakukan. Sebab utama penurunan adalah Serbuk Cangkang Kerang Darah tidak mengalami hidrasi. Secara kimiawi Serbuk Cangkang Kerang Darah memiliki oksida yang sama seperti semen antara lain: kalsium karbonat $CaCO_3$, silika SiO_2 , alumina Al_2O_3 , dan besi oksida Fe_2O_3 . Namun pada dasarnya oksida-oksida tersebut belumlah aktif. Untuk membuatnya aktif diperlukannya proses pembakaran seperti yang dialami bahan mentah pembentuk semen di bagian pre-heater pengolahan semen. Pembakaran dilakukan dengan suhu $1350-1400^\circ C$ dengan tujuan untuk membuka pori-pori oksida dari zat-zat pengotor sehingga terjadinya proses kalsinasi di oksida. Proses ini akan membuat keluaran oksida Serbuk Cangkang Kerang Darah dapat berubah menjadi senyawa C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF . Dalam penelitian ini oksida Serbuk Cangkang Kerang Darah tidak mengalami pembakaran sehingga oksida dari Serbuk Cangkang. Hal ini mengakibatkan dalam campuran antara Semen PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah, senyawa C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF yang aktif hanya disumbangkan oleh Semen PCC saja. Kondisi ini berdampak berkurangnya jumlah senyawa C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF pada volume semen yang sama untuk kadar penggantian Semen PCC yang bertambah besar. Terlebih untuk penurunan C_3S akan berdampak besar pada penurunan sifat mekanik dari beton.

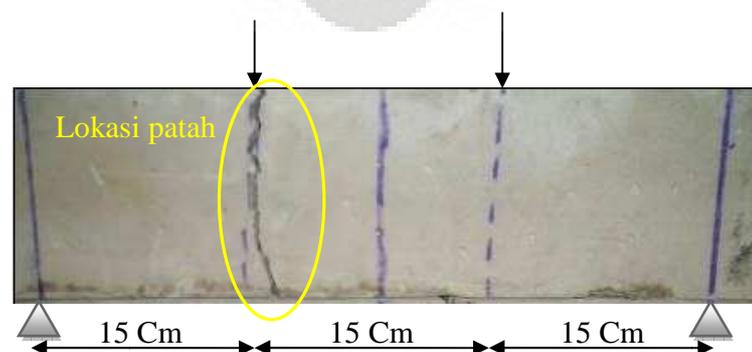
Selanjutnya penurunan kekuatan disebabkan oleh menurunnya tingkat kehalusan atau Fineness dari Semen PCC. Dalam percobaan ini Serbuk cangkang kerang memiliki kehalusan lolos saringan No. 100 ASTM sedangkan Semen PCC memiliki kehalusan lolos saringan No. 200 ASTM. Sehingga makin besar penggantian Semen PCC dengan serbuk cangkang kerang, menyebabkan kehalusan campuran antara Semen PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah makin rendah.

Kehalusan dari semen berpengaruh pada kecepatan semen berhidrasi, untuk perkembangan kekuatan yang lebih cepat dibutuhkan semen yang lebih halus. Hal ini berlaku untuk jangka waktu pendek, sedangkan perkembangan kekuatan jangka panjang tidak terlalu berpengaruh. Jika dibandingkan kekuatan beton pada umur yang berbeda dengan perbedaan kehalusan semen dapat dilihat pada gambar 33.



Gambar 34 : Hubungan Antara Fineness dengan Kuat Tekan Beton (Neville, 1995,p.20)

Dapat dilihat bahwa untuk semen dengan luas permukaan lebih besar atau dengan kata lain memiliki kehalusan yang lebih tinggi memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar. Hal ini juga berlaku untuk kuat lentur beton, karena kuat lentur cenderung memiliki hubungan yang serupa dengan kuat tekan. Faktor lain yang mungkin mempengaruhi penurunan kuat lentur adalah saat pengetesan dimana kurang sentrisnya beban terhadap perletakan. perletakan yang miring menimbulkan perbedaan tegangan disepanjang bentang balok. Hal ini mengakibatkan terjadinya pergeseran letak tegangan lentur maksimum pada sumbu longitudinal balok. Kondisi ini terlihat dari runtuh lentur yang tidak tepat ditengah bentang seperti dilihat pada gambar 34 dibawah ini.



Universitas Indonesia

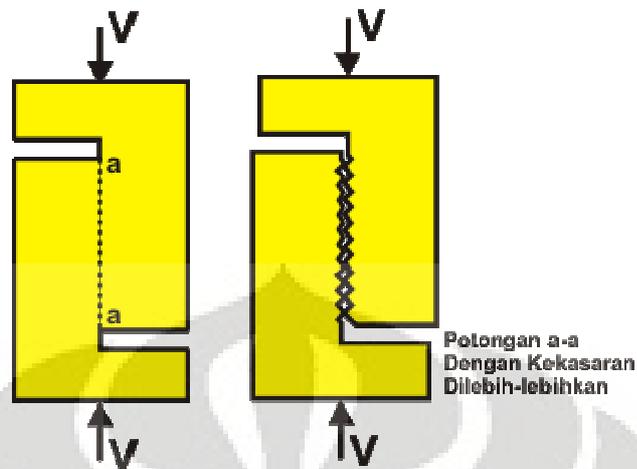
Gambar 35: Keruntuhan Benda Uji Lentur Tidak Ditengah Bentang

4.5. Analisis Tes Kuat Geser Beton

Geser merupakan aksi dari dua buah gaya parallel yang berlawanan yang terdapat pada suatu bidang. Jika tegangan lentur sama dengan nol berdasarkan prinsip keseimbangan, tegangan geser vertikal pada dua muka verikal berseberangan akan sama besar tetapi berlawanan arah. Apabila kedua tegangan timbul dan bekerja, maka dapat dipastikan elemen akan berputar. Untuk itu untuk mempertahankan keseimbangan harus ada tegangan geser yang bekerja pada permukaan horizontal yang besarnya hamper sama namun arahnya berlawanan terhadap tegangan geser vertikal.

4.5.1. Analisis Keretakan Geser

Sekalipun beton yang belum retak lebih cenderung untuk kuat terhadap geser, dan retak geser pada balok umumnya merupakan retak miring (retak tarik diagonal), retak demikian akan lebih vertikal untuk unsur yang memiliki tinggi semakin besar dibandingkan dengan bentang geser. Untuk keadaan dimana terjadinya retak geser dan selip sepanjang bidang permukaan retak dan akibat tidak ada tulangan geser yang memotong daerah retak tersebut maka harus ditetapkan konsep gesekan geser dalam transfer geser. Pandanglah sebuah blok beton seperti pada gambar 35 sebelah kiri . Pada blok beton tersebut bekerja gaya geser kolinear V sedemikian hingga suatu bidang keruntuhan akan terbentuk di sepanjang bidang A-A. oleh karena retak sepanjang A-A mempunyai bidang yang kasar mengakibatkan terjadinya suatu pisahan seperti pada gambar 35 sebelah kanan.



Gambar 36 : Idealisasi Konsep Gesekan Geser

Dalam pengujian kuat geser yang dilakukan tidaklah selalu didapati kondisi kegagalan gesekan geser yang tidak ideal seperti pada gambar 36 sebelah kiri.



Gambar 37 : Pola Keretakan Tegangan Geser

Keretakan geser yang tidak ideal disebabkan :

- Benda uji kurang sentris saat dilakukan pengetesan. Pemberian beban yang tidak tepat segaris lurus dengan bidang geser akan menimbulkan lengan geser di atas dan di bawah bidang geser sehingga menimbulkan retakan yang cenderung diagonal.

4.5.2. Analisis Hasil Pengujian Tegangan Geser

Bentuk Benda Uji yang digunakan berbentuk *double L* seperti pada gambar 15 . dari gambar 15 diketahui bahwa bidang geser (d) memiliki tinggi 9 cm sedangkan bentang geser (a) memiliki jarak 0 sehingga perhitungan kuat geser dihitung sebagai geser akibat tekan atau lebih dikenal sebagai “geser friksi”. Untuk keadaan dimana dapat terjadi retak

Adapun nilai geser dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini

$$v = \frac{V}{A} = \frac{V}{bxh}$$

Dimana

v = tegangan geser beton. (kg/cm²)

V = gaya maksimum (kg)

A = luas bidang geser beton (cm²)

B = lebar bidang geser beton (cm)

H = tinggi bidang geser beton (cm)

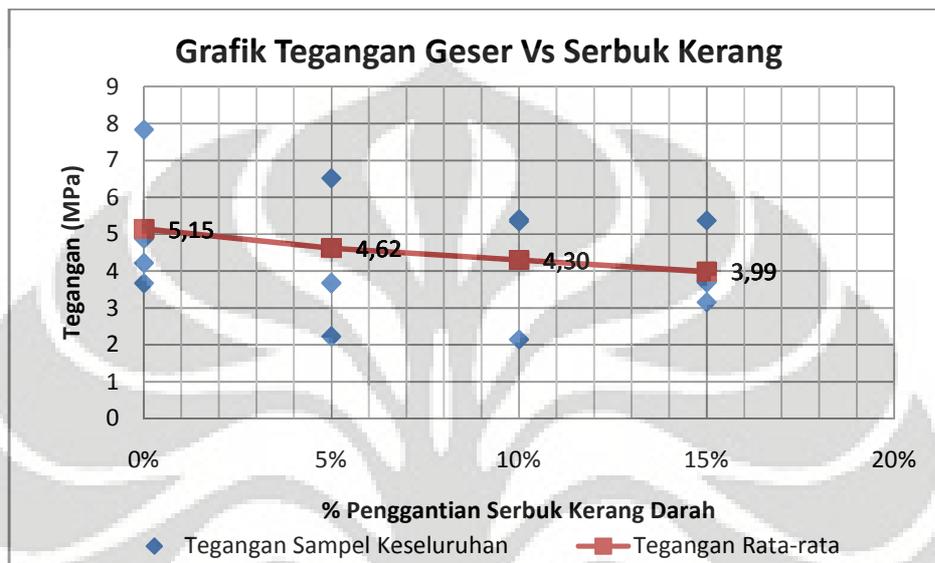
Berdasarkan hasil uji pengetesan Geser yang telah dilakukan dilaboratorium, dibuat 12 Benda Uji. Kedua belas Benda Uji tersebut memiliki empat variasi persentase penggantian Serbuk Cangkang Kerang Darah terhadap Semen PCC yang digunakan. Dapat dilihat pada tabel 33 hasil tegangan geser yang dihasilkan saat pengujian.

Tabel 33 : Hasil Pengujian Geser

no	tanggal		U m ur	Kode	luas penamp an (Cm ²)	berat (Kg)	Beban (Ton)	tegang an (MPa)	tegang an rata2
	dicor	ditest							
1	22/04/2009	20/05/2009	28	RPG 0% 1	62,4	10,522	3,05	4,88	5,15
2	22/04/2009	20/05/2009	28	RPG 0% 2	68	10,572	2,50	3,67	5,15
3	22/04/2009	20/05/2009	28	RPG 0% 3	60	10,18	4,70	7,83	5,15
4	08/06/2009	05/07/2009	27	RPG 0% 4	71,1	10,096	3,00	4,22	5,15
5	25/04/2009	23/05/2009	28	RPG 5% 5	67,5	10,307	4,40	6,52	4,62
6	25/04/2009	23/05/2009	28	RPG 5% 6	68	10,289	2,50	3,67	4,62
7	25/04/2009	23/05/2009	28	RPG 5% 7	66,99	9,768	1,50	2,23	4,62
8	09/06/2009	05/07/2009	26	RPG 5% 8	67,86	10,093	2,50	3,68	4,62
9	27/04/2009	26/05/2009	29	RPG 10% 9	69,6	9,99	3,00	4,31	4,30
10	27/04/2009	26/05/2009	29	RPG 10% 10	69,6	10,334	1,50	2,15	4,30
11	27/04/2009	26/05/2009	29	RPG 10% 11	72	10,212	3,90	5,41	4,30
12	09/06/2009	05/07/2009	26	RPG 10% 12	72,9	10,165	3,90	5,35	4,30
13	29/04/2009	27/05/2009	28	RPG 15% 13	78,2	10,587	4,20	5,371	3,99
14	29/04/2009	27/05/2009	28	RPG 15% 14	69,6	10,274	2,60	3,73	3,99
15	30/04/2009	28/05/2009	28	RPG 15% 15	66,3	10,414	2,10	3,16	3,99
16	09/06/2009	05/07/2009	26	RPG 15% 16	70,4	10,034	2,60	3,69	3,99

Pada kadar penggantian Semen PCC terhadap Serbuk Cangkang Kerang Darah 0% memiliki nilai rata-rata tegangan 5,15 MPa. Pada kadar penggantian Semen PCC terhadap Serbuk Cangkang Kerang Darah 5% memiliki nilai rata-rata tegangan 4,62 MPa. Pada kadar penggantian Semen PCC terhadap Serbuk Cangkang Kerang Darah 10% memiliki nilai rata-rata tegangan 4,3 MPa. Pada kadar penggantian Semen PCC terhadap Serbuk Cangkang Kerang Darah 15% memiliki nilai rata-rata tegangan 3,99 MPa. Khusus untuk kadar penggantian Semen PCC terhadap Serbuk Cangkang Kerang Darah 5%, tegangan rata-rata dihitung hanya menggunakan 3 Benda Uji yaitu Benda Uji No 5, No 6, No 8. Hal ini dilakukan karena Benda Uji no 7 memiliki perbedaan nilai tegangan yang besar jika dibandingkan dengan sampel No 5, No 6, No 8.

Nilai rata-rata tegangan geser yang diperoleh kemudian disajikan dalam grafik hubungan antara kuat geser dan kadar penggantian Serbuk Cangkang Kerang Darah yaitu pada gambar 37 dibawah ini.



Gambar 38 : Grafik Tegangan Geser VS % Serbuk Cangkang

Dapat kita lihat pada grafik hubungan antara kuat geser dan kadar penggantian Serbuk Cangkang Kerang Darah terjadi penurunan mencapai 10,29% dari kadar 0% sampai 5% ; 6,92 % dari kadar 5% sampai 10% dan 7,21% dari kadar 10% sampai 15%. Menurut SNI Beton pasal 13.7 menyebutkan bahwa kuat geser gesekan yang dapat ditahan oleh beton

$$V_n = 0,2 \times f_c' \times A_c$$

Sehingga tegangan geser yang dapat ditahan oleh beton adalah $0,2 f_c'$. Jika kita asumsikan angka 0,2 pada persamaan diatas adalah sebuah konstanta k, maka tentu perhitungan persamaan empiris tersebut dapat ikut disesuaikan dengan mengubah nilai k seiring naiknya persentase penggantian Semen PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai k untuk tiap variasi penggantian Semen PCC terhadap Serbuk Cangkang Kerang Darah dapat dilihat pada tabel 34.

Tabel 34 : Korelasi Kuat Tekan Dengan Kuat Geser Beton

Kadar Serbuk Cangkang	Umur	fc'	k.fc'	K
0%	28	37,36	5,15	0,138
5%	28	34,71	4,62	0,133
10%	28	32,05	4,30	0,134
15%	28	31,53	3,99	0,127

Nilai k merupakan koefisien gesek dari beton sehingga dari tabel 34 dapat dilihat terdapat sedikit kenaikan di kadar serbuk cangkang kerang 10%. Hal ini disebabkan penurunan kuat geser yang tidak sebesar dengan kuat tekan beton di variasi tersebut.

Dari gambar 37 dilihat bahwa makin besar persentase penggantian Semen PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah, makin kecil nilai kuat gesernya. Kondisi ini juga sejalan dengan nilai kuat lentur, kuat tekan dan koefisien gesek dari beton dengan persentase yang sama. Penurunan ini diduga disebabkan oleh menurunnya propertis mekanik dari beton akibat pengurangan jumlah pemakaian semen PCC seperti yang telah dijelaskan pada analisis penurunan kekuatan lentur pada subbab 4.4.2. Faktor lain berkaitan dengan menurunnya kadar kehalusan butiran pada campuran antara serbuk cangkang kerang dengan Semen PCC. Berdasarkan literatur *Properties Of Concrete (Neville,1995)* menyebutkan bahwa semen yang lebih halus akan mengakibatkan reaksi yang lebih kuat terhadap alkali agregat yang reaktif. Hal ini memberikan keberadaan susut yang lebih besar dan kondisi retak yang lebih besar. Dalam kondisi beton segar, semen yang kehalusan lebih kecil akan menimbulkan bleeding yang lebih besar. Kondisi tersebut dapat dilihat pada gambar 38 dimana saat dilakukannya pencetakan beton segar kedalam bekisting, terjadi genangan tipis di sekitar permukaan.



Gambar 39 : Bleeding Pada Beton Segar

Permodelan kondisi bleeding dapat dilihat pada gambar 39. Beberapa partikel air yang terangkat akan tertahan dibawah permukaan agregat kasar yang akan menimbulkan daerah yang ikatan antara agregat dengan pasta lebih lemah. Kondisi ini mengakibatkan penurunan kekuatan geser pun akan terjadi seiring besarnya penggantian Semen PCC dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah akibat bleeding yang bertambah besar.



Gambar 40 : Potongan Penampang Beton Segar Saat Terjadi Bleeding

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan penggantian Semen PCC dengan serbuk cangkang kerang pada kadar tertentu memberi pengaruh pada kekuatan beton. Dari penelitian ini disimpulkan:

1. Terjadi penurunan kekuatan Kuat tekan , kuat lentur dan kuat geser pada kondisi semakin besarnya kadar percampuran serbuk cangkang kerang darah dengan semen PCC
2. Penurunan kuat lentur mencapai 6,99% dari kadar 0% sampai 5% ; 9,22 % dari kadar 5% sampai 10% dan merosot 23,52% dari kadar 10% sampai 15%.
3. Penurunan kuat geser mencapai 10,29% dari kadar 0% sampai 5% ; 6,92 % dari kadar 5% sampai 10% dan 7,21% dari kadar 10% sampai 15%
4. Penurunan kekuatan yang utama disebabkan Serbuk Cangkang Kerang Darah tidak menambah senyawa C_3S di Semen. Hal ini disebabkan belum terjadinya proses kalsinasi sehingga oksida dalam serbuk tidak mengalami pengaktifan menjadi senyawa utama semen.
5. Penurunan kekuatan beton disebabkan oleh berkurangnya kehalusan semen PCC dengan campuran serbuk cangkang kerang darah karena serbuk cangkang kerang memiliki ukuran butiran yang lebih besar dibandingkan butiran semen PCC

5.2. Saran Dan Usulan Penelitian Selanjutnya

Adapun saran yang dapat disampaikan dalam hal penyempurnaan dan kelanjutan riset yang serupa dengan topik penelitian ini dapat dirangkum pada poin-poin berikut:

1. Perlunya dilakukan pembakaran Serbuk Cangkang Kerang Darah dengan suhu 1500 °C untuk pengaktifan oksida menjadi senyawa pembentuk semen.
2. Penggunaan Serbuk cangkang kerang sebagai pengganti semen sebaiknya memiliki kehalusan dengan ukuran butiran yang lolos saringan No. 200 ASTM. Hal ini sangatlah penting untuk menghindari penurunan tingkat kehalusan semen.
3. Penggunaan cangkang kerang sebagai agregat kasar ataupun halus juga dapat menjadi alternatif topik penelitian mengingat bentuk dan ukuran cangkang kerang darah yang unik.
4. Karena terdapat beberapa hasil yang kurang konsisten. Sebaiknya dilakukan penambahan jumlah Benda Uji benda uji dan perlunya dilakukan penelitian untuk beton dengan umur yang lebih panjang untuk mendapat pola perkembangan kekuatan beton pada jangka panjang

DAFTAR REFERENSI

(2008). *Buku Panduan Pedoman Praktikum Pemeriksaan Bahan Beton Dan Mutu Beton*. Depok: Laboratorium Struktur Dan Material Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Dipohusodo, Istimawan. (1995). *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hibbeler, R.C. *Mechanics Of Materials Fifth Edition*. USA : Pearson.

Neville, A.M. (1995). *Properties of Concrete*. England : Longman Group Limited.

Mulyono, Tri. (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi.

Popovics, Sandor. (1982). *Fundamental Of Portland Cement Concrete : A Quantitive Approach Vol 1 : Fresh Concrete*. USA : John Willey And Sons.

Young, Francis. (1999). *The Science And Technology Of Civil Engineering Material*. USA : Prentice-Hall International.

Wang, Chu-Kia. (1986). *Disain Beton Bertulang*. Jakarta: Penerbit Erlangga

LAMPIRAN A-1

Analisa *Specific Gravity* & Absorpsi Agregat Halus (ASTM C 128)

Sampel : Agregat Halus

Sumber : Pasir Cimangkok, *PT Adhimix Precast Indonesia*

Tanggal Uji : 20 Maret 2009

Sample	I	II	III	
berat pasir awal	500	500	500	Rata2
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	
BJ curah (bulk)	2.06	2.12	2.16	2.12
BJ SSD	2.25	2.3	2.34	2.30
BJ Semu (apparent)	2.55	2.59	2.62	2.59
Absorpsi	0.094	0.085	0.08	0.086 %

LAMPIRAN A-2
Pemeriksaan Berat Isi & Rongga Udara Agregat Halus
(ASTM C 29)

Sampel : Agregat Halus
Sumber : Pasir Cimangkok, *PT Adhimix Precast Indonesia*
Tanggal Uji :

Kondisi	Lepas	Penusukan	Penggoyangan
berat wadah (kg)	1.044	1.044	1.044
wadah + air (kg)	3.044	3.044	3.044
wadah + pasir (kg)	3.496	3.759	3.848
berat sample (kg)	2.452	2.715	2.804
volume wadah (L)	2	2	2
berat isi agregat (kg/L)	1.226	1.3575	1.402

LAMPIRAN A-3
Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No.200
(ASTM C 117)

Sampel : Agregat Halus

Sumber : Pasir Cimangkok, *PT Adhimix Precast Indonesia*

Kondisi	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-4
Pemeriksaan Kotoran Organik Agregat Halus
(ASTM C 40)

Sampel : Agregat Halus

Sumber : Pasir Cimangkok, *PT Adhimix Precast Indonesia*

Warna terdekat dari sampel	<i>Organic Plate Number</i>
<i>Lighter / Equal / Darker Colour to</i>	1
	2
	3 (Standard)
	4
	5



A-4

Universitas Indonesia

LAMPIRAN A-5
Analisa Saringan Agregat Halus
(ASTM C 136)

Sampel : Agregat Halus

Sumber : Pasir Cimangkok, *PT Adhimix Precast Indonesia*

Saringan		sampel 1			sampel 2		
No	mm	Berat tertahan (gr)	% RET	CUM % RET	Berat tertahan (gr)	% RET	CUM % RET
8	2.36	18	3.6	3.6	16	3.2	3.2
16	1.18	91	18.2	21.8	98	19.6	22.8
30	0.	142	28.4	50.2	150	30	52.8
50	0.3	114	22.8	73	113	22.6	75.4
100	0.15	101	20.2	93.2	102	20.4	95.8
pan		34	6.8	100	21	4.2	100
Total		500	100		500	100	
FM		2.418			2.5		

FM = 2,46

LAMPIRAN B-1

Analisa *Specific Gravity* & Absorpsi Agregat Kasar (ASTM C 127)

Sampel : Agregat Kasar

Sumber : Batu Pecah, *PT Adhimix Precast Indonesia*

Agregat kasar adhimix	sample 1	sample 2	Rata2
berat dalam SSD (B)	5000	5000	
Berat dalam air (C)	3215	3211	
Berat setelah di oven (A)	4733	4729	
SG bulk	2.65	2.64	2.65
SG SSD	2.80	2.79	2.80
SG apparent	3.117	3.115	3.116
% absorbs	0.056	0.057	0.057 %

LAMPIRAN B-2
Pemeriksaan Berat Isi & Rongga Udara Agregat Kasar
(ASTM C 29)

Sampel : Agregat Kasar

Sumber : Batu Pecah, *PT Adhimix Precast Indonesia*

	Lepas	Penusukan	Penggoyangan	Satuan
Berat Wadah	5,089	5,089	5,089	Kg
Berat Wadah+Air	14,361	14,361	14,361	Kg
Berat Wadah+Sampel	17,87	19,16	18,82	Kg
Berat Sampel	12,781	14,071	13,731	Kg
Volume Wadah	9,272	9,272	9,272	Liter
Berat isi Agregat	1,378451	1,51758	1,48091	kg/liter
Bulk Specific Agregat	2,65	2,65	2,65	kg/liter
Berat Isi Air	1	1	1	kg/liter
Void	48	42	44	%

LAMPIRAN B-3
Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar
(ASTM C 131)

Sampel : Agregat Kasar
Sumber : Batu Pecah, *PT Adhimix Precast Indonesia*

berat awal	5000
berat setelah dioven	3503
% keausan	29.94

LAMPIRAN B-4
Analisa Saringan Agregat Kasar
(ASTM C 136)

Sampel : Agregat Kasar

Sumber : Batu Pecah, *PT Adhimix Precast Indonesia*

Saringan	Berat tertahan (gr)	% tertahan	% kumulatif tertahan
1"	0	0	0
¾"	852	34.08	34.08
½"	1321	52.84	86.92
3/8"	212	8.48	95.4
No.4	76	3.04	98.44
No.8	0	0	98.44
Pan	39	1.56	100

LAMPIRAN C

Perhitungan Rancang Campur Beton

Metode Us Beureu of Reclamation

$f_c' = 35 \text{ MPa}$

Slump = 10

w/c = 0,4

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

Perubahan		S/Ca (%)	Water content (kg)
FM	berkurang	39,4	tetap
Slump	bertambah	Tetap	179.2
air content	tetap	-	-
using crushed coarse agg	ok	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

Material	SG (kg/m ³)	Jumlah / m ³ beton
Semen	3150	487
Air	1000	194,8
udara		1.50%

Material	SG (kg/m ³)	Jumlah / m ³ beton
Pasir	2300	634,8 kg
Batu pecah	2800	1008 kg

A-10

Universitas Indonesia

LAMPIRAN D-1

Pemeriksaan Kotoran Organik Serbuk Cangkang Kerang Darah (ASTM C 40)

Sampel : Agregat Halus
Sumber : Pasar Muara Angke, Jakarta

Warna terdekat dari sampel	<i>Organic Plate Number</i>
<i>Lighter / Equal / Darker Colour to</i>	1
	2
	3 (Standard)
	4
	5



LAMPIRAN D-2

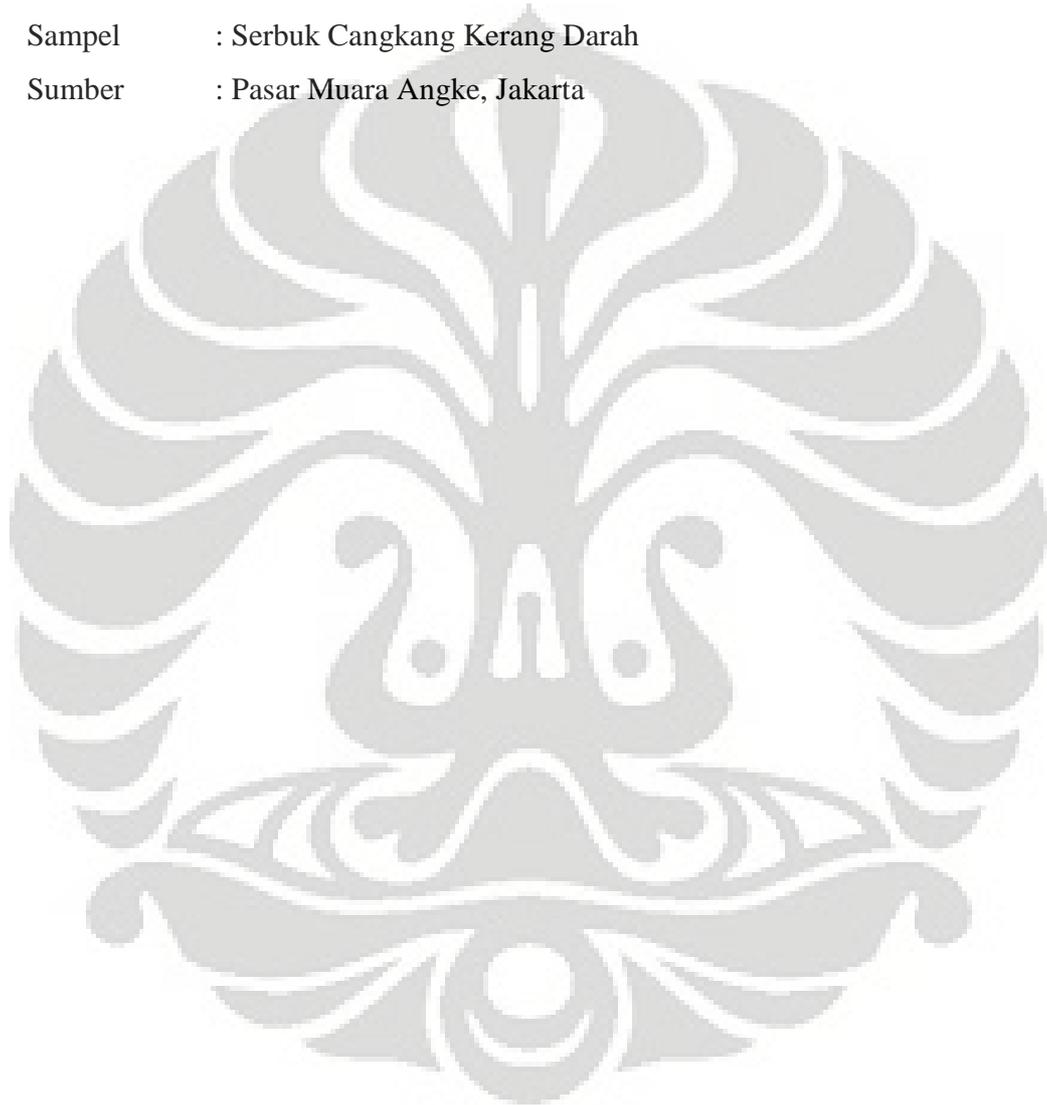
Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur dan Oksida Serbuk Cangkang

Kerang Darah 100%

(ASTM C 40)

Sampel : Serbuk Cangkang Kerang Darah

Sumber : Pasar Muara Angke, Jakarta



LAMPIRAN D-3

Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur dan Oksida Campuran Semen PCC Dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 0%

Sampel : Serbuk Cangkang Kerang Darah

Sumber : Pasar Muara Angke, Jakarta



LAMPIRAN D-4

Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur dan Oksida Campuran Semen PCC Dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 5%

Sampel : Serbuk Cangkang Kerang Darah

Sumber : Pasar Muara Angke, Jakarta



LAMPIRAN D-5

Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur dan Oksida Campuran Semen PCC Dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 10%

Sampel : Serbuk Cangkang Kerang Darah

Sumber : Pasar Muara Angke, Jakarta

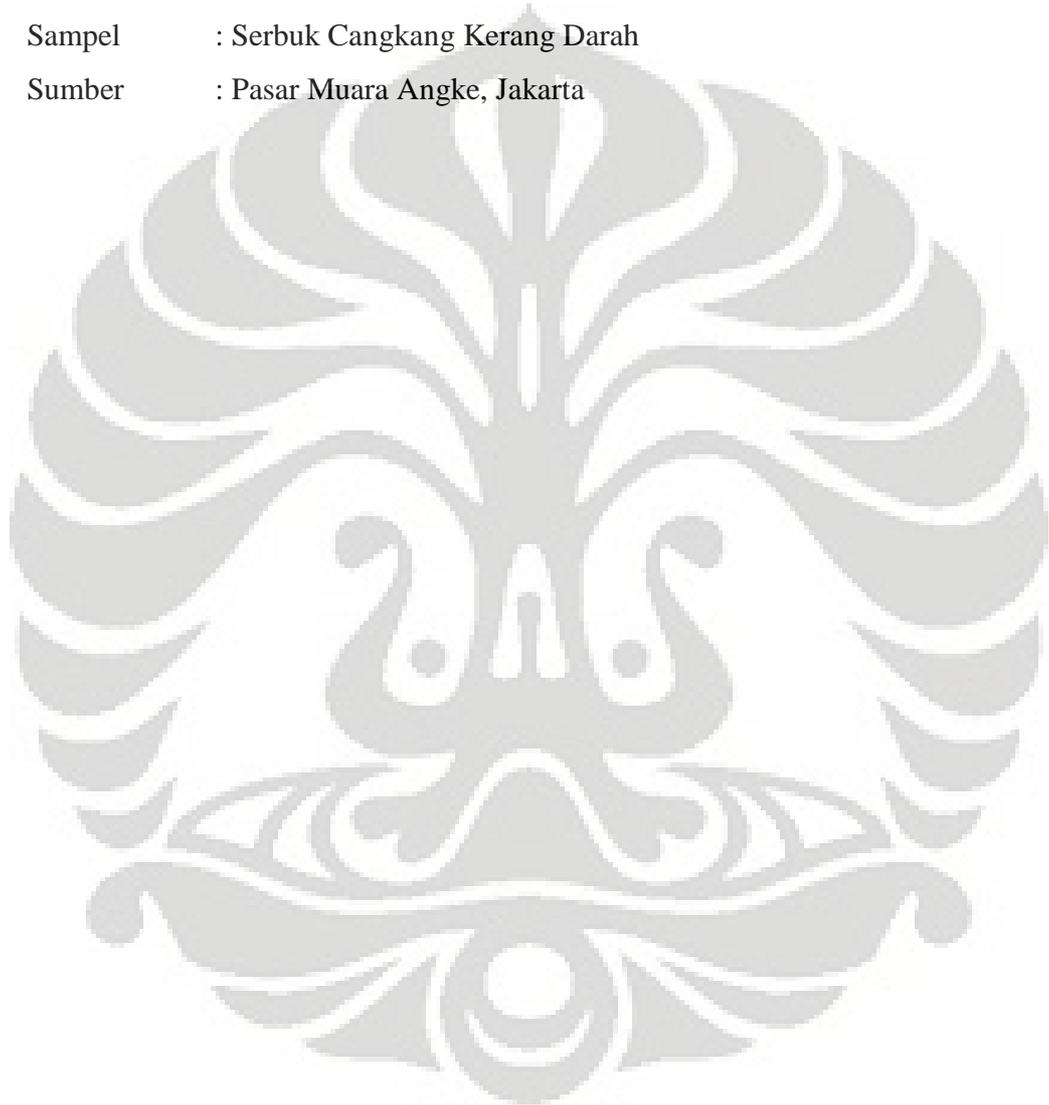


LAMPIRAN D-6

Pemeriksaan XRF Untuk Kandungan Unsur dan Oksida Campuran Semen PCC Dengan Serbuk Cangkang Kerang Darah 15%

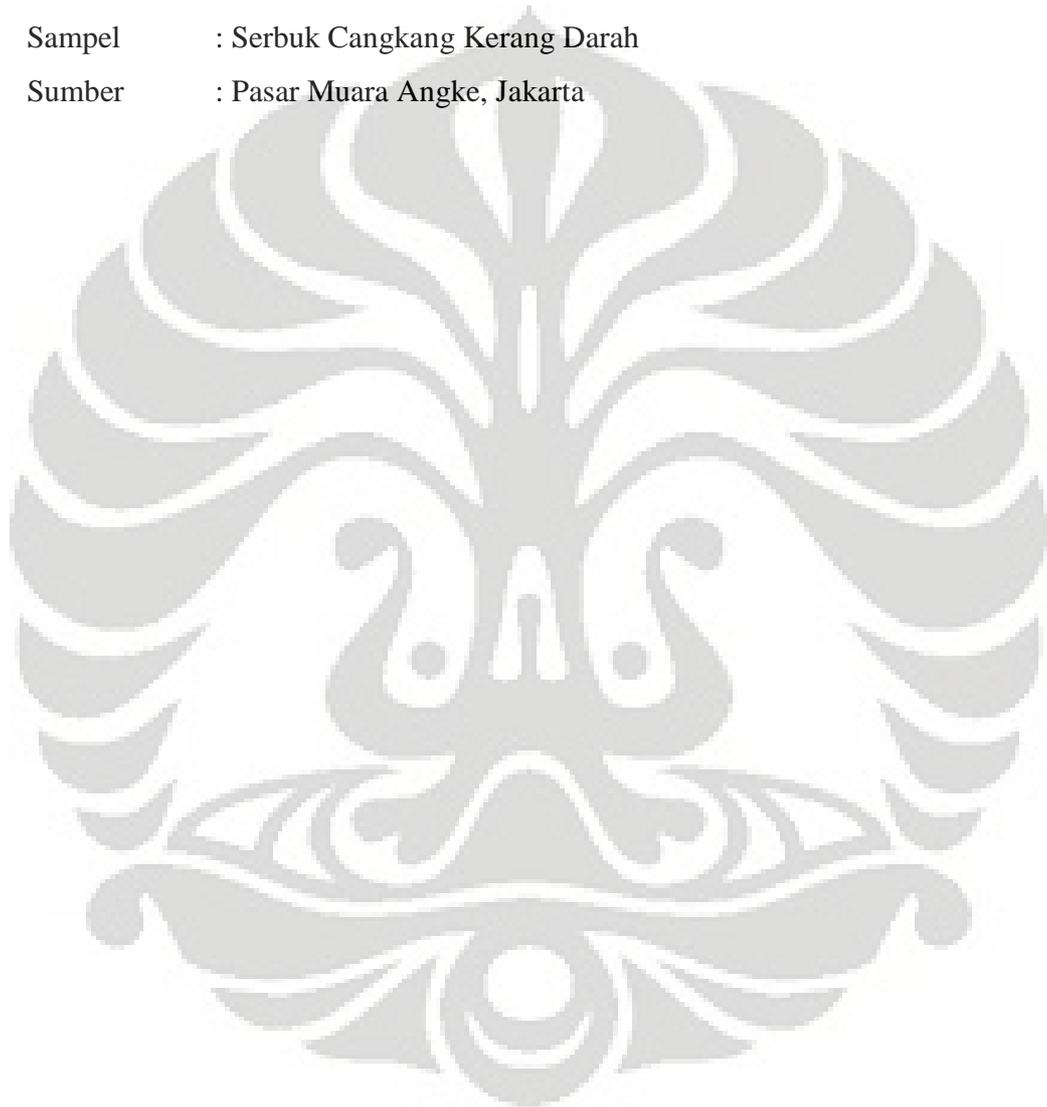
Sampel : Serbuk Cangkang Kerang Darah

Sumber : Pasar Muara Angke, Jakarta



LAMPIRAN E
Spesifikasi Standar Untuk Agregat
(ASTM C33-03)

Sampel : Serbuk Cangkang Kerang Darah
Sumber : Pasar Muara Angke, Jakarta



LAMPIRAN F
Spesifikasi Gambar Benda Uji Geser
(DIN Standart)



A-18

Universitas Indonesia

LAMPIRAN G
Hasil Pengujian Geser
(DIN Standart)



A-19

Universitas Indonesia

LAMPIRAN H
Hasil Pengujian Lentur
(ASTM C78-03)

