

**TUGAS AKHIR**

**PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN  
MENGUNAKAN CANGKANG BIJI KARET SEBAGAI  
PENGANTI AGREGAT KASAR  
(*Studi Penelitian*)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**PUNGKY GUSTARI**  
**1307210282**



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2017

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Pungky Gustari

NPM : 1307210282

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Cangkang Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar (Studi Penelitian)

Bidang ilmu : Struktur.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Pembimbing I/Penguji

Pembimbing II/Penguji

Ir. Ellyza Chairina, M.Si

Tondi Amirsyah Putera P, S.T., M.T.

Pembanding I/Penguji

Pembanding II/Penguji

Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Sipil  
Ketua Prodi,

Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Pungky Gustari

Tempat /Tanggal Lahir: Singkil / 07 Agustus 1996

NPM : 1307210282

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil,

menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Cangkang Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar”,

bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2017

Saya yang menyatakan,



Pungky Gustari

## **ABSTRAK**

### **PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN CANGKANG BIJI KARET SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR (STUDI PENELITIAN)**

Pungky Gustari

1307210282

Ir. Ellyza Chairina, M.Si

Tondi Amirsyah Putera Pulungan, S.T., MT

Beton ringan dapat diproduksi dengan cara membuat rongga udara di dalam beton yaitu dengan memberikan agregat pengganti atau campuran isian pada beton. Penggunaan agregat pengganti pada beton telah banyak dilakukan guna mendapatkan beton yang lebih bermutu. Pada dasarnya agregat pengganti beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah, seperti salah satunya yaitu cangkang biji karet. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan cangkang biji karet terhadap kuat tekan beton pada tiap variasi persentasenya. Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-1993 dan ASTM. Setelah penelitian, Variasi penggunaan cangkang biji karet dalam campuran beton antara lain : 8%, 10%, 12% terhadap volume benda uji dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 7 hari dan 28 hari. Setelah penelitian dilakukan didapat nilai kuat tekan beton normal sebesar 25,06 MPa, nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah cangkang biji karet 8% sebesar 27,10 MPa, nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah cangkang biji karet 10% sebesar 26,33 MPa, nilai kuat tekan beton dengan bahan tambah cangkang biji karet 12% sebesar 25,31 MPa, hasil pengolahan data berat dan kuat tekan beton ringan menggunakan cangkang biji karet menunjukkan bahwa semakin banyak variasi cangkang biji karet yang digunakan maka kuat tekan beton semakin menurun.

Kata kunci: Beton Ringan, Cangkang Biji Karet, Kuat Tekan Beton.

## **ABSTRACT**

### **TESTING STRONG CONSTRUCTION USING RUBBER SEEDS AS A SUBSTITUTE AGGREGATE REPLACEMENT (RESEARCH STUDY)**

Pungky Gustari  
1307210282

Ir. Ellyza Chairina, M.Si.

Tondi Amirsyah Putra Pulungan, S.T., MT.

*Light concrete can be produced by making air cavities inside the concrete by providing a replacement aggregate or a mixture of contents on the concrete. The use of replacement aggregates on concrete has been widely used to obtain higher quality concrete. Basically a concrete replacement aggregate is made from easily accessible, easy-to-process materials, such as one of which is a rubber seed shell. The purpose of this study aims to determine the effect of the use of rubber seed shell against the compressive strength of concrete in each variation of the percentage. This study uses SNI 03-2834-1993 and ASTM. Variations in the use of rubber seed shells in concrete mixtures include: 8%, 10%, 12% against the volume of specimens. With size 15cm x 30 cm. Testing of concrete compressive strength is done when concrete is 7 days and 28 days. After the research, the value of compressive strength of normal concrete was 25,06 MPa, the value of concrete compressive strength with material added 8% rubber seed shell of 27,10 MPa, concrete compressive strength value with material added 10% rubber seed shell of 26,33 MPa , the value of concrete compressive strength with the added material of 12% rubber seed shell of 25,31 MPa, the result of heavy data processing and the compressive strength of lightweight concrete using rubber seed shell shows that the more the rubber seed shell the compressive strength of the concrete decreases .*

*Keywords: Light Concrete, Rubber Seed Shell, Strong Concrete Press.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Cangkang Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Ellyza Chairina, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Rahmatullah ST, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Bapak Gusrianto, SH, dan Ibu Dahlima, yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, serta yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Buat Abangda Dony Defrianto, S.T, adinda Witri Gunarsih dan Nadia Ortusara, yang telah senantiasa memberikan dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Jubaidah Pasaribu, Wahyuni, Tiara Prillolla, Sri Ulina Sidauruk, Rahmat Hidayat, Firmansyah Lubis, Ade Hasmudi, rekan-rekan Teknik Sipil 13 dan Keluarga Besar Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah saling mendukung dan membantu dalam penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini. Sahabat jauh yang selalu mendukung dan memberikan motivasi kepada penulis, khususnya Nenny Lidya, Fitria, Dina Afrina, dan lainnya yang tidak bisa namanya disebutkan satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Oktober 2017

Pungky Gustari

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Beton Ringan	6
2.3. Material Pembentuk Campuran Beton	7
2.3.1. Semen	7
2.3.2. Agregat	8
2.3.3. Air	13
2.3.4. Cangkang Biji Karet	14
2.4. Perencanaan Pembuatan Campuran Buatan Beton	
Standar Menurut SNI 03-2834-1993	15
2.5. <i>Slump Test</i>	24
2.6. Perawatan Beton	24
2.7. Pengujian Kuat Tekan	25

BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1.	Umum	27
3.1.1.	Metodologi Penelitian	27
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3.	Bahan dan Peralatan	29
3.3.1.	Bahan	29
3.3.2.	Peralatan	29
3.4.	Persiapan Penelitian	30
3.5.	Pemeriksaan Agregat	30
3.6.	Pemeriksaan Agregat Halus	30
3.6.1.	Kadar Air Agregat Halus	30
3.6.2.	Kadar Lumpur Agregat Halus	31
3.6.3.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	32
3.6.4.	Berat Isi Agregat Halus	33
3.6.5.	Analisa Saringan Agregat Halus	34
3.7.	Pemeriksaan Agregat Kasar	36
3.7.1.	Kadar Air Agregat Kasar	36
3.7.2.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	37
3.7.3.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	38
3.7.4.	Berat Isi Agregat Kasar	39
3.7.5.	Analisa Saringan Agregat Kasar	40
3.7.6.	Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles	43
3.8.	Perencanaan Campuran Beton	44
3.9.	Pelaksanaan Penelitian	44
3.9.1.	Trial Mix	44
3.9.2.	Pembuatan Benda Uji	44
3.9.3.	Pengujian <i>Slump</i>	44
3.9.4.	Perawatan Beton	44
3.9.5.	Pengujian Kuat Tekan	45
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1.	Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	46
4.1.1.	Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	54

4.2.	Pembuatan Benda Uji	60
4.3.	<i>Slump Test</i>	61
4.4.	Kuat Tekan Beton	62
4.4.1.	Kuat Tekan Beton Normal (saat pengujian)	63
4.4.2.	Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 8%	64
4.4.3.	Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 10%	65
4.4.4.	Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 12%	66
4.5.	Pembahasan	69
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1.	Kesimpulan	72
5.2.	Saran	73
	DAFTAR PUSTAKA	74
	LAMPIRAN	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas Gradasi Agregat Halus	9
Tabel 2.2	Batas Gradasi Agregat Kasar	13
Tabel 2.3	Faktor Pengali untuk Standar Deviasi	15
Tabel 2.4	Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan	16
Tabel 2.5	Perkiraan Kadar Air Bebas	18
Tabel 2.6	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	19
Tabel 2.7	Koefisien Perbandingan Kuat Tekan Beton pada Berbagai Umur	26
Tabel 3.1	Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	31
Tabel 3.2	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	31
Tabel 3.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	32
Tabel 3.4	Data Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus	33
Tabel 3.5	Data Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	34
Tabel 3.6	Data Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	37
Tabel 3.7	Data Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	37
Tabel 3.8	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	38
Tabel 3.9	Data-Data Dari Hasil Penyelidikan Berat Isi Agregat Kasar	40
Tabel 3.10	Data Dari Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Kasar	40
Tabel 3.11	Data-data Dari Hasil Pengujian Keausan Agregat	43
Tabel 4.1	Perencanaan Campuran Beton	47
Tabel 4.2	Banyak Agregat Kasar yang dibutuhkan untuk Tiap Saringan dalam 1 Benda Uji	49
Tabel 4.3	Banyak Agregat Halus yang dibutuhkan untuk Tiap Saringan dalam 1 Benda Uji	50
Tabel 4.4	Banyak Cangkang Biji Karet dan Agregat Kasar 3/8 yang Dibutuhkan untuk 1 Benda Uji	51
Tabel 4.5	Banyak Agregat Kasar yang Dibutuhkan untuk Tiap Saringan dalam 32 Benda Uji	53
Tabel 4.6	Banyak Agregat Halus yang Dibutuhkan untuk Tiap Saringan	

	dalam 32 Benda Uji	54
Tabel 4.7	Jumlah Kadar Air Bebas	55
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	62
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	63
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 8%	64
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 10%	65
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 12%	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gradasi Pasir Kasar	11
Gambar 2.2	Gradasi Pasir Sedang	11
Gambar 2.3	Gradasi Pasir Agak Halus	12
Gambar 2.4	Gradasi Pasir Halus	12
Gambar 2.5	Batas Gradasi Agregat Kasar	15
Gambar 2.6	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton	17
Gambar 2.7	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm	21
Gambar 2.8	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	21
Gambar 2.9	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	22
Gambar 2.10	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton	22
Gambar 3.1	Tahapan Singkat Penelitian yang Dilaksanakan	28
Gambar 3.2	Gradasi Agregat Halus (zona 2 pasir sedang)	36
Gambar 3.3	Gradasi Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	42
Gambar 4.1	Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Silinder Beton	56
Gambar 4.2	Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	57
Gambar 4.3	Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton	58
Gambar 4.4	Beban Tekan Pada Benda Uji Silinder	62
Gambar 4.5	Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari	68
Gambar 4.6	Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 hari	68
Gambar 4.7	Kuat Tekan Beton Pada Umur 7 Hari dan 28 Hari	69
Gambar 4.8	Besar Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 7 hari	70
Gambar 4.9	Besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari	70
Gambar 4.10	Perbandingan Grafik Besar Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 7 Hari dan 28 Hari	71

## DAFTAR NOTASI

$A$	= Luas Penampang	( $cm^2$ )
$B_j$	= Berat Jenis	( $gr$ )
$FM$	= Modulus Kehalusan	–
$f'c$	= Kuat Tekan	( $MPa$ )
$n$	= Jumlah Benda Uji	(Buah)
$P$	= Beban Tekan	( $kg$ )
$t$	= Tinggi Benda Uji	( $cm$ )
$V$	= Volume	( $cm^3$ )
$W$	= Berat	( $kg$ )
$\theta$	= Diameter	( $cm$ )
$K_k$	= Persentasi berat agregat kasar terhadap agregat campuran	(%)
$K_h$	= Persentasi berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
$B$	= Jumlah air( $kg/m^3$ )	
$C$	= Agregat halus	( $kg/m^3$ )
$D$	= Jumlah agregat kasar	( $kg/m^3$ )
$Ca$	= Absorpsi air pada agregat halus	(%)
$Da$	= Absorpsi agregat kasar	(%)
$Ck$	= Kandungan air dalam agregat halus	(%)
$Dk$	= Kandungan air dalam agregat kasar	(%)
$W_{agr, camp}$	= Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton	( $kg/m^3$ )
$W_{btm}$	= Berat beton per meter kubik beton	( $kg/m^3$ )
$W_{air}$	= Berat air per meter kubik beton	( $kg/m^3$ )
$W_{smn}$	= Berat semen per meter kubik beton	( $kg/m^3$ )

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Beton merupakan konstruksi yang sering digunakan dalam bidang teknik sipil. Hampir setiap struktur bangunan sipil baik itu gedung, jembatan, maupun bangunan air menggunakan material berbahan beton. Peranan berat sendiri beton pada bangunan tinggi sangat dominan karena semakin besar berat struktur maka semakin besar pula gaya gempa yang bekerja pada bangunan tersebut sehingga diperlukan dimensi pondasi atau kuat tekan rencana yang cukup besar agar mampu menahan beban struktur itu sendiri yang mengakibatkan biaya konstruksi yang semakin besar juga. Beton ringan menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut (Yuhesti, 2014).

Pembuatan beton ringan pada prinsipnya membuat rongga udara di dalam beton, salah satunya dengan memberikan agregat pengganti atau campuran isian pada beton. Penggunaan agregat pengganti pada beton telah banyak dilakukan guna mendapatkan beton yang lebih bermutu. Pada dasarnya agregat pengganti beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah, seperti salah satunya yaitu cangkang biji karet.

Menurut Wahid, Harahap (2015), tentang karakteristik briket berbahan baku cangkang biji karet dan tempurung kelapa sebagai bahan bakar alternatif. Yang menghasilkan karakteristik dari tiap-tiap perlakuan komposisi briket menunjukkan bahwa dengan adanya komposisi cangkang biji karet mampu meningkatkan nilai kalor, serta mampu menurunkan kadar abu dan kadar air. Karakteristik briket yang dihasilkan dari kedua bahan tersebut layak untuk dijadikan sebagai salah satu bahan bakar alternatif.

Menurut Yuhesti (2014), dalam penelitian yang menggunakan variasi penggunaan biji karet sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton yaitu : 25%, 50%, 75% terhadap volume benda uji dengan menggunakan bahan tambah (*additive*) yaitu Conplast WP421 dengan kadar  $1,5 \text{ l/m}^3$ , dengan ukuran  $15\text{cm} \times 15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ . Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan adalah pada

saat beton berumur 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Pada penelitian ini, hasil pengolahan data berat dan kuat tekan beton ringan menggunakan biji karet menunjukkan bahwa semakin banyak biji karet maka beton akan semakin ringan dan kuat tekan beton semakin menurun. Akan tetapi dengan penggunaan bahan tambah Conplast WP421 dapat meningkatkan kuat tekan beton hingga 18,94%.

Berdasarkan penjelasan di atas, dengan penggunaan biji karet sebagai pengganti agregat kasar dapat menurunkan kuat tekan beton, maka pada penelitian ini digunakan cangkang biji karet sebagai pengganti agregat kasar, karena cangkang biji karet dapat menjadi arang aktif dan cangkang biji karet juga mempunyai lapisan sekeras lapisan tempurung kelapa, sehingga dengan menggunakan cangkang biji karet sebagai pengganti agregat kasar diharapkan dapat menaikkan kuat tekan beton, serta dapat dijadikan inovasi dan mempunyai nilai ekonomis yang relatif rendah.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan cangkang biji karet sebagai agregat kasar terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana pengaruh persentase agregat kasar dengan menggunakan cangkang biji karet terhadap kuat tekan beton?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan :

1. Untuk mengetahui kuat tekan beton ringan yang menggunakan agregat kasar cangkang biji karet.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan cangkang biji karet terhadap kuat tekan beton pada tiap variasi persentasenya.
3. Untuk membandingkan hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan campuran cangkang biji karet, apakah terjadi kenaikan atau penurunan kuat tekan.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Dalam pembuatan Tugas Akhir penulis membatasi permasalahan dalam pengujian kedalam hal-hal dibawah ini:

1. Sebelum dilakukan pencampuran pada pencetakan beton, dilakukan pemisahan antara buah biji karet dengan cangkang biji karet, cangkang biji karet di jemur untuk mengurangi kadar air, dan disaring menggunakan saringan yang tertahan no.3/8".
2. Penggunaan cangkang biji karet sebagai pengganti sebagian agregat kasar sebanyak 8%, 10%, 12% yang bertujuan untuk mengetahui adanya kenaikan atau penurunan kuat tekan beton.
3. Benda uji dilakukan pengujian masing-masing pada umur beton 7 dan 28 hari.
4. Kuat tekan rencana beton yang dipakai pada penelitian ini sebesar 20 MPa.
5. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan ukuran diameter 15 dan tinggi 30 cm.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh penggunaan cangkang biji karet sebagai agregat kasar terhadap kuat tekan beton.
2. Meningkatkan kualitas penelitian dan kemampuan penulis dalam bidang kuat tekan beton dengan cangkang biji karet sebagai agregat kasarnya.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan proposal skripsi ini yaitu:

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penelitian.

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi pengenalan tentang beton dan serta bahan-bahan pengujiannya.

## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

## **BAB 4 ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH**

Bab ini berusaha menguraikan analisis perhitungan dan pemecahan permasalahan yang ada dalam penelitian ini.

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini menguraikan kesimpulan yang diperoleh dari analisis yang telah dilakukan berikut saran-saran dari penulis.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Beton**

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Beton di dapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatan pengerasannya (Dipohusodo, 1996).

Pada umumnya, “Beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%” (Mulyono, 2005). Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. Kekuatan beton akan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya umur. Berdasarkan standar, karakteristik kuat tekan beton ditentukan ketika beton telah berumur 28 hari, karena kekuatan beton akan naik secara cepat atau linier sampai umur 28 hari. Sifat beton diantaranya mudah diaduk, disalurkan, dicor, dipadatkan dan diselesaikan, tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan adukan dan mutu beton yang disyaratkan oleh konstruksi tetap dipenuhi. Secara umum kelebihan dan kekurangan beton yaitu:

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b. Mampu memikul beban yang berat.
- c. Tahan terhadap temperatur tinggi.
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil.
- e. Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah.
- f. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

Berdasarkan kekuatannya beton dibagi menjadi tiga klasifikasi (Maliar, 1992), yaitu:

1. Beton normal, dengan kekuatan tekan kurang dari 50 MPa.
2. Beton kinerja tinggi, dengan kekuatan tekan antara 50 hingga 90 MPa.
3. Beton kinerja sangat tinggi, dengan kekuatan tekan lebih dari 90 MPa.

Klasifikasi tersebut didasarkan pada suatu pendekatan yang umum dipergunakan, yaitu berdasarkan karakteristik kuat tekan beton.

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan kerikil sebagai agregat kasar dan mempunyai berat jenis beton antara  $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$  dengan kuat tekan sekitar 15 - 40 MPa (Mulyono, 2004).

## **2.2. Beton Ringan**

Beton ringan adalah salah satu jenis beton yang mempunyai berat satuan di bawah  $1900 \text{ kg/m}^3$  dan biasanya digunakan sebagai dinding pemisah atau dinding isolasi. Penggunaan beton ringan untuk komponen struktur harus memenuhi persyaratan kekuatan material struktur. Pertimbangan penggunaan beton ringan untuk komponen struktur adalah membuat struktur menjadi lebih ringan sehingga beban konstruksinya lebih kecil. Beton ringan memiliki prospek yang cerah sebagai bahan struktur di masa depan mengingat kualitasnya yang bisa mencapai kualitas beton normal dengan berat jenis yang ringan (Owens, 1999). Beton ringan memiliki kemampuan struktural bila memiliki kuat tekan minimal 17 MPa dan berat isi kurang dari  $1840 \text{ kg/m}^3$  (Nevile dan brooks, 1993), biasanya diperoleh bila menggunakan agregat kasar yang berasal dari material dengan berat yang ringan. Usaha-usaha telah banyak dilakukan untuk menciptakan beton ringan sebagai bahan konstruksi antara lain dengan memodifikasi bahan asal sedemikianrupa guna mempertahankan berat jenis yang ringan namun dengan ketahanan dan kekuatan yang dapat dipertahankan dan bahkan ditingkatkan (Rossignolo dan Agnesini, 2004; Campione dkk., 2004 dan Haque dkk., 2004).

Ada 3 metode yang dapat digunakan untuk membuat beton ringan (Tjokrodimuljo, 1995), yaitu:

1. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam beton.
2. Dengan menggunakan agregat ringan sehingga beton akan lebih ringan dari beton normal.
3. Dengan cara membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus atau pasir yang disebut beton non pasir.

### **2.3. Material Penyusun Campuran Beton**

Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar dengan air dan semen sebagai pengikatnya. Kadang ditambahkan pula campuran bahan tambah untuk memperbaiki kualitas beton.

#### **2.3.1. Semen**

Semen yang biasa digunakan adalah semen *Portland*. Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 membagi semen *portland* menjadi 5 jenis yaitu:

a. Tipe I (*Normal portland cement*)

Semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

b. Tipe II (*High – early – strength portland cement*)

Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang

mengandung air agresif (garam-garam sulfat) dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.

c. Tipe III (*Modified portland cement*)

Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekeuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).

d. Tipe IV (*Low heat portland cement*)

Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.

e. Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*)

Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

### 2.3.2. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Ditinjau dari aspek ekonomis, agregat dalam satuan berat yang sama jauh lebih murah dari pada semen. Agregat merupakan bahan yang bersifat kaku dan memiliki stabilitas volume dan durabilitas yang baik daripada semen.

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (adukan) dan beton. Atau didefinisikan sebagai

bahan yang dipakai sebagai pengisi, dipakai bersama dengan bahan perekat dan membentuk suatu massa yang keras, padat bersatu yang disebut beton.

Selain seperti diuraikan diatas, fungsi utama agregat halus adalah sebagai bahan pengisi diantara agregat kasar, sehingga ikatan menjadi lebih kuat.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971) agregat halus sebagai campuran untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Tidak boleh mengandung lumpur lebih besar dari 5% berat.
2. Tidak boleh mengandung bahan organis terlalu banyak.
3. Pasir harus terdiri dari butir tajam dan keras.
4. Butiran pasir harus terdiri dari beraneka ragam, Jika diuji dengan test ayakan ISO:
  - Sisa di atas ayakan 4 mm minimal 2% berat total
  - Sisa di ayakan 1 mm minimum 10% berat total
  - Sisa di ayakan 0.25 mm minimum 80 – 90% berat total
5. Tidak boleh menggunakan pasir laut.

Persyaratan batas gradasi agregat halus juga dijelaskan pada SNI-03-2834-1993 seperti Tabel 2.1, Gambar 2.1 - 2.4.

Tabel 2.1: Batas gradasi agregat halus (SNI-03-2834-1993).

Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir yang Lolos Aayakan			
		1	2	3	4
9.6	3/8 in	100	100	100	100
4.8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus.

Pada penelitian ini sesuai dengan standar SNI, agar agregat halus diteliti terhadap:

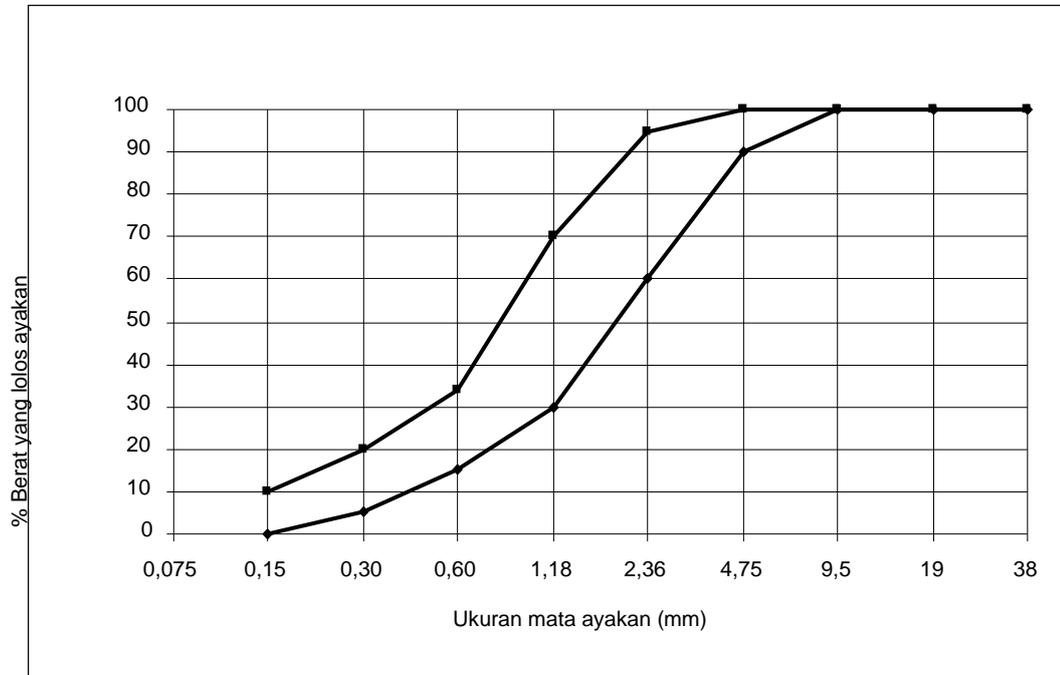
1. Modulus kehalusan
  2. Berat jenis
  3. Absorpsi
  4. Kadar air
  5. Kadar lumpur
  6. Berat isi
- b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (ASTM C33, 1982), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.

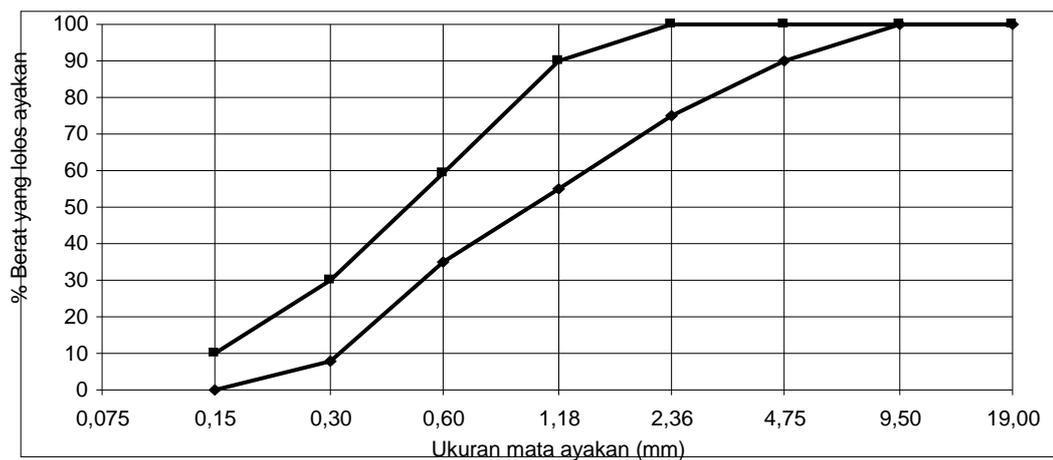
Menurut ASTM C33 (1986), agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
  - a. Sisa di atas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total
  - b. Sisa di atas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total
  - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.

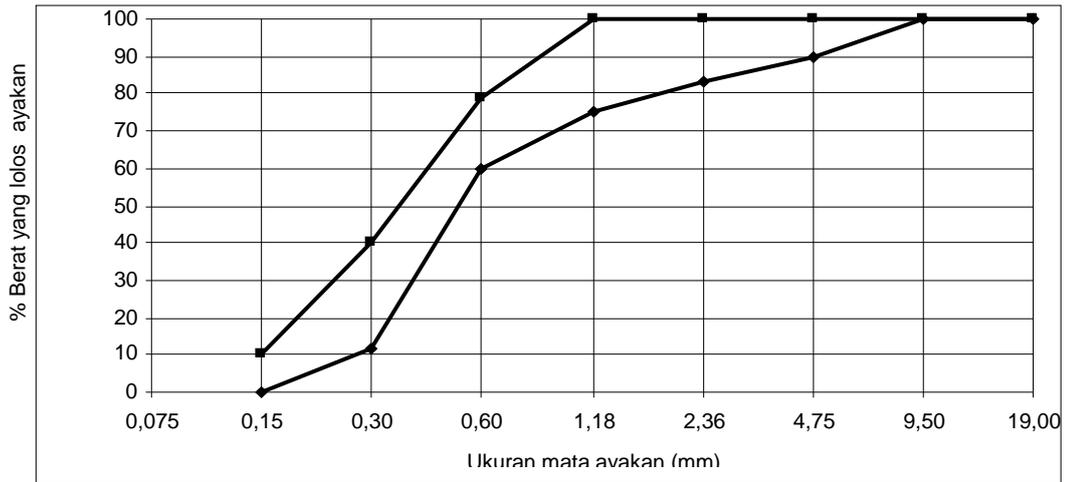
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan,  $\frac{1}{3}$  dari tebal plat atau  $\frac{3}{4}$  dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.



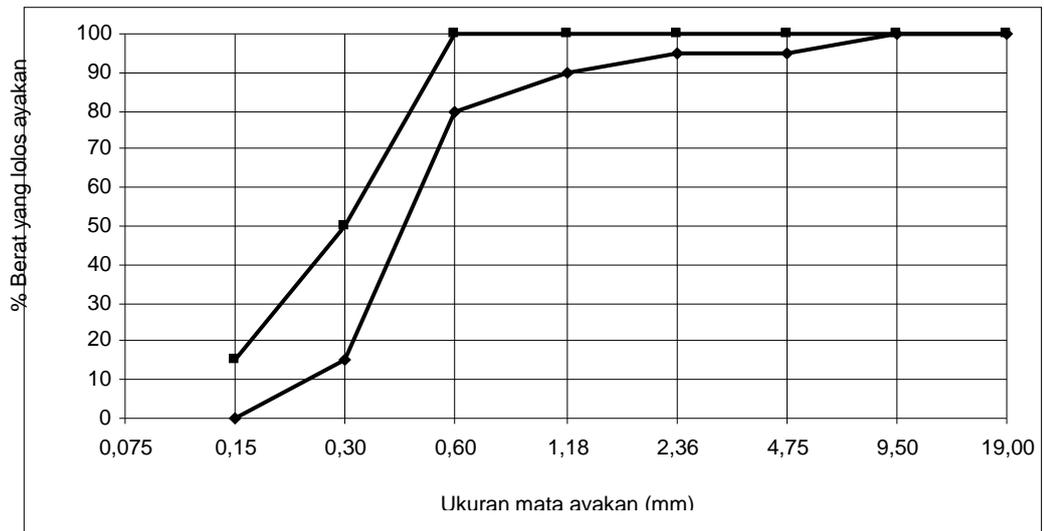
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SNI-03-2834-1993).



Gambar 2.2: Daerah gradasi pasir sedang (SNI-03-2834-1993).



Gambar 2.3: Daerah gradasi pasir agak halus (SNI-03-2834-1993).



Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir halus (SNI-03-2834-1993).

Menurut ASTM C33 (1986), batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.2. dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman. Pada penelitian ini sesuai dengan SNI, agregat kasar yang diteliti terhadap berbagai percobaan yaitu:

- a. Modulus kehalusan agregat kasar
- b. Berat jenis agregat kasar

- c. Penyerapan (*Absorpsi*) agregat kasar
- d. Kadar air agregat kasar
- e. Kadar lumpur agregat kasar
- f. Berat isi agregat kasar
- g. Keausan agregat kasar

Tabel 2.2: Batas gradasi agregat kasar (ASTM C33, 1986).

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38,1-4,76	19,0-4,76	9,6-4,76
38,1	95-100	100	
19,0	35-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50-85
4,75	0-5	0-10	0-10

### 2.3.3. Air

Air yang dimaksud disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton. Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton.

Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara semen dan faktor air. Persyaratan mutu air menurut SNI 03-2847-2002, adalah sebagai berikut:

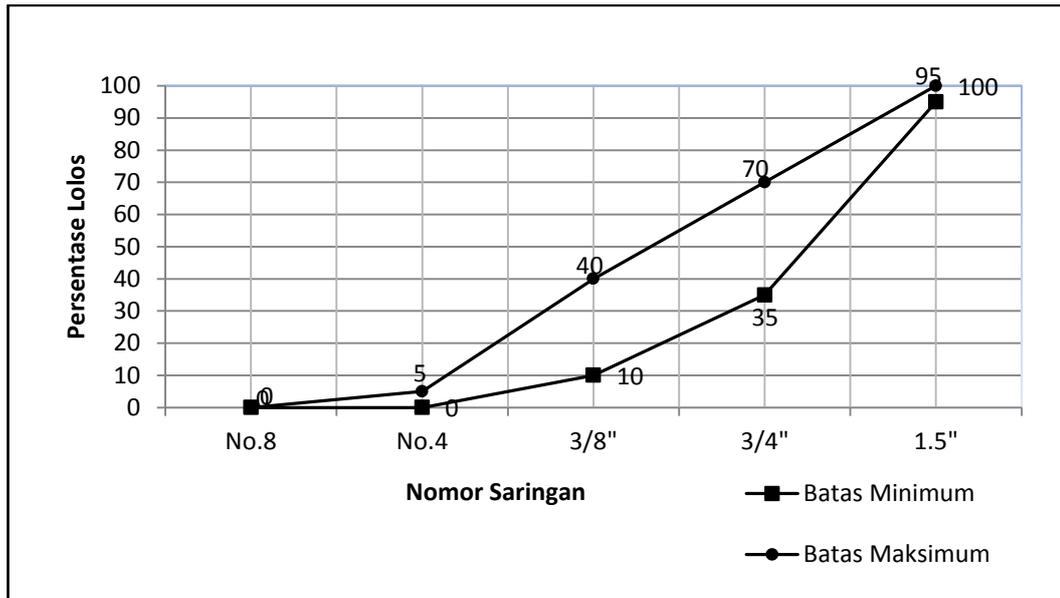
- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.

- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
- Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
  - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (Menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C 109 ).

#### **2.3.4. Cangkang biji karet**

Tanaman karet menghasilkan biji karet dalam jumlah banyak. Biji karet terdapat dalam setiap ruang buah. Jumlah biji berkisar tiga sampai enam sesuai dengan jumlah ruang. Ukuran biji besar dengan kulit keras. Warnanya coklat kehitaman dengan bercak-bercak berpola yang khas. Sesuai dengan sifat dikotilnya, akar tanaman karet merupakan akar tunggal. Biji karet mempunyai bentuk ellipsoidal, dengan panjang 2,5 - 3 cm, yang mempunyai berat 2 - 4 gram/biji. Biji karet terdiri dari 40-50% kulit yang keras berwarna coklat, 50 - 60% kernel yang berwarna putih kekuningan. Kandungan air dalam biji karet cukup besar (Ikwaagwu dkk., 2000).

Dilihat dari komposisi kimianya, ternyata kandungan protein biji karet terhitung tinggi. Dari hasil analisa diketahui kadar proteinnya sebesar 24,21%, air 3,71%, abu 2,71%, thiamin 450µg, asam nikotinat 2,5µg, karoten dan tokoferol 250µg, dan sianida sebanyak 330 mg dari setiap 100 g bahan. Cangkang biji karet mempunyai lapisan sekeras lapisan tempurung kelapa, sehingga cangkang biji karet kadar air yang sama dengan tempurung kelapa yaitu kadar air sampai dengan 20%, dan berat jenis 0,35 - 0,4 kg/liter.



Gambar 2.5: Batas gradasi agregat kasar (ASTM C33, 1986).

#### 2.4. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03 2834-1993

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'c$  pada umur tertentu.
2. Penghitungan nilai deviasi standar (S).

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji 30 atau lebih dapat dilihat pada Tabel 2.3. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar dengan benda uji kurang dari 15, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f'cr$  harus diambil tidak kurang dari ( $f'c + 12$  MPa).

Tabel 2.3: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia kurang dari 30 (SNI 03-2834-1993).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'c + 12$ Mpa

Tabel 2.3: *Lanjutan.*

15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Perhitungan nilai tambah (margin) dapat dilihat pada Tabel 2.3.
4. Kuat tekan rata-rata perlu  $f'cr$ .

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus:

$$f'cr = f'c + m \quad (2.1)$$

dengan:

$f'cr$  = kuat tekan rata-rata perlu, MPa

$f'c$  = kuat tekan yang disyaratkan, MPa

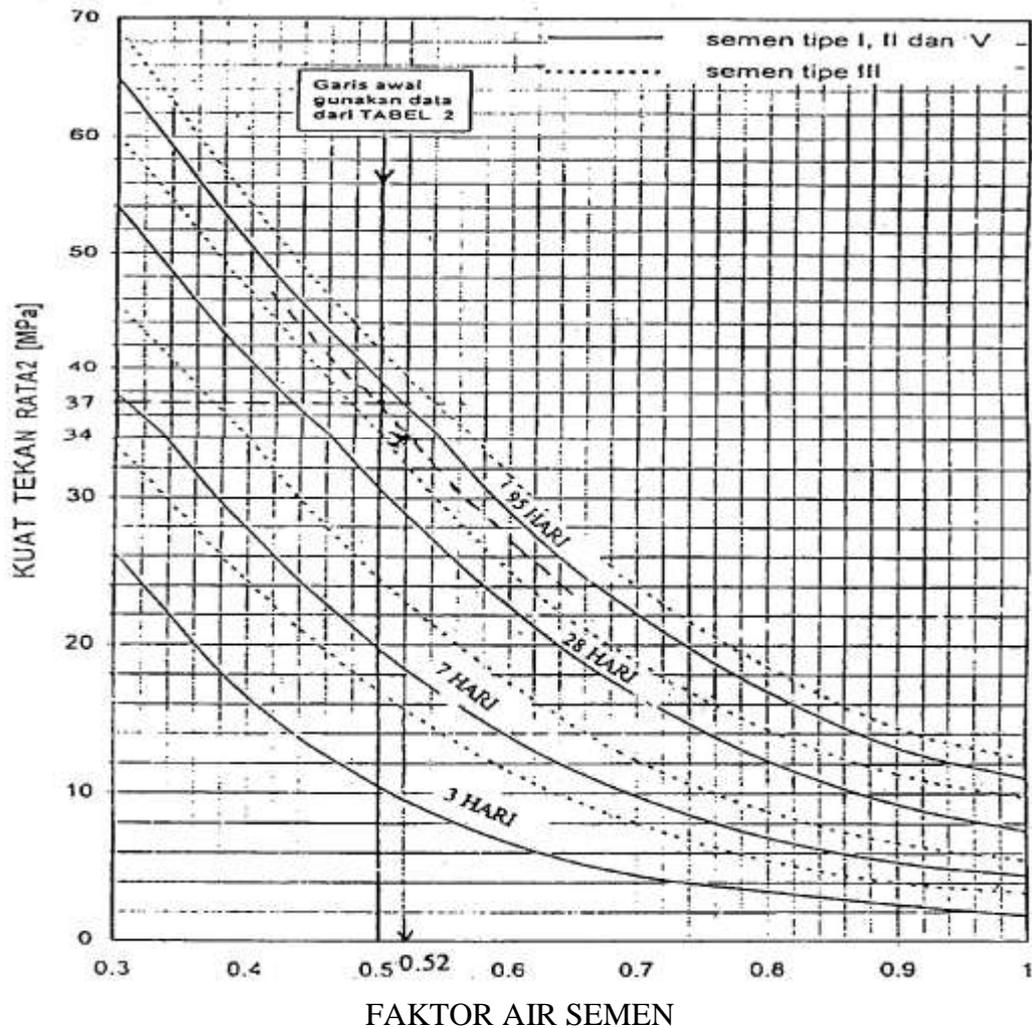
$m$  = nilai tambah, Mpa

Tabel 2.4: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

Tingkat mutu pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Tingkat mutu pekerjaan	S (MPa)
Hampir Memuaskan	3,5
Sangat Baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5

5. Penetapan jenis semen *portland*  
Pada cara ini dipilih semen tipe I.
6. Penetapan jenis agregat  
Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, berupa agregat alami (batu pecah atau pasir buatan).
7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

Nilai faktor air semen bebas dapat diambil dari dari Gambar 2.6 yang menjelaskan tentang hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.6: Hubungan faktor-air-semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2834-1993)

5. Faktor air semen maksimum.
6. Penetapan nilai *slump*.  
Penetapan nilai *slump* ditentukan, berupa 0 - 10 mm, 10 - 30 mm, 30 - 60 mm atau 60 - 180 mm.
7. Penetapan besar butir agregat maksimum.

Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu 10 mm, 20 mm atau 40 mm.

8. Jumlah kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel di 2.5.

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$2/3 Wh + 1/3 Wk \quad (2.2)$$

Dengan:

*Wh* adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

*Wk* adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

Tabel 2.5: Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834, 1993).

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

9. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan:

$$Wsmn = 1/Fas * W air \quad (2.3)$$

*Fas* = Faktor air per meter kubik beton

10. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

11. Menentukan jumlah semen semimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.6. Dari tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 2.6: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-1993).

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55

12. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

13. Penetapan jenis agregat halus:

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.1), sedang (Gambar 2.2), agak halus (Gambar 2.3) dan pasir halus (Gambar 2.4).

14. Penetapan jenis agregat kasar menurut gambar 2.5.

15. Persentase agregat halus terhadap agregat campuran.

Persentase agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan faktor air semen menurut butir 15, dan daerah susunan butir 16, secara tegak lurus berpotongan dengan mengetahui nilai slump menurut butir 9, dapat dilihat pada Gambar 2.7 – 2.9.

16. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_{j\text{ camp}} = Kh/100 \times B_{jh} + Kk/100 \times B_{jk} \quad (2.4)$$

Dengan:

$B_{j\text{ camp}}$  = berat jenis agregat campuran

$B_{jh}$  = berat jenis agregat halus

$B_{jk}$  = berat jenis agregat kasar

$K_h$  = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

$K_k$  = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

17. Perkiraan berat isi beton.

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.10.

18. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \quad (2.5)$$

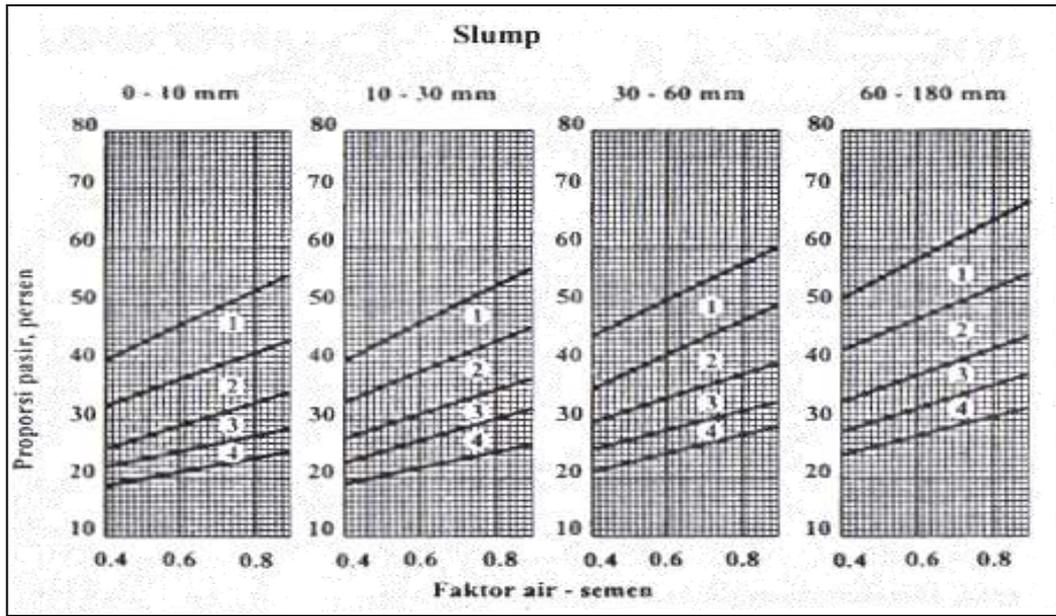
Dengan:

$W_{agr,camp}$  = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton  
( $kg/m^3$ )

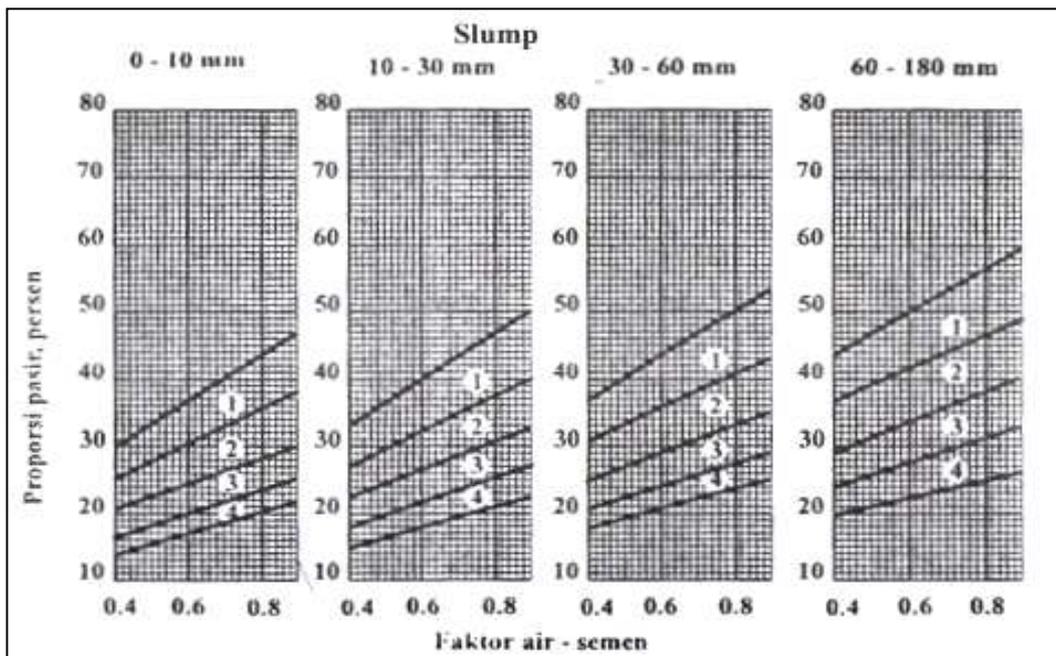
$W_{btn}$  = Berat beton per meter kubik beton ( $kg/m^3$ )

$W_{air}$  = Berat air per meter kubik beton ( $kg/m^3$ )

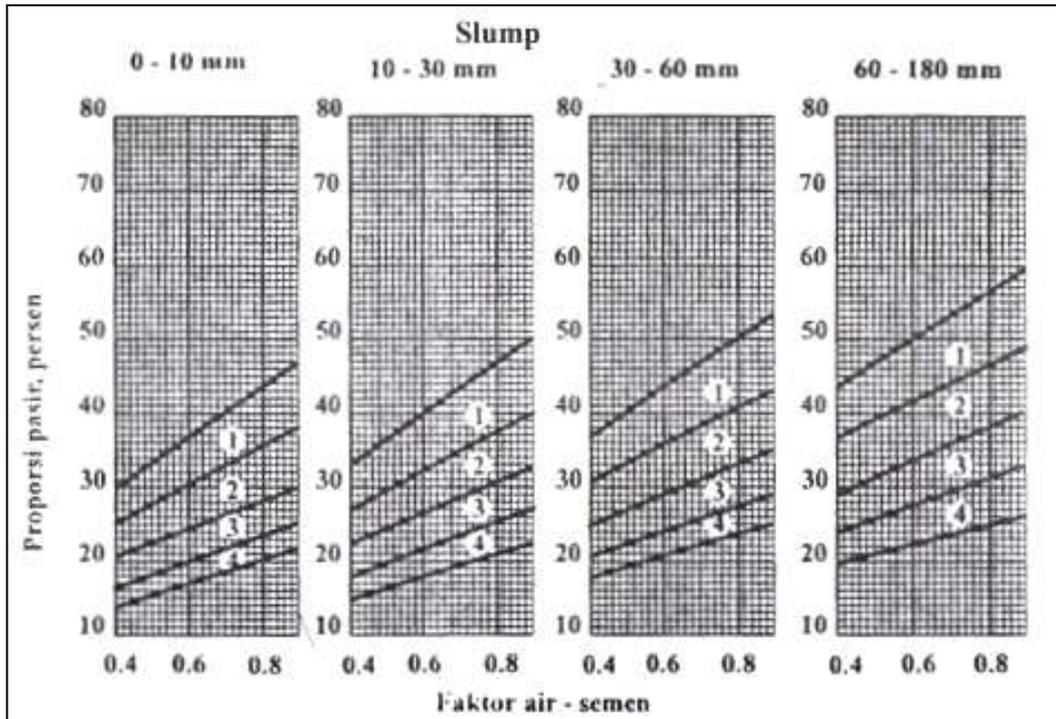
$W_{smn}$  = Berat semen per meter kubik beton ( $kg/m^3$ )



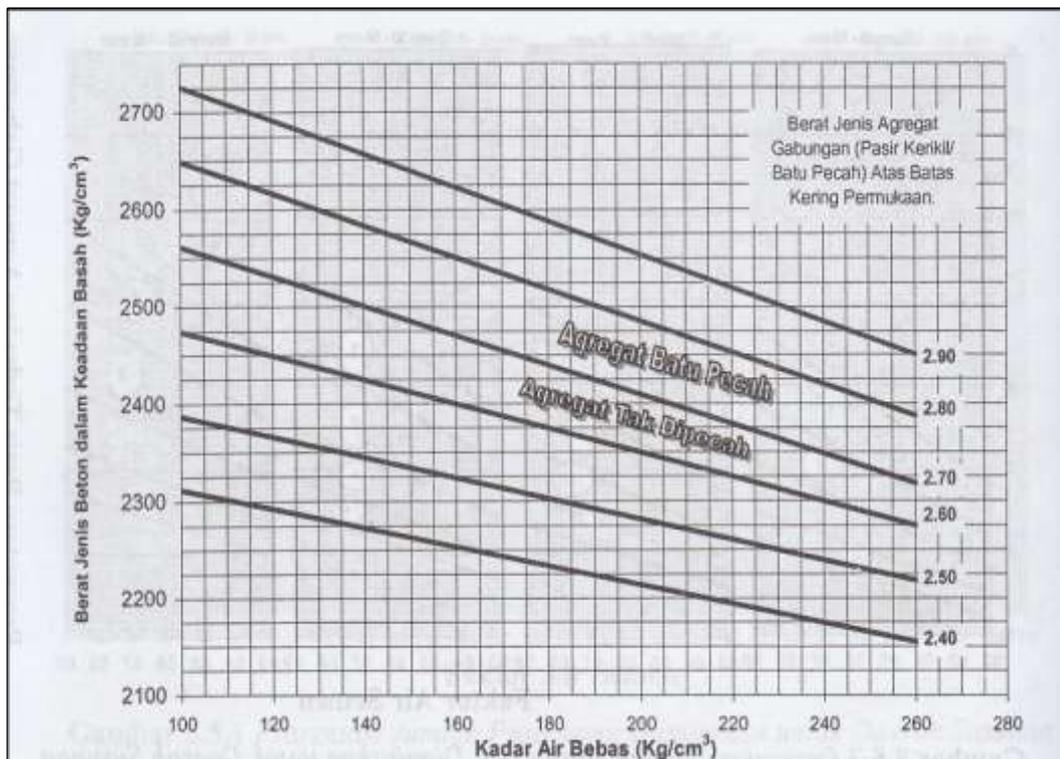
Gambar 2.7: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.8: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.9: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 2.10: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-1993).

19. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21).

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,h} = Kh \times W_{agr,camp} \quad (2.6)$$

Dengan:

$Kh$  = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%)

$W_{agr,camp}$  = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton ( $kg/m^3$ )

20. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = Kk \times W_{agr,camp} \quad (2.7)$$

Dengan :

$Kk$  = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$  = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton ( $kg/m^3$ ).

21. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per  $m^3$  adukan.

22. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$a. \text{ Air} = B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \quad (2.8)$$

$$b. \text{ Agregat halus} = C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \quad (2.9)$$

$$c. \text{ Agregat kasar} = D + (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \quad (2.10)$$

Dengan:

B adalah jumlah air ( $kg/m^3$ )

C adalah agregat halus ( $kg/m^3$ )

D adalah jumlah agregat kasar ( $kg/m^3$ )

$C_a$  adalah absorpsi air pada agregat halus (%)

$D_a$  adalah absorpsi agregat kasar (%)

$C_k$  adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

$D_k$  adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

### **2.5. Slump Test**

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambah (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

### **2.6. Perawatan Beton**

Hidrasi pada semen terjadi karena adanya air yang dicampurkan ke dalam adukan beton. Kondisi ini harus dipertahankan agar reaksi hidrasi kimiawi terjadi dengan sempurna. Jika beton terlalu cepat mengering, maka akan terjadi retak pada permukaannya. Kekuatan beton akan berkurang sebagai akibat retak ini, juga akibat kegagalan mencapai reaksi kimiawi penuh. Kondisi perawatan beton yang baik dapat dicapai dengan melakukan beberapa langkah, yaitu:

1. *Water (Standar Curing)*

Perawatan ini dilakukan dengan menggunakan media air. Beton direndam didalam air selama waktu yang diperlukan untuk menggunakan beton tersebut.

### 2. *Exposed Atmosfer*

Disini beton dibiarkan setelah dibuka dari cetakan didalam ruangan menurut temperatur ruangan tersebut.

### 3. *Saeled* atau *wropping*

Perawatan beton dengan cara ini membalut dan menutupi menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karun basah, film plastic atau kertas perawatan tanah air, agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

### 4. *Steam Curing* (perawatan uap)

Perawatan dengan uap seringkali digunakan untuk beton yang dihasilkan dari pabrik. Temperatur perawatan uap ini 80 - 150° C dengan tekanan udara 76 mmHg dan biasanya lama perawatan satu hari.

### 5. *Autoclave*

Perawatan beton dengan cara memberikan tekanan yang tinggi pada beton dalam ruangan tertutup, untuk mendapatkan beton mutu tinggi.

## 2.7. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan (*Compressive Strength*) untuk setiap umur beton dan kuat tekan rata-ratanya tergantung pada karakteristik pemakain semen, penggunaan bahan lain pembentuk beton dan kehalusan bahan tambahan.

Untuk melakukan pengujian kuat tekan benda uji digunakan alat *Universal Testing Machine*. Beban yang bekerja akan didistribusikan secara merata dan kontinyu melalui titik berat sepanjang sumbu longitudinal dengan tegangan yang dihasilkan sebesar:

$$f \text{ (saat pengujian)} = \frac{P}{A} \quad (2.11)$$

Dimana :

$$f \text{ (saat pengujian)} = \text{Kuat tekan saat pengujian (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P = \text{Beban tekan (kg)}$$

$A$  = Luas penampang ( $cm^2$ )

Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuat tekan dapat di estimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefisien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f \text{ (estimasi 28 hari)} = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}} \quad (2.12)$$

Dimana :

$f$  (estimasi 28 hari) = kuat tekan estimasi 28 hari ( $kg/cm^2$ )

$f$  (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian ( $kg/cm^2$ )

koefisien = koefisien dari umur beton

Tabel 2.7: Koefisien Perbandingan Kekuatan Tekan Beton pada Berbagai Umur (Tjokrodinuljo, 2007).

Umur (hari)	7	14	21	28
Koefisien	0,65	0,88	0,95	1.00

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Umum**

##### **3.1.1. Metodologi Penelitian**

Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

1. Data primer

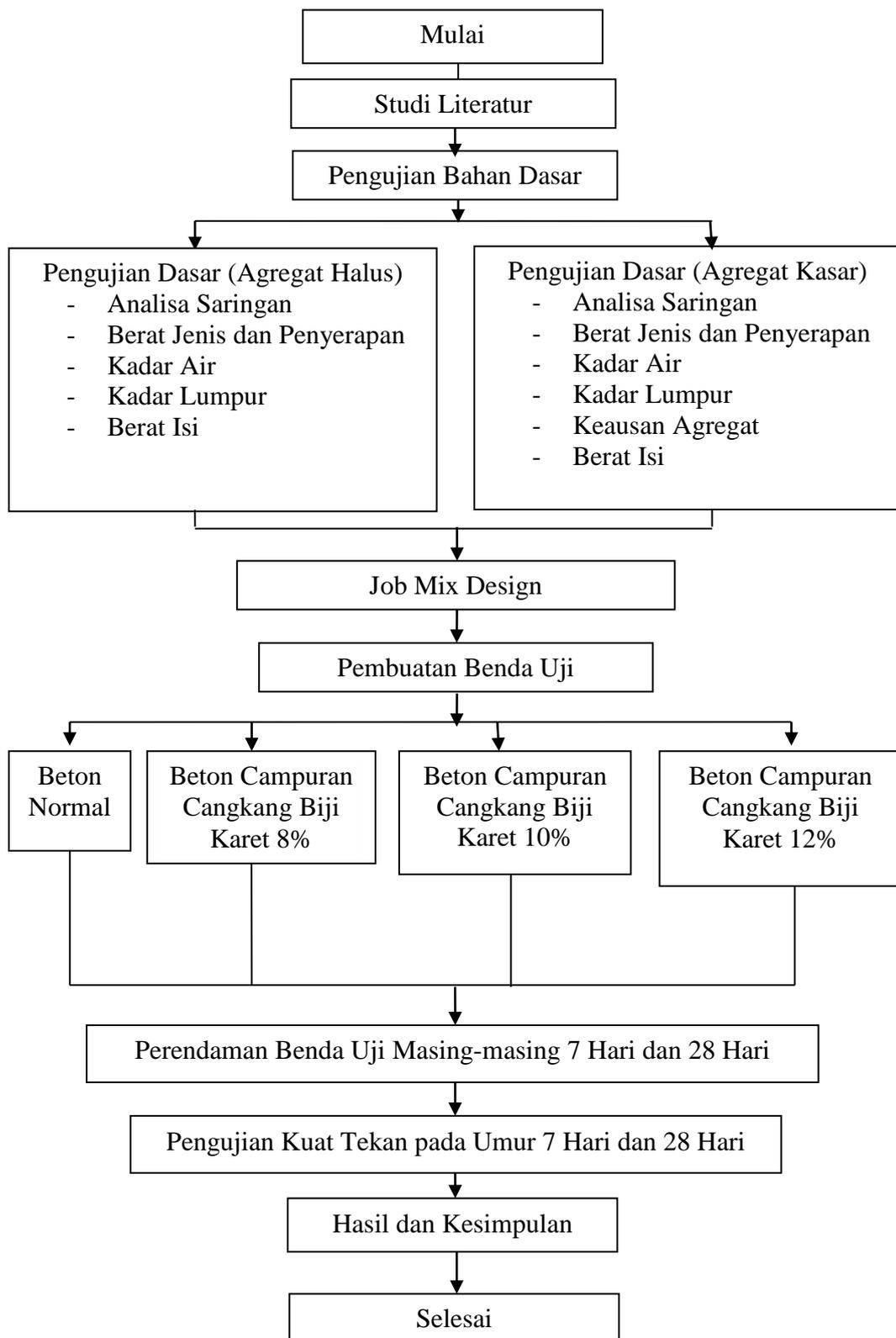
Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- f. Kekentalan adukan beton segar (*slump*).
- g. Uji kuat tekan beton.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai SNI-03-2834 (1993), PBI (Peraturan Beton Indonesia), ASTM serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

## **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dimulai pada Maret 2017 sampai dengan September 2017. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

## **3.3. Bahan dan Peralatan**

### **3.3.1. Bahan**

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

1. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang tipe I PPC.

2. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai.

3. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil yang diperoleh dari daerah Binjai.

4. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

5. Biji karet

Biji karet yang digunakan adalah biji karet yang diambil dari perkebunan karet di Namu Ukur, Kabupaten Langkat.

6. Cangkang biji karet

Cangkang biji karet diperoleh dari pemisahan antara biji dan cangkang karet.

### **3.3.2. Peralatan**

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

a. Alat-alat pendukung pengujian material.

- b. Timbangan digital.
- c. Alat pengaduk beton (*mixer*).
- d. Cetakan benda uji berbentuk silinder.
- e. Mesin kompres (*compression test*).

### **3.4. Persiapan Penelitian**

Setelah seluruh material sampai di lokasi penelitian, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan nantinya dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material.

### **3.5. Pemeriksaan Agregat**

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di laboratorium mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan agregat.

### **3.6. Pemeriksaan Agregat Halus**

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.

#### **3.6.1. Kadar Air Agregat Halus**

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566 tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.1 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.1: Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	800	834
Berat contoh kering oven & berat wadah (W2)	787	821
Berat wadah (W3)	200	223
Berat Air (W1-W2)	13	13
Berat contoh kering (W2-W3)	587	598
Kadar Air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	2,21	2,17
Rata-rata	2,19	

Berdasarkan Tabel 3.1 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat halus yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU, didapat rata-rata kadar air sebesar 2,19%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 2,21%, sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 2,17%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu 2% - 20%.

### 3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 117 tentang kadar lumpur agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.2: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh kering (gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci (gr)	484	483	483,5

Tabel 3.2: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat Kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (gr)	16	17	16,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	3,2	3,4	3,3

Berdasarkan Tabel 3.2 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3,2%, dan sampel kedua sebesar 3,4%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,3%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu  $< 5\%$ .

### 3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 128 tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.3: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E)	491	492	491,5
Berat piknometer penuh air (D)	695	695	695
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	1000	1003	1001,5
Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$	2,52	2,56	2,54

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat jenis contoh SSD $B/(B+D-C)$	2,52	2,56	2,54
Berat jenis contoh semu $E/(E+D-C)$	2,56	2,60	2,58
Penyerapan $((B-E)/E) \times 100\%$	1,83	1,63	1,73

Hasil yang didapat dari pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus adalah nilai berat jenis contoh SSD rata-rata sebesar 2,58 dan Penyerapan rata-rata sebesar 1,73%, yang selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk persyaratan campuran beton. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu < 2%.

#### 3.6.4. Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29 tentang berat isi agregat halus. Dari hasil penelitian di dapat data-data yang terlampir pada Tabel 3.4 sehingga dapat diketahui nilai berat isi agregat halus yang digunakan.

Tabel 3.4: Data-data dari hasil penelitian berat isi agregat halus.

Test / Pengujian	Contoh I	Contoh II	Contoh III	Rata-rata
Berat Contoh + Wadah (W1)	19926	20426	21180	20510,67
Berat Wadah (W2)	5300	5300	5300	5300
Berat Contoh (W3) = (W1-W2)	14626	15126	15880	15211
Volume Wadah (W4)	10952,23	10952,23	10952,23	10952,23
Berat Isi (W3/W4)	1,335	1,381	1,450	1,389

Berdasarkan Tabel 3.4, percobaan berat isi agregat halus didapat rata-rata pada pengujian sebesar 1,389  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga sampel, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan

volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu  $> 1,125 \text{ kg/cm}^3$ .

### 3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 33 tentang analisa saringan agregat halus. Data-data hasil penelitian dapat dilihat dari Tabel 3.5, sehingga dapat diketahui nilai modulus kehalusan serta zona agregat halus yang digunakan.

Tabel 3.5: Data-data dari hasil penelitian analisa saringan.

No Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
	9.50 (No 3/8 in)	0	0	0		
4.75 (No. 4)	34	41	75	3,66	3,66	96,34
2.36 (No. 8)	78	84	162	7,90	11,56	88,44
1.18 (No.16)	162	169	331	16,15	27,71	72,29
0.60 (No. 30)	253	258	511	24,93	52,63	47,37
0.30 (No. 50)	267	274	541	26,39	79,02	20,98
0.15 (No. 100)	160	168	328	16,00	95,02	4,98
Pan	46	56	102	4,98	100,00	0,00
Total	1000	1050	2050	100		

Pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834 (1993), yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat. Apakah agregat yang dipakai termasuk zona pasir kasar, sedang, agak halus, atau pasir halus. Penjelasan nilai kumulatif agregat didapat dari penjelasan berikut ini:

Total berat pasir = 2050 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{No.4} &= \frac{75}{2050} \times 100\% = 3,66\% \\
\text{No.8} &= \frac{162}{2050} \times 100\% = 7,90\% \\
\text{No.16} &= \frac{331}{2050} \times 100\% = 16,15\% \\
\text{No.30} &= \frac{551}{2050} \times 100\% = 24,93\% \\
\text{No.50} &= \frac{541}{2050} \times 100\% = 26,39\% \\
\text{No.100} &= \frac{328}{2050} \times 100\% = 16,00\% \\
\text{Pan} &= \frac{102}{2050} \times 100\% = 4,98\%
\end{aligned}$$

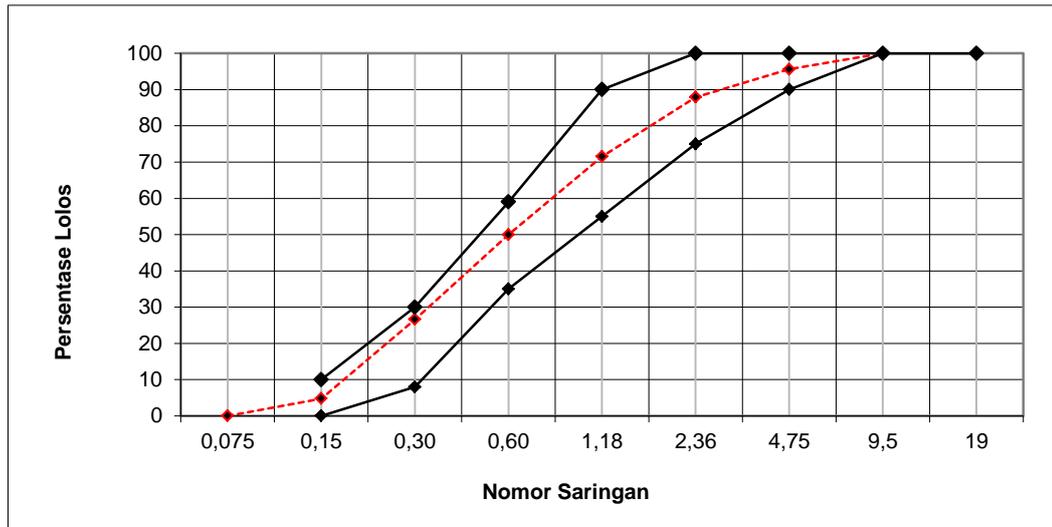
- Persentase berat komulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
\text{No.4} &= 0 + 3,66 = 3,66\% \\
\text{No.8} &= 3,66 + 7,90 = 11,56\% \\
\text{No.16} &= 11,56 + 16,15 = 27,71\% \\
\text{No.30} &= 27,71 + 24,93 = 52,63\% \\
\text{No.50} &= 52,63 + 26,39 = 79,02\% \\
\text{No.100} &= 79,02 + 16,00 = 95,02\% \\
\text{Pan} &= 95,02 + 4,98 = 100\%
\end{aligned}$$

- Persentase berat rata-rata yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
\text{No.4} &= 100 - 3,66 = 96,34\% \\
\text{No.8} &= 100 - 11,56 = 88,44\% \\
\text{No.16} &= 100 - 27,71 = 72,29\% \\
\text{No.30} &= 100 - 52,63 = 47,37\% \\
\text{No.50} &= 100 - 79,02 = 20,98\% \\
\text{No.100} &= 100 - 95,02 = 4,98\% \\
\text{Pan} &= 100 - 100 = 0,0\%
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Komulatif tertahan}}{100} \\
&= \frac{269,61}{100} \\
&= 2,70
\end{aligned}$$



Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

Berdasarkan Gambar 3.2 menjelaskan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada Tabel 3.5 diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,70 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang) seperti Gambar 3.2.

### 3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

- Pemeriksaan kadar air.
- Pemeriksaan kadar lumpur.
- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi.
- Pemeriksaan analisa saringan.
- Keausan Agregat

#### 3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566 tentang kadar air agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 sehingga diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.6 Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD & berat wadah (W1)	2994	3043	3019
Berat contoh SSD	2500	2550	2525
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	2980	3027	3004
Berat wadah (W3)	494	493	494
Berat air (W1-W2)	14	16	15
Berat contoh kering (W2-W3)	2486	2534	2510
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	0,56	0,63	0,60

Berdasarkan Tabel 3.6 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar yang menggunakan dua sampel yang kemudian dirata-ratakan. Dari hasil pengujian didapat nilai kadar air agregat kasar pada contoh pertama sebesar 0,56%, pada contoh kedua sebesar 0,63%. Sedangkan nilai rata-rata kadar air pada agregat kasar yang diteliti adalah sebesar 0,60% dan hasil tersebut telah memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu 0,5% - 1,5%.

### 3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 117 tentang kadar lumpur agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.7: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering: A (gr)	1200	1200	1200
Berat contoh setelah dicuci: B (gr)	1193	1192	1192,5

Tabel 3.7: *Lanjutan.*

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci: C (gr)	7	8	7,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,583	0,667	0,6

Berdasarkan Tabel 3.7 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel yang menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,583%, dan sampel kedua sebesar 0,667%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,6%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur diatas telah memenuhi syarat yaitu  $< 1\%$ .

### 3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127 tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.8: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	2500	2550	2525
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C)	2481	2532	2506,5
Berat contoh jenuh (B)	1579	1600	1589,5
Berat jenis contoh kering (C/(A-B))	2,69	2,67	2,68

Tabel 3.8: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat jenis contoh SSD ( $A/(A-B)$ )	2,71	2,68	2,70
Berat jenis contoh semu ( $C/(C-B)$ )	2,75	2,72	2,73
Penyerapan ( $(A-C)/C \times 100\%$ )	0,77	0,71	0,74

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorbtion*) pada agregat halus yang diteliti. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,68 gr/cm<sup>3</sup>, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,70 gr/cm<sup>3</sup>, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,73 gr/cm<sup>3</sup>. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,74% dan berdasarkan ASTM C 127 nilai ini berada di bawah nilai absorpsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

#### 3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29 tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa.

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,661 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,606 gr/cm<sup>3</sup>. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,668 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi

agregat sebesar 1,709 gr/cm<sup>3</sup> dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu > 1,125 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabel 3.9: Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.

No	Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	31277	32229	32868	32124,67
2	Berat wadah (gr)	6440	6440	6440	6440
3	Berat contoh (gr)	24837	25789	26428	25685
4	Volume wadah (cm)	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	1,606	1,668	1,709	1,661

### 3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 33 tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.10: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.

No Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	98	75	173	3,43	3,43	96,57
19.0 (3/4 in)	1089	1157	2246	44,49	47,92	52,08
9.52 (3/8 in)	758	699	1457	28,86	76,78	23,22
4.75 (No. 4)	603	569	1172	23,22	100,00	0,00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 (No.16)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	100	0
Total	2548	2500	5048	100		

Berdasarkan Tabel 3.10, didapatkan nilai kumulatif agregat dan modulus kehalusan agregat kasar yang diperoleh dari persentase jumlah keseluruhan kumulatif tertahan agregat. Percobaan ini dilakukan dua kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C33 (1986), yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tata cara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-1993. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 5048 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{173}{5048} \times 100\% = 3,43\%$$

$$\frac{3}{4} = \frac{2246}{5048} \times 100\% = 44,49\%$$

$$\frac{3}{8} = \frac{1457}{5048} \times 100\% = 28,86\%$$

$$\text{No. 4} = \frac{1172}{5048} \times 100\% = 23,22\%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 3,43 = 3,43\%$$

$$\frac{3}{4} = 3,43 + 44,49 = 47,92\%$$

$$\frac{3}{8} = 47,92 + 28,86 = 76,78\%$$

$$\text{No.4} = 76,78 + 23,22 = 100,00\%$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$1,5 = 100 - 3,43 = 96,57\%$$

$$\frac{3}{4} = 100 - 47,92 = 52,08\%$$

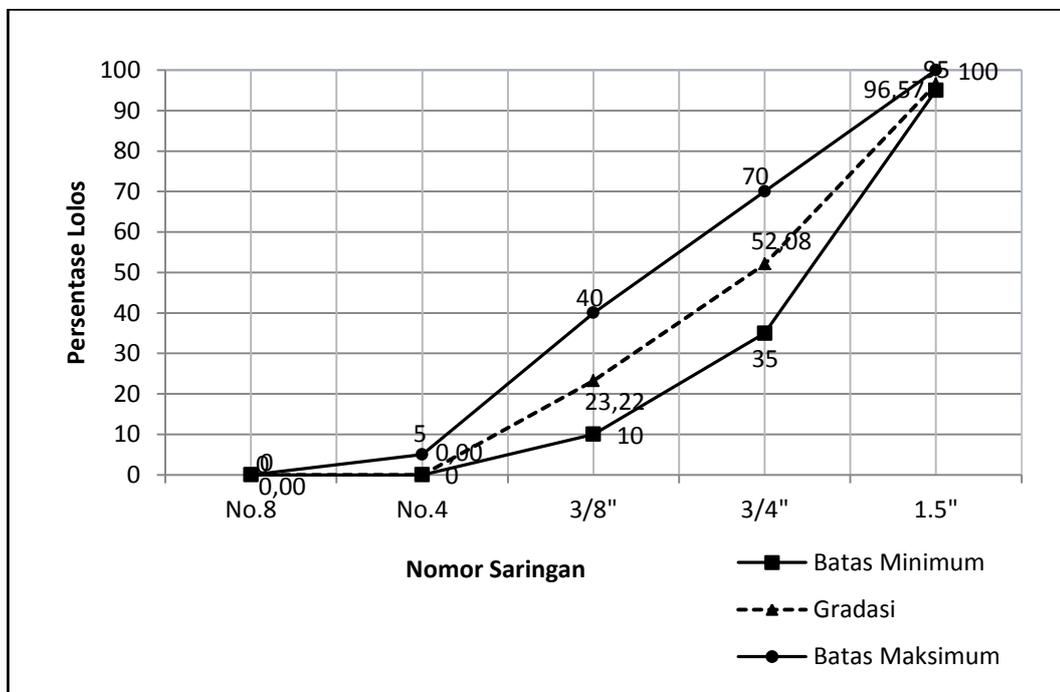
$$\frac{3}{8} = 100 - 76,78 = 23,22\%$$

$$\text{No. 4} = 100 - 100 = 0\%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 728,13

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{728,13}{100} \\ \text{FM} &= 7.28 \end{aligned}$$

Batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Batas gradasi kerikil atau koral diameter maksimum 40 mm.

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-1993, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

### 3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 131 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil UMSU tentang kekerasan agregat dengan Mesin *Los Angeles*.

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sampel sebelum pengujian = 5000 gr

Berat tiap-tiap ayakan tercantum dalam Tabel 3.11. Nilai keausan agregat didapatkan dari perbandingan persentase dari berat akhir agregat yang tertahan dengan saringan No. 12 dengan berat awal agregat yang diambil. Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar ketahanan agregat terhadap gesekan.

Tabel 3.11: Data-data dari hasil pengujian keausan agregat.

No Saringan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)
12,5 (1/2 in)	2500	1618
9,50 (3/8 in)	2500	568
4,75 (No. 4)	-	916
2,36 (No. 8)	-	418
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-
Pan	-	735
Total	5000	4255
	Berat lolos saringan No. 12	745
	<i>Abrasion (Keausan) (%)</i>	14,900 %

$$\begin{aligned} \text{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 4255}{5000} \times 100\% = 14,900\% \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan di dapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4255 gr dan nilai *abrasion* (keausan) sebesar 14,900%. Nilai tersebut telah memenuhi standar PBI 1971 bahwa nilai keausan agregat tidak lebih dari 50%.

### **3.8. Perencanaan Campuran Beton**

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton, dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia), yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

### **3.9. Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.9.1. *Trial Mix***

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

#### **3.9.2. Pembuatan Benda Uji**

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter berukuran 15 cm dan tinggi 30 cm yang berjumlah 32 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

#### **3.9.3. Pengujian *Slump***

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2834-1993.

#### **3.9.4. Perawatan Beton**

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 7 dan 28 hari.

### 3.9.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton.

Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak:

- Beton normal umur 7 hari : 4 buah.
- Beton normal umur 28 Hari : 4 buah.
- Beton variasi 8 % umur 7 hari : 4 buah.
- Beton variasi 8 % umur 28 hari : 4 buah.
- Beton variasi 10 % umur 7 hari : 4 buah.
- Beton variasi 10 % umur 28 hari : 4 buah.
- Beton variasi 12 % umur 7 hari : 4 buah.
- Beton variasi 12 % umur 28 hari : 4 buah.
- Total : 32 buah.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan.

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar =  $2,70 \text{ gr/cm}^3$
- Berat jenis agregat halus =  $2,54 \text{ gr/cm}^3$
- Kadar lumpur agregat kasar =  $0,60\%$
- Kadar lumpur agregat halus =  $3,30\%$
- Berat isi agregat kasar =  $1,661 \text{ gr/cm}^3$
- Berat isi agregat halus =  $1,389 \text{ gr/cm}^3$
- FM agregat kasar =  $7,28$
- FM agregat halus =  $2,70$
- Kadar air agregat kasar =  $0,60\%$
- Kadar air agregat halus =  $2,19\%$
- Penyerapan agregat kasar =  $0,74\%$
- Penyerapan agregat halus =  $1,73\%$
- Nilai slump rencana =  $30-60 \text{ mm}$
- Ukuran agregat maksimum =  $40 \text{ mm}$

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 20 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834-1993.

Setelah menganalisa, maka didapat proporsi untuk nilai perbandingan campuran beton per  $\text{m}^3$  sebesar:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
389,02	:	603,88	:	1275,58	:	169
1	:	1,55	:	3,28	:	0,43

Tabel 4.1: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-1993).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan		20 MPa	
2	Deviasi Standar	Tabel 2.3		12 MPa	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.4		5,7 MPa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		37,7 MPa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
		Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas	Gambar 4.1		0,437	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Dihitung		170 kg/m <sup>3</sup>	
12	Jumlah semen	11:7		389,02 kg/m <sup>3</sup>	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		389,02 kg/m <sup>3</sup>	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m <sup>3</sup>	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	Ditetapkan		0,437	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2		32%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Dihitung		2.66	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2437,5 kg/m <sup>3</sup>	
21	Kadar agregat gabungan	20 - 12 - 11		1878,48 kg/m <sup>3</sup>	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		601,11 kg/m <sup>3</sup>	
23	Kadar agregat kasar	21 - 22		1277,37 kg/m <sup>3</sup>	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m <sup>3</sup>	389,02	170	601,11	1277,37
- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,44	1,545	3,28	

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
24	- Tiap campuran uji 0,005304 m <sup>3</sup> (1 silinder)	2,06	0,90	3,19	6,78
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m <sup>3</sup>	389,02	169	603,88	1275,58
	- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,43	1,55	3,28
	- Tiap campuran uji 0,005304 m <sup>3</sup> (1 silinder)	2,06	0,90	3,20	6,77

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

$$\text{Tinggi} = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter} = 15 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,30 \\ &= 0,005304 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
  - = Banyak semen x Volume 1 benda uji
  - = 389,02 kg/m<sup>3</sup> x 0,005304 m<sup>3</sup>
  - = 2,06 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
  - = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
  - = 603,88 kg/m<sup>3</sup> x 0,005304 m<sup>3</sup>
  - = 3,20 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
  - = Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
  - = 1275,58 kg/m<sup>3</sup> x 0,005304 m<sup>3</sup>
  - = 6,77 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
&= 169 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
&= 0,90 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

$$\begin{array}{ccccccc}
\text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
2,06 & : & 3,20 & : & 6,77 & : & 0,90
\end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,427	$\frac{3,427}{100} \times$	6,77	0,23
¾	44,492	$\frac{44,492}{100} \times$	6,77	3,01
3/8	28,862	$\frac{28,862}{100} \times$	6,77	1,95
No. 4	23,217	$\frac{23,217}{100} \times$	6,77	1,57
Total				6,77

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,23 kg, saringan ¾ sebesar 3,01 kg, saringan 3/8 sebesar 1,95 kg dan saringan no 4 sebesar 1,57 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 6,77 kg.

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,12 kg, saringan no 8 sebesar 0,25 kg, saringan no 16 sebesar 0,52 kg, saringan no 30 sebesar 0,80 kg, saringan no 50 sebesar 0,85 kg, saringan no 100 sebesar

0,51 kg, dan pan sebesar 0,16 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 3,20 kg.

Tabel 4.3: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	3,658	$\frac{3,658}{100} \times$	3,20	0,12
No.8	7,902	$\frac{7,902}{100} \times$	3,20	0,25
No.16	16,146	$\frac{16,146}{100} \times$	3,20	0,52
No.30	24,926	$\frac{24,926}{100} \times$	3,20	0,80
No.50	26,390	$\frac{26,390}{100} \times$	3,20	0,85
No.100	16	$\frac{16}{100} \times$	3,20	0,51
Pan	4,975	$\frac{4,975}{100} \times$	3,20	0,16
Total				3,20

b. Bahan pengganti agregat kasar

Untuk penggunaan bahan pengganti agregat kasar tertahan saringan 3/8 menggunakan cangkang biji karet sebesar 8%, 10% dan 12% dapat dilihat pada Tabel 4.4.

- Cangkang biji karet yang dibutuhkan sebanyak 8% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{8}{100} \times \text{agregat kasar tertahan } 3/8 \\
 &= \frac{8}{100} \times 1,95 \text{ kg} \\
 &= 0,15 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, agregat kasar tertahan saringan 3/8 yang digunakan adalah

$$= 1,95 - 0,15 = 1,8 \text{ kg}$$

- Cangkang biji karet yang dibutuhkan sebanyak 10% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10}{100} \times \text{agregat kasar tertahan } 3/8 \\
 &= \frac{10}{100} \times 1,95 \text{ kg} \\
 &= 0,19 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, agregat kasar tertahan saringan 3/8 yang digunakan adalah

$$\begin{aligned}
 &= 1,95 - 0,19 \\
 &= 1,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Cangkang biji karet yang dibutuhkan sebanyak 12% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12}{100} \times \text{agregat kasar tertahan } 3/8 \\
 &= \frac{12}{100} \times 1,95 \text{ kg} \\
 &= 0,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, agregat kasar tertahan saringan 3/8 yang digunakan adalah

$$\begin{aligned}
 &= 1,95 - 0,23 \\
 &= 1,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4: Banyak cangkang biji karet dan agregat kasar 3/8 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

Penggunaan Bahan Ganti	Cangkang Biji Karet (kg)	Berat Agregat Kasar 3/8 (kg)
8%	0,15	1,8
10%	0,19	1,76
12%	0,23	1,72

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah penggunaan bahan ganti dan agregat kasar 3/8 sebesar 8% adalah 0,15 kg untuk berat cangkang biji karet dan 1,8 kg untuk berat agregat kasar, jumlah bahan ganti dan agregat kasar 3/8 sebesar 10% adalah 0,19 kg untuk berat cangkang biji karet dan 1,76 kg untuk berat agregat kasar, dan jumlah bahan ganti serta agregat kasar 3/8 sebesar 12% adalah 0,23 kg untuk berat cangkang biji karet dan 1,72 kg untuk agregat kasar.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 32 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak semen 1 benda uji x 32 benda uji
  - =  $2,06 \times 32$
  - = 66,02 kg
- Agregat kasar tertahan saringan 3/8 yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - Untuk beton normal
    - = banyak agregat kasar untuk 1 benda uji x 8
    - =  $1,95 \times 8$
    - = 15,6 kg
  - Untuk beton bahan pengganti 8%
    - = banyak agregat kasar untuk 1 benda uji x 8
    - =  $1,8 \times 8$
    - = 14,4 kg
  - Untuk beton bahan pengganti 10%
    - = banyak agregat kasar untuk 1 benda uji x 8
    - =  $1,76 \times 8$
    - = 14,08 kg
  - Untuk beton bahan pengganti 12%
    - = banyak agregat kasar untuk 1 benda uji x 8
    - =  $1,72 \times 8$
    - = 13,76 kg

Maka, jumlah agregat tertahan 3/8 yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah:  $15,6 + 14,4 + 14,08 + 13,76 = 57,84$  kg.

Sedangkan untuk jumlah tiap ayakan secara keseluruhan pasir yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah:

- Pasir yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak pasir untuk 1 benda uji x 32
  - =  $3,20 \times 32$
  - = 102,50 kg
- Agregat kasar yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

= Banyak agregat kasar untuk 1 benda uji x 32

= 6,77 x 32

= 216,50 kg

- Air yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

= Banyak air untuk 1 benda uji x 32

= 0,90 x 32

= 28,687 kg

Perbandingan untuk 32 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air  
66,02 : 102,50 : 216,50 : 28,69

Berdasarkan analisa saringan untuk 32 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	X berat batu pecah	
1,5	3,427	$\frac{3,427}{100}$	X 216,50	7,42
$\frac{3}{4}$	44,492	$\frac{44,492}{100}$	X 216,50	96,33
3/8	28,862	$\frac{28,862}{100}$	X 216,50	62,49
No. 4	23,217	$\frac{23,217}{100}$	X 216,50	50,27
Total				216,50

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 7,42 kg, saringan 3/4 sebesar 96,33 kg, saringan 3/8 sebesar 62,49 kg dan saringan no 4 sebesar 50,27 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 32 benda uji sebesar 216,50 kg.

Tabel 4.6: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	3,658	$\frac{3,658}{100} \times$	102,50	3,75
No.8	7,902	$\frac{7,902}{100} \times$	102,50	8,10
No.16	16,146	$\frac{16,146}{100} \times$	102,50	16,55
No.30	24,926	$\frac{24,926}{100} \times$	102,50	25,55
No.50	26,390	$\frac{26,390}{100} \times$	102,50	27,05
No.100	16	$\frac{16}{100} \times$	102,50	16,40
Pan	4,975	$\frac{4,975}{100} \times$	102,50	5,10
Total				102,50

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 3,75 kg, saringan no 8 sebesar 8,10 kg, saringan no 16 sebesar 16,55 kg, saringan no 30 sebesar 25,55 kg, saringan no 50 sebesar 27,05 kg, saringan no 100 sebesar 16,40 kg, dan pan sebesar 5,10 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 32 benda uji sebesar 102,50 kg.

#### 4.1.1. Metode Pengerjaan Mix Design

Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 20 MPa untuk umur 28 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.4.

3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.5.
4. Kuat tekan rata-rata perlu  $f'_{cr}$   
 Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.1.  

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

$$f'_{cr} = 20 + 17,7$$

$$= 37,7 \text{ MPa}$$
5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
6. Jenis agregat diketahui :
  - agregat kasar = batu pecah
  - agregat halus alami = pasir
7. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 37,7 MPa tarik garis datar menuju zona 28 hari, lalu tarik garis kebawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada Gambar 4.1.
8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60 berdasarkan Tabel 2.6. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.1 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
9. Nilai slump ditetapkan setinggi 30 - 60 mm berdasarkan Gambar 2.9.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 40 mm.
11. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 2.5 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Jumlah kadar air bebas yang ditentukan.

Slump (mm)	30-60	
Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	batu tak dipecahkan	batu pecah
40	160	190

Setelah interpolasi memakai Pers. 4.1.

$$\frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \tag{4.1}$$

Dengan:

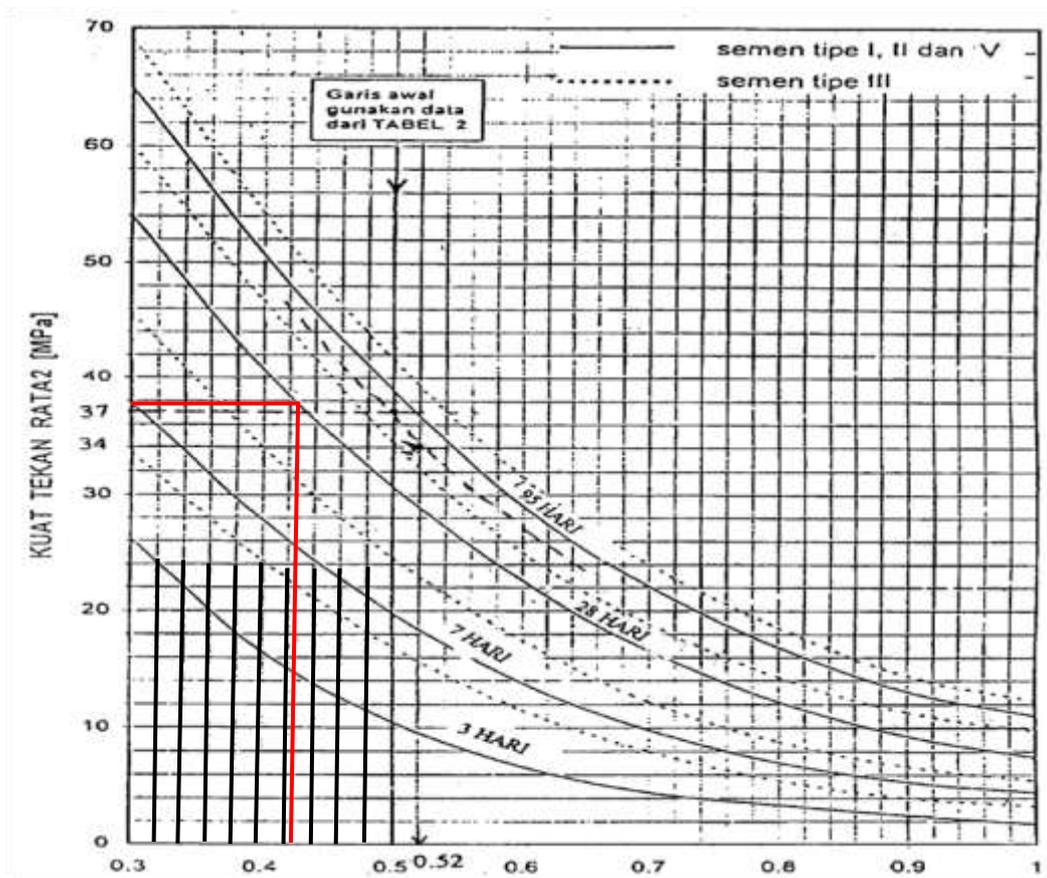
$W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Dalam contoh ini dipakai agregat halus berupa pasir alami dan agregat kasar berupa batu pecah / kerikil, maka jumlah kadar air yang diperlukan:

$$= \frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190$$

$$= 170 \text{ kg/m}^3$$

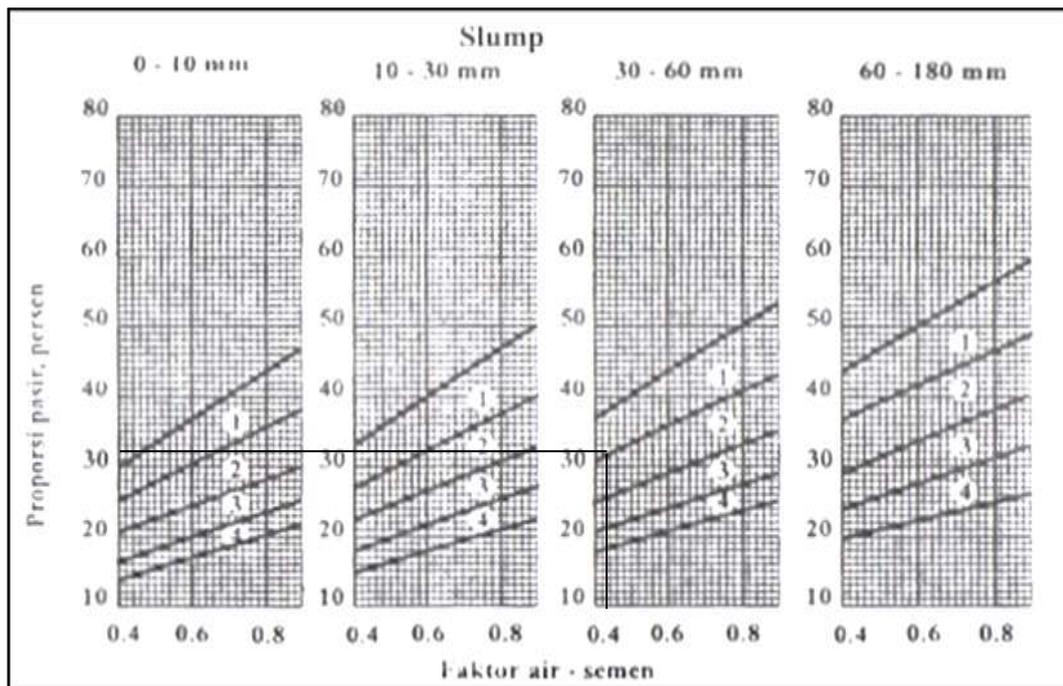


Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2834-1993).

12. Jumlah semen, yaitu :  $170 : 0.437 = 389,02 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan  $275 \text{ kg/m}^3$  berdasarkan Tabel 2.6.  
Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum

mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.

15. Faktor air semen yang disesuaikan: dalam hal ini dapat diabaikan karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir Gambar 2.2.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi pasir Gambar 2.5.
18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,8 mm ini dicari dalam Gambar 2.9 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air-semen 0,437. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir No.2 diperoleh harga nilai 32%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2.



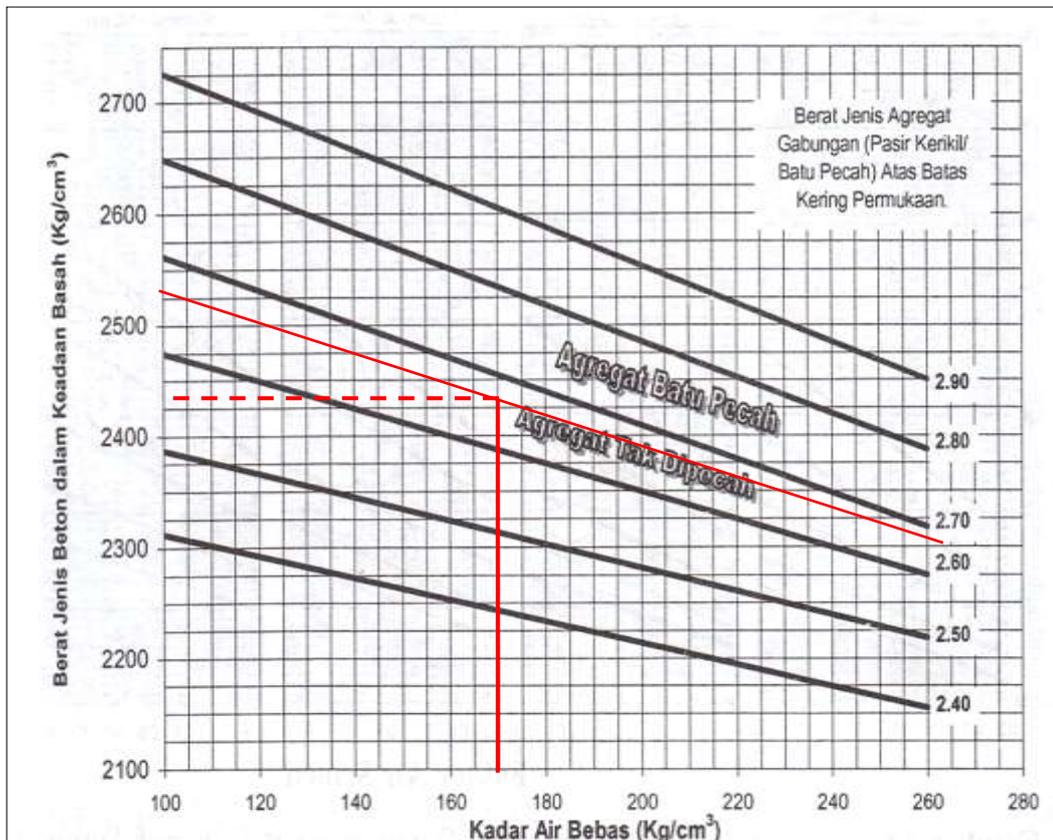
Gambar 4.2: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834, 1993).

19. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena itu agregat halus dalam hal ini merupakan gabungan dari dua macam agregat halus lainnya, maka berat jenis sebelum menghitung berat jenis agregat gabungan antara pasir dan kerikil.

Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut :

- BJ agregat halus = 2,58
- BJ agregat kasar = 2,70
- BJ agregat gabungan Halus dan kasar =  $(0,32 \times 2,58) + (0,68 \times 2,70)$   
= 2,66

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,66. Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 170 kg/m<sup>3</sup>), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka 2437,5 kg/m<sup>3</sup>.



Gambar 4.3: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-1993).

$$21. \text{ Kadar agregat gabungan} = (\text{berat isi beton}) - (\text{jumlah kadar semen} + \text{kadar air})$$

$$= 2437,5 - (389,02 + 170)$$

$$= 1878,48 \text{ kg/m}^3$$

$$22. \text{ Kadar agregat halus} = (\text{Persen agregat halus}) \times (\text{Kadar agregat gabungan})$$

$$= \frac{32}{100} \times 1878,48$$

$$= 601,11 \text{ kg/m}^3$$

$$23. \text{ Kadar agregat kasar} = \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat halus}$$

$$= 1878,48 - 601,11$$

$$= 1277,37 \text{ kg/m}^3$$

24. Proporsi campuran dari langkah (1) hingga (23) kita dapatkan susunan campuran beton teoritis. untuk tiap  $\text{m}^3$  sebagai berikut:

$$- \text{Semen} = 389,02 \text{ kg}$$

$$- \text{Air} = 170 \text{ kg/lt}$$

$$- \text{Agregat halus} = 601,11 \text{ kg}$$

$$- \text{Agregat kasar} = 1277,37 \text{ kg}$$

25. Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakaisebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibenarkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai. Dengan menggunakan Pers. 2.8, 2.9, dan 2.10, didapat koreksi proporsi campuran untuk air sebesar:

$$= B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100}$$

$$= 170 - (2,19 - 1,73) \times \frac{601,11}{100} - (0,60 - 0,74) \times \frac{1277,37}{100}$$

$$= 169,02 \text{ kg/m}^3$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$= C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100}$$

$$= 601,11 + (2,19 - 1,73) \times \frac{601,11}{100}$$

$$= 603,88 \text{ kg/m}^3$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$= D + (Dk - Da) \times \frac{D}{100}$$

$$= 1277,37 + (0,60 - 0,74) \times \frac{1277,37}{100}$$

$$= 1275,58 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.2. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, jumlah benda uji yang di buat sebanyak 32 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

##### 1. Pengadukan beton

Pengadukan beton dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula sebagian air kira-kira 75% dari jumlah air yang ditetapkan dimasukkan kedalam bejana pengaduk, lalu semen, dibiarkan kedua bahan ini terlihat menyatu terlebih dahulu kemudian masukkan agregat halus dan agregat kasar. Setelah adukan rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan tampak campuran homogen dan sudah tampak kelecakan yang cukup. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

##### 2. Pencetakan

Sebelum beton di masukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sendok aduk, sekop. Setiap pengambilan campuran dari pan harus dapat mewakili keseluruhan dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan

dengan cara di rojok/tusuk dengan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet sebanyak 10 sampai 15 kali agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah  $24 \pm 4$  jam dan tidak lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

### 3. Pemeliharaan beton

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditetapkan. Ruang penyimpanan harus bebas gataran selama 48 jam pertama setelah perendaman.

### 4. Pembuatan kaping (*capping*)

Pekerjaan ini dilakukan bertujuan untuk memberi lapisan perata pada permukaan tekan benda uji silinder beton sebelum dilakukan uji tekan.

## 4.3. *Slump Test*

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton normal maupun beton yang menggunakan bahan tambah (*additive & Admixture*). Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk dibiarkan jatuh bebas tanpa dipaksa, setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 30 detik setelah itu angkat kerucut dengan cara tegak lurus sampai adukan beton terlepas semua dari cetakan, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melihat *workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) dari campuran beton segar adalah dengan pengujian *Slump*, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.8. Pada tabel ini dijelaskan nilai *slump* pada masing-masing pencetakan beton. Seperti yang kita ketahui,

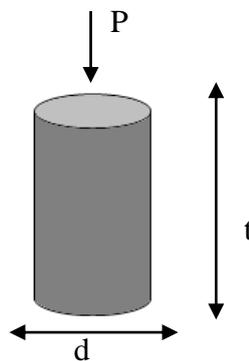
perencanaan *slump* pada *Job Mix Design* adalah 30 – 60 mm. Penelitian ini melakukan dua kali pencetakan benda uji, sehingga nilai *slump*-nya berbeda. Hal ini dikarenakan molen yang tersedia di laboratorium tidak sanggup menahan beban total dari semua agregat, semen dan air.

Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal		Beton dengan Cangkang Biji Karet 8%		Beton dengan Cangkang Biji Karet 10%		Beton dengan Cangkang Biji Karet 12%	
	7	28	7	28	7	28	7	28
<i>Slump</i>	4	3,5	4,5	3	3,5	3	4	4
(cm)	4	3,5	4,5	3	3,5	3	4	4

#### 4.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN, benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm seperti pada Gambar 4.4 dan jumlah benda uji 32 buah, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.4: Beban tekan pada benda uji silinder.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah kubus dengan panjang 15 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Serta silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Perbedaannya terletak pada perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang didapat setelah diuji. Yakni faktor untuk kubus adalah 1, sedangkan faktor dari silinder adalah 0,83.

Pengujian terhadap kuat tekan beton dilakukan untuk mendapatkan gambaran mutu beton tersebut. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Jadi pengujian kuat tekan ini merupakan pembuktian dari hasil perbandingan *Mix Design* yang dibuat berdasarkan mutu rencana.

#### 4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal (saat pengujian)

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah seperti yang dijelaskan pada Tabel 4.9. Berdasarkan hasil uji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 24,78 MPa pada umur beton 7 hari dan 25,06 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.9: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata estimasi 28 hari (MPa)
Umur 7 hari				
1	22500	15,34	23,60	24,78
2	24000	16,36	25,17	
3	22500	15,34	23,60	
4	25500	17,39	26,75	

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Kuat tekan 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata 28 hari (MPa)
Umur 28 hari				
1	37500	25,57	25,57	25,06
2	36000	24,55	24,55	
3	33000	22,50	22,50	
4	40500	27,61	27,61	

#### 4.4.2. Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 8% (saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi bahan pengganti cangkang biji karet sebesar 8% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah seperti yang dijelaskan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kuat tekan beton cangkang biji karet 8%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata estimasi 28 hari (MPa)
Umur 7 hari				
1	27000	18,41	28,32	26,35
2	19500	13,30	20,45	
3	25500	17,39	26,75	
4	28500	19,43	29,89	

Tabel 4.10: Lanjutan.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Kuat tekan 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata 28 hari (MPa)
Umur 28 hari				
1	36000	24,54	24,54	27,10
2	45000	30,68	30,68	
3	37500	25,57	25,57	
4	40500	27,61	27,61	

Berdasarkan hasil uji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah cangkang biji karet sebesar 8% dengan rata-rata 26,35 MPa untuk 7 hari dan 27,10 MPa pada estimasi 28 hari.

#### 4.4.3. Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 10% (saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi bahan pengganti cangkang biji karet sebesar 10% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah seperti yang dijelaskan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Hasil pengujian kuat tekan beton cangkang biji karet 10%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata estimasi 28 hari (MPa)
Umur 7 hari				
1	25500	17,38	26,75	25,96
2	22500	15,34	23,60	
3	27000	18,41	28,32	
4	24000	16,36	25,17	

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata estimasi 28 hari (MPa)
Umur 28 hari				
1	34500	23,52	23,52	26,33
2	42000	28,64	28,64	
3	37500	25,57	25,57	
4	40500	27,61	27,61	

Berdasarkan hasil uji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah cangkang biji karet sebesar 10% dengan rata-rata 25,96 MPa untuk 7 hari dan 26,33 MPa pada estimasi 28 hari.

#### 4.4.4 Kuat Tekan Beton Cangkang Biji Karet 12% (saat pengujian)

Pengujian beton dengan variasi bahan pengganti cangkang biji karet sebesar 12% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah seperti yang dijelaskan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Hasil pengujian kuat tekan cangkang biji karet 12%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata estimasi 28 hari (MPa)
Umur 7 hari				
1	22500	15,34	23,60	25,17
2	24000	16,36	25,17	
3	24000	16,36	25,17	

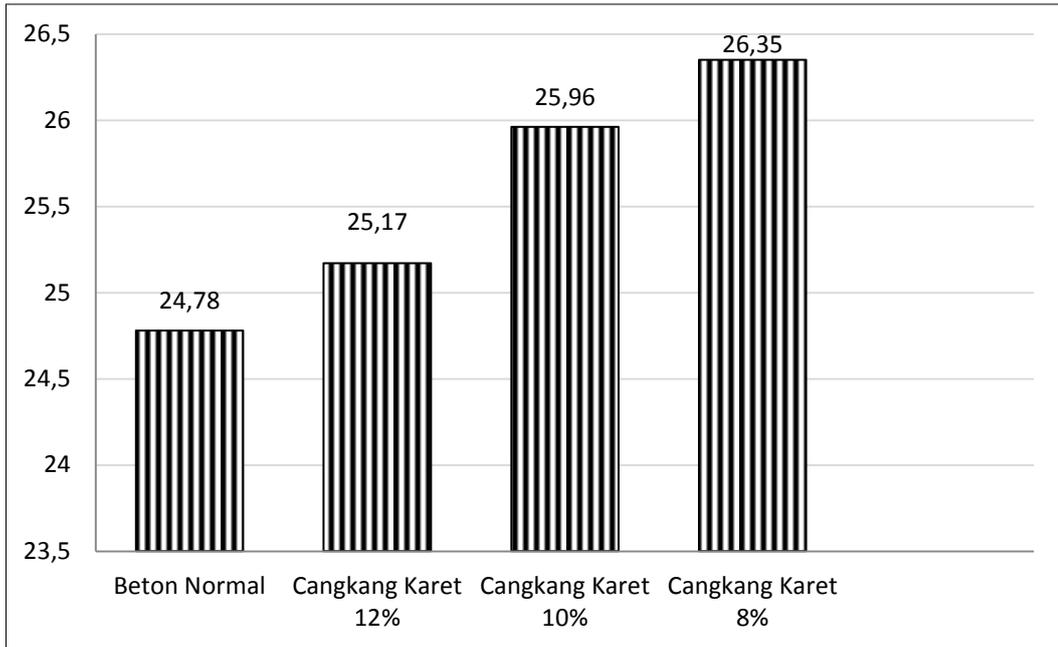
Tabel 4.13: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata estimasi 28 hari (MPa)
4	25500	17,38	26,75	25,96
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 176,71\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	Kuat tekan 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata 28 hari (MPa)
Umur 28 hari				
1	40500	27,61	27,61	25,31
2	37500	25,57	25,57	
3	34500	23,52	23,52	
4	36000	24,55	24,55	

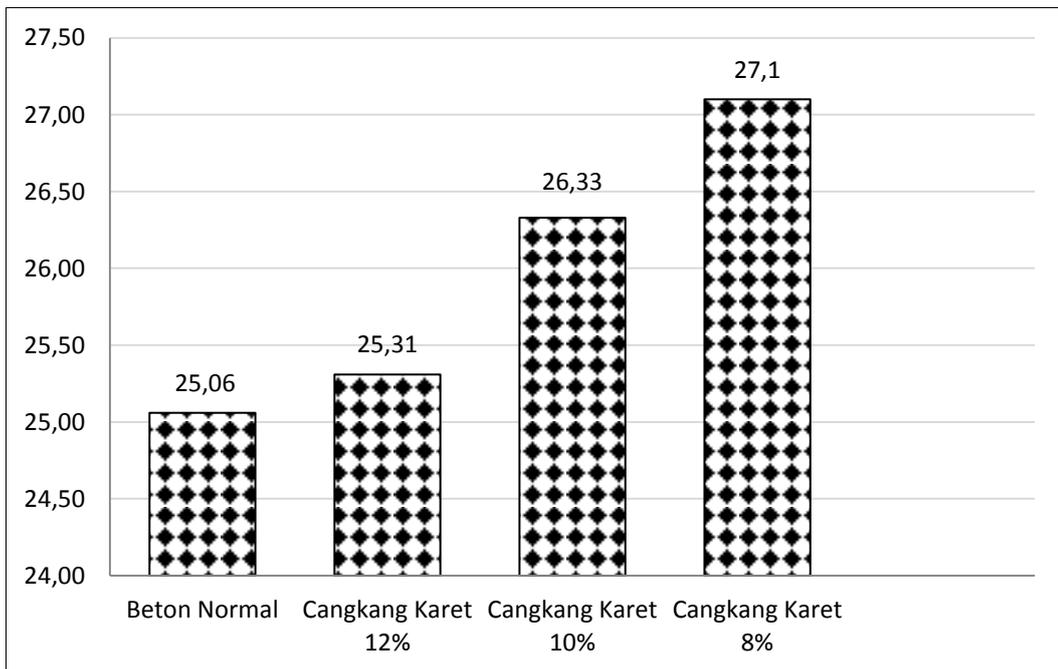
Berdasarkan hasil uji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah cangkang biji karet sebesar 12% dengan rata-rata 25,17 MPa untuk 7 hari dan 25,31 MPa pada estimasi 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada bahan pengganti cangkang biji karet 8%, 10% dan 12% terjadi kenaikan pada umur 7 hari dan 28 hari.

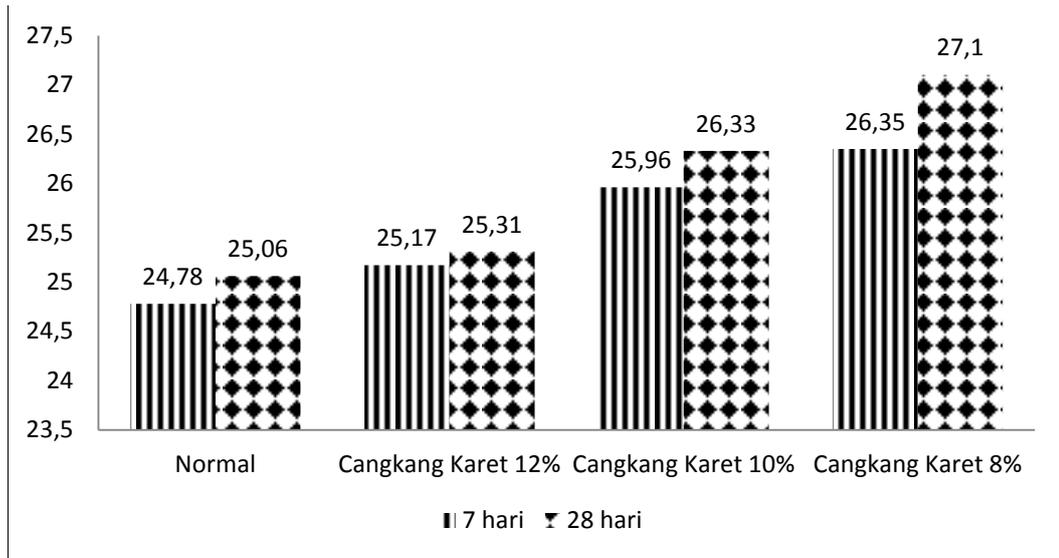
Pada Gambar 4.7 dapat diketahui bahwa bahan pengganti cangkang biji karet sebagai agregat kasar dapat berpengaruh pada kuat tekan beton. Dimana pada sampel benda uji silinder ukuran 15x30 cm didapat kuat tekan beton normal lebih kecil daripada beton dengan bahan ganti cangkang biji karet tiap variasinya. Tetapi semakin banyak cangkang biji karet yang digunakan mengakibatkan nilai kuat tekan beton semakin menurun. Hal ini disebabkan karena banyaknya penggunaan cangkang biji karet mengakibatkan semakin sedikit agregat kasar yang digunakan pada saringan tertahan 3/8", sehingga mengakibatkan campuran pada beton kurang padat karena bentuk dari cangkang biji karet tidak utuh.



Gambar 4.5: Kuat tekan beton pada umur 7 hari.



Gambar 4.6: Kuat tekan beton pada umur 28 hari.



Gambar 4.7: Kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari.

#### 4.5. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan cangkang biji karet, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan cangkang biji karet sebanyak 8%, 10% dan 12% mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Bahan pengganti cangkang biji karet 8%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{26,35 - 24,78}{24,78} \times 100\% \\ &= 6,33\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{27,10 - 25,06}{25,06} \times 100\% \\ &= 8,14\% \end{aligned}$$

- Bahan pengganti cangkang biji karet 10%

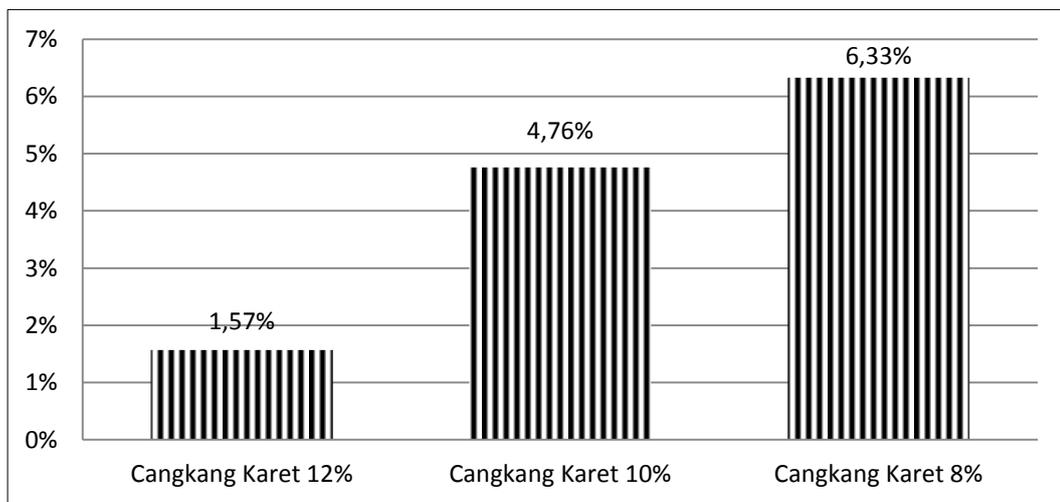
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{25,96 - 24,78}{24,78} \times 100\% \\ &= 4,76\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{26,33 - 25,06}{25,06} \times 100\% \\ &= 5,06\% \end{aligned}$$

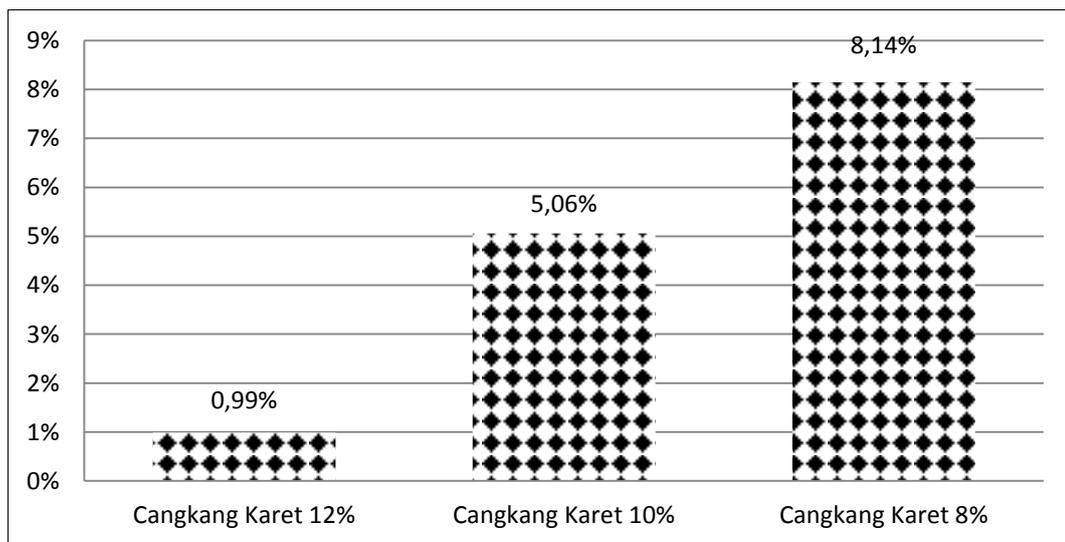
- Bahan pengganti cangkang biji karet 12%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{25,17 - 24,78}{24,78} \times 100\% \\ &= 1,57\% \end{aligned}$$

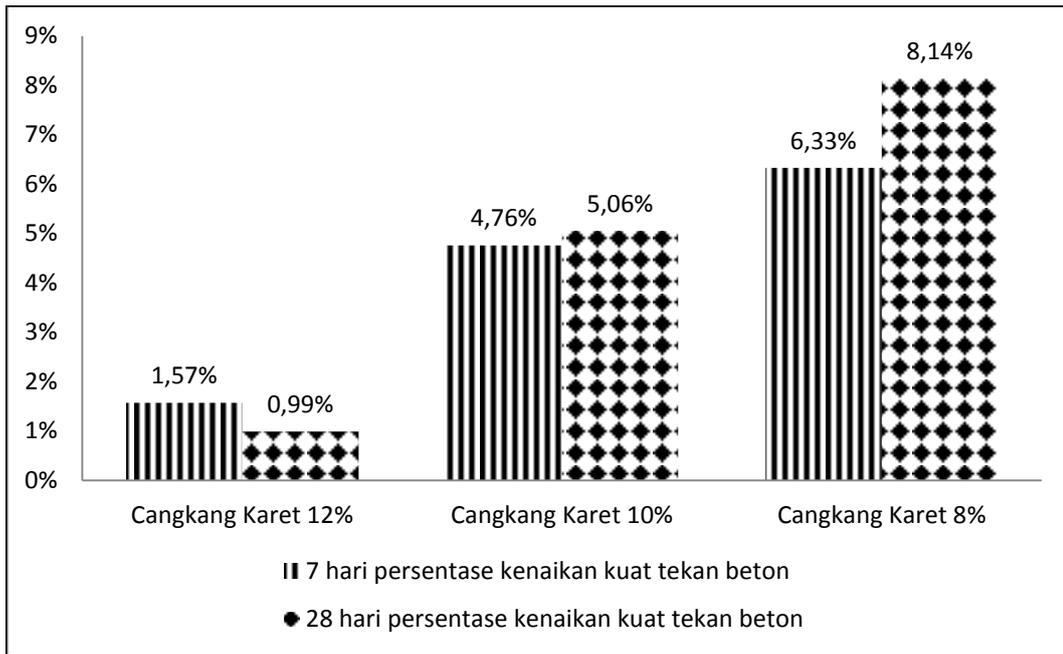
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{25,31 - 25,06}{25,06} \times 100\% \\ &= 0,99\% \end{aligned}$$



Gambar 4.8: Besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari.



Gambar 4.9: Besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.



Gambar 4.10: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil Pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Penggunaan cangkang biji karet sebagai bahan pengganti agregat kasar yang berasal dari Kabupaten Langkat, dapat menaikkan mutu beton. Berdasarkan data yang diambil dari kuat tekan beton yang dihasilkan, dapat diambil kesimpulan bahwa variasi persen cangkang biji karet dapat mempengaruhi mutu beton yang dihasilkan pada saat pengujian. Yaitu:
  - Beton dengan bahan ganti cangkang biji karet 8% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 26,35 MPa untuk 7 hari estimasi 28 hari dan 27,10 MPa untuk 28 hari.
  - Beton dengan bahan ganti cangkang biji karet 10% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 25,96 MPa untuk 7 hari estimasi 28 dan 26,33 MPa untuk 28 hari.
  - Beton dengan bahan ganti cangkang biji karet 12% diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 25,17 MPa untuk 7 hari estimasi 28 dan 25,31 MPa untuk 28 hari.
2. Berdasarkan data yang diperoleh dari kuat tekan beton yang didapat, bahwa beton dengan bahan tambah cangkang biji karet mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi dibanding dengan beton normal. Pada beton normal didapat kuat tekan sebesar 24,78 MPa untuk 7 hari estimasi 28 hari dan 25,06 MPa untuk 28 hari dan pada beton dengan bahan pengganti cangkang biji karet didapat hasil persentase peningkatan sebagai berikut:
  - Bahan pengganti cangkang biji karet sebesar 8% didapati kenaikan sebesar 8,14%.
  - Bahan pengganti cangkang biji karet sebesar 10% didapati kenaikan sebesar 5,06%.

- Bahan pengganti cangkang biji karet sebesar 12% didapati kenaikan sebesar 0,99%.
3. Berdasarkan dari data kuat tekan beton yang dihasilkan menunjukkan bahwa semakin besar variasi cangkang biji karet yang digunakan maka kuat tekan beton semakin menurun.

## **5.1 Saran**

1. Penggunaan bahan pengganti cangkang biji karet sebagai pengganti agregat kasar disarankan karena dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton, akan tetapi tidak di sarankan untuk penggunaan variasi cangkang di atas 8%.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian yang mendalam mengenai sifat-sifat fisis dan kimiawi dari cangkang biji karet.
3. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk kuat tarik dan lentur akibat pengaruh pada bahan pengganti cangkang biji karet dalam campuran beton.
4. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan cangkang biji karet sebagai bahan pengganti agregat halus, karena arang cangkang biji karet sangat baik untuk meningkatkan nilai kalor.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials C 127 *Standards test method for relative density (spesific gravity) and absorption of coarse aggregate*. Philadelphia: ASTM.
- ASTM C-566 & ASTM C-556. *Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying*. United States.
- ASTM C-128 *Standart test method for materials, Specific gravity and absorbtion of fine aggregate*, Annual Books of ASTM Standards, USA, 2002.
- ASTM C-127 *Standart test method for materials, Specific gravity and absorbtion of coarse aggregate*, Annual Books of ASTM Standards, USA, 2002.
- ASTM C-117. *Test Method for Materials Finer than 75- $\mu$ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*. United States.
- ASTM Standarts, 2002, ASTM C 109/C 109M – 02 *Standart Test Method for Compressive Strenght of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. Or 50mm Cube Specimens)*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- American Society for Testing and Materials C 33 (1982, 1986) *Standards Specification For Agregates*. Philadelphia: ASTM.
- ASTM C-29. *Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate*. United States.
- Campione, G., Mendola, La L., 2004, *Behaviour in Compressions of Lightwewight fiber Rein Concrete with Transverse Steel Reinforcement*, Cement & Composite Concrete, 26, pp. 645-656.
- Dinas Pekerjaan Umum (1971) *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971)* Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum (1989), *SNI 1737-1989-F Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston)*.
- Dinas Pekerjaan Umum (1990) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SK SNI T-15-1990-03)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.

- Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Metode Pengujian Kadar Air Agregat* (SNI 03-2834-1993). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal* (SNI 03-2834-1993). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2002) *Tata cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. (SNI 03-2847-2002). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2004) *Semen Portland* (SNI 15-2049-2004). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008). *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles* (SNI 2147:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dipohusodo, Istimawan.1996. *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Kanisius. Jogjakarta.
- Haque, M.N., Al-Khaiat, H., Kayali, O., 2004, Strength and Durability of Lightweight Concrete, *Cement and Concrete Composites*, No 26, pp. 307-314.
- Ikwuagwu, O.E., Ononogobu, I. C., Njoku. O. V., 2000. *Production of Biodiesel Using Rubber (Hevea brasiliensis) Seed Oil*. *Ind Corps Prod*. 12. 57-62.
- Laboratorium Beton Teknik Sipil. *Buku Pedoman Praktikum Beton*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Malier (1992) *High Performance Concrete, From Material To Structure*. London: E & FN Spon.
- Mulyono, T. (2004) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Mulyono, T. (2005) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nevile and brooks, 1993, *Concrete Technologi, Longman, Essex, England*.
- Owens, 1999, *Structural Lighweight Aggregate Concrete-the Future?*, *Concrete*, 33(10): 45-7.
- Ressignolo, J. A., Agnesini, M. V. C., 2004, Durability of polymer-modified lightweight aggregate concrete, *Cement and Concrete Composite*, V 26, pp.375-380.
- Yuhesti, Y. (2014) *Kajian Eksperimental Penggunaan Limbah Biji Karet sebagai Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Beton Ringan Kombinasi Pasir Tangjung Raja dan Conplast Wp421*. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Sumatera Selatan: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya.

Tjokrodimuljo, K., 1995. *Bahan Bangunan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tjokrodimulyo, K. (2007) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro.

Wahid,. Harahap, A, R,. (2015) Studi Briket dari Cangkang Biji Karet (*Havea braziliensis*) dengan Kombinasi Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*, L.). *Diploma Tesis*. Padang: Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas.

LAMPIRAN

Tabel L1: Satu set saringan agregat kasar.

Nomor Saringan	Ukuran Lubang		Keterangan
	mm	inchi	
-	76,20	3	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 2 (diameter agregat antara ukuran 100 mm – 19 mm) Berat minimum contoh: 35 kg
-	63,50	2,5	
-	50,80	2	
-	37,50	1,5	
-	25,00	1	
-	50,80	2	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 467 (diameter agregat antara ukuran 50 mm – 4,76 mm) Berat minimum contoh: 35 kg
-	37,50	1,5	
-	25,00	1	
-	19,10	$\frac{3}{4}$	
-	12,50	$\frac{1}{2}$	
-	9,50	$\frac{3}{8}$	
-	4,76	-	
-	25,00	1	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 67 (diameter agregat antara ukuran 25 mm – 2,38 mm) Berat minimum contoh: 10 kg
-	19,10	$\frac{3}{4}$	
-	12,50	$\frac{1}{2}$	
-	9,50	$\frac{3}{8}$	
No. 4	4,76	-	
No. 8	2,38	-	
-	12,50	$\frac{1}{2}$	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 8 (diameter agregat antara ukuran 100 mm – 19 mm) Berat minimum contoh: 2,5 kg
-	9,50	$\frac{3}{8}$	
No.4	4,76	-	
No.8	2,38	-	
No.16	1,19	-	

Tabel L2: Satu set saringan agregat halus.

Nomor saringan	Ukuran		Keterangan
	mm	Inchi	
-	9,50	3/8	Satu set saringan untuk agregat halus (pasir) Berat minimum:500 gram
No.4	4,76	-	
No.8	2,38	-	
No.16	1,19	-	
No.30	0,59	-	
No.50	0,297	-	
No.100	0,149	-	
No.200	0,075	-	

Tabel L3: Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur (hari).

Umur Beton	Faktor	Umur Beton	Faktor
3	0,400	23	0,964
4	0,463	24	0,971
5	0,525	25	0,979
6	0,588	26	0,986
7	0,650	27	0,993
8	0,683	28	1,000
9	0,718	35	1,023
10	0,749	36	1,026
11	0,781	45	1,055
12	0,814	46	1,058
13	0,847	50	1,071
14	0,880	51	1,074
15	0,890	55	1,087
16	0,900	56	1,090
17	0,910	65	1,119
18	0,920	66	1,123
19	0,930	90	1,200
20	0,940	350	1,342
21	0,950	360	1,347
22	0,957	365	1,350

Tabel L4: Perbandingan kekuatan beton pada beberapa benda uji.

Benda Uji	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder $\varnothing$ 15 x 30 cm	0,83

DOKUMENTASI PADA SAAT PENELITIAN BERLANGSUNG DI  
LABORATORIUM BETON PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA



Gambar L1: Material agregat kasar yang akan digunakan.



Gambar L2: Material agregat halus yang akan digunakan.



Gambar L3: Semen padang tipe 1 PPC.



Gambar L4: Cangkang biji karet yang sudah dipisahkan dari bijinya.



Gambar L5: Proses pencampuran agregat.



Gambar L6: Hasil pengujian slump test.



Gambar L7: Beton setelah dicetak selama  $\pm 24$  jam.



Gambar L8: Proses perendaman benda uji.



Gambar L9: Benda uji yang sedang dijemur.



Gambar L10: Uji kuat tekan beton normal 28 hari: 40,5 T.



Gambar L11: Uji kuat tekan beton dengan cangkang 8% 28 hari: 37,5 T.



Gambar L12: Uji kuat tekan beton dengan cangkang 10% 28 hari: 40,5 T.



Gambar L13: Uji kuat tekan beton dengan cangkang 12% 28 hari: 36 T.



### **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**

Nama : Pungky Gustari  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Tempat/Tgl Lahir : Singkil, 07 Agustus 1996  
Alamat : Jl.M.Thaher Desa Ujung Singkil  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Gusrianto, SH  
Ibu : Dahlima

### **JENJANG PENDIDIKAN**

- ❖ SD Negeri 1 Singkil : Berijazah Tahun 2007
- ❖ SMP Negeri 1 Singkil : Berijazah Tahun 2010
- ❖ SMA Negeri 1 Singkil : Berijazah Tahun 2013
- ❖ Melanjutkan kuliah di Fakultas Teknik Program Studi Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tahun 2013 hingga selesai.