

TUGAS AKHIR

**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN
FAKTOR AIR SEMEN BERBEDA MENGGUNAKAN
KULIT RAJUNGAN SEBAGAI FILLER
(*Studi Literatur*)**

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

Disusun Oleh:

BUDI SANTOSO
1307210242



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Budi Santoso

NPM : 1307210242

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen Berbeda Menggunakan Kulit Rajungan Sebagai *Filler*

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, September 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Pembimbing I/Penguji

Pembimbing II/Penguji

Ir. Ellyza Charina, M.Si.

Tondi Amirsyah Putera, 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 : Budi Santoso
Tempat/tgl. Lahir : Galang, 14 Juli 1994
NPM : 1307210242
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

"Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen Berbeda Menggunakan Kulit Rajungan Sebagai *Filler*"

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 orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian 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, September 2017

Saya yang menyatakan,

Materai

Rp 6000

(Budi Santoso)

ABSTRAK

PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN FAKTOR AIR SEMEN BERBEDA MENGGUNAKAN KULIT RAJUNGAN SEBAGAI *FILLER* (Studi Literatur)

Budi Santoso

1307210242

Ir. Ellyza Chairina, M.Si

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

Penggunaan bahan pengisi pada beton telah banyak dilakukan guna mendapatkan beton yang lebih bermutu. Pada dasarnya, *filler* beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh dan mudah diolah seperti salah satunya yaitu kulit rajungan. Pada penelitian kali ini serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari pemakaian serbuk kulit rajungan terhadap campuran beton dan untuk mengetahui perbedaan kualitas beton antara beton faktor air semen (FAS) 0,4 dan 0,5 dengan penggunaan variasi *filler* yang sama. Penelitian ini menggunakan standarisasi SNI 03-2834-1993 sebagai metode perencanaan campuran beton (*mix design*). Setelah penelitian, diketahui bahwa adanya kenaikan kuat tekan. Kenaikan tertinggi terjadi pada beton dengan *filler* 7% yaitu 38,59 MPa. Sedangkan kuat tekan beton normal tertinggi sebesar 29,22 MPa untuk FAS 0,4. Sedangkan untuk FAS 0,5 kenaikan tertinggi terjadi pada beton dengan *filler* 7% yaitu 30,33 MPa. Sedangkan kuat tekan beton normal tertinggi sebesar 19,93 MPa. Melihat dari hasil di atas, diambil kesimpulan bahwa beton dengan menggunakan serbuk kulit rajungan berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

Kata kunci: Beton, Pengisi, Kuat Tekan Beton, Serbuk Kulit Rajungan.

ABSTRACT

EXAMINATION OF PRESSURE POWERFUL OF CONCRETE IN CEMENT WATER FACTOR IS DEFFERENT WITH RAJUNGAN LEATHER AS FILLER (Study of Literature)

Budi Santoso

1307210242

Ir. Ellyza Chairina, M.Si.

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

Using filler to concrete has been done to use getting concrete that has best quality. Basically, concrete filler is made from materials that is East to get and process such as rajungan leather in this reaseach. powder of rajungan leather is as filler material in concrete mixing. The aim of this Research is to know differences of concrete quality between concrete of cement water factor (FAS) 0,4 and 0,5 by using same various of filler. This reasearch used SNI standar 03-2834-1993 as concrete mixing of olanning method (mix desing). After finishing the reasearch, it is known that Three is increasing of pressure powerful. The highest increasing was occured to concrete with filler 7% namely 38,59 MPa meanwhile the highest of normal powerfull pressure of concrete is about 29,22 MPa to FAS 0,4. Meanwhile for FAS 0,5 the highest increasing is occured in concrete with filer 7% namely 30,33 MPa. Meanwhile the highest of normal powerful pressure of concrete is about 19,93 MPa. Based on the result above, we can conclude that concrete by using powder of rajungan leather influence powerful pressure of concrete.

Keywords: Concrete, Filler, Powerful Concrete Press, Rajungan leather.

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 nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen Berbeda Menggunakan Kulit Rajungan Sebagai *Filler*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Ellyza Chairina, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., MT selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST., MSc selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Irma Dewi, S.T., M.Si selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh Bapak dan Ibu staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Orang tua penulis: Alm.Tukijianto Warsito Subroto dan Hamidah Sopang yang telah mengasuh, membesarkan penulis dengan cinta dan kasih sayang.
10. Kakanda dr. Budiarti, Abangda Yudo Utomo ST., Kartiko Yudo S.T., dan Riduan Permadi S.E., sebagai motivator terbaik penulis dan banyak membantu membiayai studi penulis.
11. Abangda Bahari Nur, S.T., Lisa Agustina Sembiring, Nurul Annisa, dan Sarman serta rekan-rekan teknik sipil 13, dan Keluarga Besar Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

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, September 2017

Penulis

Budi Santoso

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Keunggulan dan Kelemahan Beton	6
2.3. Sifat Beton	7
2.4. Klasifikasi Beton	7
2.5. Material Penyusun Campuran Beton.	8
2.5.1. Semen	8
2.5.2. Agregat	10
2.5.3. Air	16
2.5.4. Limbah Kulit Rajungan	17
2.6. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut	18
	viii

SNI 03-2834-1993

2.5. <i>Slump Test</i>	27
2.6. Perawatan Beton	28
2.7. Pengujian Kuat Tekan	29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Metodologi Penelitian	34
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.3. Bahan dan Peralatan	36
3.3.1. Bahan	36
3.3.2. Peralatan	36
3.4. Persiapan Penelitian	37
3.5. Pemeriksaan Agregat	37
3.6. Pemeriksaan Agregat Halus	37
3.6.1. Kadar Air Agregat Halus	37
3.6.2. kadar lumpur Agregat Halus	38
3.6.3. Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus	39
3.6.4. Berat Isi Agregat Halus	40
3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus	41
3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar	44
3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar	44
3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	45
3.7.3. Berat Jenis Penyerapan Agregat Kasar	46
3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar	47
3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	48
3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	51
3.8. Perencanaan Campuran Beton	52
3.9. Pelaksanaan Penelitian	53
3.9.1. <i>Trial Mix</i>	53
3.9.2. Pembuatan Benda Uji	53
3.9.3. Pengujian <i>Slump</i>	53
3.9.4. Perawatan Beton	53

3.9.5. Pengujian Kuat Tekan	53
-----------------------------	----

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton	54
4.1.1. Perencanaan Campuran Beton FAS 0,4	54
4.1.2. Perencanaan Campuran Beton FAS 0,5	56
4.2. Perencanaan Campuran Beton untuk Benda Uji	58
4.2.1. Perencanaan Campuran Beton untuk Benda Uji FAS 0,4	58
4.2.2. Perencanaan Campuran Beton untuk Benda Uji FAS 0,5	64
4.3. Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	71
4.3.1. Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i> FAS 0,4	71
4.3.1. Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i> FAS 0,5	77
4.4. Pembuatan Benda Uji	82
4.5. <i>Slump Test</i>	83
4.6. Kuat Tekan Beton	84
4.6.1. Kuat Tekan Beton Normal	85
4.6.2. Kuat Tekan Beton Serbuk Kulit Rajungan 5%	86
4.6.3. Kuat Tekan Beton Serbuk Kulit Rajungan 7%	88
4.6.4. Kuat Tekan Beton Serbuk Kulit Rajungan 9%	90
4.7. Pembahasan	95
4.7.1. Pembahasan untuk Faktor Air Semen (FAS) 0,4	95
4.7.2. Pembahasan untuk Faktor Air Semen (FAS) 0,5	97

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	100
5.2. Saran	101

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

	Halaman	
Tabel 2.1	Klasifikasi beton berdasarkan berat satuan	8
Tabel 2.2	Batas gradasi agregat halus	11
Tabel 2.3	Batas gradasi agregat kasar	14
Tabel 2.4	Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan	17
Tabel 2.5	Komposisi kimia limbah kulit rajungan	18
Tabel 2.6	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia	19
Tabel 2.7	Tingkat mutu pekerjaan pembetonan	19
Tabel 2.8	Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	20
Tabel 2.9	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	22
Tabel 2.10	Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan	32
Tabel 2.11	Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur	33
Tabel 3.1	Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus di laboratorium beton teknik sipil UMSU	38
Tabel 3.2	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus di laboratorium beton teknik sipil UMSU	39
Tabel 3.3	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus di laboratorium beton teknik sipil UMSU	39
Tabel 3.4	Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus di laboratorium beton teknik sipil UMSU	41
Tabel 3.5	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus di laboratorium beton teknik sipil UMSU	42
Tabel 3.6	Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar di laboratorium beton teknik sipil UMSU	45

Tabel 3.7	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar di laboratorium Beton Teknik Sipil UMSU	46
Tabel 3.8	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar di laboratorium beton teknik sipil UMSU	47
Tabel 3.9	Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar di laboratorium beton teknik sipil UMSU	48
Tabel 3.10	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar di laboratorium beton teknik sipil UMSU	49
Tabel 3.11	Data-data dari hasil pengujian keausan agregat	51
Tabel 4.1	Perencanaan campuran beton FAS 0.4	55
Tabel 4.2	Perencanaan campuran beton FAS 0.5	56
Tabel 4.3	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji FAS 0,4	59
Tabel 4.4	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji FAS 0,4	59
Tabel 4.5	Banyak serbuk kulit rajungan dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji FAS 0,4	61
Tabel 4.6	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji FAS 0,4	63
Tabel 4.7	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji FAS 0,4	64
Tabel 4.8	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji FAS 0,5	65
Tabel 4.9	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji FAS 0,5	66
Tabel 4.10	Banyak serbuk kulit rajungan dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji FAS 0,5	68
Tabel 4.11	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji FAS 0,5	70
Tabel 4.12	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji FAS 0,5	70

Tabel 4.13	Jumlah kadar air bebas yang ditentukan	73
Tabel 4.14	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> untuk FAS 0,4	83
Tabel 4.15	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> untuk FAS 0,5	84
Tabel 4.16	Hasil pengujian kuat tekan beton normal FAS 0,4	85
Tabel 4.17	Hasil pengujian kuat tekan beton normal FAS 0,5	86
Tabel 4.18	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 5% FAS 0,4	87
Tabel 4.19	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 5% FAS 0,5	87
Tabel 4.20	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 7% FAS 0,4	88
Tabel 4.21	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 7% FAS 0,5	89
Tabel 4.22	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 9% FAS 0,4	90
Tabel 4.23	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 9% FAS 0,5	91

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Daerah gradasi pasir kasar 12
Gambar 2.2	Daerah gradasi pasir sedang 12
Gambar 2.3	Daerah gradasi pasir agak halus 13
Gambar 2.4	Daerah gradasi pasir halus 13
Gambar 2.5	Batas gradasi agregat kasar diameter maksimum 37,5 mm 15
Gambar 2.6	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton 21
Gambar 2.7	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm 24
Gambar 2.8	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm 24
Gambar 2.9	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm 25
Gambar 2.10	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton 27
Gambar 2.11	Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton. 29
Gambar 2.12	Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama. 29
Gambar 3.1	Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan 35
Gambar 3.2	Grafik gradasi agregat halus (zona 4 pasir halus) 43
Gambar 3.3	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm 51
Gambar 4.1	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton 72
Gambar 4.2	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm 74
Gambar 4.3	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton 75
Gambar 4.4	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton 78
Gambar 4.5	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm 80

Gambar 4.6	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	80
Gambar 4.7	Beban tekan pada benda uji silinder	84
Gambar 4.8	Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari FAS 0,4	92
Gambar 4.9	Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari FAS 0,5	92
Gambar 4.10	Grafik kuat tekan beton pada umur 28 hari FAS 0,4	93
Gambar 4.11	Grafik kuat tekan beton pada umur 28 hari FAS 0,5	93
Gambar 4.12	Grafik kuat tekan beton FAS 0,4 pada umur 7 hari dan 28 hari	94
Gambar 4.13	Grafik kuat tekan beton FAS 0,5 pada umur 7 hari dan 28 hari	94
Gambar 4.14	Grafik besar persentase kenaikan dan penurunan kuat tekan beton 7 hari FAS 0,4	96
Gambar 4.15	Grafik besar persentase kenaikan dan penurunan kuat tekan beton 28 hari FAS 0,4	96
Gambar 4.16	Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari FAS 0,4	96
Gambar 4.17	Grafik besar persentase kenaikan dan penurunan kuat tekan beton 7 hari FAS 0,5	98
Gambar 4.18	Grafik besar persentase kenaikan dan penurunan kuat tekan beton 28 hari FAS 0,5	99
Gambar 4.19	Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari FAS 0,5	99

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas penampang	(cm ²)
C_a	=	Absorpsi agregat halus	(%)
C_k	=	Kadar air agregat halus	(%)
D_a	=	Absorpsi agregat kasar	(%)
D_k	=	Kadar air agregat kasar	(%)
B_j	=	Berat jenis	(gr/mm ²)
$B_{j\,camp}$	=	Berat jenis agregat campuran	(gr/mm ²)
$B_{j\,h}$	=	Berat jenis agregat halus	(gr/mm ²)
$B_{j\,k}$	=	Berat jenis agregat kasar	(gr/mm ²)
FM	=	Modulus kehalusan	-
f'_c	=	Kuat tekan	(MPa)
f'_{c_r}	=	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	(MPa)
K_h	=	Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
K_k	=	Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran	(%)
m	=	Nilai tambah	(MPa)
n	=	Jumlah benda uji	(Buah)
P	=	Beban tekan	(kg)
t	=	Tinggi benda uji	(cm)
V	=	Volume	(cm ³)
$W_{agr,camp}$	=	Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton	(kg/m ³)
W_{air}	=	Berat air per meter kubik beton	(kg/m ³)
W_{btm}	=	Berat beton per meter kubik beton	(kg/m ³)
W_h	=	Perkiraan jumlah air untuk agregat halus	(kg/m ³)
W_k	=	Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar	(kg/m ³)
W_{smn}	=	Berat semen per meter kubik beton	(kg/m ³)
\emptyset	=	Diameter	(mm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton telah menjadi salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton merupakan suatu material yang menyerupai batu, diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, koral atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan sehingga menjadi satu kesatuan yang homogen, campuran tersebut akan mengeras seperti batuan, pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air. Semen bereaksi secara kimiawi untuk mengikat partikel agregat tersebut menjadi suatu massa yang padat (Winter & Nilson,1993).

Perkembangan teknologi sekarang ini sangat pesat seiring dengan perkembangan zaman. Teknologi di bidang konstruksi bangunan juga mengalami perkembangan pesat, termasuk teknologi beton, hampir pada setiap aspek kehidupan manusia selalu terkait dengan beton baik secara langsung maupun tidak langsung. Semen merupakan salah satu bahan penyusun beton yang bersifat sebagai pengikat agregat pada campuran beton. Besarnya kuat beton dipengaruhi beberapa hal antara lain faktor air semen, jenis semen, gradasi agregat, sifat agregat, dan pengerjaan (pencampuran, pemadatan, perawatan), umur beton, serta bahan kimia tambahan.

Namun sejak dua dekade terakhir ini, setelah berhasil dikembangkan berbagai jenis tambahan atau *admixtures* dan *additives* untuk campuran beton, terutama *water reducer* atau *plasticizer* dan *superplasticizer*, maka telah terjadi kemajuan yang sangat pesat pada teknologi beton.

Beton mutu sedang pada umumnya dikenal sebagai beton dengan kuat desak 21-40 MPa pada umur 28 hari. Pada beton mutu tinggi perlu adanya desain dan kontrol dari komposisi penggunaan material yang mengandung unsur semen, agregat, air dan bahan substitusi yang tepat. Pemilihan kualitas agregat dan dimensi butiran agregat yang digunakan akan menentukan kekuatan beton yang

direncanakan. Penggunaan bahan daur ulang seperti kulit rajungan yang berasal dari limbah restoran, tempat pengupasan rajungan dan dari rumah tangga dalam jumlah besar yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah kulit rajungan. Rajungan merupakan salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia, umumnya daging rajungan diekspor dalam bentuk segar, beku ataupun kaleng. Menurut data DKP (2005), ekspor rajungan beku sebesar 2813,67 ton tanpa kulit (dagingnya saja), dan rajungan tidak beku (bentuk segar) sebesar 4312,12 ton. Pemanfaatan rajungan tersebut hanya pada bagian yang dapat dikonsumsi yaitu dagingnya. Salah satu limbah padat dari pengolahan rajungan yaitu cangkang rajungan. Satu ekor rajungan dengan bobot tubuh yang berkisar antara 100-350 gram, terdapat cangkang sebesar 51-177 gram. Hal ini menunjukkan bahwa bobot cangkang rajungan kurang lebih 50% atau setengah dari bobot tubuh rajungan. Cangkang rajungan mempunyai kandungan mineral yang tinggi, terutama kalsium sebesar 19,97% dan fosfor sebesar 1,81% (Multazam, 2002).

Gagasan awal penulisan ini berpedoman pada pemikiran bahwa unsur-unsur kimia yang ada pada kulit rajungan sebagian diantaranya sama seperti yang ada pada semen seperti kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn), dan mangan (Mn), sehingga apabila kulit rajungan dihancurkan menjadi serbuk maka dapat diasumsikan sebagai filler untuk meningkatkan kuat tekan beton.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah dengan pemakaian *filler* serbuk kulit rajungan pada agregat halus dengan persen tertentu dapat memberikan pengaruh terhadap kuat tekan beton?
2. Apakah terjadi kenaikan atau penurunan kuat tekan beton normal dengan beton *filler* serbuk kulit rajungan?
3. Apakah ada perbedaan kualitas beton yang signifikan antara beton menggunakan faktor air semen (FAS) 0,4 dengan FAS 0,5 yang memakai *filler* serbuk kulit rajungan dengan variasi yang sama?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memeriksa hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan beton campuran serbuk kulit rajungan dengan persen variasi 5%, 7%, 9% untuk faktor air semen (FAS) 0,4 dan 0,5.
2. Untuk mengetahui kenaikan atau penurunan kuat tekan dari pemakaian limbah kulit rajungan sebagai *filler* terhadap campuran beton.
3. Untuk mengetahui perbedaan kualitas beton yang menggunakan faktor air semen 0,4 dengan faktor air semen 0,5 yang memakai *filler* serbuk kulit rajungan dengan variasi yang sama.

1.4 Batasan Penelitian

Mengingat terlalu luas dan banyaknya permasalahan yang berhubungan dengan beton, maka dalam penelitian ini diberikan batasan masalah yang bertujuan untuk membatasi pembahasan agar tidak meluas dan batsannya menjadi jelas. Adapun yang menjadi batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian dilakukan pada umur 7 dan 28 hari menggunakan semen *Portland type I*.
2. Agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir), berasal dari Binjai.
3. Penggunaan serbuk kulit rajungan sebagai *filler* agregat halus sebesar 5%, 7%, dan 9% dari berat agregat halus.
4. Metode untuk perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-1993).
5. Benda uji berbentuk silinder berjumlah 64 benda uji, 32 benda uji untuk faktor air semen 0,4 dengan rincian 8 benda uji beton normal, 8 benda uji beton menggunakan *filler* serbuk kulit rajungan 5%, 8 benda uji beton menggunakan *filler* serbuk kulit rajungan 7%, 8 benda uji beton menggunakan *filler* serbuk kulit rajungan 9% dan 32 benda uji untuk faktor air semen 0,5 dengan rincian 8 benda uji beton normal, 8 benda uji beton menggunakan *filler* serbuk kulit rajungan 5%, 8 benda uji beton menggunakan *filler* serbuk kulit rajungan 7%, 8 benda uji beton menggunakan *filler* serbuk kulit rajungan 9%.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan khalayak umum akan dapat mengetahui fungsi dari limbah kulit rajungan, apabila penelitian ini berhasil, diharapkan limbah kulit rajungan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut kedepannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal skripsi ini yaitu:

Bab 1 Pendahuluan

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

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori.

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 dan juga saran-saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

“Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat” (SNI-03-2847-2002).

Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Beton sendiri sekarang banyak digunakan pada konstruksi bangunan gedung saat ini karena proses pengerjaannya yang cukup mudah.

Beton berasal dari kata “*concretus*“, yang artinya “tumbuh bersama“. Ini berarti gambaran mengenai penggabungan partikel-partikel lepas menjadi suatu massa yang utuh (Raina, V.K. 1989).

Beton adalah material komposit. Sebagai material komposit, sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur penyusunnya. Beton terdiri dari campuran yang dipilih dari bahan yang mengikat seperti kapur atau semen, agregat halus dan kasar, air dan adonan (untuk memproduksi beton dengan sifat khusus). “Dalam campuran beton, air dan semen membentuk perekat atau matriks yang mana sebagai tambahan mengisi kekosongan agregat halus dan kasar, serta mengikat mereka bersama-sama. Matriks biasanya 22-34% dari total volume” (Duggal, 2008).

Beton dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara dan kadang-kadang campuran bahan tambahan lainnya (mulai dari bahan kimia, serat sampai bahan buangan bukan kimia) dengan perbandingan tertentu. “Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam perancah dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen dan air yang menyebabkan pengerasan pada beton, bahan yang terbentuk ini mempunyai kuat desak yang tinggi dan ketahanan terhadap tarik yang rendah.” (Nawy, 1990).

Beton dibagi menjadi beberapa jenis salah satunya beton normal, beton normal diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat, adapun jenis beton khusus selain beton normal. Beton khusus biasanya beton yang ditambahkan dengan bahan khusus, misalnya pozolan, bahan kimia pembantu, serat, dan sebagainya. Tujuan pemberian bahan tambah ialah untuk menghasilkan beton khusus yang lebih baik daripada beton normal (Tjokrodimuljo, 2007).

2.2 Keunggulan dan Kelemahan Beton

Beton dibandingkan dengan bahan bangunan lain mempunyai beberapa kelebihan, antara lain yaitu (Tjokrodimuljo, 2007).

1. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya tersedia di dekat lokasi pembangunan, kecuali semen portland. Hanya untuk daerah tertentu yang sulit mendapatkan pasir atau kerikil harga beton agak mahal.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan kebakaran, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan murah.
3. Kuat tekannya cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan baja tulangan yang kuat tariknya tinggi dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat. Baja dan tulangan boleh dikatakan mempunyai koefisien muai yang hampir sama. Saat ini beton bertulang banyak dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, jalan raya, landasan pesawat udara, gedung, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
4. Beton segar dapat dengan mudah diangkat maupun dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keinginan. Cetakan dapat pula dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi murah. Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan beton juga memiliki beberapa kekurangan, menurut Tjokrodimuljo kekurangan beton dibagi menjadi tiga yaitu :
 - a) Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam pula.

- b) Beton keras mempunyai beberapa kelas kekuatan sehingga harus disesuaikan dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
- c) Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat dan sebagainya.

2.3 Sifat Beton

Beberapa sifat beton yang dimiliki beton dan sering dipakai adalah (Tjokrodinuljo, 2007):

1. Kekuatan Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain.
2. Berat jenis.
3. Modulus Elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Persamaan modulus elastisitas beton dapat diambil sebagai berikut (Tjokrodinuljo, 2007:77).
4. Susutan Pengerasan Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil daripada volume beton waktu masih segar, karena pada waktu mengeras beton mengalami sedikit penyusutan karena penguapan air. Bagian yang susut adalah pastanya karena agregat tidak merubah volume. Oleh karena itu semakin besar pastanya semakin besar penyusutan beton. Sedangkan pasta semakin besar faktor air semennya maka semakin besar susutannya.
5. Kerapatan Air Pada bangunan tertentu sering beton diharapkan rapat air atau kedap air agar tidak bocor, misalnya : plat lantai, dinding *basement*, kolam renang dan sebagainya.

2.4 Klasifikasi Beton

Sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat, beton ini harus disesuaikan dengan kelas dan mutu beton (Mulyono, 2005). Beton juga dapat diklasifikasikan berdasarkan berat satuan (SNI 03- 2847-2002) menjadi beberapa golongan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 klasifikasi beton berdasarkan berat satuan.

1	Beton ringan	$\leq 1900 \text{ kg/m}^3$
2	Beton normal	$2100 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$
3	Beton berat	$\geq 2500 \text{ kg/m}^3$

2.5 Material Penyusun Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan dosis optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi. Berikut akan dijelaskan mengenai ketiga bahan penyusun utama beton tersebut dan bahan pengisi yang saat ini sering digunakan.

2.5.1 Semen

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat. Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat beraksi secara kimia dengan air, disebut dengan hidrasi, sehingga terjadi proses pembekuan yang membentuk material batu padat dan setelah pembekuan material tersebut akan mempertahankan kekuatan dan stabilitas bahkan didalam air. Salah satu jenis semen yang biasa dipakai dalam pembuatan beton ialah semen portland, terbuat dari campuran kalsium (CaI), silika (SiO_2), alumunia (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Kalsium bisa didapatkan dari setiap bahan yang mengandung kapur.

Menurut ASTM C150 (1985), semen *portland* didefenisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen *portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986 atau SII.0013-81 yang diadopsi dari ASTM C150 (1985).

Semen terbagi dalam beberapa jenis yaitu:

1. Semen Abu atau semen *portland* adalah bubuk/bulk berwarna abu kebiru-biruan, dibentuk dari bahan utama batu kapur/gamping berkadar kalsium tinggi yang diolah dalam tanur dengan suhu 1400°C dan dengan tekanan yang tinggi. Semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen ini berdasarkan persentase kandungan penyusunannya terdiri dari 5 tipe, yaitu tipe I sampai tipe V.
2. Semen Putih (*gray cement*) adalah semen yang lebih murni dari semen abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*), sebagai *filler* atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) *limestone* murni.
3. *Oil Well Cement* atau semen sumur minyak adalah semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.
4. *Mixed* dan *Fly Ash Cement* adalah campuran semen abu dengan *Pozzolan* buatan (*fly ash*). *Pozzolan* buatan (*fly ash*) merupakan hasil sampingan dari pembakaran batubara yang mengandung *amorphous silica*, *aluminium oksida*, besi oksida dan oksida lainnya dalam variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton, sehingga menjadi lebih keras.

Berdasarkan persentase kandungan penyusun, semen portland terdiri dari 5 tipe yaitu :

1. Semen *Portland* Tipe I adalah semen *portland* umum (*normal portland cement*) yang digunakan dalam konstruksi beton secara umum dan tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
2. Semen *Portland* Tipe II adalah semen *portland* yang mempunyai panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan pada bangunan drainase dengan sulfat agak tinggi, dinding penahan tanah tebal yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen *Portland* Tipe III adalah semen *portland* dengan kekuatan awal yang tinggi (*high early strength portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk

perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan serta dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

4. Semen *Portland* Tipe IV adalah semen *portland* dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Pertumbuhan kekuatannya lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi tinggi.
5. Semen *Portland* Tipe V adalah semen portland yang tahan sulfat (*sulfat resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang digunakan hanya untuk bangunan yang terkena sulfat, seperti di tanah/air yang kadar alkalinya tinggi.

2.5.2 Agregat

“Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar/betonna, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton. Agregat adalah bahan pengisi yang berfungsi sebagai penguat.” Kardiyono Tjokrodimulyo (1996:13).

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik dan memenuhi syarat agar seluruh massa beton dapat berfungsi secara utuh, homogen dan padat, dimana agregat yang berukuran kecil dapat mengisi rongga-rongga yang ada diantara agregat yang berukuran besar.

“Agregat didefinisikan sebagai material *granular*, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk semen hidrolik atau adukan.” (Menurut SNI T-15-1990-03).

Berdasarkan ukurannya, agregat ini dapat dibedakan menjadi:

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm.

Menurut ASTM C33, 1982: Agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- i. Pasir halus : \emptyset 0 - 1 mm
- ii. Pasir kasar : \emptyset 1 - 5 mm

Agregat halus dan pasir mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam beton. Fungsi agregat dalam desain campuran beton adalah sebagai pengisi. Ditinjau dari berat jenis agregat halus yang digunakan maka beton yang dihasilkan dapat berbobot ringan, normal atau berat.

Maksud penggunaan agregat halus di dalam adukan beton adalah:

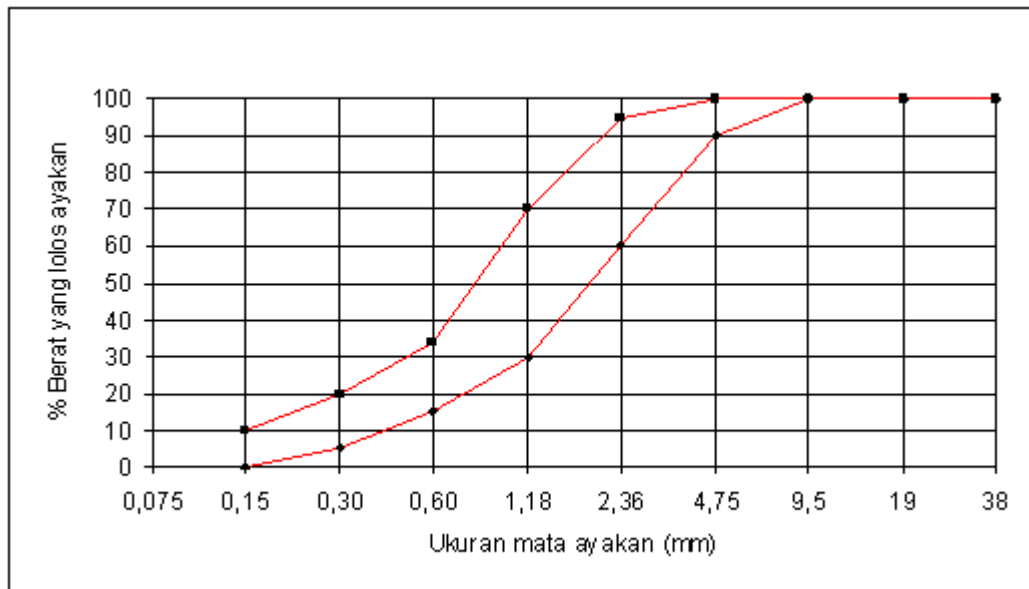
1. Menghemat pemakaian semen.
2. Menambah kekuatan beton.
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.

SK.SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.2. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1 sampai Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

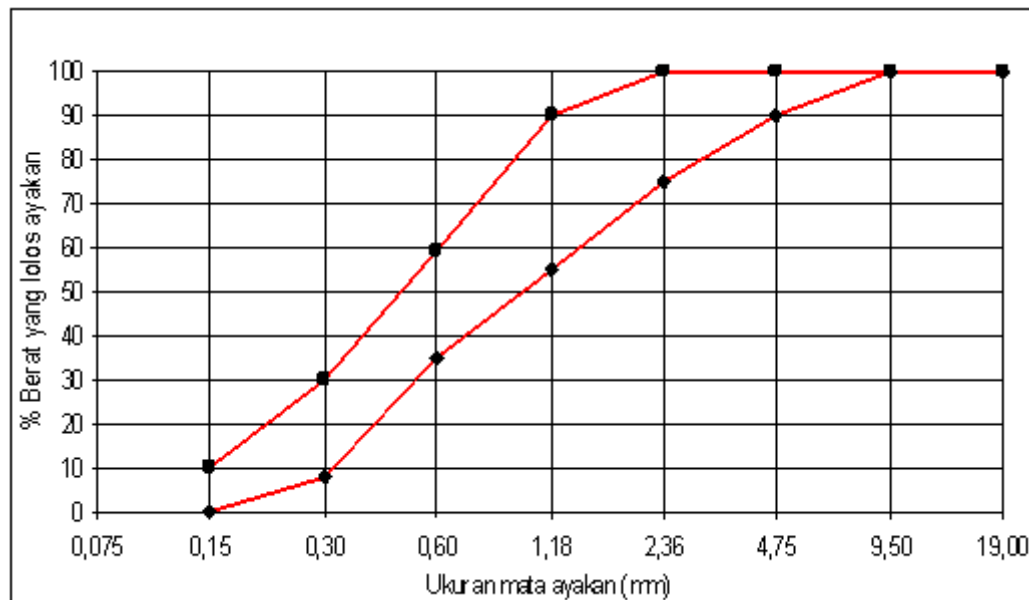
Tabel 2.2: Batas Gradasi Agregat Halus (SK. SNI T-15-1990-03).

Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	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
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

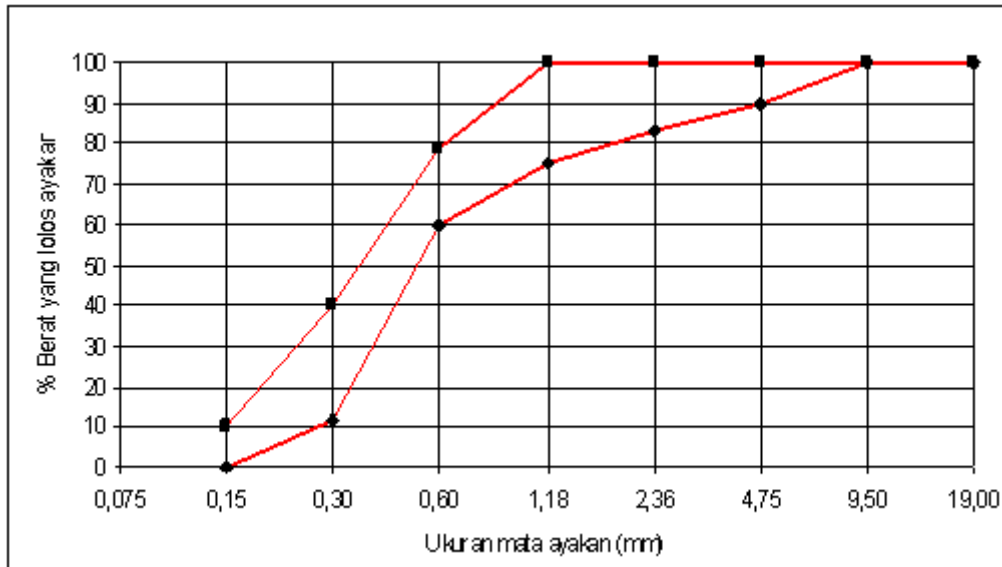
- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
 - Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



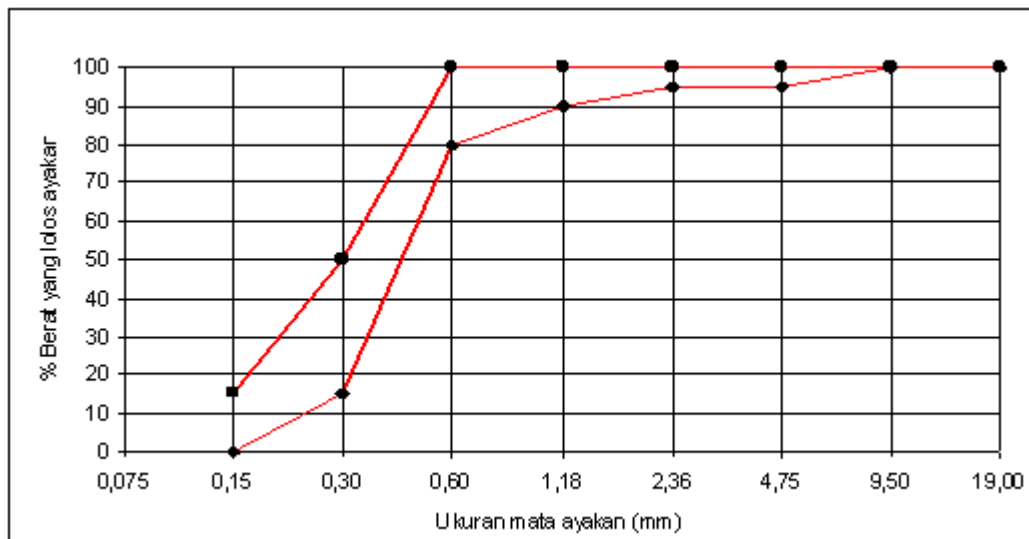
Gambar 2.1: Daerah Gradasi Pasir Kasar (SK. SNI T-15-1990-03).



Gambar 2.2: Daerah Gradasi Pasir Sedang (SK. SNI T-15-1990-03).



Gambar 2.3: Daerah Gradasi Pasir Agak Halus (SK. SNI T-15-1990-03).



Gambar 2.4: Daerah Gradasi Pasir Halus (SK. SNI T-15-1990-03).

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut ASTM C33 (1986), agregat halus diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*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 diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total.
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

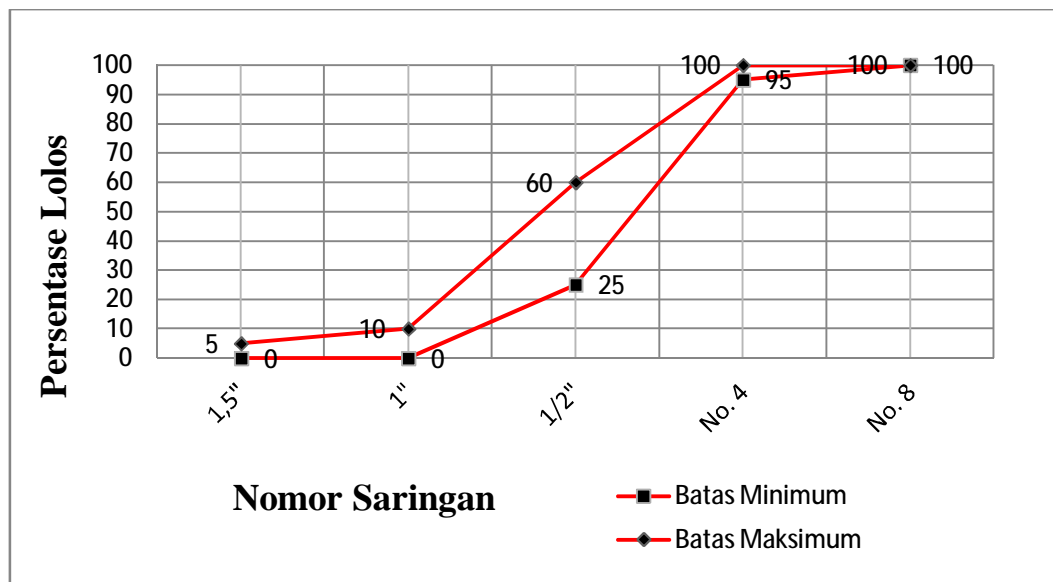
Menurut ASTM C33 (1986), batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.3 dan dijelaskan melalui Gambar 2.2 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.3: Batas Gradasi Agregat Kasar (ASTM C33, 1986).

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5

Tabel 2.3: *Lanjutan.*

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100
2,36 (No. 8)	100	100



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

Pemeriksaan dasar agregat kasar ini sesuai dengan standar ASTM C33 (1986), agregat kasar diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*Absorpsi*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.
7. Keausan agregat.

2.5.3 Air

Air juga tidak kalah penting dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton. Pastinya air merupakan pemersatu proses pencampuran dari agregat dan semen, atau bahkan bahan tambah maupun zat *additive*. Air digunakan pada campuran beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah dalam pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan dapat menurunkan kekuatan beton dan juga dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Proporsi air yang sedikit akan memberikan kekuatan yang tinggi pada beton, tetapi kelemahan beton atau daya kerjanya menjadi berkurang. Sedangkan proporsi air yang agak besar dapat memberikan kemudahan pada waktu pelaksanaannya, tetapi kekuatan hancur beton akan menjadi rendah. Proporsi air ini dinyatakan dalam Faktor Air Semen (*water cement ratio*) atau yang sering kita singkat dengan FAS, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton tersebut.

Beton untuk konstruksi gedung biasanya memiliki nilai rasio semen sebesar 0,45 hingga 0,65. Dengan rasio tersebut dapat dihasilkan beton yang kedap air, namun mutu beton tetap dipengaruhi cara pemadatan dan daya kerjanya. Bilamana daya kerja beton rendah, maka diperlukan zat *additive*, sehingga daya kerja beton menjadi lebih baik, tanpa mempengaruhi kekuatan atau faktor air semen.

Menurut SNI 03-2874-2002, proses pengikatan, pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak seperti bahan yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton dan tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang didalamnya 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 sekurangnya 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).

Berikut adalah tabel yang menjelaskan tentang konsentrasi maksimum kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan.

Tabel 2.4: Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Mulyono, 2005).

Kandungan Unsur kimia	Konsentrasi (Maksimum)
Chloride	
a. Beton prategang	500 ppm
b. Beton bertulang	1000 ppm
Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ k}_2\text{O}$)	600 ppm
Sulfat (SO_4)	1000 ppm
Total solid	50000 ppm

2.5.4 Limbah Kulit Rajungan

Limbah adalah suatu zat atau bahan buangan suatu proses produksi, baik industri maupun rumah tangga yang kehadirannya tidak dikehendaki, menurunkan kualitas lingkungan serta tidak mempunyai nilai ekonomi. Rajungan merupakan salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia, umumnya daging rajungan diekspor dalam bentuk segar, beku ataupun kaleng. Menurut data DKP (2005),

ekspor rajungan beku sebesar 2813,67 ton tanpa kulit (dagingnya saja), dan rajungan tidak beku (bentuk segar) sebesar 4312,12 ton. Pemanfaatan rajungan tersebut hanya pada bagian yang dapat dikonsumsi yaitu dagingnya. Salah satu limbah padat dari pengolahan rajungan yaitu cangkang rajungan. Satu ekor rajungan dengan bobot tubuh yang berkisar antara 100-350 gram, terdapat cangkang sebesar 51-177 gram. Cangkang rajungan mempunyai kandungan mineral yang tinggi, terutama kalsium sebesar 19,97% dan fosfor sebesar 1,81% (Multazam, 2002).

Kulit rajungan terdiri dari kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn), dan mangan (Mn) yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Komposisi kimia limbah kulit rajungan (Multazam, 2002).

Komposisi Kimia	Kadar
Air (%)	4,32
Protein (%)	18,18
Lemak (%)	2,27
Serat kasar (%)	16,67
Abu (%)	44,28
P (%)	1,81
Ca (%)	19,97
Mg (%)	1,29
Cu (ppm)	30,62
Fe (ppm)	195,59
Zn (ppm)	44,59
Mn (ppm)	184,52

2.6 Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-1993

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut SNI 03-2834-1993 adalah:

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 dapat dilihat pada Tabel 2.6. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.6: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834, 1993).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'c + 12 \text{ Mpa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Perhitungan nilai tambah (margin) dengan Pers. 2.1 dan nilai S dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Penghitungan nilai tambah / margin (m):

$$\text{Nilai tambah (m)} = 12 + S \quad (2.1)$$

Tabel 2.7: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

Tingkat mutu pekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2,8
Hampir Memuaskan	3,5
Sangat Baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f'_{cr} .

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (2.2)$$

dengan

f'_{cr} = Kuat tekan yang ditargetkan, MPa

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan, MPa

m = Nilai tambah, MPa

5. Penetapan jenis semen portland.

Pada cara ini dipilih semen type 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 Gambar 2.6 yang menjelaskan tentang hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder (SNI 03-2834-1993).

8. Faktor air semen maksimum.

9. Penetapan nilai *slump*.

Penetapan nilai *slump* ditentukan, berupa 0 - 10 mm, 10 - 30 mm, 30 - 60 mm atau 60 - 180 mm.

10. Penetapan besar butir agregat maksimum.

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

11. Jumlah kadar air bebas.

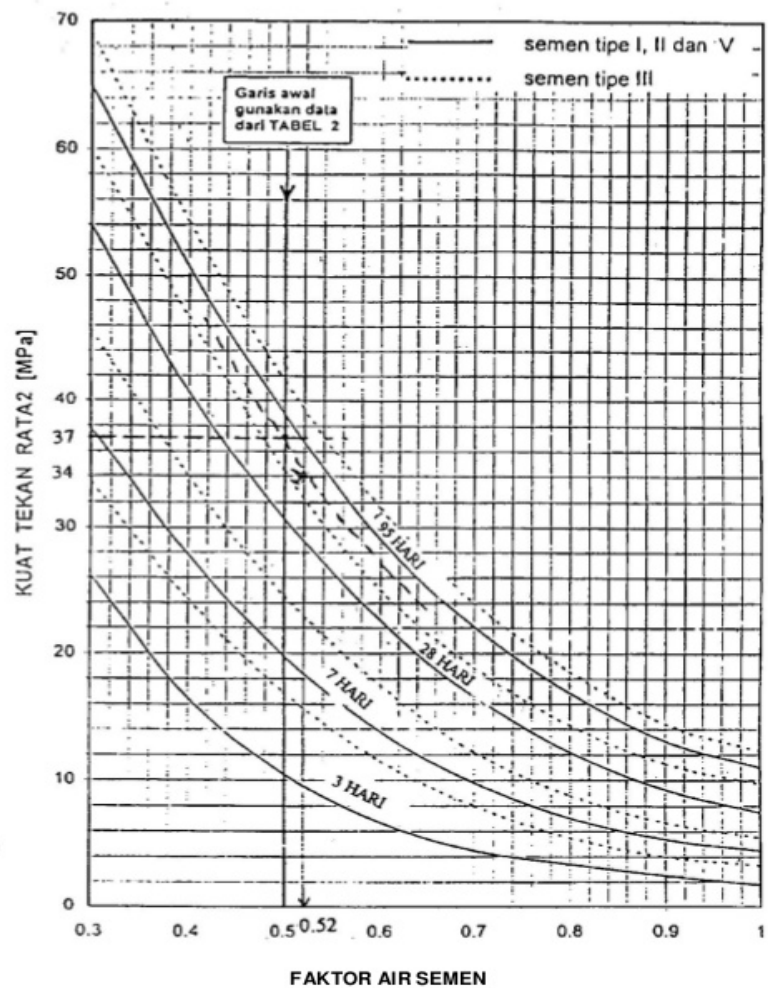
Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.8 sebagai berikut:

Tabel 2.8: Perkiraan Kadar Air Bebas (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

Tabel 2.8: Lanjutan.

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
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



Gambar 2.6: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (benda uji bentuk silinder 150 x 300 mm) (SNI-03-2834-1993).

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

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (2.3)$$

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

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

$$W_{s_{mn}} = 1/F_{as} * W_{air} \quad (2.4)$$

F_{as} = Faktor air per meter kubik beton

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

14. Menentukan jumlah semen semimumimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.9. Dari tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 2.9: 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 ³ 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

Tabel 2.9: *Lanjutan.*

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton masuk ke dalam tanah: a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah Beton yang kontinyu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut	325	0,55 Untuk beton mengandung sulfat Untuk beton kedap air

15. 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.

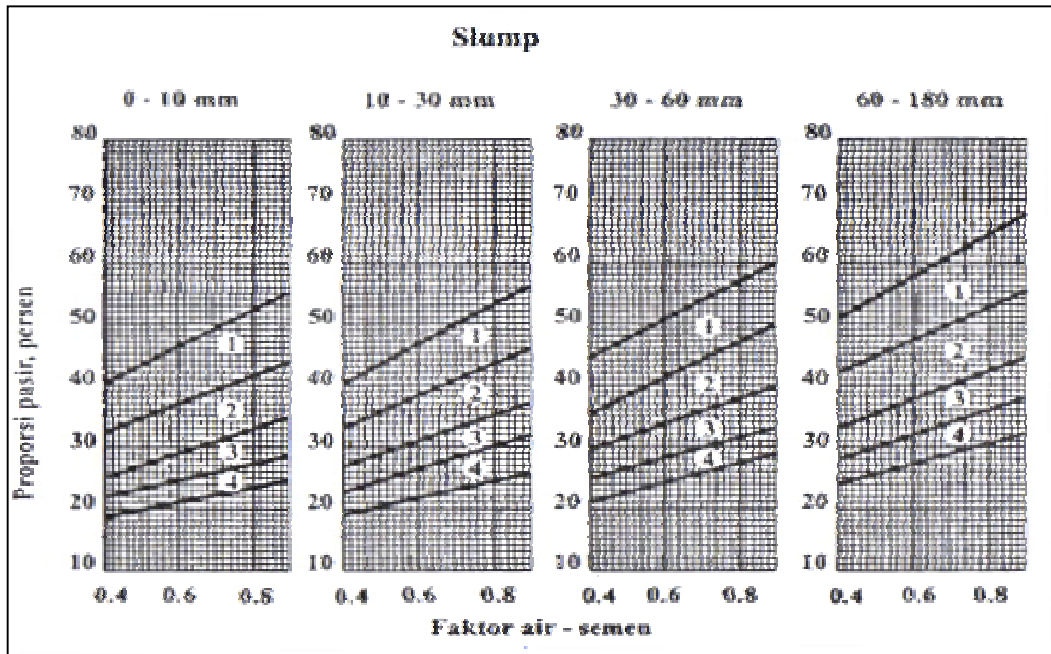
16. Penetapan jenis agregat halus:

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).

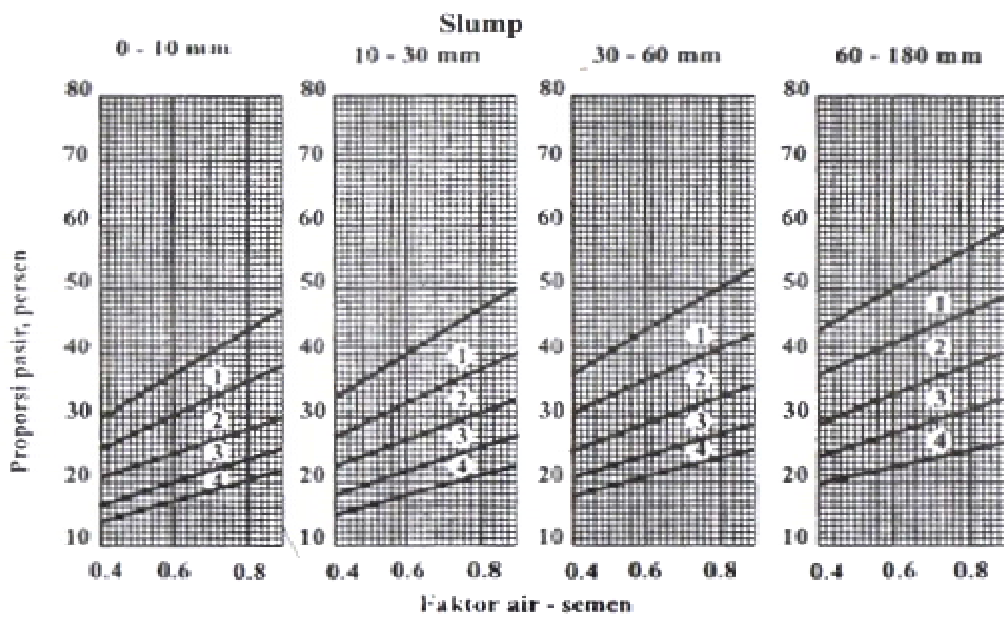
17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Gambar 2.2.

18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

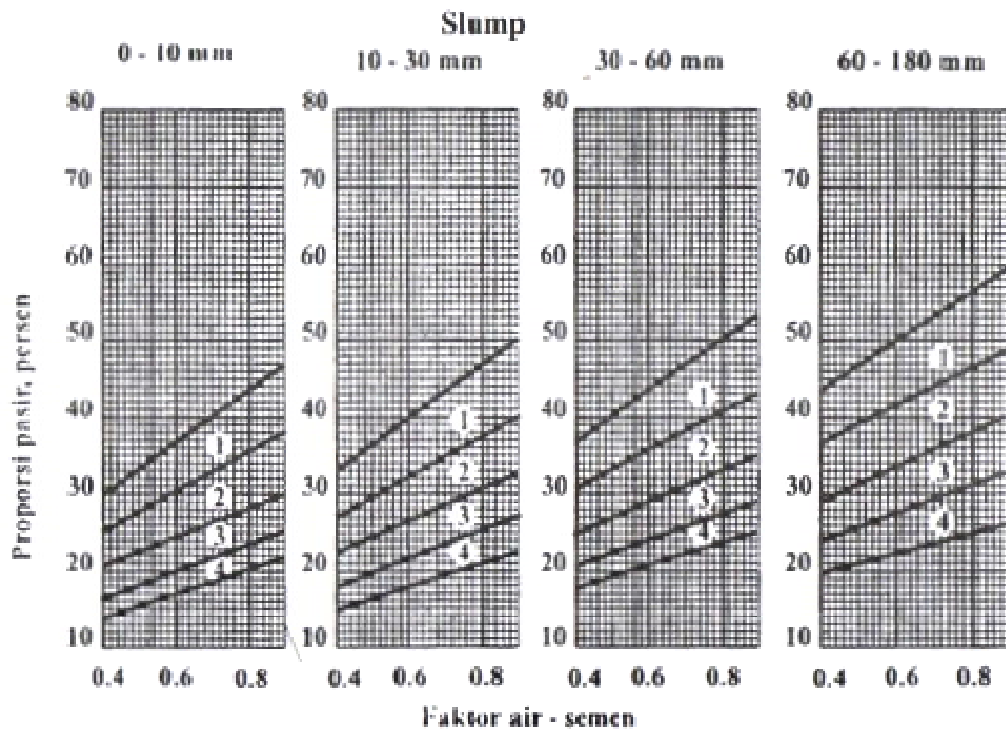
Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.7, Gambar 2.8, dan Gambar 2.9.



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).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_{j \text{ camp}} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk} \quad (2.5)$$

Dimana:

$B_{j \text{ camp}}$ = 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.

20. Perkiraan berat isi beton.

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.10.

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{agr, \text{camp}} = W_{bt} - W_{air} - W_{smn} \quad (2.6)$$

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)

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

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,h} = K_h \times W_{agr,camp} \quad (2.7)$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%)

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

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan. Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = W_{agr,camp} - W_{agr,h} \quad (2.8)$$

Dengan :

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

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

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

25. 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:

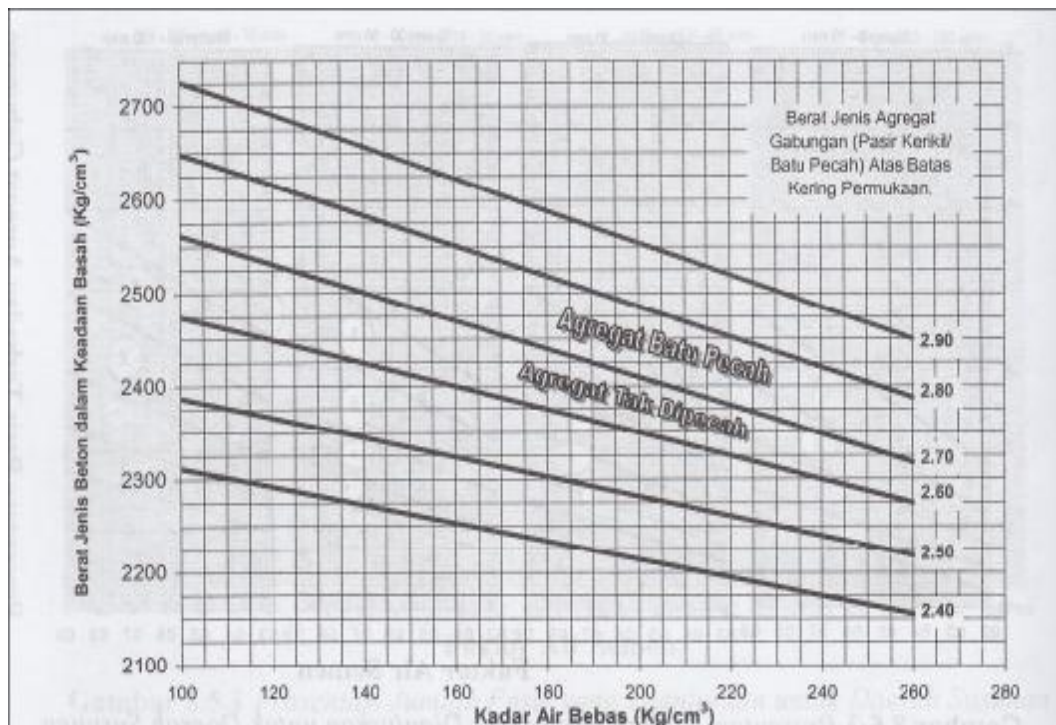
a. Air $= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$

b. Agregat halus $= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100}$

c. Agregat kasar $= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$

Dengan:

- B adalah jumlah air (kg/m^3)
- C adalah agregat halus (kg/m^3)
- D adalah jumlah agregat kasar (kg/m^3)
- Ca adalah absorpsi air pada agregat halus (%)
- Da adalah absorpsi agregat kasar (%)
- Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%)
- Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)



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

2.7 Slump Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing – masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *filler* kulit rajungan. 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.

2.8 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. *Sealed atau wropping*

Perawatan beton dengan cara ini membalut dan menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karung 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.

2.9 Pengujian Kuat Tekan

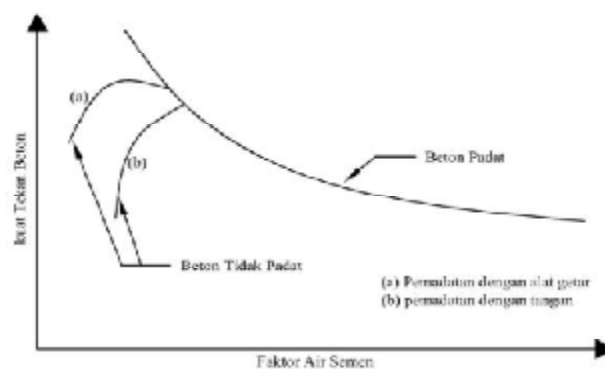
Kinerja dalam sebuah beton dapat dibuktikan dengan nilai kuat tekan beton. Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2004). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, antara lain (Tjokrodimuljo, 2007) :

1. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur beton. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan semakin lambat. Laju kenaikan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : faktor air semen, suhu sekeliling beton, semen portland dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton.

2. Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) adalah perbandingan berat antara air dan semen *portland* di dalam campuran adukan beton. Semakin tinggi nilai faktor air semen maka kuat tekan beton akan semakin tinggi pula, nilai faktor air semen juga sangat berpengaruh pada jumlah semen yang dibutuhkan pada suatu campuran beton. Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11: Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton.

3. Kepadatan beton

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang.

4. Jumlah pasta semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena pada umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi lebih rendah. Pengaruh jumlah pasta semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.12.

5. Jenis semen

Semen *portland* untuk pembuatan beton terdiri beberapa jenis. Masing-masing jenis semen portland mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras dan sebagainya, sehingga mempengaruhi juga terhadap kuat tekan betonnya.

6. Sifat agregat

Agregat terdiri atas agregat halus dan agregat kasar. Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain (Tjokrodimuljo, 2007:75):

1) Kekerasan permukaan

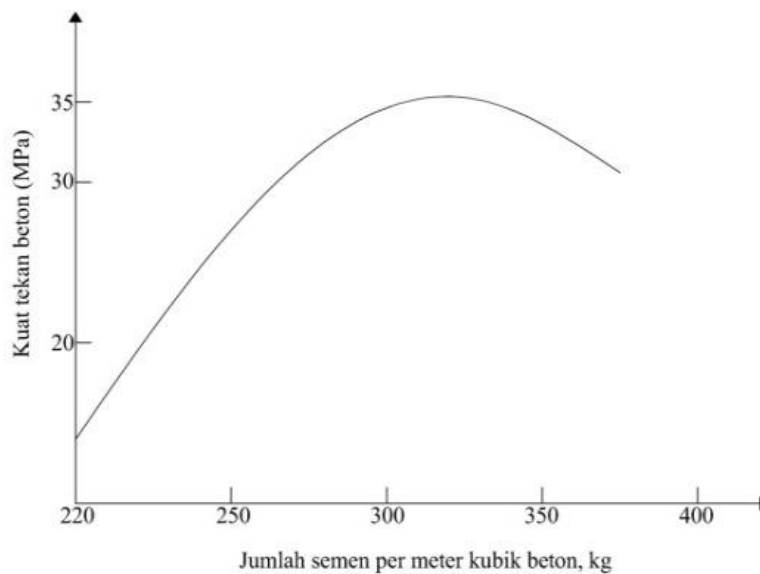
Karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat retakan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat daripada permukaan agregat yang halus dan licin.

2) Bentuk agregat

Karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri saling mengunci dan digeserkan berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat daripada beton yang dibuat dari kerikil.

3) Kuat tekan agregat

Karena sekitar 70 % volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat. Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan yang rendah akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah pula.



Gambar 2.12: Pengaruh jumlah semen terhadap kuat tekan beton pada faktor air semen sama (Tjokrodimuljo, 2007).

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:

$$f \text{ (saat pengujian)} = \frac{P}{A} \quad (2.9)$$

Dimana:

f (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian (kg/cm²)

P = Beban tekan (kg)

A = Luas penampang (cm²)

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan, sesuai dengan Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM C-39, 1993).

Umur Pengujian	Toleransi Waktu yang Diizinkan
24 jam	0,5 jam atau 2,1 %
3 hari	2 jam atau 2,8 %
7 hari	6 jam atau 3,6 %
28 hari	20 jam atau 3,0 %
90 hari	48 jam atau 2,2 %

Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuat tekan dapat 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:

$$f \text{ (estimasi 28 hari)} = \frac{f \text{ (saat pengujian)}}{\text{koefisien}} \quad (2.10)$$

Dimana:

f (estimasi 28 hari) = kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm²)

f (saat pengujian) = kuat tekan saat pengujian (kg/cm²)

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.11 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.11: Perbandingan Kekuatan Tekan Beton pada Berbagai Umur (Tjokrodimuljo, 2007).

Umur (hari)	7	14	21	28
Koefisien	0,65	0,88	0,95	1,00

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

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

1. Data primer

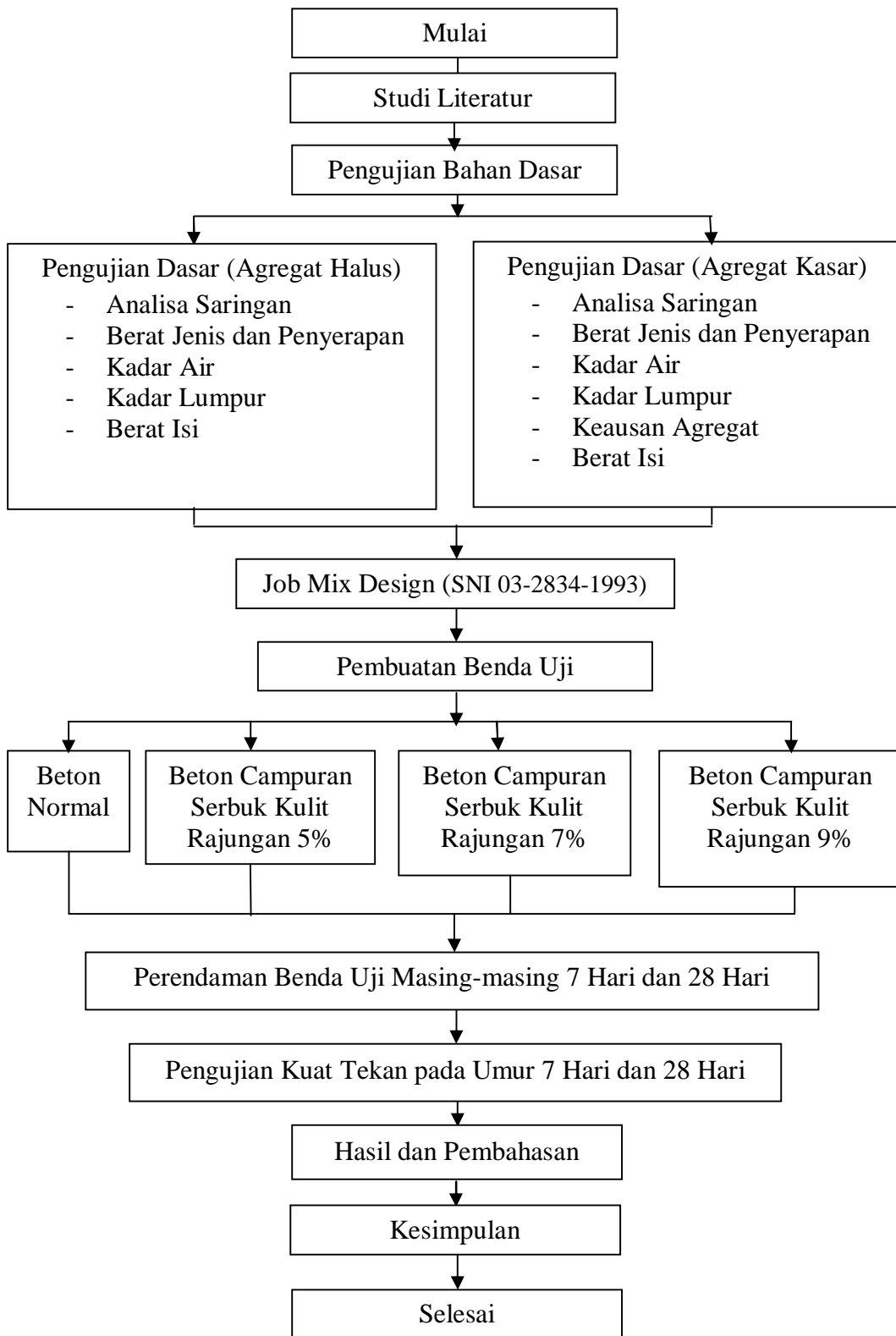
Data yang diperoleh dari hasil pengujian/perhitungan di laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti:

- Analisa saringan agregat.
- Berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi agregat.
- Pemeriksaan kadar air agregat.
- Pemeriksaan kadar lumpur agregat.
- Pemeriksaan keausan agregat.
- Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- Kekentalan adukan beton segar (*slump*).
- Uji kuat tekan beton.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum yang berhubungan dengan teknik beton/literatur dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing serta konsultasi dengan asisten laboratorium di laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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 bulan Februari 2017 hingga Mei 2017. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Holcim PCC (*Portland Composit Cement*).

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran 38.1 mm yang diperoleh dari daerah Binjai.

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Kulit Rajungan

Kulit Rajungan yang diperoleh dari tempat pemisahan daging dengan cangkang Rajungan (*home industry*) Pantai Cermin.

f. Serbuk Kulit Rajungan

Hasil penumbukan kulit Rajungan.

3.3.2 Peralatan

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

a. Saringan untuk agregat halus, yaitu: No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100.

b. Saringan untuk agregat kasar, yaitu: 1,5", 3/4", 3/8", No.4.

c. Oven.

d. Timbangan digital.

- e. Alat pengaduk beton (*mixer*).
- f. Cetakan benda uji berbentuk silinder.
- g. Alat penggetar (*vibrator*)
- h. 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 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 SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU 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.

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I (gr)</i>	<i>Sample II (gr)</i>	<i>Sample III (gr)</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample & mold (berat contoh SSD & berat wadah) (W1)</i>	605	633	663	663,67
<i>Wt of oven dry sample & mold (berat contoh kering oven & wadah) (W2)</i>	594	622	652	622,67
<i>Wt of mold (berat wadah) (W3)</i>	105	133	163	133,67
<i>Wt of water (berat air) (W1-W2)</i>	11	11	11	11
<i>Wt of oven dry sample (berat contoh kering) (W2-W3)</i>	489	489	489	489
<i>Water content (kadar air) ((W1-W2)/(W2-W3)) x 100%</i>	2,25	2,25	2,25	2,25

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat halus yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU, didapat rata-rata kadar air sebesar 2,25%. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 2,01%, sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 3,66%. Hasil di atas tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2,1%-2,3%.

3.6.2 Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

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 sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

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

<i>Fine Agregate</i> (Agregat halus)	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (gr)	<i>Sample III</i> (gr)	<i>Average</i>
Berat contoh kering : A (gr)	500	500	500	500
Tabel 3.2: <i>Lanjutan</i> . Berat kering contoh setelah dicuci : B (gr)	482	483	480	481,67
Berat kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci : C (gr)	18	17	20	18,33
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No. 200) dicuci % setelah	3,6	3,4	4,0	3,67

Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3,6%, dan sampel kedua sebesar 3,4%, dan sampel ketiga sebesar 4,0%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,67%. 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 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU 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.

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample in air</i> (berat contoh SSD kering permukaan jenuh) B	500	500	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (berat contoh SSD kering oven 110 sampai konstan) E	492	491	490	491

Tabel 3.3: Lanjutan.

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of flask + water</i> (berat piknometer penuh air) D	666	667	667	666,67
<i>Wt of flask + water + sample</i> (berat contoh SSD dalam piknometer penuh air) C	971	969	969	969,67
<i>Bulk sp grafiti dry</i> (berat jenis contoh kering) $E/(B+D-C)$	2,52	2,48	2,47	2,49
<i>Bulk sp grafiti SSD</i> (berat jenis contoh SSD) $B/(B+D-C)$	2,56	2,52	2,52	2,53
<i>Apparent sp grafiti</i> (berat jenis contoh semu) $E/(E+D-C)$	2,63	2,60	2,61	2,61
<i>Absortion</i> (penyerapan) $((B-E)/E) \times 100\%$	1,63	1,83	2,04	1,83

Dari hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorption*) 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 2,49 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,53 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,61 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat halus yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 1,83%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi standar.

3.6.4 Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU

tentang berat isi agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.4 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

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

No	<i>Fine Agregate Passing No. 50.8 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
1	<i>Wt of sample & mold</i> (berat contoh & wadah) gr	17830	17670	18210	17903,33
2	<i>Wt of mold</i> (berat wadah), gr	5300	5300	5300	5300
3	<i>Wt of sample</i> (berat contoh), gr	12330	12370	12910	12536,67
4	<i>Vol of mold</i> (volume wadah) cm ³	10952,33	10952,33	10952,33	10952,33
5	<i>Unit weight</i> (berat Isi) gr/cm ³	1,126	1,129	1,179	1,145

Berdasarkan Tabel 3.4, percobaan berat isi agregat halus didapat rata-rata pada pengujian sebesar 1,15 gr/cm³. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga sampel, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu >1,125 gr/cm.

3.6.5 Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.5 dan batas gradasi agregat halus pada Gambar 3.2, sehingga diketahui modulus kehalusan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.5: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.

Sieve Size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Total Weight (gr)	%	Ret.	Pass.
	9.50 (No 3/8 in)	0	0	0	0	0	0
4.75 (No. 4)	4	6	7	17	0,52	0,52	99,48
2.36 (No. 8)	7	8	5	20	0,61	1,13	98,87
1.18 (No.16)	10	15	15	40	1,21	2,34	97,66
0.60 (No. 30)	12	10	106	128	3,89	6,23	93,77
0.30 (No. 50)	520	517	443	1480	44,94	51,17	48,83
0.15 (No. 100)	318	410	499	1227	37,26	88,43	11,57
Pan	127	132	122	381	11,57	100	0
Total	998	1098	1197	3293	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 = 3293 gram.

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{17}{3293} \times 100\% = 0,52 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{20}{3293} \times 100\% = 0,61 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{40}{3293} \times 100\% = 1,21 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{128}{3293} \times 100\% = 3,89 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{1480}{3293} \times 100\% = 44,94 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{1227}{3293} \times 100\% = 37,26 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{381}{3293} \times 100\% = 11,57 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

No.4	=	0	+	0,52	=	0,52	%
No.8	=	0,52	+	0,61	=	1,13	%
No.16	=	1,13	+	1,21	=	2,34	%
No.30	=	2,34	+	3,89	=	6,23	%
No.50	=	6,23	+	44,94	=	51,17	%
No.100	=	51,17	+	37,26	=	88,43	%
Pan	=	88,43	+	11,57	=	100,00	%

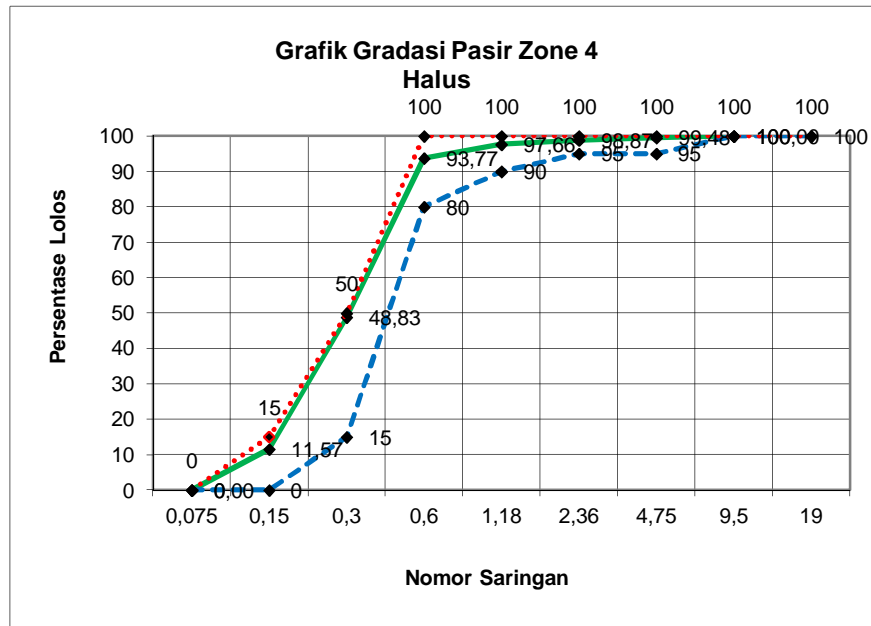
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 249,82 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{249,82}{100} \\ \text{FM} &= 2,49 \end{aligned}$$

Modulus kehalusan atau Fine Modulus (FM) yang didapat sudah memenuhi syarat berdasarkan SNI 03-2461-1991 untuk agregat halus yaitu $2,2 < \text{FM} > 3,2$.

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	0,52	=	99,48	%
No.8	=	100	-	1,13	=	98,87	%
No.16	=	100	-	2,34	=	97,66	%
No.30	=	100	-	6,23	=	93,77	%
No.50	=	100	-	51,17	=	48,83	%
No.100	=	100	-	88,43	=	11,57	%
Pan	=	100	-	100,00	=	0,00	%



Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat halus (zona 4 pasir halus).

Pemeriksaan analisa saringan agregat halus 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* pasir (halus) zona 4.

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.

3.7.1 Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. 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.

<i>Course Agregate Passing No. 50.8 mm</i>	<i>Sample I (gr)</i>	<i>Sample II (gr)</i>	<i>Sample III (gr)</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample & mold (berat contoh SSD & berat wadah)</i>	1737	1740	1992	1823
<i>Wt of SSD sample (berat contoh SSD)</i>	1500	1500	1500	1500
<i>Wt of oven dry sample & mold (berat contoh kering oven & wadah)</i>	1727	1729	1983	1813
<i>Wt of mold (berat wadah)</i>	237	240	492	328
<i>Wt of water (berat air)</i>	10	11	9	10
<i>Wt of oven dry sample (berat contoh kering)</i>	1490	1489	1491	1490
<i>Water content (kadar air)</i>	0,67	0,74	0,60	0,67

Pengujian dilakukan menggunakan tiga sampel yang kemudian dirata-ratakan. Dari hasil pengujian didapat nilai kadar air agregat kasar pada contoh pertama sebesar 0,67%, pada contoh kedua sebesar 0,74%, dan pada contoh ketiga sebesar 0,67%. Sedangkan nilai rata-rata kadar air pada agregat kasar yang diteliti adalah sebesar 0,67% dan hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu 0,5% - 1,5%.

3.7.2 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-1993 serta mengikuti buku panduan praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar 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 sampel, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase.

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

<i>Course Agregate</i> (Agregat kasar)	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (gr)	<i>Sample III</i> (gr)	<i>Average</i>
Berat contoh kering : A (gr)	1500	1500	1500	1500
Berat kering contoh setelah dicuci : B (gr)	1490	1492	1488	1490
Berat kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci : C (gr)	10	8	12	10
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci %	0,67	0,53	0,80	0,67

Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,67%, sampel kedua sebesar 0,53%, dan sampel ketiga sebesar 0,80%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,3%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur di atas telah memenuhi syarat yaitu <1%.

3.7.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU 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.

Dari hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorption*) pada agregat halus yang diteliti.

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

<i>Coarse Agregate Passing No. 19.10 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample in air</i> (berat contoh SSD kering permukaan jenuh) A (gr)	3100	2700	2900	2900
<i>Wt of oven dry sample</i> (berat contoh SSD kering oven 110 sampai konstan) C (gr)	3079	2678	2877	2878
<i>Wt of SSD Sample in water</i> (Berat contoh SSD di dalam air) B (gr)	1962	1711	1843	1838,67
<i>Bulk sp grafitry dry</i> (berat jenis contoh kering) $C/(A-B)$ (gr/cm ³)	2,71	2,71	2,72	2,713
<i>Bulk sp grafitry SSD</i> (berat jenis contoh SSD) $A/(A-B)$ (gr/cm ³)	2,72	2,71	2,74	2,723
<i>Apparent sp grafitry</i> (berat jenis contoh semu) $C/(C-B)$ (gr/cm ³)	2,76	2,77	2,78	2,77
<i>Absortion</i> (penyerapan) $((A-C)/C) \times 100\%$	0,68	0,82	0,80	0,77

Pada Tabel 3.8 terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh kering. 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 2,713 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,723 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,77 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,77% 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 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa.

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

No	<i>Fine Agregate Passing No.</i> <i>50.8 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
1	<i>Wt of sample & mold</i> (berat contoh & wadah) Gr	26270	26970	26780	26673,33
2	<i>Wt of mold</i> (berat wadah), gr	6440	6440	6440	6440
3	<i>Wt of sample</i> (berat contoh), gr	19830	20530	20340	20233,33
4	<i>Vol of mold</i> (volume wadah) cm ³	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	<i>Unit weight</i> (berat Isi) gr/cm ³	1,282	1,328	1,315	1,308

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,31 gr/cm³. 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 1,282 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,328 gr/cm³, dan pada percobaan ketiga berat isi agregat sebesar 1,315 gr/cm³. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.7.5 Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-1986-1990 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

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.

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

Sieve Size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
38,1 (1.5 in)	128	77	92	297	3,42	3,42	96,26
19.0 (3/4 in)	790	1001	1148	2939	33,82	63,69	36,31
9.52 (3/8 in)	1466	1497	718	3681	42,35	80,47	19,53
4.75 (No. 4)	314	321	1139	1774	20,41	100,00	0,00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 (No.16)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0	0,00	100	0
Total	2698	2896	3097	8691	100		

Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 8691 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{297}{8691} \times 100\% = 3,42 \%$$

$$3/4 = \frac{2939}{8691} \times 100\% = 33,82 \%$$

$$3/8 = \frac{3681}{8691} \times 100\% = 42,35 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{1774}{8691} \times 100\% = 20,41 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

1,5	=	0	+	3,42	=	3,42	%
3/4	=	3,42	+	33,82	=	37,24	%
3/8	=	37,24	+	42,35	=	79,59	%
No.4	=	79,59	+	20,41	=	100,00	%

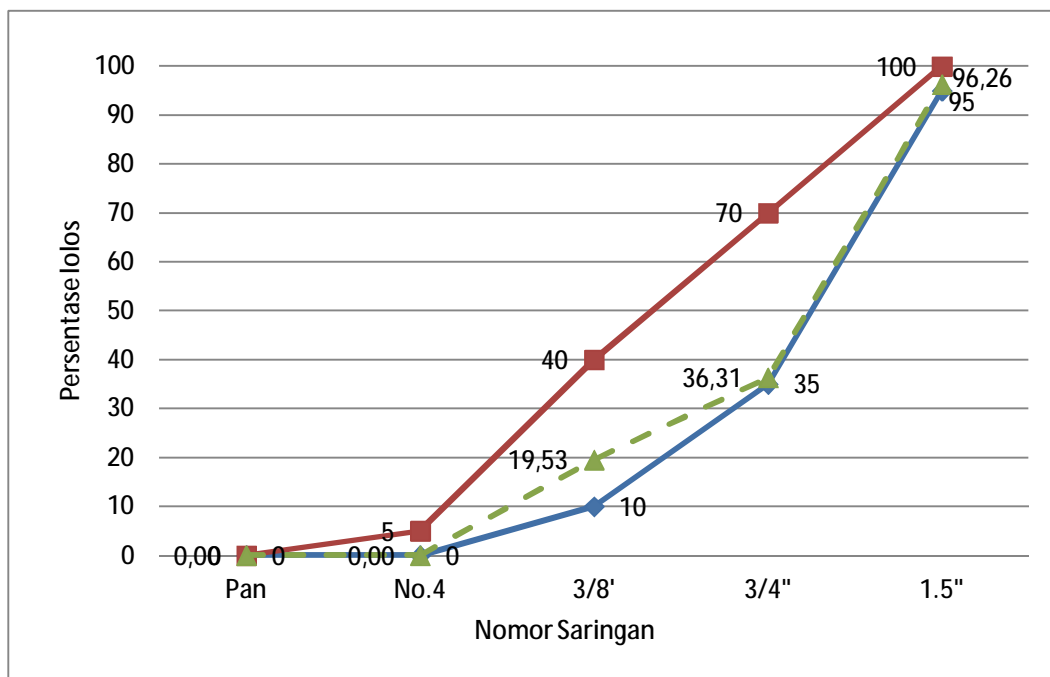
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 220,25 + 500 (untuk No.8 sampai No.100)

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{720,25}{100} \\
 \text{FM} &= 7.20
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

1,5	=	100	-	3,42	=	96,58	%
3/4	=	100	-	37,24	=	62,76	%
3/8	=	100	-	79,59	=	20,41	%
No. 4	=	100	-	100	=	0	%

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



Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.

3.7.6 Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 2147:2008 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 *sample* 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.

<i>Sieve Size</i>	<i>Wt of sample before test</i> (Berat awal) gr	<i>Wt of sample after test</i> (Berat akhir) gr
12,5 (1/2 in)	2500	1556
9,50 (3/8 in)	2500	1630

Tabel 3.11: *Lanjutan.*

<i>Sieve Size</i>	<i>Wt of sample before test</i> (Berat awal) gr	<i>Wt of sample after test</i> (Berat akhir) gr
4,75 (No. 4)	-	554
2,36 (No. 8)	-	287
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-
Pan	-	96
Total	5000	4123
	Berat lolos saringan No. 12	877
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	17,54 %

$$\begin{aligned}
 \text{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 4123}{5000} \times 100\% = 17,54\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan di dapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4123 gr dan nilai *abrasion* (keausan) sebesar 17,54 %. 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 yang berjumlah 64 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.9.3. Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standard 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 dengan kapasitas 1500 KN. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak 8 buah benda uji.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton

Sebelum melakukan perencanaan campuran beton (*mix design*), terlebih dahulu mengetahui data-data dari hasil penelitian pengujian dasar seperti berat jenis, kadar lumpur, berat isi dan sebagainya. Dalam hal ini penulis ingin menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan.

Dari hasil percobaan didapat data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = 2,73 gr/cm³
- Berat jenis agregat halus = 2,53 gr/cm³
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,67 %
- Kadar lumpur agregat halus = 3,67 %
- Berat isi agregat kasar = 1,31 gr/cm³
- Berat isi agregat halus = 1,15 gr/cm³
- FM agregat kasar = 7,20
- FM agregat halus = 2,49
- Kadar air agregat kasar = 0,67 %
- Kadar air agregat halus = 2,25 %
- Penyerapan agregat kasar = 0,76 %
- Penyerapan agregat halus = 1,83 %
- Nilai slump rencana = 30-60 mm
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm

4.1.1. Perencanaan Campuran Beton FAS 0,4

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 22,5 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834 (1993).

Tabel 4.1: Perencanaan campuran beton FAS 0,4 (SNI 03-2834-1993).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan		22,5 MPa	
2	Deviasi Standar	Tabel 2.7		12 MPa	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.8		5,7 MPa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		40,2 MPa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat :	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
	- kasar - halus	Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas			0,40	
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	Tabel 4.4		172 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11:7		430 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		430 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,40	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 4	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 2.9		22%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.68	
20	Berat isi beton	Gambar 2.10		2445,15 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1843,15 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		405,494 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1437,662 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	430	172	405,494	1437,66
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,40	0,943	3,343

Tabel 4.1.: *Lanjutan.*

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
24	- Tiap campuran uji 0,005304 m ³ (1 Silinder)	2,281	0,892	2,160	7,615
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	430	168,284	407,197	1435,649
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,391	0,947	3,338
	- Tiap campuran uji 0,00530 m ³ (1 silinder)	2,279	0,891	0,947	7,608

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
430	:	407,197	:	1435,649	:	168,284
1	:	0,947	:	3,338	:	0,391

4.1.2. Perencanaan Campuran Beton FAS 0,5

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 13,1 MPa yang terlampir pada Tabel 4.2 berdasarkan SNI 03-2834 (1993).

Tabel 4.2: Perencanaan campuran beton FAS 0,5 (SNI 03-2834-1993).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan	13,1 MPa
2	Deviasi Standar	Tabel 2.7	12 MPa
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.8	5,7 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	30,8 MPa
5	Jenis semen		Tipe I

Tabel 4.2.: *Lanjutan.*

No	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai						
6	Jenis agregat : - kasar - halus	Ditetapkan		Batu pecah Binjai						
		Ditetapkan		Pasir alami Binjai						
7	Faktor air-semen bebas			0,40						
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	Tabel 4.4		172 kg/m ³						
12	Jumlah semen	11:7		344 kg/m ³						
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		344 kg/m ³						
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³						
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,50						
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 4						
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm						
18	Persen agregat halus	Gambar 2.9		24%						
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.68						
20	Berat isi beton	Gambar 2.10		2445,15 kg/m ³						
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1929,156 kg/m ³						
22	Kadar agregat halus	18 x 21		462,997 kg/m ³						
23	Kadar agregat kasar	21-22		1466,159 kg/m ³						
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)						
				Halus	Kasar					
	- Tiap m ³	344	172	462,997	1466,159					
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,50	1,345	4,262					
25	Koreksi proporsi campuran	-	-	-	-					
						- Tiap m ³	344	169,854	464,097	1464,106
						- Tiap campuran uji m ³	1	0,494	1,349	4,256
	- Tiap campuran uji 0,00530 m ³ (1 Silinder)	1,823	0,900	2,459	7,759					

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
344	:	464,097	:	1464,106	:	169,854
1	:	1,349	:	4,256	:	0,494

4.2. Perencanaan Campuran Beton untuk Benda Uji

4.2.1. Perencanaan Campuran Beton untuk Benda Uji FAS 0,4

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

Diameter alas	=	15 cm
Tinggi	=	30 cm
Volume Silinder	=	$\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
	=	$0,25 \times 22/7 \times 0,15^2 \times 0,30$
	=	$0,00530 \text{ m}^3$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji
 = $430 \text{ kg/m}^3 \times 0,00530 \text{ m}^3$
 = 2,279 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = $407,197 \text{ kg/m}^3 \times 0,00530 \text{ m}^3$
 = 2,158 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
 = $1435,649 \text{ kg/m}^3 \times 0,00530 \text{ m}^3$
 = 7,609 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $168,284 \text{ kg/m}^3 \times 0,00530 \text{ m}^3$
 = 0,891 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 2,279 : 2,158 : 7,609 : 0,891

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji FAS 0,4.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,42	$\frac{3,42}{100} \times$	7,609	0,260
¾	33,82	$\frac{33,82}{100} \times$	7,609	2,573
3/8	42,35	$\frac{42,35}{100} \times$	7,609	3,222
No. 4	20,41	$\frac{20,41}{100} \times$	7,609	1,553
Total				7,609

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji adalah saringan 1,5 sebesar 0,260 kg, saringan ¾ sebesar 2,573 kg, saringan 3/8 sebesar 3,222 kg dan saringan no 4 sebesar 1,553 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 7,609 kg.

Tabel 4.4: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji FAS 0,4.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	0,52	$\frac{0,52}{100} \times$	2,158	0,011

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No. 8	0,61	$\frac{0,61}{100}$	x 2,158	0,013
No.16	1,21	$\frac{1,21}{100}$	x 2,158	0,026
No.30	3,89	$\frac{3,89}{100}$	x 2,158	0,084
No.50	44,94	$\frac{44,94}{100}$	x 2,158	0,970
No.100	37,26	$\frac{37,26}{100}$	x 2,158	0,804
Pan	11,57	$\frac{11,57}{100}$	x 2,158	0,250
Total				2,158

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,011 kg, saringan no 8 sebesar 0,013 kg, saringan no 16 sebesar 0,026 kg, saringan no 30 sebesar 0,084 kg, saringan no 50 sebesar 0,970 kg, saringan no 100 sebesar 0,804 kg, dan pan sebesar 0,250 kg . Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,158 kg.

Ø Bahan *filler* agregat halus

Untuk penggunaan bahan *filler* agregat halus tertahan saringan nomor 50 menggunakan serbuk kulit rajungan sebesar 5%, 7% dan 9% dapat dilihat pada Tabel 4.4.

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 5% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5}{100} \times \text{Berat pasir} \\
 &= \frac{5}{100} \times 2,158 \text{ kg} \\
 &= 0,108 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah = 0,970 - 0,108

$$= 0,862 \text{ kg}$$

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 7% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{7}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{7}{100} \times 2,158 \text{ kg}$$

$$= 0,151 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan

$$\text{adalah} = 0,970 - 0,151$$

$$= 0,819 \text{ kg}$$

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 9% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{9}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{9}{100} \times 2,158 \text{ kg}$$

$$= 0,194 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan

$$\text{adalah} = 0,970 - 0,194$$

$$= 0,776 \text{ kg}$$

Tabel 4.5: Banyak serbuk kulit rajungan dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk satu benda uji FAS 0,4.

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Serbuk Kulit Rajungan (kg)	Berat Agregat Halus No.50 (kg)
5%	0,108	0,862
7%	0,151	0,819
9%	0,194	0,776

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah penggunaan *filler* dan agregat halus No.50 sebesar 5% adalah 0,108 kg untuk berat serbuk kulit rajungan dan 0,862 kg untuk berat agregat halus, jumlah bahan *filler* dan agregat halus No.50 sebesar 7% adalah 0,151 kg untuk berat serbuk kulit rajungan dan 0,819 kg untuk

berat agregat halus, dan jumlah bahan *filler* serta agregat halus No.50 sebesar 9% adalah 0,194 kg dan 0,776 kg untuk agregat halus.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 32 benda uji untuk faktor air semen 0,4 dengan perincian 8 benda uji untuk beton normal (beton tanpa *filler*), 8 benda uji dengan *filler* 5%, 8 benda uji dengan *filler* 7%, dan 8 benda uji dengan *filler* 9%. Banyak bahan yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah:

- Serbuk kulit rajungan sebagai bahan *filler* yang dibutuhkan untuk 32 benda uji:

- Ø Untuk beton bahan *filler* 5%

$$= \text{banyak serbuk kulit rajungan untuk satu benda uji} \times 8$$

$$= 0,108 \times 8$$

$$= 0,864 \text{ kg}$$

- Ø Untuk beton bahan *filler* 7%

$$= \text{banyak serbuk keramik untuk satu benda uji} \times 8$$

$$= 0,151 \times 8$$

$$= 1,208 \text{ kg}$$

- Ø Untuk beton bahan *filler* 9%

$$= \text{banyak serbuk keramik untuk satu benda uji} \times 8$$

$$= 0,194 \times 8$$

$$= 1,552 \text{ kg}$$

Maka, jumlah serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah $0,864 + 1,208 + 1,552 = 3,624 \text{ kg}$.

- Pasir yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

$$= \text{Banyak pasir untuk satu benda uji} \times 32$$

$$= 2,158 \times 32$$

$$= 69,056 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

$$= \text{Banyak batu pecah untuk satu benda uji} \times 32$$

$$= 7,609 \times 32$$

$$= 243,488 \text{ kg}$$

- Semen yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

$$= \text{Banyak semen untuk satu benda uji} \times 32 \text{ benda uji}$$

$$= 2,279 \times 32$$

$$= 72,928 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

$$= \text{Banyak air untuk 1 benda uji} \times 32$$

$$= 0,891 \times 32$$

$$= 28,512 \text{ kg}$$

Perbandingan untuk 32 benda uji:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\ 72,928 & : & 69,056 & : & 243,488 & : & 28,512 \end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan untuk 32 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.6: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji FAS 0,4.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	$\times \text{ berat batu pecah}$	
1,5"	3,42	$\frac{3,42}{100}$	$\times 243,488$	8,327
3/4"	33,82	$\frac{33,82}{100}$	$\times 243,488$	82,348
3/8"	42,35	$\frac{42,35}{100}$	$\times 243,488$	103,117
No. 4	20,41	$\frac{20,41}{100}$	$\times 243,488$	49,696
Total				243,488

Pada Tabel 4.6 dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk 32 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan 1,5" sebesar 8,327 kg, saringan 3/4" sebesar 82,348 kg, saringan 3/8" sebesar 103,117 kg dan saringan No.4 sebesar 49,696 kg. Total keseluruhan agregat kasar untuk 32 benda uji sebesar 243,488 kg.

Tabel 4.7: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji FAS 0,4.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat pasir}$	
No. 4	0,52	$\frac{0,52}{100} \times 69,056$	0,359
No. 8	0,61	$\frac{0,61}{100} \times 69,056$	0,421
No. 16	1,21	$\frac{1,21}{100} \times 69,056$	0,836
No. 30	3,89	$\frac{3,89}{100} \times 69,056$	2,686
No. 50	44,94	$\frac{44,94}{100} \times 69,056$	31,034
No. 100	37,26	$\frac{37,26}{100} \times 69,056$	25,730
Pan	11,57	$\frac{11,57}{100} \times 69,056$	7,990
Total			69,056

Pada Tabel 4.7 dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk 32 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan No. 4 sebesar 0,359 kg, saringan No. 8 sebesar 0,421 kg, saringan No. 16 sebesar 0,836 kg, saringan No. 30 sebesar 2,686 kg, saringan No. 50 sebesar 31,034 kg, saringan No. 100 sebesar 25,730 kg, dan pan sebesar 7,990 kg.

4.2.2. Perencanaan Campuran Beton untuk Benda Uji FAS 0,5

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

Diameter alas = 15 cm

Tinggi = 30 cm

Volume Silinder = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
 = $0,25 \times 22/7 \times 0,15^2 \times 0,30$
 = $0,00530 \text{ m}^3$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
&= 344 \text{ kg/m}^3 \times 0,00530 \text{ m}^3 \\
&= 1,823 \text{ kg}
\end{aligned}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
&= 464,097 \text{ kg/m}^3 \times 0,00530 \text{ m}^3 \\
&= 2,459 \text{ kg}
\end{aligned}$$
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak kerikil} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
&= 1464,106 \text{ kg/m}^3 \times 0,00530 \text{ m}^3 \\
&= 7,759 \text{ kg}
\end{aligned}$$
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
&= 169,854 \text{ kg/m}^3 \times 0,00530 \text{ m}^3 \\
&= 0,900 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Perbandingan untuk 1 benda uji:

$$\begin{array}{ccccccc}
\text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
1,823 & : & 2,459 & : & 7,759 & : & 0,900
\end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.8: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji FAS 0,5.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat kerikil	
1,5	3,42	$\frac{3,42}{100}$	x 7,759	0,265
$\frac{3}{4}$	33,82	$\frac{33,82}{100}$	x 7,759	2,624
3/8	42,35	$\frac{42,35}{100}$	x 7,759	3,286

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
No. 4	20,41	$\frac{20,41}{100} \times$	7,759	1,584
Total				7,759

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji adalah saringan 1,5 sebesar 0,265 kg, saringan 3/4 sebesar 2,624 kg, saringan 3/8 sebesar 3,286 kg dan saringan no 4 sebesar 1,584 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 7,759 kg.

Tabel 4.9: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji FAS 0,5.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	0,52	$\frac{0,52}{100} \times$	2,459	0,013
No.8	0,61	$\frac{0,61}{100} \times$	2,459	0,015
No.16	1,21	$\frac{1,21}{100} \times$	2,459	0,030
No.30	3,89	$\frac{3,89}{100} \times$	2,459	0,096
No.50	44,94	$\frac{44,94}{100} \times$	2,459	1,105
No.100	37,26	$\frac{37,26}{100} \times$	2,459	0,916
Pan	11,57	$\frac{11,57}{100} \times$	2,459	0,284
Total				2,459

Berdasarkan Tabel 4.9 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar

0,013 kg, saringan no 8 sebesar 0,015 kg, saringan no 16 sebesar 0,030 kg, saringan no 30 sebesar 0,096 kg, saringan no 50 sebesar 1,105 kg, saringan no 100 sebesar 0,916 kg, dan pan sebesar 0,284 kg . Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,459 kg.

Ø Bahan *filler* agregat halus

Untuk penggunaan bahan *filler* agregat halus tertahan saringan nomor 50 menggunakan serbuk kulit rajungan sebesar 5%, 7% dan 9% dapat dilihat pada Tabel 4.10.

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 5% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned} &= \frac{5}{100} \times \text{Berat pasir} \\ &= \frac{5}{100} \times 2,459 \text{ kg} \\ &= 0,123 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah = 1,105 - 0,123
= 0,982 kg

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 7% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned} &= \frac{7}{100} \times \text{Berat pasir} \\ &= \frac{7}{100} \times 2,459 \text{ kg} \\ &= 0,172 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah = 1,105 - 0,172
= 0,933 kg

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 9% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned} &= \frac{9}{100} \times \text{Berat pasir} \\ &= \frac{9}{100} \times 2,459 \text{ kg} \\ &= 0,221 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah $= 1,105 - 0,221$
 $= 0,884$ kg

Tabel 4.10: Banyak serbuk kulit rajungan dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk satu benda uji FAS 0,5.

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Serbuk Kulit Rajungan (kg)	Berat Agregat Halus No.50 (kg)
5%	0,123	0,982
7%	0,172	0,933
9%	0,221	0,884

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan jumlah penggunaan *filler* dan agregat halus No.50 sebesar 5% adalah 0,123 kg untuk berat serbuk kulit rajungan dan 0,982 kg untuk berat agregat halus, jumlah bahan *filler* dan agregat halus No.50 sebesar 7% adalah 0,172 kg untuk berat serbuk kulit rajungan dan 0,933 kg untuk berat agregat halus, dan jumlah bahan *filler* serta agregat halus No.50 sebesar 9% adalah 0,221 kg dan 0,884 kg untuk agregat halus.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 32 benda uji untuk faktor air semen 0,5 dengan perincian 8 benda uji untuk beton normal (beton tanpa *filler*), 8 benda uji dengan *filler* 5%, 8 benda uji dengan *filler* 7%, dan 8 benda uji dengan *filler* 9%. Banyak bahan yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah:

- Serbuk kulit rajungan sebagai bahan *filler* yang dibutuhkan untuk 32 benda uji:
 - Ø Untuk beton bahan *filler* 5%
 - = banyak serbuk kulit rajungan untuk satu benda uji $\times 8$
 - = $0,123 \times 8$
 - = 0,984 kg
 - Ø Untuk beton bahan *filler* 7%
 - = banyak serbuk kulit rajungan untuk satu benda uji $\times 8$
 - = $0,172 \times 8$
 - = 1,376 kg

$$\begin{aligned}
\emptyset & \text{ Untuk beton bahan filler 9\%} \\
& = \text{banyak serbuk kulit rajungan untuk satu benda uji} \times 8 \\
& = 0,221 \times 8 \\
& = 1,688 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Maka, jumlah serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah $0,984 + 1,376 + 1,688 = 4,028$ kg.

- Pasir yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

$$\begin{aligned}
& = \text{Banyak pasir untuk satu benda uji} \times 32 \\
& = 2,459 \times 32 \\
& = 78,688 \text{ kg}
\end{aligned}$$
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

$$\begin{aligned}
& = \text{Banyak batu pecah untuk satu benda uji} \times 32 \\
& = 7,759 \times 32 \\
& = 248,288 \text{ kg}
\end{aligned}$$
- Semen yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

$$\begin{aligned}
& = \text{Banyak semen untuk satu benda uji} \times 32 \text{ benda uji} \\
& = 1,823 \times 32 \\
& = 58,336 \text{ kg}
\end{aligned}$$
- Air yang dibutuhkan untuk 32 benda uji

$$\begin{aligned}
& = \text{Banyak air untuk 1 benda uji} \times 32 \\
& = 0,900 \times 32 \\
& = 28,800 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Perbandingan untuk 32 benda uji:

$$\begin{array}{ccccccc}
\text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
58,336 & : & 78,688 & : & 248,288 & : & 28,800
\end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan untuk 32 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.

Pada Tabel 4.11 dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk 32 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan 1,5" sebesar 8,591 kg, saringan 3/4" sebesar 83,524 kg, saringan 3/8" sebesar 106,938 kg dan saringan No.4 sebesar 49,235 kg.

Tabel 4.11: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji FAS 0,5.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
1,5"	3,42	$\frac{3,42}{100} \times$	248,288	8,491
3/4"	33,82	$\frac{33,82}{100} \times$	248,288	83,971
3/8"	42,05	$\frac{42,05}{100} \times$	248,288	105,150
No. 4	20,41	$\frac{20,41}{100} \times$	248,288	50,676
Total				248,288

Pada Tabel 4.11 dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk 32 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan 1,5" sebesar 8,491 kg, saringan 3/4" sebesar 83,971 kg, saringan 3/8" sebesar 105,150 kg dan saringan No.4 sebesar 50,676 kg.

Tabel 4.12: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji FAS 0,5.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No. 4	0,52	$\frac{0,52}{100} \times$	78,688	0,409
No. 8	0,61	$\frac{0,61}{100} \times$	78,688	0,480
No. 16	1,21	$\frac{1,21}{100} \times$	78,688	0,952
No. 30	3,89	$\frac{3,89}{100} \times$	78,688	3,061

Tabel 4.12: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		% berat tertahan		
		$\frac{\text{100}}{\text{100}}$	$\times \text{ berat pasir}$	
No. 50	44,94	$\frac{44,94}{100}$	$\times 78,688$	35,362
No. 100	37,26	$\frac{37,26}{100}$	$\times 78,688$	29,319
Pan	11,57	$\frac{11,57}{100}$	$\times 78,688$	9,104
Total				78,688

Pada Tabel 4.12 dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk 32 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan No. 4 sebesar 0,409 kg, saringan No. 8 sebesar 0,480 kg, saringan No. 16 sebesar 0,952 kg, saringan No. 30 sebesar 3,061 kg, saringan No. 50 sebesar 35,362 kg, saringan No. 100 sebesar 29,319 kg, dan pan sebesar 9,104 kg.

4.3. Metode Pengerjaan Mix Design

4.3.1. Metode Pengerjaan Mix Design untuk FAS 0,4

Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 22,5 MPa untuk umur 28 hari dan 7 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.8.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.9.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr} .

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.1.

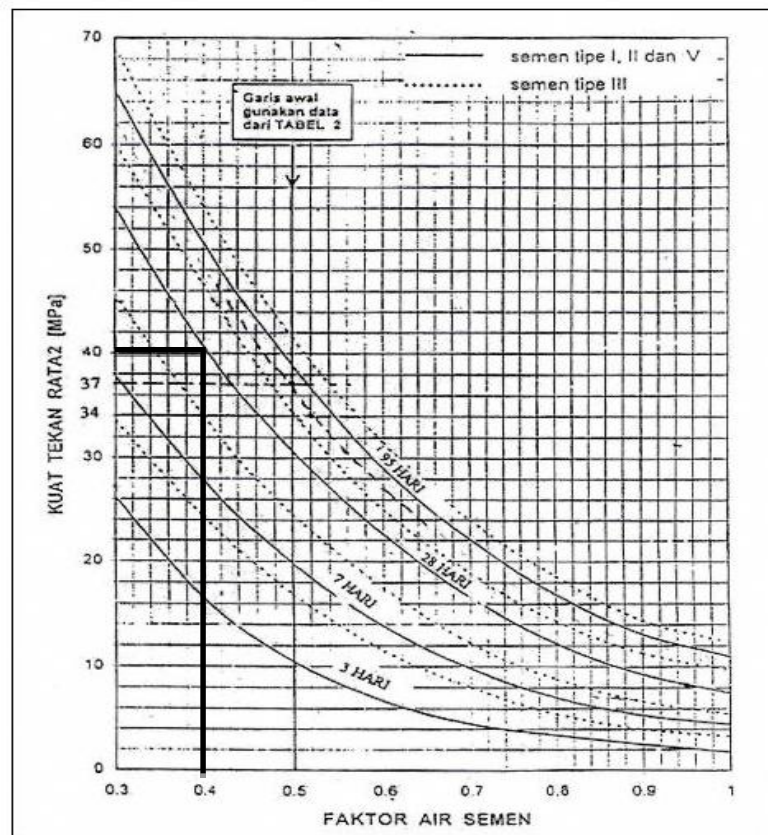
$$f'_{cr} = f'_c + m$$

$$f'_{cr} = 22,5 + 17,7$$

$$= 40,2 \text{ MPa}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
6. Jenis agregat diketahui :

- agregat kasar = batu pecah (Binjai)
 - agregat halus alami= pasir (Binjai)
7. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 40,2 MPa tarik garis horizontal menuju zona 28 hari dan zona 7 hari, lalu tarik garis ke bawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada Gambar 4.1.
 8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,60 berdasarkan Tabel 2.8. 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 2.10 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.13.



Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).

Tabel 4.13: 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.

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (4.1)$$

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$= \frac{2}{3} \times 162 + \frac{1}{3} \times 192$$

$$= 172 \text{ kg/m}^3$$

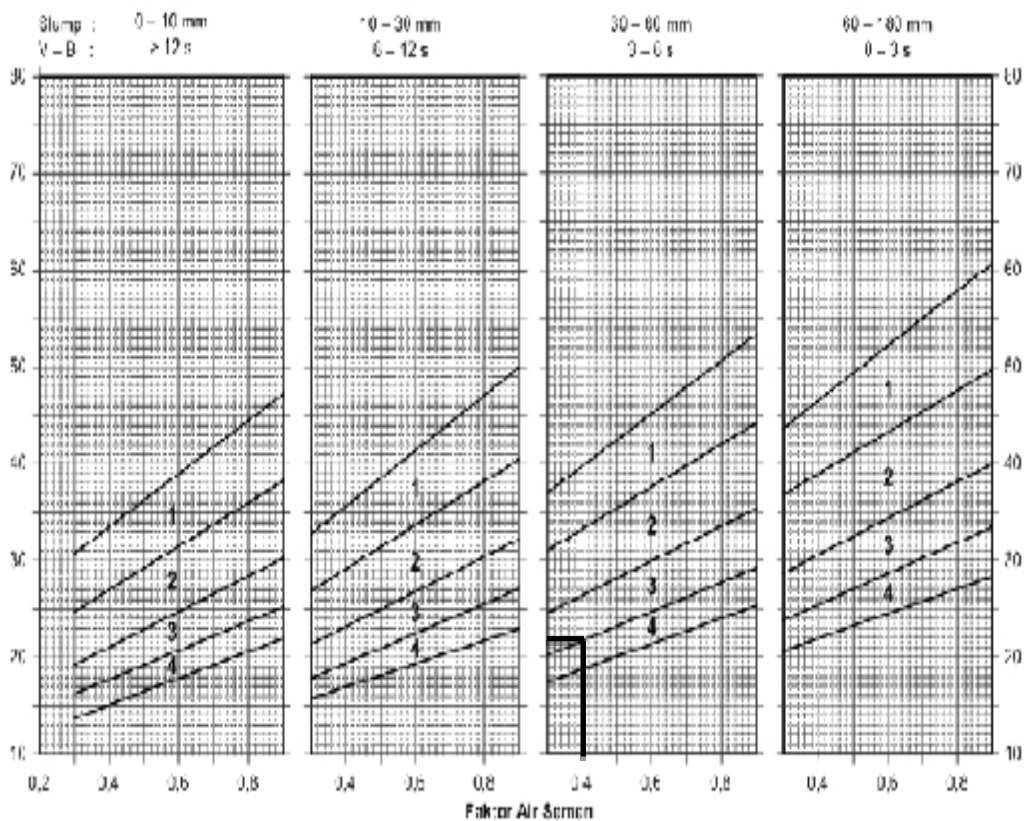
12. Jumlah semen, yaitu : $\frac{172}{0,4} = 430 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 2.9. Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air-semen yang disesuaikan: dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.4.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.5.
18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,75 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 0,4. Bagi agregat halus (pasir) yang

termasuk daerah susunan butir No.4 diperoleh harga nilai 22%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2.

19. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena agregat halus dalam ini merupakan gabungan pula 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 = 2,53
- BJ agregat kasar = 2,73
- BJ agregat gabungan Halus dan kasar = $(0,22 \times 2,53) + (0,78 \times 2,73)$
= 2,68



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

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,68. Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 172 kg/m³), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka 2445,156 kg/m³.

21. Kadar agregat gabungan

$$= (\text{berat isi beton}) - (\text{jumlah kadar semen} + \text{kadar air})$$

$$= 2445,156 - (430 + 172)$$

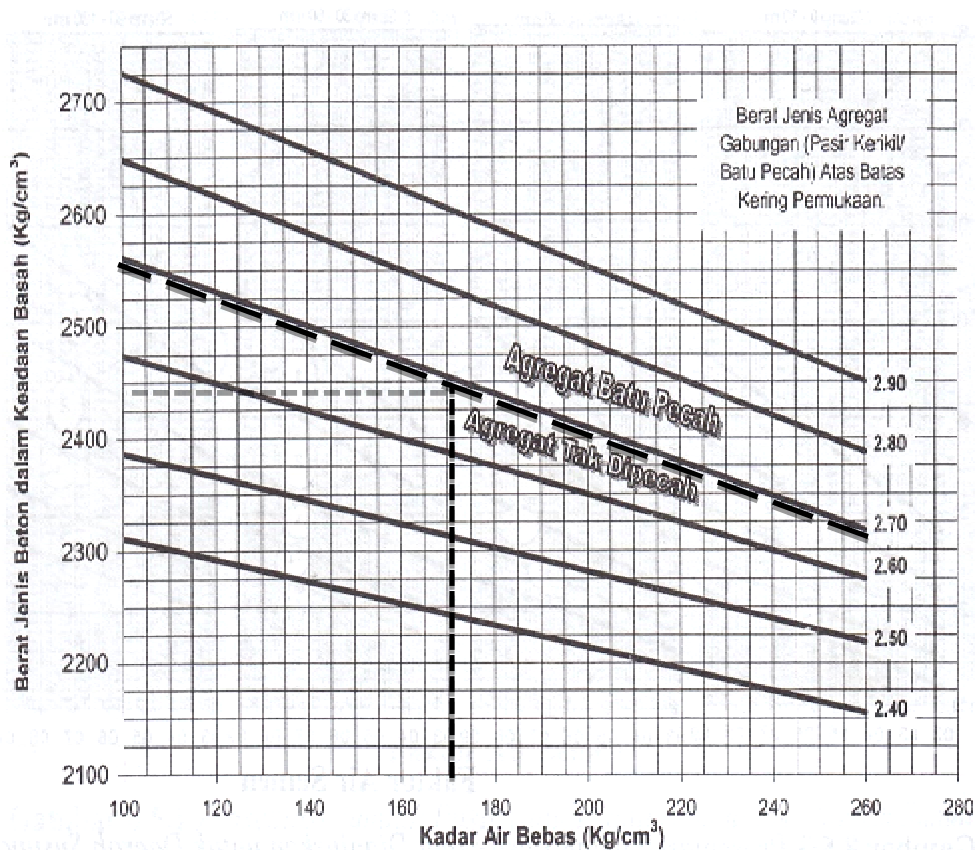
$$= 1843,156 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar agregat halus

$$= (\text{persen agregat halus}) \times (\text{Kadar agregat gabungan})$$

$$= \frac{22}{100} \times 1843,156$$

$$= 405,494 \text{ kg/m}^3$$



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

23. Kadar agregat kasar

= Kadar agregat gabungan – Kadar agregat halus

$$= 1843,156 - 405,494 = 1437,662 \text{ kg/m}^3$$

24. Proporsi campuran dari langkah (1) hingga (23) kita dapatkan susunan campuran beton teoritis.

untuk tiap m^3 sebagai berikut:

– Semen = 430 kg

– Air = 172 kg/lt

– Agregat halus = 405,494 kg

– Agregat kasar = 1437,662 kg

25. Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakaisebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkanoleh masing-masing agregat yang akan dipakai. Dengan menggunakan Pers. 2.9, 2.10, dan 2.11, didapat koreksi proporsi campuran untuk air sebesar:

$$\begin{aligned} &= B - \left\{ (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \right\} - \left\{ (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \right\} \\ &= 172 - \left\{ (2,25 - 1,83) \times \frac{405,494}{100} \right\} - \left\{ (0,62 - 0,76) \times \frac{1437,662}{100} \right\} \\ &= 168,284 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned} &= C + \left\{ (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \right\} \\ &= 405,494 + (2,25 - 1,83) \times \frac{405,494}{100} \\ &= 407,197 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 1437,662 + (0,62 - 0,76) \times \frac{1437,662}{100} \\ &= 1435,649 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4.3.2 Metode Pengerjaan Mix Design untuk FAS 0,5

Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 13,1 MPa untuk umur 28 hari dan 7 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.8.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.9.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.1.

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

$$f'_{cr} = 13,1 + 17,7$$

$$= 30,8 \text{ MPa}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
6. Jenis agregat diketahui :
 - agregat kasar = batu pecah (Binjai)
 - agregat halus alami = pasir (Binjai)
7. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 30,8 MPa tarik garis horizontal menuju zona 28 hari dan zona 7 hari, lalu tarik garis ke bawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada Gambar 4.4.
8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,60 berdasarkan Tabel 2.8. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.4 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 2.10 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.13.

Setelah interpolasi memakai Pers. 4.1.

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \tag{4.1}$$

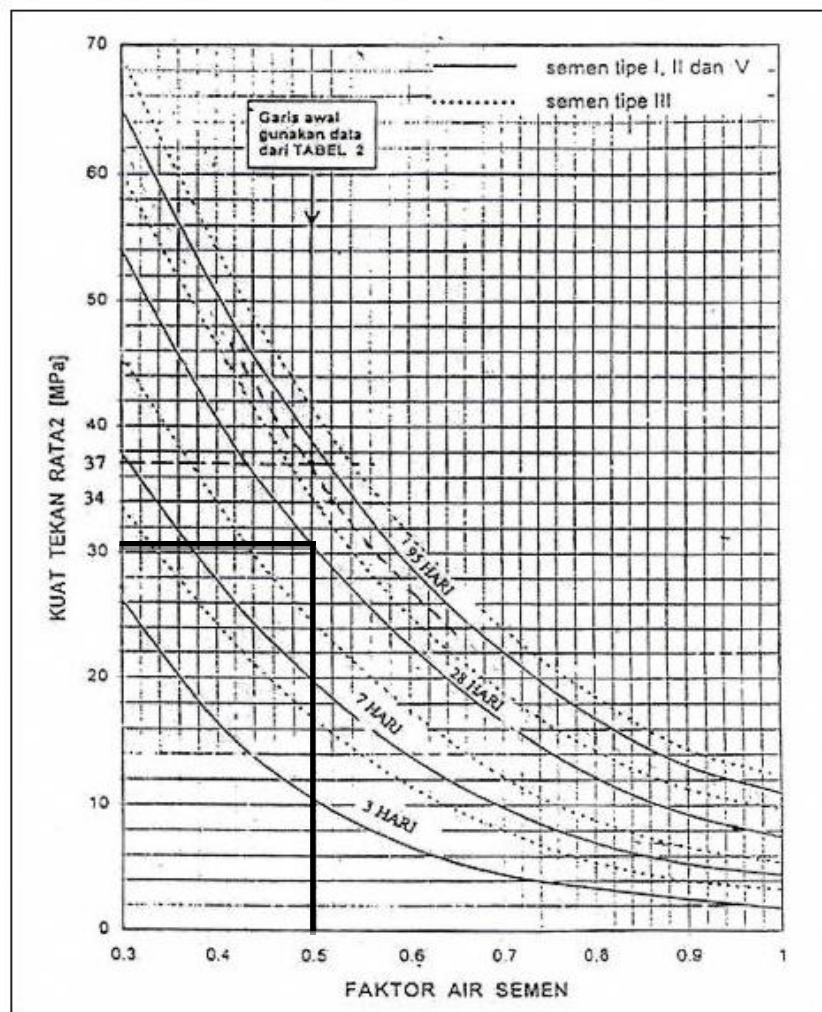
Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$= \frac{2}{3} \times 162 + \frac{1}{3} \times 192$$

$$= 172 \text{ kg/m}^3$$

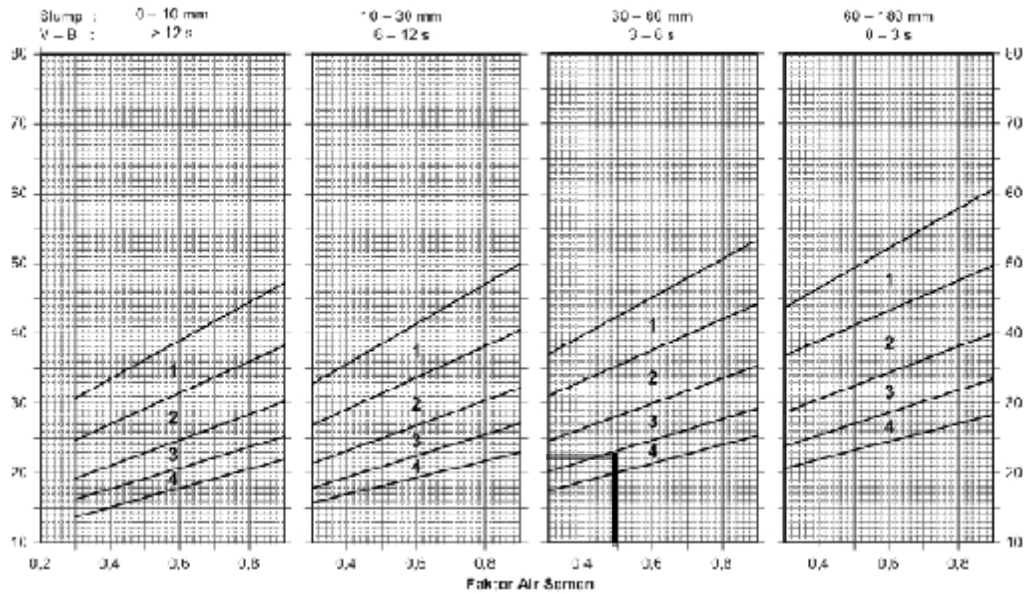


Gambar 4.4: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).

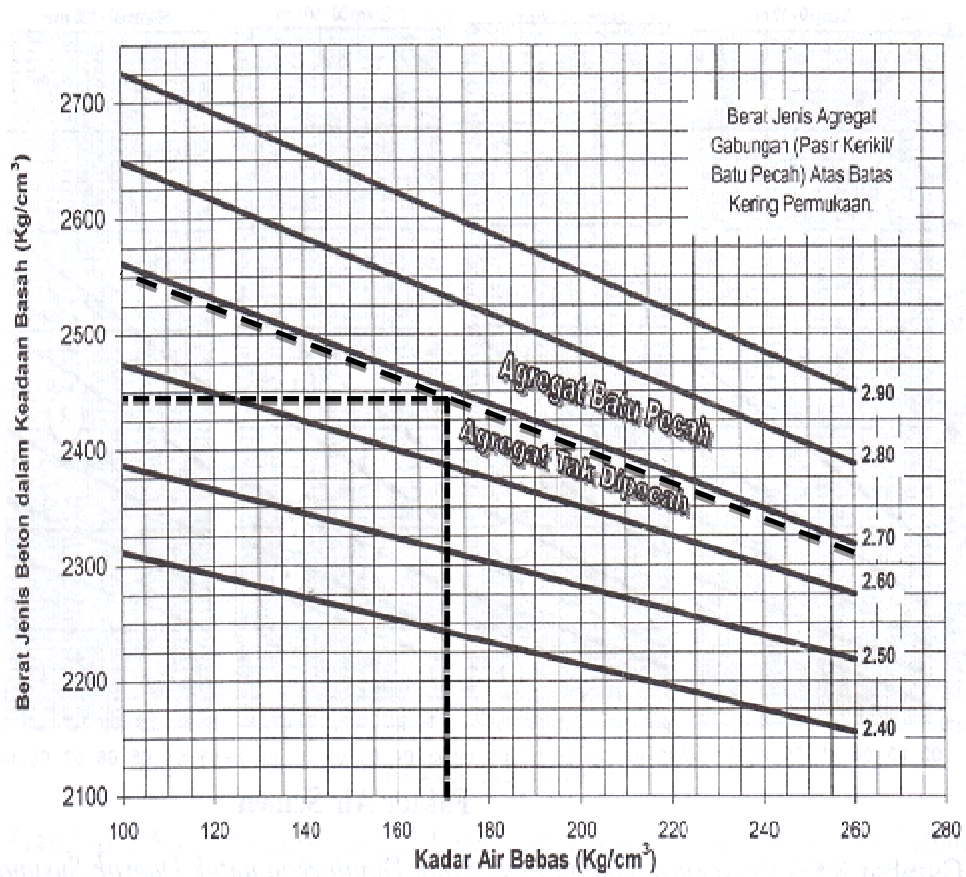
12. Jumlah semen, yaitu : $\frac{172}{0,5} = 344 \text{ kg/m}^3$

13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.

14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 2.11. 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 oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.4.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.5
18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,75 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 0,5. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir No.4 diperoleh harga nilai 24%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.5.
19. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena agregat halus dalam ini merupakan gabungan pula 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 = 2,53
 - BJ agregat kasar = 2,73
 - BJ agregat gabungan Halus dan kasar = $(0,24 \times 2,53) + (0,76 \times 2,73)$
 $= 2,68$
20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.6 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,68. Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 172 kg/m^3), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka $2445,156 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 4.5: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).



Gambar 4.6: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-1993).

21. Kadar agregat gabungan

$$\begin{aligned} &= (\text{berat isi beton}) - (\text{jumlah kadar semen} + \text{kadar air}) \\ &= 2445,156 - (344 + 172) \\ &= 1929,156 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus

$$\begin{aligned} &= (\text{persen agregat halus}) \times (\text{Kadar agregat gabungan}) \\ &= \frac{24}{100} \times 1929,156 \\ &= 462,997 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

23. Kadar agregat kasar

$$\begin{aligned} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat halus} \\ &= 1929,156 - 462,997 = 1466,159 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. Proporsi campuran dari langkah (1) hingga (23) kita dapatkan susunan campuran beton teoritis.

untuk tiap m^3 sebagai berikut:

- Semen = 344 kg
- Air = 172 kg/lt
- Agregat halus = 462,997 kg
- Agregat kasar = 1466,159 kg

25. Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakai sebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibetulkan kembali dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai. Dengan menggunakan Persamaan 2.9, 2.10, dan 2.11, didapat koreksi proporsi campuran untuk air sebesar:

$$\begin{aligned} &= B - \left\{ (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \right\} - \left\{ (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \right\} \\ &= 172 - \left\{ (2,25 - 1,83) \times \frac{462,156}{100} \right\} - \left\{ (0,62 - 0,76) \times \frac{1466,159}{100} \right\} \\ &= 169,854 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$= C + \left\{ (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \right\}$$

$$= 462,156 + (2,25 - 1,83) \times \frac{462,156}{100}$$

$$= 464,097 \text{ kg/m}^3$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100}$$

$$= 1466,159 + (0,62 - 0,76) \times \frac{1466,159}{100}$$

$$= 1464,106 \text{ kg/m}^3$$

4.4. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 64 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton

Beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula – mula sebagian air (kira-kira 75 % dari jumlah air yang ditetapkan) dimasukkan ke dalam mesin pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus, dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian dimasukkan sisa air yang ada ke dalam mesin pengaduk. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan campuran juga tampak homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan

Sebelum beton dimasukkan ke dalam cetakan, terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan adonan beton (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan yang telah disediakan, masukkan adukan beton ke dalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu dilakukan 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 agar udara yang terperangkap di dalam adukan

dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan keramik untuk menjaga penguapan air

dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. 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.

4.5. Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan 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 harus masuk sampai bagian bawah tiap–tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2 1/2 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Tabel 4.14: Hasil pengujian nilai *slump* untuk FAS 0,4.

	Beton Normal		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Kulit Rajungan 5%		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Kulit Rajungan 7%		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Kulit Rajungan 9%	
	7	28	7	28	7	28	7	28
<i>Slump</i>	3,5	3,5	3,4	3,5	3,5	3	3,7	3,5
(cm)	3,9	3,7	3,8	3,7	3,3	3,2	4,2	3,4

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil *slump test* beton normal, beton dengan *filler* serbuk kulit rajungan 5%, 7%, dan 9% adalah sebesar 3 s/d 4,2 cm.

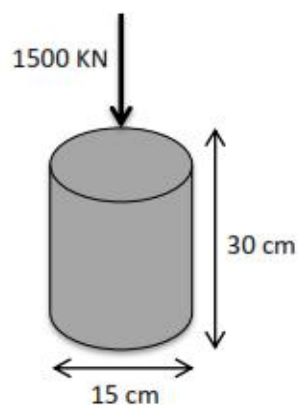
Tabel 4.15: Hasil pengujian nilai *slump* untuk FAS 0,5.

	Beton Normal		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Kulit Rajungan 5%		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Kulit Rajungan 7%		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Kulit Rajungan 9%	
	7	28	7	28	7	28	7	28
<i>Slump</i>	3,5	3,5	3,8	3,5	3,4	3	3,7	3,5
(cm)	3	3,5	4,2	3,6	3	3,8	3,2	3,4

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil *slump test* beton normal, beton dengan *filler* serbuk kulit rajungan 5%, 7%, dan 9% adalah sebesar 3 s/d 4,2 cm.

4.6. 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 diuji adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 64 benda uji, seperti pada Gambar 4.7, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar.4.7: 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.

4.6.1. Kuat Tekan Beton Normal (saat pengujian)

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.16, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 26,34 MPa pada umur beton 7 hari dan 27,94 MPa untuk umur beton 28 hari dengan faktor air semen 0,4.

Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tekan beton normal untuk FAS 0,4.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	20500	139,71	21,49	26,47
2	23000	156,75	24,12	
3	27000	184,01	28,31	
4	30500	207,86	31,98	
Umur 28 hari				
1	41000	279,42	27,94	29,22
2	39500	269,20	26,92	
3	47000	320,31	32,03	
4	44000	299,87	29,99	

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.17, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 18,09 MPa pada umur beton 7 hari dan 19,93 MPa untuk umur beton 28 hari untuk faktor air semen (FAS) 0,5.

Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat tekan beton normal untuk FAS 0,5.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	15000	102,23	15,73	18,09
2	16500	112,45	17,30	
3	19500	132,90	20,45	
4	18000	122,67	18,87	
Umur 28 hari				
1	30000	204,45	20,45	19,93
2	28500	194,23	19,42	
3	27000	184,01	18,40	
4	31500	214,68	21,47	

4.6.2. Kuat Tekan Beton Serbuk Kulit Rajungan 5% (saat pengujian)

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 5% dengan jumlah benda uji 8 buah, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 30,41 MPa dan 32,20 MPa pada umur 28 hari untuk FAS 0,4, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 5% untuk FAS 0,4.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	30000	204,45	31,45	30,41
2	28500	194,23	29,88	
3	33000	224,90	34,60	

Tabel 4.18: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
4	24500	166,97	25,69	
Umur 28 hari				
1	46500	316,90	31,69	32,20
2	51000	347,57	34,76	
3	48000	327,13	32,71	
4	43500	296,46	29,65	

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 5% dengan jumlah benda uji 8 buah, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 23,07 MPa dan 24,19 MPa pada umur 28 hari untuk FAS 0,5, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 5% untuk FAS 0,5.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	22500	153,34	23,59	23,07
2	20500	139,71	21,49	
3	22000	149,93	23,07	

Tabel 4.19: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
4	23000	156,75	24,12	
Umur 28 hari				
1	39000	265,79	26,58	24,19
2	31000	211,27	21,13	
3	35000	238,53	23,85	
4	37000	252,16	25,22	

4.6.3. Kuat Tekan Beton Serbuk Kulit Rajungan 7% (saat pengujian)

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 7% dengan jumlah benda uji 8 buah untuk faktor air semen (FAS) 0,4, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 36,96 MPa dan 38,59 MPa pada umur 28 hari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 7% untuk FAS 0,4.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	36000	245,35	37,75	36,96
2	34500	235,12	36,17	
3	35000	238,53	36,70	
4	35500	241,94	37,22	

Tabel 4.20: Lanjutan.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	57000	388,46	38,85	38,59
2	54000	368,02	36,80	
3	60000	408,91	40,89	
4	55500	378,24	37,82	

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 7% dengan jumlah benda uji 8 buah untuk faktor air semen (FAS) 0,5, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 24,38 MPa dan 30,33 MPa pada umur 28 hari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 7% untuk FAS 0,5.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	24000	163,56	25,16	24,38
2	22500	153,34	23,59	
3	23000	156,75	24,12	
4	23500	160,16	24,64	
Umur 28 hari				
1	41000	279,42	27,94	30,33
2	47000	320,31	32,03	
3	44000	299,87	29,99	

Tabel 4.21: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
4	46000	313,50	31,35	

4.6.4 Kuat Tekan Beton Serbuk Kulit Rajungan 9% (saat pengujian)

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 9% dengan jumlah benda uji 8 buah untuk faktor air semen (FAS) 0,4, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 29,75 MPa dan 37,82 MPa pada umur 28 hari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 9% untuk FAS 0,4.

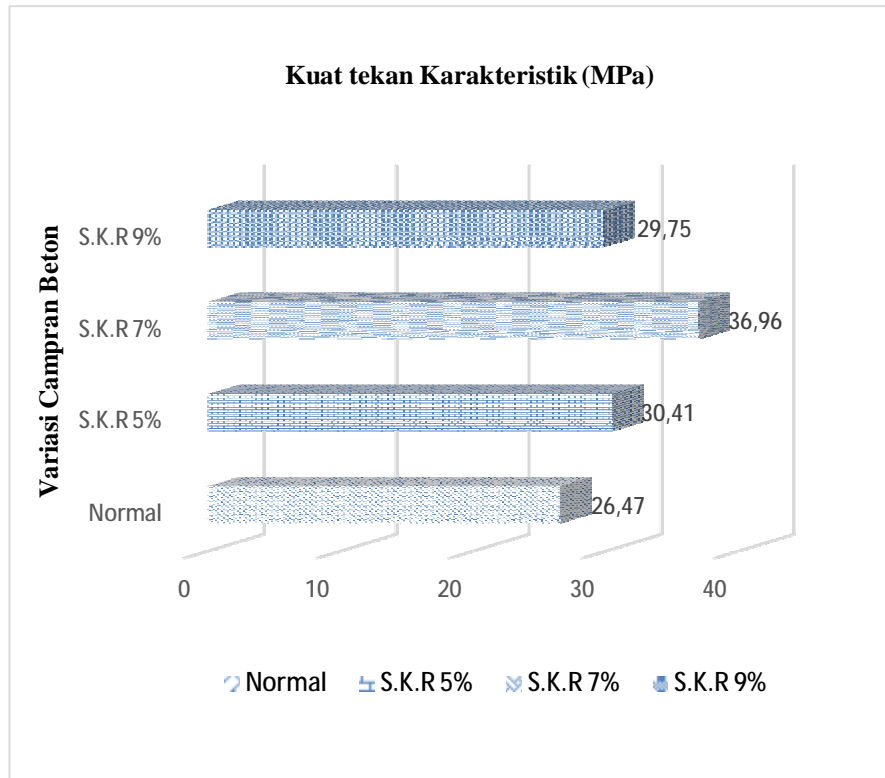
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	26000	177,19	27,26	29,75
2	30000	204,45	31,45	
3	33000	224,90	34,60	
4	24500	166,97	25,69	
Umur 28 hari				
1	54000	368,02	36,80	37,82
2	57000	388,46	38,85	
3	55000	374,83	37,48	
4	56000	381,65	38,16	

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 9% dengan jumlah benda uji 8 buah untuk faktor air semen (FAS) 0,5, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 23,72 MPa dan 23,94 MPa pada umur 28 hari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.23.

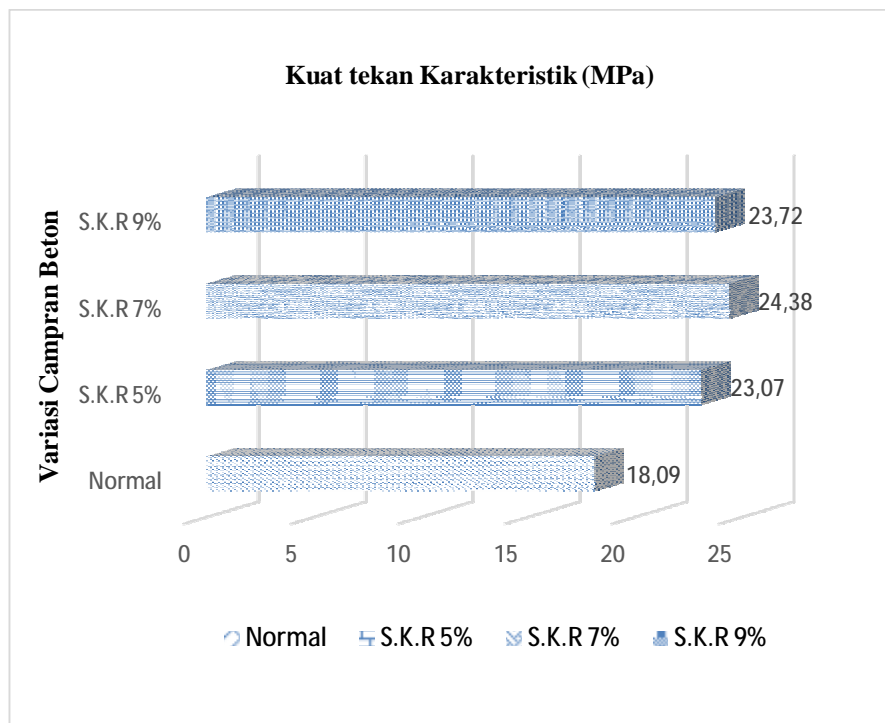
Tabel 4.23: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk kulit rajungan 9% untuk FAS 0,5.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c / 1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	22500	153,34	23,59	23,72
2	23000	156,75	24,12	
3	25500	173,79	26,74	
4	19500	132,90	20,45	
Umur 28 hari				
1	34000	231,71	23,17	23,94
2	36000	245,35	24,53	
3	35000	238,53	23,85	
4	35500	241,94	24,19	

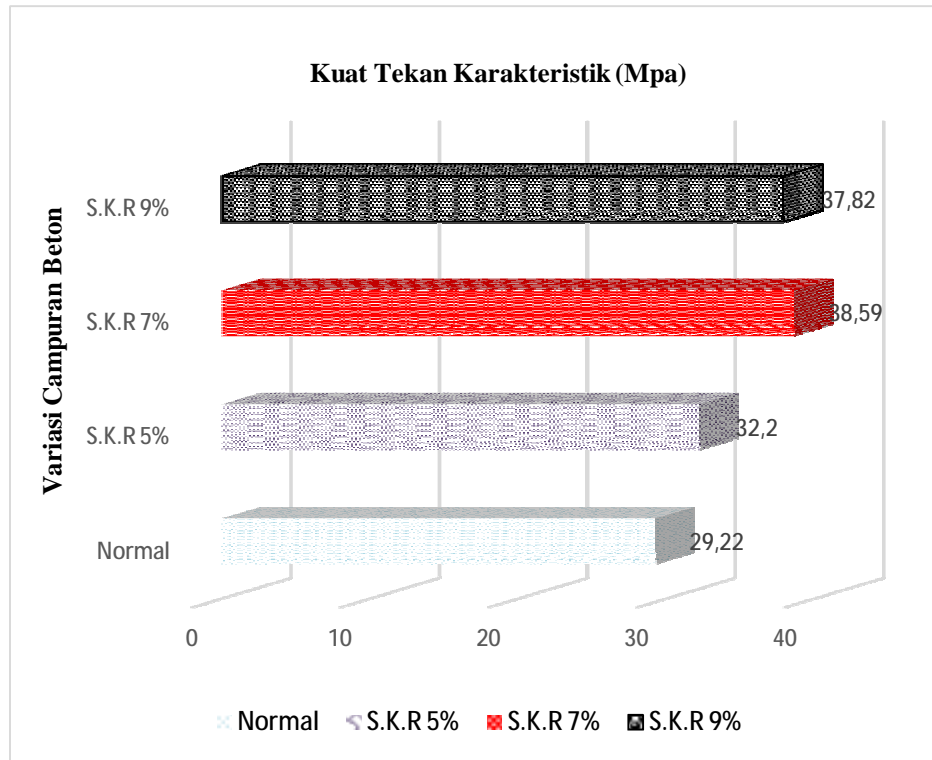
Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan dan penurunan kuat tekan beton yang menggunakan faktor air semen 0,4, dapat digambarkan pada Gambar 4.8, Gambar 4.10 dan Gambar 4.9, 4.11 untuk faktor air semen 0,5.



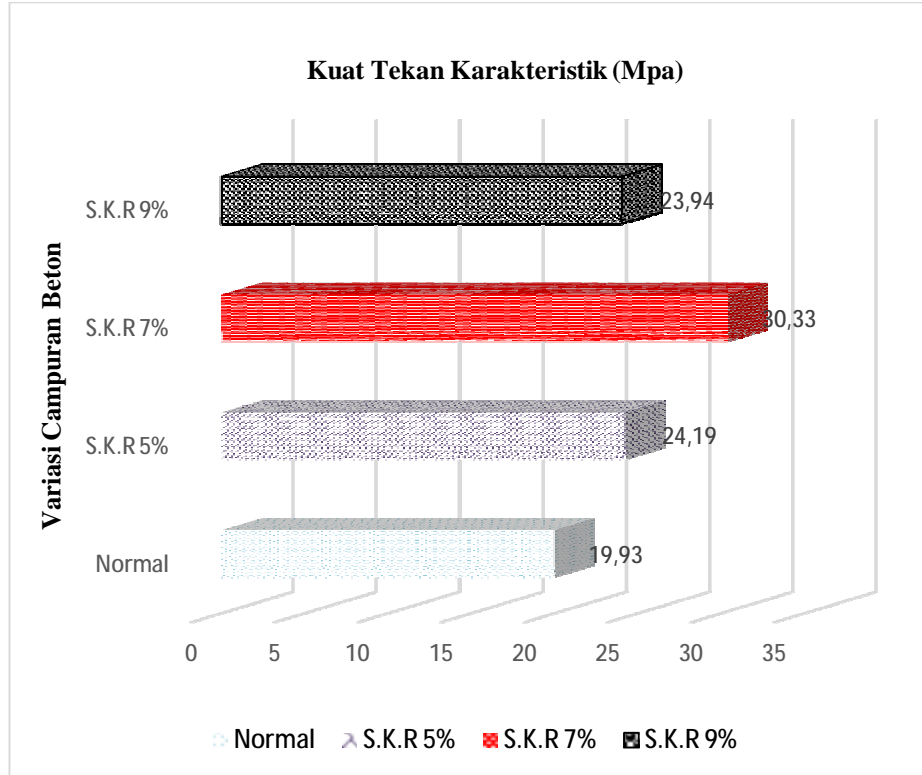
Gambar 4.8: Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari FAS 0,4.



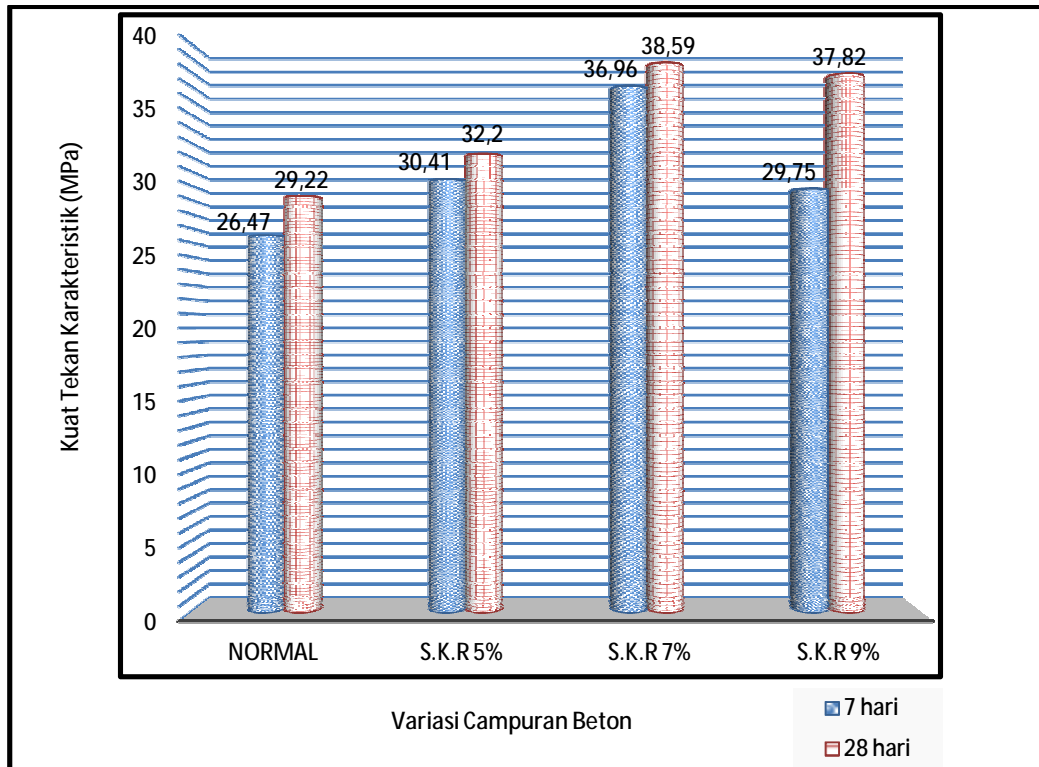
Gambar 4.9: Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari FAS 0,5.



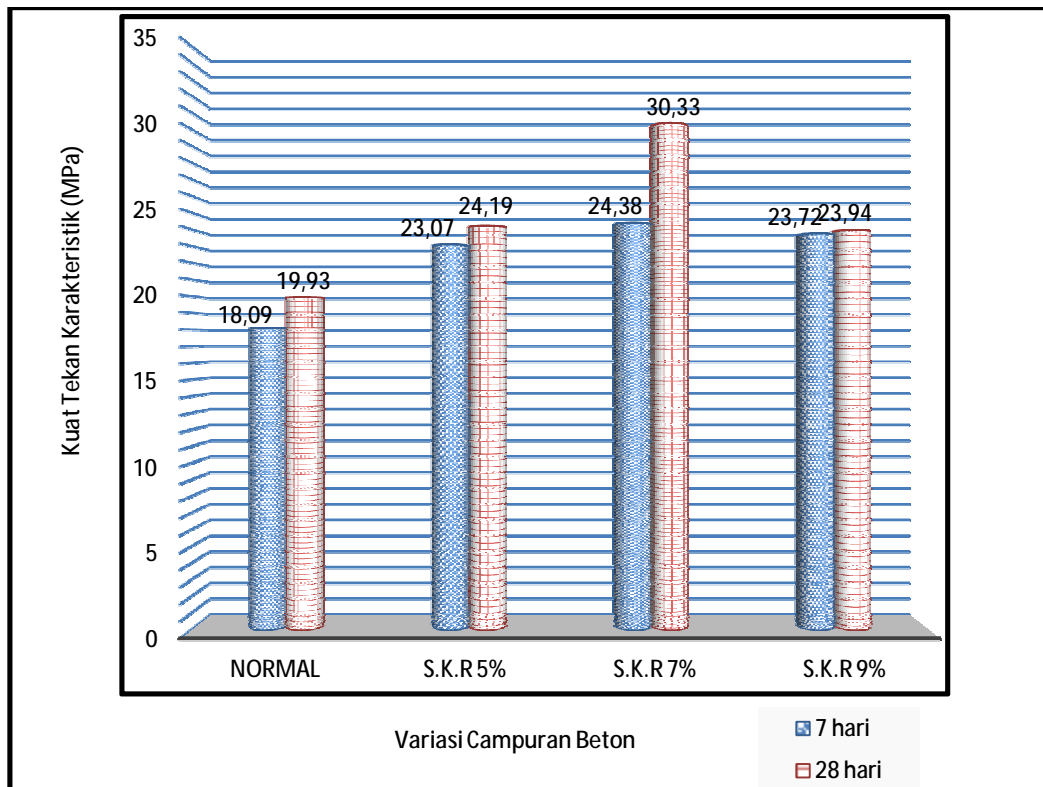
Gambar 4.10: Grafik kuat tekan beton umur 28 hari FAS 0,4.



Gambar 4.11: Grafik kuat tekan beton umur 28 hari FAS 0,5.



Gambar 4.12: Grafik kuat tekan beton FAS 0,4 pada umur 7 hari dan 28 hari.



Gambar 4.13: Grafik kuat tekan beton FAS 0,5 pada umur 7 hari dan 28 hari.

Berdasarkan Gambar 4.8, Gambar 4.10 dapat dilihat adanya kenaikan persentase kuat tekan beton dengan faktor air semen 0,4 yang menggunakan *filler* serbuk kulit rajungan yang ditunjukkan pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.9, Gambar 4.11 ditunjukkan pada Gambar 4.13.

4.7 Pembahasan

4.7.1 Pembahasan untuk Faktor Air Semen (FAS) 0,4

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan serbuk kulit rajungan, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan serbuk kulit rajungan sebanyak 5%, 7% dan 9% mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Ø Pengisian serbuk kulit rajungan 5%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{30,41 - 26,47}{26,47} \times 100\% \\ &= 11,88\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{32,20 - 29,22}{29,22} \times 100\% \\ &= 10,19\% \end{aligned}$$

Ø Pengisian serbuk kulit rajungan 7%

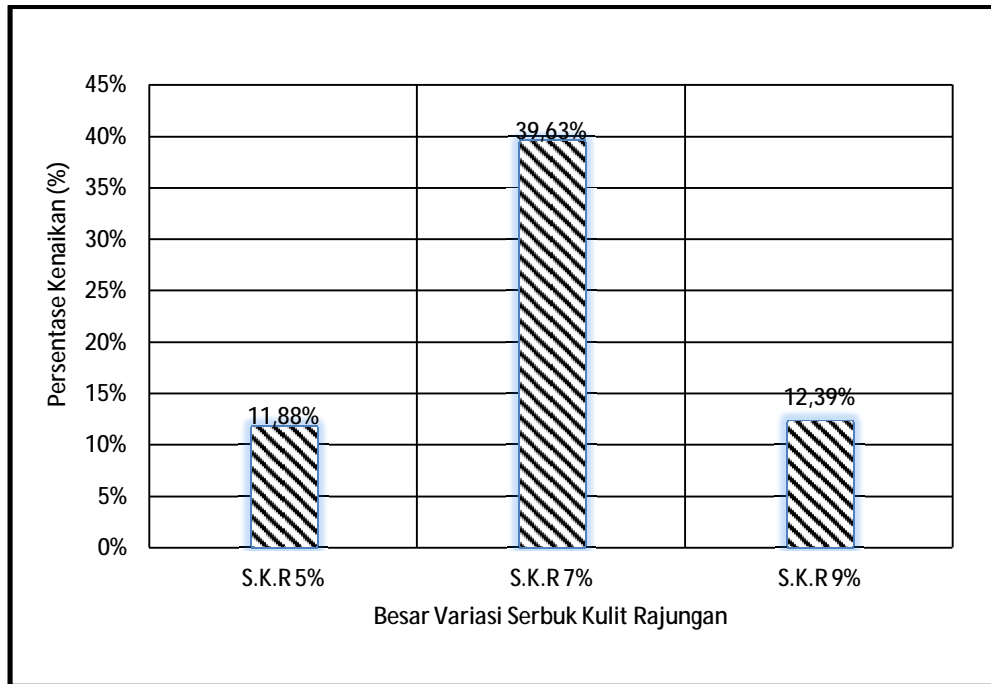
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{36,96 - 26,47}{26,47} \times 100\% \\ &= 39,63\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{38,59 - 29,22}{29,22} \times 100\% \\ &= 32,06\% \end{aligned}$$

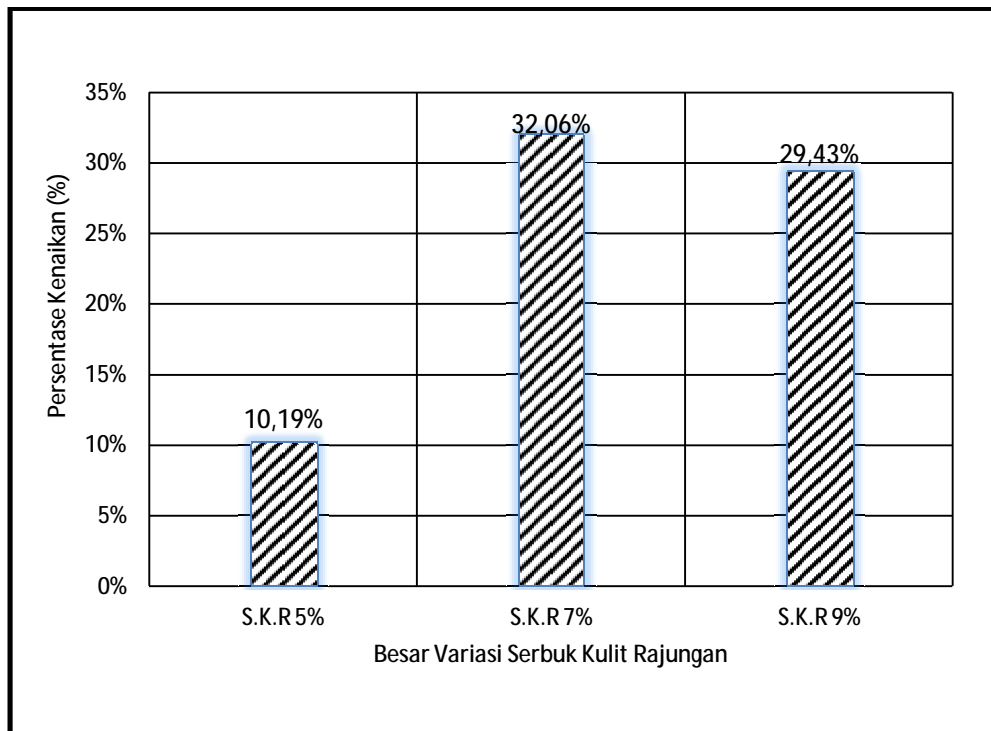
Ø Pengisian serbuk kulit rajungan 9%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{29,75 - 26,47}{26,47} \times 100\% \\ &= 12,39\% \end{aligned}$$

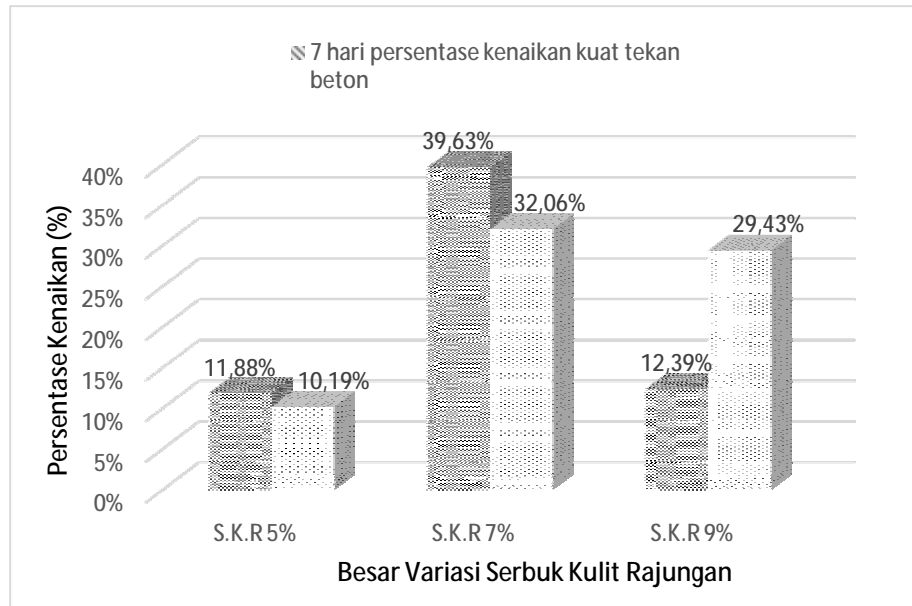
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{37,82 - 29,22}{29,22} \times 100\% \\ &= 29,43\% \end{aligned}$$



Gambar 4.14: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari FAS 0,4.



Gambar 4.15: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari FAS 0,4.



Gambar 4.16: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari FAS 0,4.

4.7.2 Pembahasan untuk Faktor Air Semen (FAS) 0,5

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan serbuk kulit rajungan, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan serbuk kulit rajungan sebanyak 5%, 7% dan 9% mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Ø Pengisian serbuk kulit rajungan 5%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{23,07 - 18,09}{18,09} \times 100\% \\ &= 27,52\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{24,19 - 19,93}{19,93} \times 100\% \\ &= 21,37\% \end{aligned}$$

Ø Pengisian serbuk kulit rajungan 7%

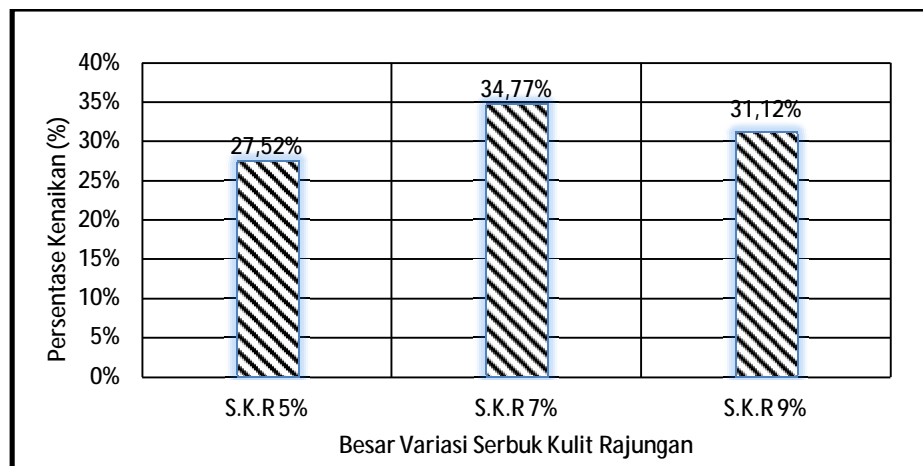
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{24,38 - 18,09}{18,09} \times 100\% \\ &= 34,77\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{30,33 - 19,93}{19,93} \times 100\% \\ &= 52,18\% \end{aligned}$$

Ø Pengisian serbuk kulit rajungan 9%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{23,72 - 18,09}{18,09} \times 100\% \\ &= 31,12\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{23,94 - 19,93}{19,93} \times 100\% \\ &= 20,12\% \end{aligned}$$

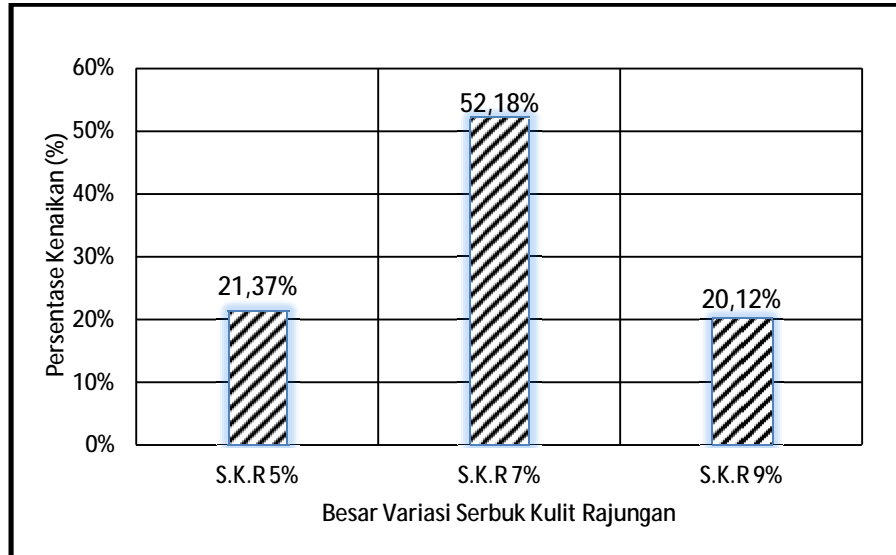


Gambar 4.17: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari FAS 0,5.

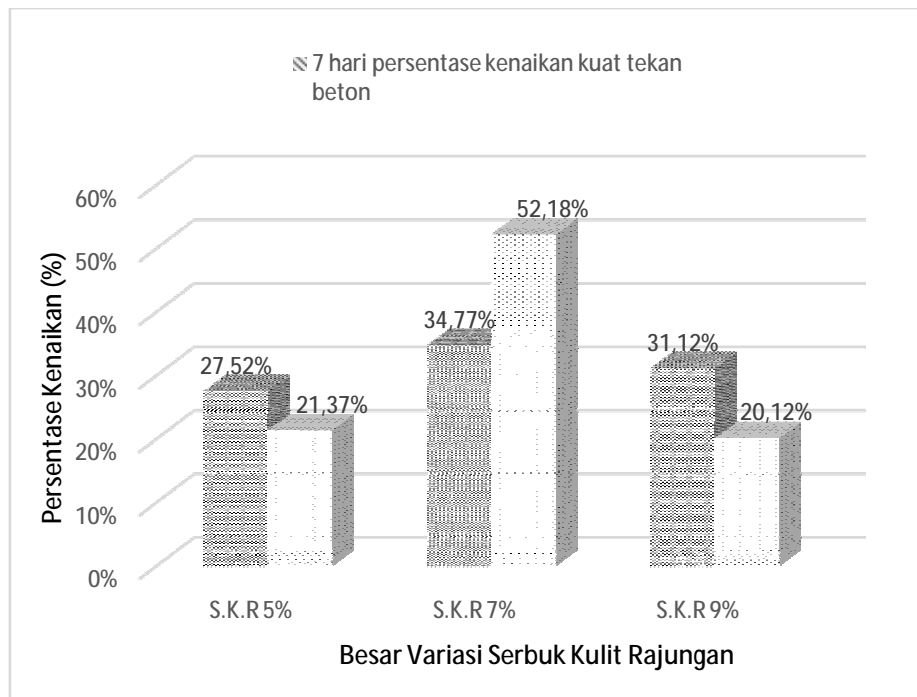
Dari Gambar 4.16 dan Gambar 4.19 menjelaskan bahwa hasil pengujian kuat tekan beton dapat kita lihat telah terjadi peningkatan kuat tekan beton dengan serbuk kulit rajungan sebagai *filler* sebanyak 5%, 7%, dan 9% terhadap beton normal. Akan tetapi pada *filler* 9% mengalami penurunan. Adapun faktor yang telah mempengaruhi hal ini disebabkan oleh serbuk kulit rajungan yang mengandung komposisi kimia Air 4,32%, Protein 18,18%, Lemak 2,27%, Serat Kasar 16,67%, Abu 44,28%, Fosfor (P) 1,81%, Kalsium (Ca) 19,97%, Magnesium (Mg) 1,29%, Tembaga (Cu) 30,62 ppm, Besi (Fe) 195,59 ppm, Seng (Zn) 44,59 ppm, Mangan (Mn) 184,52 ppm dan semen memiliki komposisi kimia Kapur CaO (60-65 %), Silika SiO₂ (17-25 %), Alumina Al₂O₃ (3 – 8 %), Besi Fe₂O₃ (0,5 – 6 %), Magnesia MgO (0,5 – 4 %), Sulfur SO₃ (1 – 2 %), Potash Na₂O + K₂O (0,5 – 1%).

Dengan ini saya dapat menyimpulkan bahwa dengan adanya serbuk kulit rajungan sebagai *filler* agregat halus maka serbuk kulit rajungan membantu fungsi

dari semen yaitu membantu mengikat agregat kasar dan halus menjadi satu kesatuan sehingga dapat disimpulkan bahwa komposisi kimia pada serbuk kulit rajungan dan semen dapat mengakibatkan kenaikan pada kuat tekan beton.



Gambar 4.18: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari FAS 0,5.



Gambar 4.19: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari FAS 0,5.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan data dari kuat tekan yang dihasilkan bahwa faktor air semen dan variasi persen serbuk kulit rajungan dapat mempengaruhi mutu beton yang didapat, yaitu:
 - Untuk faktor air semen (FAS) 0,4
 - Ø Beton normal didapat kuat tekan rata-rata sebesar 26,47 MPa pada umur beton 7 hari dan 29,22 MPa pada umur beton 28 hari.
 - Ø Beton dengan penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 5% didapat kuat tekan rata-rata 30,41 MPa pada umur 7 hari dan 32,20 MPa pada umur 28 hari.
 - Ø Beton dengan penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 7% didapat kuat tekan rata-rata 36,96 MPa pada umur 7 hari dan 38,59 MPa pada umur 28 hari.
 - Ø Beton dengan penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 9% didapat kuat tekan rata-rata 29,75 MPa pada umur 7 hari dan 37,82 MPa pada umur 28 hari.
 - Untuk faktor air semen (FAS) 0,5
 - Ø Beton normal didapat kuat tekan rata-rata sebesar 18,09 MPa pada umur beton 7 hari dan 19,93 MPa pada umur beton 28 hari.
 - Ø Beton dengan penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 5% didapat kuat tekan rata-rata 23,07 MPa pada umur 7 hari dan 24,19 MPa pada umur 28 hari.
 - Ø Beton dengan penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 7% didapat kuat tekan rata-rata 24,38 MPa pada umur 7 hari dan 30,33 MPa pada umur 28 hari.

- Ø Beton dengan penambahan serbuk kulit rajungan sebesar 9% didapat kuat tekan rata-rata 23,72 MPa pada umur 7 hari dan 23,94 MPa pada umur 28 hari.
2. Berdasarkan data dari kuat tekan beton yang didapat, bahwa terjadi kenaikan kuat tekan beton pada beton dengan variasi 5%, 7%, dan 9% terhadap beton normal. Akan tetapi terjadi penurunan pada beton variasi 9% terhadap beton variasi 7%. Penurunan yang signifikan terjadi pada beton dengan persentase variasi *filler* 9% sebesar 12,39% terhadap persentase variasi *filler* 7% sebesar 39,63% pada umur 7 hari untuk faktor air semen 0,4. Sedangkan untuk faktor air semen 0,5, penurunan yang signifikan terjadi pada beton dengan persentase variasi *filler* 9% sebesar 20,12% terhadap persentase variasi *filler* 7% sebesar 52,18% pada umur 28 hari.
 3. Berdasarkan data dari kuat tekan beton yang didapat, bahwa terjadi perbedaan kualitas beton antara beton yang menggunakan FAS 0,4 dengan beton yang menggunakan FAS 0,5. Perbedaan yang signifikan terjadi pada *filler* 9% pada umur 28 hari.

5.2 Saran

1. Penggunaan serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengisi (*filler*) agregat halus disarankan karena dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton.
2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk pengujian kuat tarik dan lentur akibat adanya *filler* serbuk kulit rajungan dalam campuran beton.
3. Disarankan untuk melakukan penelitian yang mendalam mengenai sifat-sifat fisis dan kimiawi dari serbuk ku.
4. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk beton mutu tinggi menggunakan *filler* serbuk kulit rajungan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials C 128 *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 127. *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 136 *Standards test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 29 *Standards test for bulk density (unit weight) and voids in aggregate*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 150 (1985) *Standards Specification For Portland Cement*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 33 (1982, 1986) *Standards Specification For Aggregates*. Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 39 (1993) *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. Philadelphia: ASTM.
- Departemen Kelautan dan Perikanan (2005) *Statistika Ekspor Hasil Perikanan Indonesia*. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Dinas Pekerjaan Umum (1971) *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Indonesia.
- 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) *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 (1996) *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm)* (SNI 03-4142-1996). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 1969:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU.

- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat halus* (SNI 1969:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Slump Beton* (SNI 1972:2008). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles* (SNI 2147:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Duggal, S.K. (2008) *Building Material*. New Delhi: New Age International.
- Nawy, E.G. (1990) *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*, PT. Eresco, Bandung.
- Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU (2012) *Petunjuk Pelaksanaan Praktikum Laboratorium Beton*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Multazam (2002) prospek pemanfaatan cangkang rajungan (*portunus sp*) sebagai suplemen pakan ikan. *Laporan Tugas Akhir*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Mulyono, T. (2005) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Raina, V.K. (1989). *Concrete for Contruction Facts & Practice*. New Delhi: Tata McGraw Hill.
- Tjokrodimuljo, K. (2007) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro.
- Tjokrodimuljo, K. (1996) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.
- Winter, G. & Nilson, A. H. (1993) *Design of concrete structures*. New York: McGraw Hill Book Company Inc.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Budi Santoso
Panggilan : Budi
Tempat, Tanggal Lahir : Galang, 14 Juli 1994
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jalan Perintis Kemerdekaan No.252 Galang
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Alm. Tukijianto Warsito Subroto
Ibu : Hamidah Sopang
No.HP : 082166776794
E-Mail : budisantoso1407@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1307210242
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN 107430 Galang	2006
2	SMP	SMPN 1 Lubuk Pakam	2009
3	SMA	SMAN 1 Galang	2012
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai.		

LAMPIRAN

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: 20 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 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

Tabel L3: *Lanjutan.*

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 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 Ø 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.