

**TUGAS AKHIR**

**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN GRADASI  
BERBEDA PADA AGREGAT HALUS MENGGUNAKAN  
CANGKANG LOKAN  
(*Studi Literatur*)**

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

**Disusun Oleh:**

**SARMAN  
1307210005**



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

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : SARMAN

NPM : 1307210005

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN GRADASI BERBEDA PADA AGREGAT HALUS MENGGUNAKAN CANGKANG LOKAN

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 : Sarman  
Tempat/tgl. Lahir : Kampung Sawah, 02 Maret 1992  
NPM : 1307210005  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik

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

**“PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN GRADASI BERBEDA PADA AGREGAT HALUS MENGGUNAKAN CANGKANG LOKAN”**

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada 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

(Sarman)

## ABSTRAK

### **PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN GRADASI BERBEDA PADA AGREGAT HALUS MENGGUNAKAN CANGKANG LOKAN**

Sarman

1307210005

Ir. Ellyza Chairina, M.Si.

Tondi Amirsyah P, S.T, M.T

Perkembangan dibidang material beton ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, berbagai inovasi yang dilakukan telah menjadikan beton sebagai salah satu bahan yang memiliki kelebihan dibanding dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah, memiliki kekuatan yang baik, bahan-bahan penyusun yang mudah di dapat, hasil akhir yang tahan lama, dan tidak mengalami pelapukan. Penggunaan bahan pengisi (*filler*) pada beton telah banyak dilakukan guna mendapatkan beton yang lebih bermutu, mudah diolah, ekonomis dan mudah diperoleh seperti salah satunya yaitu cangkang lokan. Pada peneltian kali ini serbuk cangkang lokan sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Tujuan penelitian kali ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari pemakaian serbuk cangkang lokan terhadap campuran beton. Penelitian kali ini menggunakan Standarisasi SNI 03-2834-1993 sebagai metode perencanaan campuran beton (*Mix Design*). Setelah penelitian, diketahui hasil kuat tekan beton meningkat. Hasil kuat tekan beton normal sebesar 44,98 MPa dan beton dengan *filler* 9% sebesar 49,58 MPa, dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan serbuk cangkang lokan berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Beton dengan variasi *filler* 3%, 6% dan 9% terjadi kenaikan terhadap kuat tekan beton normal.

Kata kunci: Beton, *Filler*, Serbuk Cangkang Lokan, Kuat Tekan Beton.

## **ABSTRACT**

### **COMPRESSION TEST OF CONCRETE WITH DIFFERENT GRADATION ON FINE AGGREGATES USING SEASHELL**

*Sarman*

*1307210005*

*Ir. Ellyza Chairina, M.Si.*

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

*Developments in the field of concrete material is progressing very rapidly, various innovations made have made concrete as a material which has advantages compared with other materials, among others, the price is relatively inexpensive, has good strength, the materials making up that easy in the can , the end result is durable, and not experienced weathering. The use of filler (filler) in the concrete has been done in order to obtain higher quality concrete. Basically the concrete filler made of materials that are easy to obtain, easy to be processed as one that is seashell. At this time peneltian seashell powder as a filler material in the concrete mixture. The purpose of this study was to determine the effect of the use of seashell powder to the concrete mix. This research used SNI 03-2834-1993 standardization as mixed concrete mix design method After research, it is known normal concrete compressive strength is 44,98 MPa and mixture of seashell powder concrete with 9% gained 49,58 MPa compressive strength. Viewed from the above results, be concluded that the use of seashell powder affect the compressive strength of concrete. Concrete with a variety of filler 3%, 6% and 9% an increase of compressive strength of normal concrete.*

*Keywords: Concrete, Filler, Powder Seashell, Concrete Compressive Strength.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.*

Alhamdulillahirabil'alamin, segala puji atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat serta karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai mana yang diharapkan.

Adapun judul dari tugas akhir ini adalah "PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DENGAN GRADASI BERBEDA PADA AGREGAT HALUS MENGGUNAKAN CANGKANG LOKAN" yang diselesaikan selama kurang lebih 6 bulan. Tugas akhir ini disusun untuk melengkapi syarat menyelesaikan jenjang kesarjanaan Strata 1 pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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 dalam penulisan tugas akhir ini dan juga pelaksana Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing - II dalam penulisan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing - I dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing - II 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. Bapak dan Ibu staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teristimewa sekali kepada Ayah dan Ibu yang telah mengasuh dan membesarkan penulis dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus.
10. Kakanda Bahari Nur S.T, Budi Santoso, Nurul Annisa dan 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.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan waktu serta kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga tugas akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin...

*Wassalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.*

Medan, September 2017

Penulis

Sarman  
1307210005

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN 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.Permasalahan	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	4
2.2. Sifat dan Karakteristik Beton	4
2.3. Komposisi Material Beton	7
2.3.1. Semen Portland	7
2.3.2. Agregat	8
2.3.2.1. Agregat Halus	8
2.3.2.2. Agregat Kasar	11
2.3.3. Air	13
2.3.4. Bahan Tamah	14
2.4. Sifat – Sifat Beton	16



2.5. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-1993	17
2.6. <i>Slump Test</i>	25
2.7. Perawatan Beton	25
2.8. Kuat Tekan	26
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Metodologi Penelitian	29
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.3. Bahan dan Peralatan	31
3.3.1. Bahan	31
3.3.2. Peralatan	31
3.4. Persiapan Penelitian	32
3.5. Pemeriksaan Agregat	32
3.6. Pemeriksaan Agregat Halus	32
3.6.1. Kadar Air Agregat Halus	32
3.6.2. kadar lumpur Agregat Halus	33
3.6.3. Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus	34
3.6.4. Berat Isi Agregat Halus	36
3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus	36
3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar	43
3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar	43
3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	44
3.7.3. Berat Jenis Penyerapan Agregat Kasar	45
3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar	46
3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	47
3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	50
3.8. Perencanaan Campuran Beton	51
3.9. Pelaksanaan Penelitian	51
3.9.1. <i>Trial Mix</i>	51
3.9.2. Pembuatan Benda Uji	51
3.9.3. Pembuatan <i>Slump</i>	51

3.9.4. Perawatan Beton	51
3.9.5. Pengujian Kuat Tekan	52
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Perencanaan Campuran Beton	53
4.1.1. Perencanaan Campuran Beton Gradasi 2	53
4.1.1.1. Metode Pengerjaan Mix Design	62
4.1.2. Pembuatan Benda Uji	68
4.1.3. <i>Slump Test</i>	69
4.1.4. Kuat Tekan Beton	69
4.1.5. Perencanaan Campuran Beton Gradasi 4	70
4.1.5.1. Metode Pengerjaan Mix Design	79
4.1.6. Pembuatan Benda Uji	85
4.1.7. <i>Slump Test</i>	86
4.1.8. Kuat Tekan Beton	86
4.2. Hasil Kuat Tekan Beton	87
4.2.1. Kuat Tekan Beton normal	87
4.2.2. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Cangkang Lokan 3%	89
4.2.3. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Cangkang Lokan 6%	90
4.2.4. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Cangkang Lokan 9%	92
4.3. Pembahasan	98
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	102
5.1. Kesimpulan	102
5.2. Saran	103
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas gradasi agregat halus	9
Tabel 2.2	Batas gradasi agregat kasar	12
Tabel 2.3	Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan	14
Tabel 2.4	Komposisi dari cangkang lokan	16
Tabel 2.5	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia	17
Tabel 2.6	Tingkat mutu pekerjaan pembetonan	17
Tabel 2.7	Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	18
Tabel 2.8	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	20
Tabel 2.9	Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan	28
Tabel 2.10	Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur	28
Tabel 3.1	Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus gradasi di laboratorium beton teknik sipil UMSU	33
Tabel 3.2	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus di laboratorium beton teknik sipil UMSU	34
Tabel 3.3	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus di laboratorium beton teknik sipil UMSU	35
Tabel 3.4	Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus di laboratorium beton teknik sipil UMSU	36
Tabel 3.5	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus gradasi 4 di laboratorium beton teknik sipil UMSU	37
Tabel 3.6	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus gradasi 2 di laboratorium beton teknik sipil UMSU	40

Tabel 3.7	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar di laboratorium beton teknik sipil UMSU	44
Tabel 3.8	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar di laboratorium beton teknik sipil UMSU	45
Tabel 3.9	Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar di laboratorium beton teknik sipil UMSU	46
Tabel 3.10	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar di laboratorium beton teknik sipil UMSU	47
Tabel 3.11	Data-data dari hasil pengujian keausan agregat	50
Tabel 4.1	Perencanaan campuran beton gradasi 2	54
Tabel 4.2	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	56
Tabel 4.3	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	57
Tabel 4.4	Banyak serbuk cangkang lokan	58
Tabel 4.5	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji	60
Tabel 4.6	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji	61
Tabel 4.7	Jumlah kadar air bebas yang ditentukan	64
Tabel 4.8	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> gradasi 2	69
Tabel 4.9	Perencanaan campuran beton gradasi 4	71
Tabel 4.10	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	73
Tabel 4.11	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	74
Tabel 4.12	Banyak serbuk cangkang lokan	76
Tabel 4.13	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji	78
Tabel 4.14	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji	78
Tabel 4.15	Jumlah kadar air bebas yang ditentukan	81

Tabel 4.16	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> gradasi 4	86
Tabel 4.17	Hasil pengujian kuat tekan beton normal gradasi 2	88
Tabel 4.18	Hasil pengujian kuat tekan beton normal gradasi 4	88
Tabel 4.19	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk cangkang lokan 3% gradasi 2	89
Tabel 4.20	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk cangkang lokan 3% gradasi 4	90
Tabel 4.21	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk cangkang lokan 6% gradasi 2	91
Tabel 4.22	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk cangkang lokan 6% gradasi 4	91
Tabel 4.23	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk cangkang lokan 9% gradasi 2	92
Tabel 4.24	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk cangkang lokan 9% gradasi 2	93

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah gradasi pasir kasar	10
Gambar 2.2	Daerah gradasi pasir sedang	10
Gambar 2.3	Daerah gradasi pasir agak halus	10
Gambar 2.4	Daerah gradasi pasir halus	11
Gambar 2.5	Batas gradasi agregat kasar diameter maksimum 37,5 mm	13
Gambar 2.6	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan slinder beton	19
Gambar 2.7	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm	21
Gambar 2.8	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	22
Gambar 2.9	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	22
Gambar 2.10	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	23
Gambar 3.1	Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	30
Gambar 3.2	Grafik gradasi agregat halus (zona 4 pasir halus)	39
Gambar 3.3	Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	42
Gambar 3.4	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	49
Gambar 4.1	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan slinder beton	63
Gambar 4.2	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	65
Gambar 4.3	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	66
Gambar 4.4	Beban tekan pada benda uji slinder	70
Gambar 4.5	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan slinder beton	80
Gambar 4.6	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	82
Gambar 4.7	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	83

Gambar 4.8	Beban tekan pada benda uji slinder	87
Gambar 4.9	Grafik kuat tekan beton gradasi 2 umur 7 hari	94
Gambar 4.10	Grafik kuat tekan beton gradasi 2 umur 28 hari	94
Gambar 4.11	Grafik kuat tekan beton gradasi 4 umur 7 hari	95
Gambar 4.12	Grafik kuat tekan beton gradasi 4 umur 28 hari	95
Gambar 4.13	Grafik kuat tekan beton gradasi 2 umur 7 hari dan 28 hari	96
Gambar 4.14	Grafik kuat tekan beton gradasi 4 umur 7 hari dan 28 hari	96
Gambar 4.15	Grafik kuat tekan beton gradasi 2 dan 4 umur 7 hari	97
Gambar 4.16	Grafik kuat tekan beton gradasi 2 dan 4 umur 28 hari	97
Gambar 4.17	Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton gradasi 2	100
Gambar 4.18	Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton gradasi 4	100

## DAFTAR NOTASI

$A$	= Luas penampang	( $\text{cm}^2$ )
$B_j$	= Berat jenis	( $\text{gr}/\text{mm}^2$ )
$B_{j_h}$	= Berat jenis agregat halus	( $\text{gr}/\text{mm}^2$ )
$B_{j_{camp}}$	= Berat jenis agregat campuran	( $\text{gr}/\text{mm}^2$ )
$FM$	= Modulus kehalusan	-
$f'_c$	= Kuat tekan	(MPa)
$n$	= Jumlah benda uji	(Buah)
$P$	= Beban tekan	(kg)
$t$	= Tinggi benda uji	(cm)
$V$	= Volume	( $\text{cm}^3$ )
$W$	= Berat	(kg)
$\emptyset$	= Diameter	(cm)
$Kh$	= Persentasi berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
$C_a$	= Absorpsi air pada agregat halus	(%)
$C_k$	= Kadar air pada agregat halus	(%)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan pokok yang terdiri dari agregat halus biasanya berupa pasir, agregat kasar yang berupa kerikil atau batu pecah, bahan ikat semen dan air. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur dan dituangkan pada cetakan dan dibiarkan, yang nantinya mengeras seperti batuan. Pengerasan tersebut terjadi oleh adanya reaksi kimia antara air dan bahan ikat semen yang berlangsung selama waktu tertentu, dan semakin bertambah keras seiring pertambahan umurnya. Beton yang sudah menjadi keras dianggap sebagai batu tiruan (Tjokrodimulyo, 1996).

Kekuatan, keawetan dan sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukannya, maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimuljo, 1996).

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

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan diantara 40-80 Mpa. Beton mutu tinggi yang tercantum dalam SNI 03-6468-1993 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 Mpa.

Gagasan awal penulisan ini berpedoman pada pemikiran bahwa unsur-unsur kimia yang ada pada Cangkang Lokan sebagian diantaranya sama seperti yang ada pada semen, sehingga apabila Cangkang Lokan tersebut dihancurkan menjadi serbuk, maka dapat diasumsikan sebagai *filler* karena Cangkang Lokan memiliki kandungan kimia seperti silika ( $\text{SiO}_2$ ), kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ), magnesium oksida ( $\text{MgO}$ ), Aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Biji besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Sehingga dapat digunakan sebagai *filler* untuk meningkatkan kuat tekan beton.

## **1.2. Permasalahan**

Pada penelitian ini terdapat permasalahan sebagai berikut :

1. Apakah perbedaan gradasi 2 dengan gradasi 4 pada agregat halus dapat mempengaruhi kuat tekan beton.
2. Apakah dengan penambahan limbah cangkang lokan sebesar 3%, 6%, dan 9% pada agregat halus dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton.

## **1.3. Batasan Masalah**

Sehubungan dengan luasnya permasalahan dan keterbatasan waktu yang ada, maka penulis membatasi masalah yang akan penulis bahas pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai dengan menggunakan semen *Portland type I* dan metode perencanaan campuran adukan beton menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-1993).
2. Perbandingan hasil pengujian kuat tekan pada beton normal dan beton yang dicampur serbuk limbah keramik sebagai *filler* pada umur beton 7 hari dan 28 hari.
3. Penggunaan cangkang lokan sebagai agregat halus sebanyak 3%, 6%, dan 9% dalam pembuatan beton untuk mengetahui adanya kenaikan atau penurunan kuat tekan beton.
4. Penggunaan agregat halus dengan dua gradasi yaitu gradasi 2 dan gradasi 4.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui selisih persentase perbandingan kuat tekan beton pada gradasi 2 dan gradasi 4.
2. Untuk mengetahui peningkatan kuat tekan beton dengan campuran serbuk cangkang lokan pada agregat halus sebesar 3%, 6%, dan 9%.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Dengan penelitian ini diharapkan masyarakat umum akan dapat mengetahui fungsi lebih dari limbah cangkang lokan dan apabila penelitian ini berhasil, diharapkan limbah cangkang lokan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu pengguna untuk pelaksanaan di lapangan maupun penelitian lanjut kedepannya.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika proposal skripsi ini yaitu:

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan penelitian, tujuan 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 ladsan 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 merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk pembangunan gedung, jembatan, dan jalan. Beton merupakan satu kesatuan yang homogen. Beton ini didapatkan dengan cara mencampur agregat halus atau pasir, agregat kasar atau kerikil, atau jenis agregat lain dan air, dengan semen Portland dan semen hidrolik yang lain terkadang ditambah kan pula dengan bahan tambahan (*aditive*) yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dan air (Tjokrodimulyo, 1992).

Beton yang sudah mengeras dapat juga dikatakan sebagai batuan tiruan dengan rongga- rongga antara butiran yang besar atau agregat kasar dan diisi oleh batuan kecil atau agregat halus dan pori-pori agregat halus diisi oleh semen dan air atau pasta semen. Pasta semen juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terikat sehingga terbentuklah satu kesatuan yang padat dan tahan lama (Tjokrodimulyo, 1992).

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. Beton yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo, 1992).

#### **2.2. Sifat dan Karakteristik Beton**

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu bahan-bahan campuran beton, cara-cara persiapan, perawatan dan keadaan pada saat dilakukan

percobaan. Setiap bahan campuran beton tersebut mempunyai variasi sifat yang dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang tidak dapat dihindarkan. Namun dengan mengetahui sifat-sifat bahan baku, maka dapat diketahui kebutuhan dari masing-masing bahan baku dan beberapa kekurangan yang dicapainya (Tjokrodimulyo, 1992).

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, maka perbandingan campuran beton harus ditentukan agar beton yang dihasilkan dapat memberikan hal-hal sebagai berikut:

1. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.
2. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan.
3. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin lama makin besar.
4. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi.
5. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah.
6. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang.
7. Dengan perkiraan komposisi (*mix design*) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi.
8. Selama proses pengerasan campuran beton, kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan.
9. Setelah 28 hari, beton akan mencapai kekuatan penuh dan elemen konstruksi akan mampu memikul beban luar yang bekerja padanya.
10. Untuk menjaga keretakan yang lebih lanjut pada suatu penampang balok, maka dipasang tulangan baja pada daerah yang tertarik.
11. Pada beton bertulang memanfaatkan sifat beton yang kuat dalam menerima gaya tekan serta tulangan baja yang kuat menerima gaya tarik.

12. Dari segi biaya, beton menawarkan kemampuan tinggi dan harga yang relatif rendah.
13. Beton hampir tidak memerlukan perawatan dan masa konstruksinya mencapai 50 tahun serta elemen konstruksinya yang mempunyai kekakuan tinggi serta aman terhadap bahaya kebakaran.
14. Salah satu kekurangan yang besar adalah berat sendiri konstruksi.
15. Kelemahan lainnya adalah perubahan volume sebagai fungsi waktu berupa susut dan rangkak.

Beton dibedakan dalam 2 kelompok besar menurut Tjokrodimulyo (1992), yaitu:

a. Beton keras

Sifat-sifat beton keras yang penting adalah kekuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkak, reaksi terhadap temperatur, keawetan dan kedekatan terhadap air. Dari semua sifat tersebut yang terpenting adalah kekuatan tekan beton karena merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan struktur beton.

b. Beton segar

Ada 2 hal yang harus dipenuhi ketika membuat beton:

1. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras, seperti kekuatan, keawetan, dan kestabilan volume.
2. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya *bleeding* dan *segregation*.

Walaupun begitu adalah penting untuk mendapatkan beberapa dari sifat workabilitas karena penting untuk kontrol kualitas. Pengukuran workabilitas yang telah dikembangkan antara lain:

1. *Slump test*.
2. *Compaction test*.
3. *Flow test*.
4. *Remoulding test*.
5. *Penetration test*.
6. *Mixer test*.

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah:

1. Kualitas semen.
2. Proporsi semen dalam campuran beton.
3. Kekuatan dan kebersihan agregat.
4. Ikatan/adhesi antar pasta semen dan agregat.
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.
6. Pemadatan beton dan perawatan.

Seperti disebutkan oleh Murdock dan Brock (1991), bahwa kecakapan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan. 3 kinerja yang dibutuhkan dalam pembuatan beton:

Memenuhi kriteria konstruksi yaitu mudah dikerjakan dan dibentuk serta mempunyai nilai ekonomi.

1. Kekuatan tekan tinggi.
2. Durabilitas atau ketahanan tinggi.

## **2.3. Komposisi Material Beton**

### **2.3.1. Semen Portland**

Semen portland merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembuatan beton. Menurut ASTM C-150, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen berfungsi sebagai bahan perekat untuk menyatukan bahan agregat kasar dan agregat halus menjadi satu massa yang kompak dan padat dengan proses hidrasi. Semen akan berfungsi sebagai perekat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis. Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Jika perawatan kelembaban terus berlangsung.

Klasifikasi semen portland sesuai dengan tujuan pemakaiannya dibagi menjadi 5 (lima) tipe, yaitu :

1. Tipe I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.

2. Tipe II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
5. Tipe V : Semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen dan bila ditambah dengan agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

### **2.3.2 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60 % - 80 % volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat yang berukuran besar. Sifat yang terpenting dari agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang mempunyai pengaruh terhadap ikatan dengan pasta semen, porositas, dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan pada musim dingin, dan ketahanan terhadap penyusutan.

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

#### **2.3.2.1. Agregat Halus**

Menurut ASTM C33, 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 didalam adukan beton adalah:

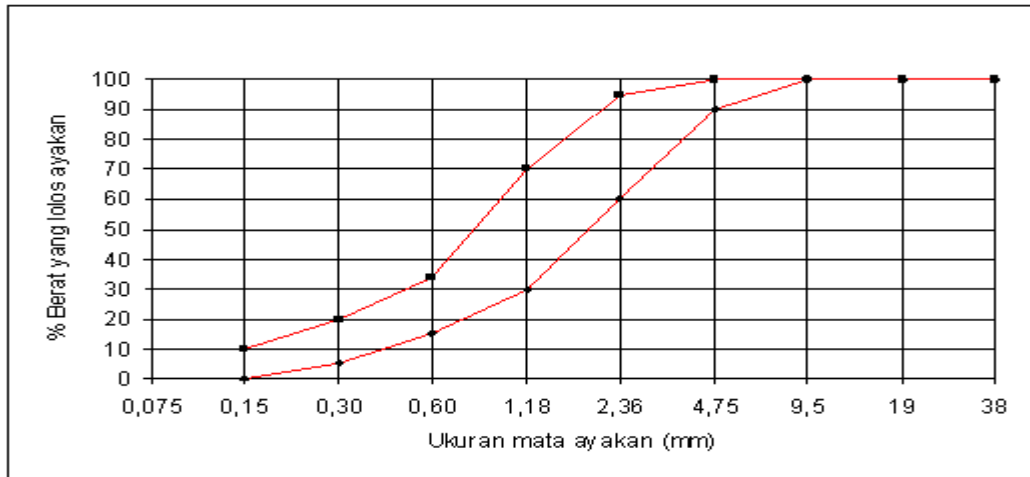
1. Menghemat pemakaian semen.
2. Menambah kekuatan beton.
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.

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 2.1. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1 sampai Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

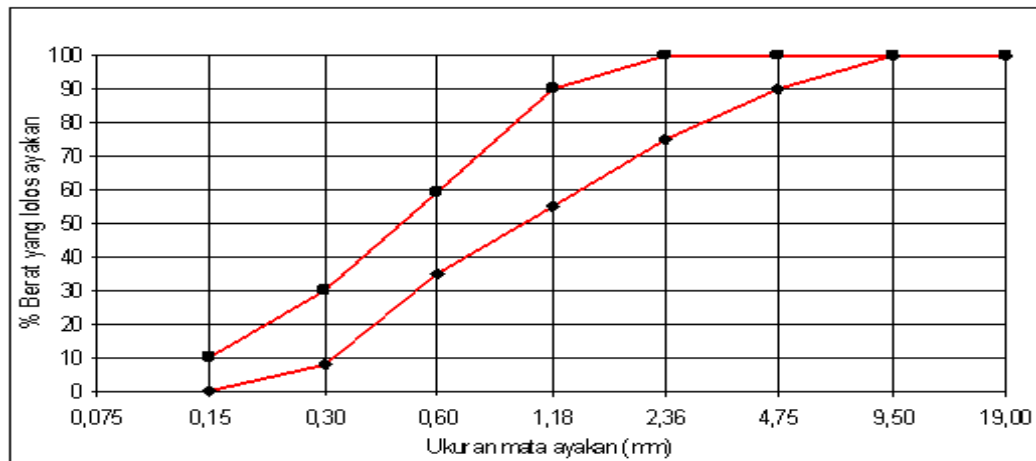
Tabel 2.1: Batas gradasi agregat halus (SK. SNI T-15-1990-03).

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

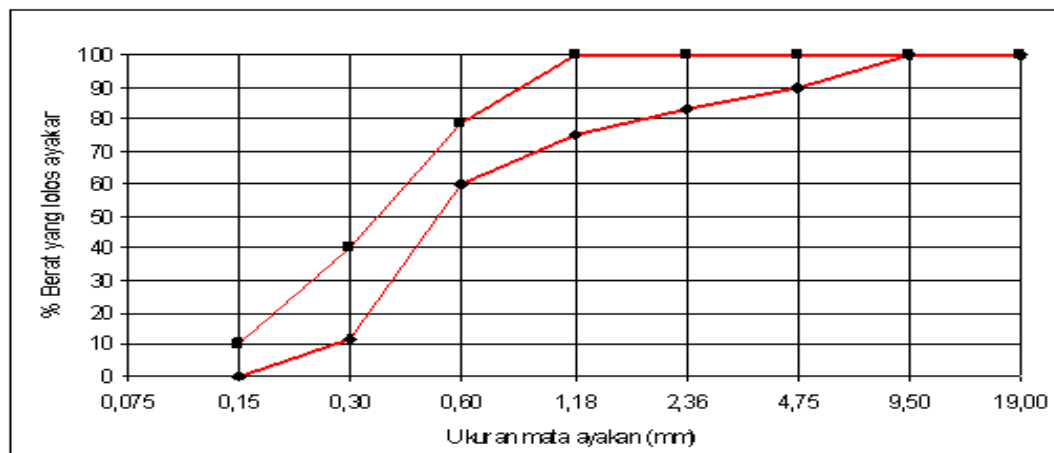
Keterangan : - Daerah Gradasi I = Pasir Kasar  
 - Daerah Gradasi II = Pasir Sedang  
 - Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus  
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



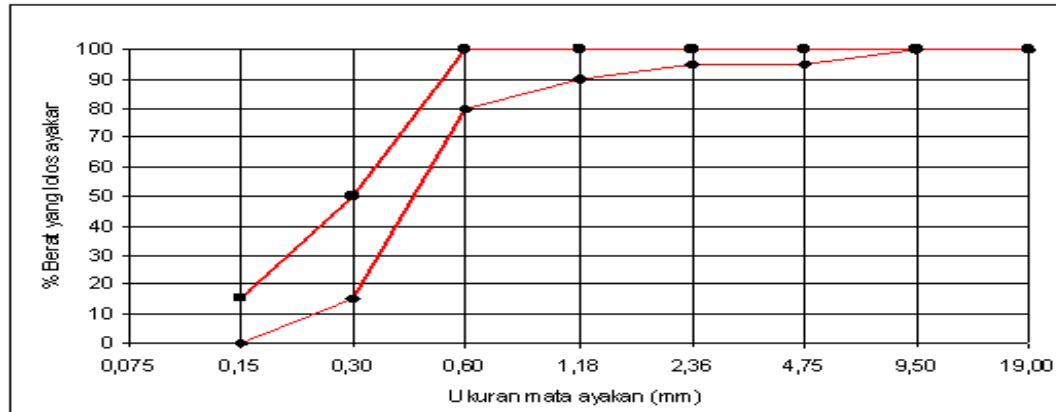
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SK. SNI T-15-1990-03).



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.

### 2.3.2.2. Agregat Kasar

Agregat kasar didefinisikan sebagai butiran yang tertahan saringan 4,75 mm (No.4 standart ASTM). Agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. Agregat kasar sebagai bahan campuran untuk membentuk beton dapat berupa kerikil atau batu pecah.

Adapun persyaratan batu pecah yang digunakan dalam campuran beton menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982) adalah sebagai berikut :

1. Syarat fisik .
  - Kadar lumpur, maksimal 1%.
  - Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, tidak boleh lebih dari 27% berat.

- Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari 1/5 jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan, 1/3 tebal pelat atau 3/4 dari jarak bersih minimum tulangan.
- Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana Rudellof tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16% berat
- Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimum 20% berat, terutama untuk beton mutu tinggi.

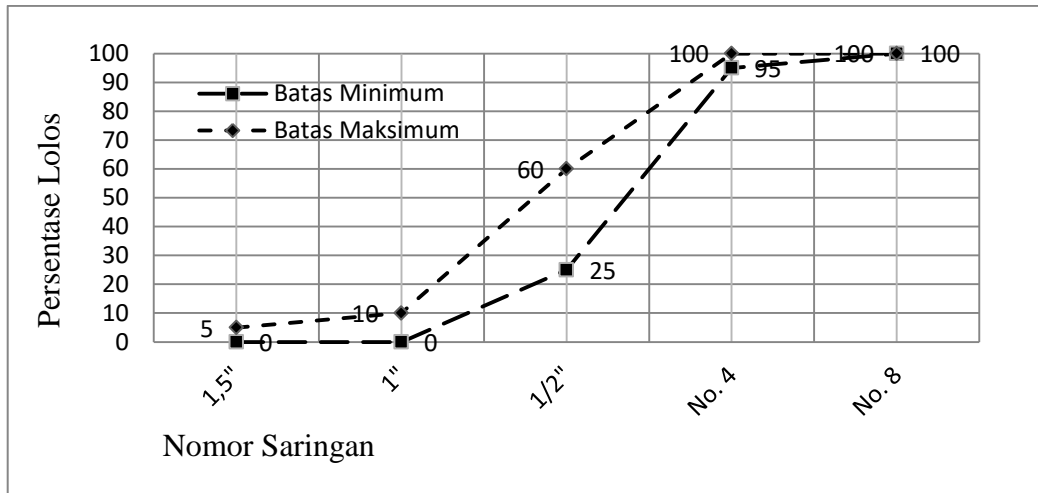
2. Syarat kimia.

- Kekekalan terhadap Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bagian yang hancur, maksimum 12% berat, dan kekekalan terhadap MgSO<sub>4</sub> bagian yang hancur, maksimum 18%.
- Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.

Menurut ASTM C33 (1986), batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.2 dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

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

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



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

Pemeriksaan dasar agregat kasar ini sesuai dengan standar ASTM C33 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.

### 2.3.3. Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25 % dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor (Tjokrodimuljo, 1996).

Proporsi air dinyatakan dalam rasio air-semen, yaitu angka yang menyatakan perbandingan antar berat air dibagi dengan berat semen dalam adukan beton

tersebut, pada umumnya dipakai 0,4-0,6 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dan derajat workabilitas yang maksimal.

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah :

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur (benda-benda melayang lain) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Air tidak boleh mengandung *Chlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

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

Tabel 2.3: 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 (Na <sub>2</sub> O + 0,658 k <sub>2</sub> O)	600 ppm
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	1000 ppm
Total solid	50000 ppm

#### 2.3.4. Bahan Tambah

Pengertian dari bahan tambah adalah selain bahan-bahan pembentuk beton (semen, air dan agregat) yang digunakan untuk memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan sifat beton.

Bahan tambah mineral (*additive*) yaitu bahan tambahan merupakan padat yang dihaluskan yang ditambahkan untuk memperbaiki sifat beton agar beton mudah dikerjakan dan kekuatannya serta keawetannya meningkat. Bahan tambahan mineral ini misalnya *puzzolan*, *slag*, *fly as* dari batu bara, abu sekam, *silica fume* bahan produksi sampingan *silica*, *ferro silicon*. Beberapa keuntungan

penggunaan bahan tambah mineral antara lain (Cain, 1994) dalam (Mulyono, 2005):

- a. Memperbaiki kinerja *workability*.
- b. Mengurangi panas hidrasi.
- c. Mengurangi biaya pengerjaan beton.
- d. Mempertinggi daya tahan terhadap serangan reaksi alkali-silika.
- e. Mempertinggi usia beton.
- f. Mempertinggi kekuatan tekan beton.
- g. Mempertinggi keawetan beton.
- h. Mengurangi penyusutan.
- i. Mengurangi porositas dan daya serap air dalam beton.

Pada penelitian ini digunakan keramik lantai sebagai bahan tambahannya yang difungsikan sebagai *filler* pada agregat halus saringan No. 50 (0,029 mm). Tidak ada *treatment* khusus yang dilakukan pada keramik sebagai bahan campuran beton, keramik hanya dicuci bersih lalu ditumbuk hingga mencapai kehalusan yang diinginkan.

Lokan (*polymesoda expansa*) adalah sejenis moluska yang banyak terdapat di lumpur pinggir laut dan sungai. Lokan merupakan sejenis kerang yang dapat dikonsumsi dagingnya.

Dari potensi daerah Natal sebagai daerah yang memiliki garis pantai yang panjang dan sungai yang panjang dari berbagai hulu yang bermuara di laut Pantai Barat, terdapat cukup banyak bahan limbah yang berpotensi untuk dimanfaatkan dalam produksi beton, seperti limbah cangkang lokan yang dagingnya dikonsumsi masyarakat dan mencari lokan dijadikan sumber ekonomi sebagian masyarakatnya. Saat ini pemanfaatan limbah ini belum optimal, biasanya cangkang lokan yang telah diambil isinya ada yang dibuat souvenir tapi sebagian besar belum dimanfaatkan dan hanya menjadi limbah yang berserakan yang dapat merusak lingkungan dan menimbulkan bau busuk. Cangkang lokan yang sudah diambil isinya dicuci bersih dan di oven 24 jam agar mudah dihancurkan menjadi agregat halus dan mengubah kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) menjadi kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ ).  $\text{CO}_2$  terlepas keudara karena pemanasan tersebut. Komposisi oksida Cangkang Lokan dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4: Komposisi oksida Cangkang Lokan (Annur, 2013).

Oksida	Komposisi (%)
Kalsium oksida (CaO)	67,072
Silika (SiO <sub>2</sub> )	8,252
Aluminium oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,622
Biji besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,402
Magnesium oksida (MgO)	22,652

#### 2.4. Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat keras, beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban. Sifat beton segar yang baik sangat mempengaruhi kemudahan pengerjaan sehingga menghasilkan beton dengan kualitas baik. Sifat-sifat yang dimiliki oleh beton yaitu :

1. *Durability* (Ketahanan)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan.

Kemampuan bertahan beton tersebut yaitu :

- a. Tahan terhadap pengaruh cuaca.
- b. Tahan terhadap pengaruh zat kimia.
- c. Tahan terhadap erosi.

2. *Workability* ( Kelecekan )

*Workability* adalah sifat-sifat adukan beton yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan *finishing*.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat beton antara lain adalah :

- a. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton.
- b. Penambahan semen ke dalam adukan beton.
- c. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus.



- d. Pemakaian butir-butir agregat yang bulat.
- e. Cara pemadatan beton dan/atau jenis alat yang digunakan.

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

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f'c$ ) pada umur tertentu.
2. Penghitungan nilai deviasi standar ( $m = s + 12$ ) (2.1)
3. Perhitungan nilai tambah (*margin*) dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji  $< 30$  dapat dilihat pada Tabel 2.5. pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.5: 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

Tabel 2.6: 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

1. 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 rata-rata yang ditargetkan, MPa

$f'_c$  = Kuat tekan yang disyaratkan, MPa

$m$  = Nilai tambah, MPa

2. Penetapan jenis semen portland

Pada cara ini dipilih semen type I.

3. Penetapan jenis agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, berupa agregat alami (batu pecah atau pasir buatan).

4. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

Nilai faktor air semen bebas dapat diambil dari Gambar 2.6.

5. Faktor air semen maksimum.

6. Penetapan nilai *slump*.

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

7. Penetapan besar butir agregat maksimum.

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

8. Jumlah kadar air bebas

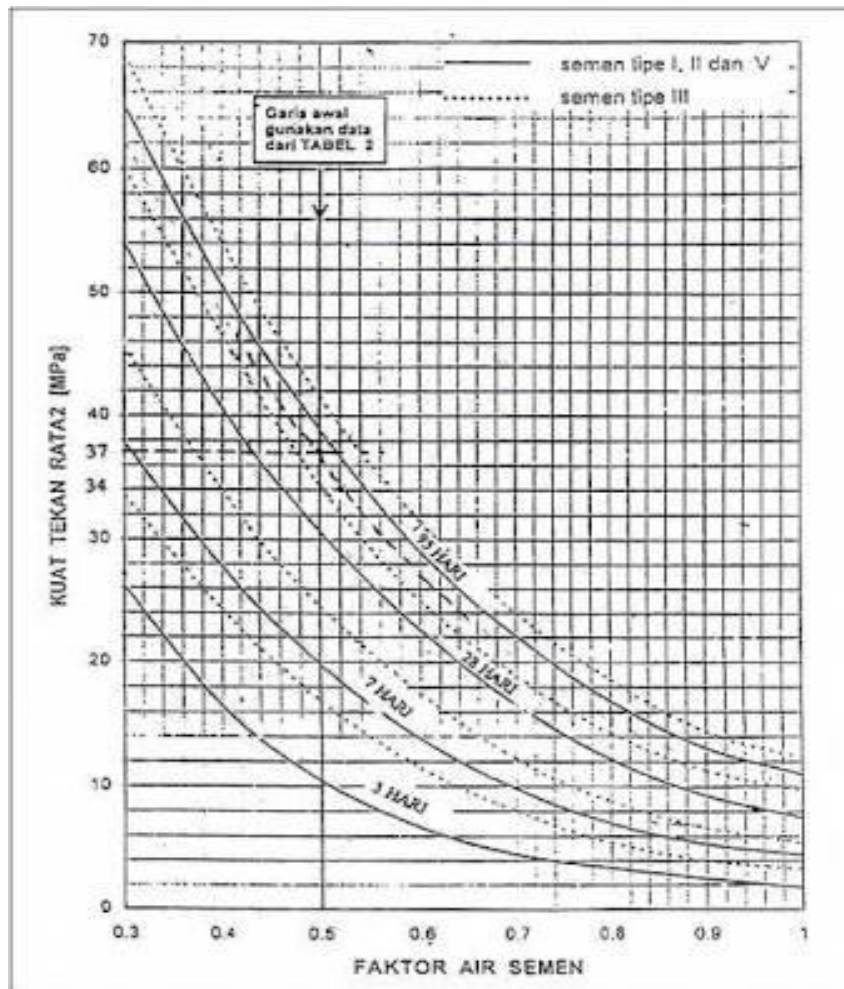
Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2.7: Perkiraan kadar air bebas ( $\text{kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834, 1993).

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250

Tabel 2.7: 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 (benda uji berbentuk silinder 150 mm, tinggin 300 mm).

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 2.10, 2.11, dan 2.12. Dari ketiga tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

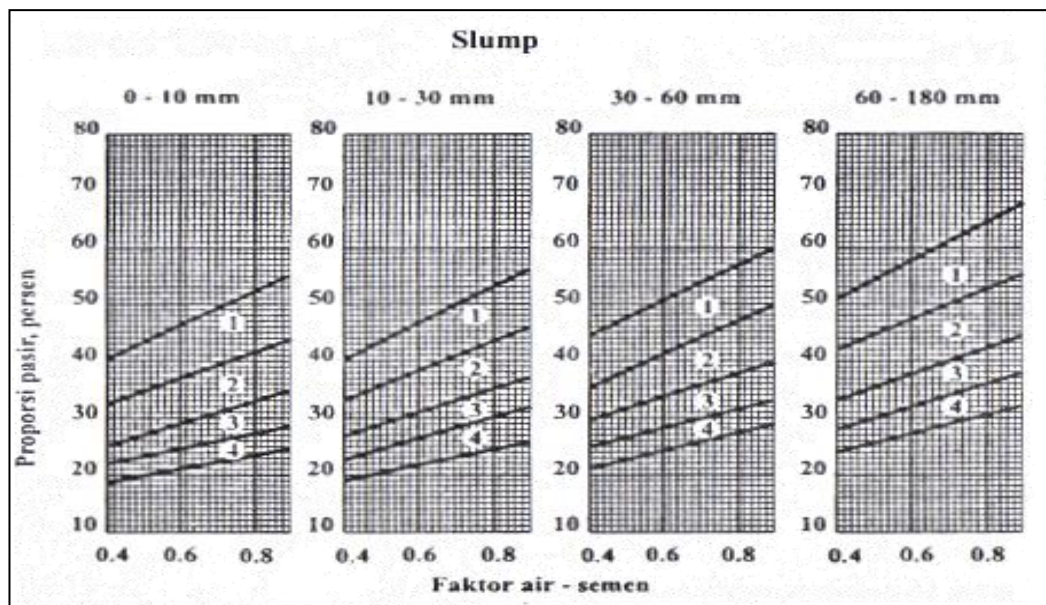
Tabel 2.8: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834, 1993).

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Untuk beton yang mengandung sulfat
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		Untuk beton kedap air
b. Air laut		

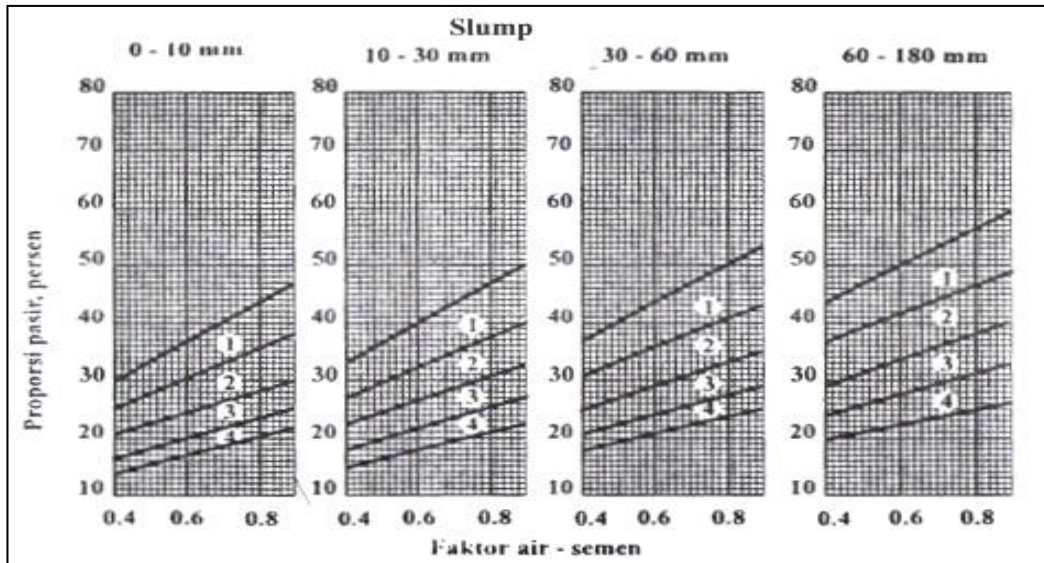
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Penetapan jenis agregat halus:
 

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.
 

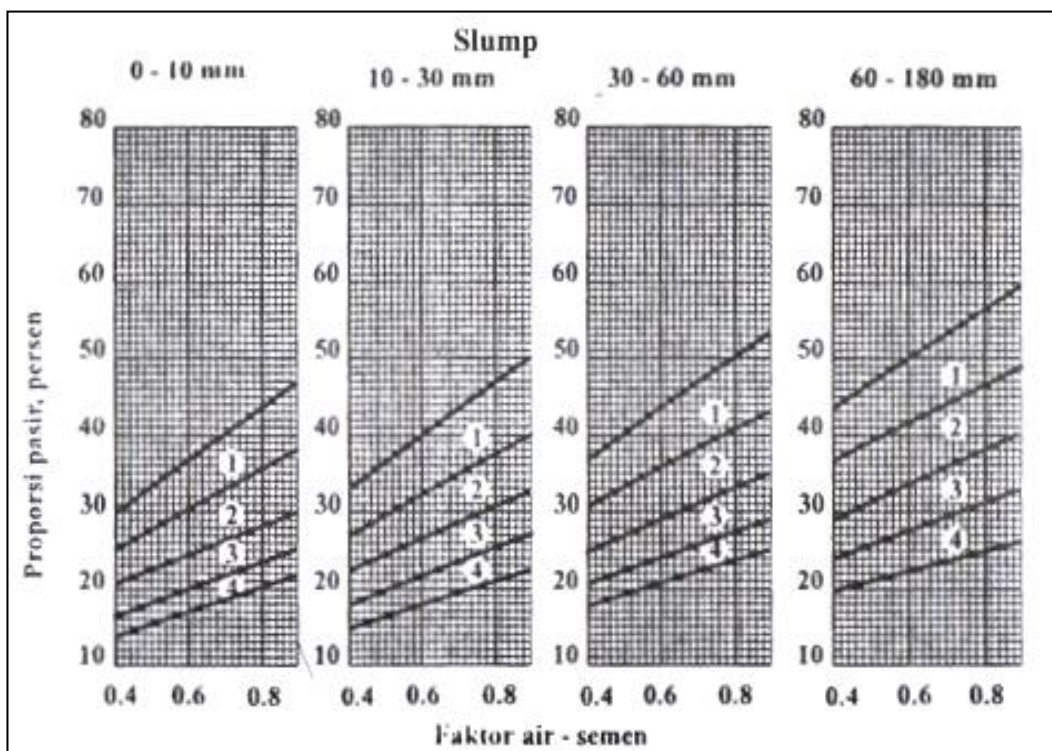
Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.7, Gambar 2.8, dan Gambar 2.9.



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 2.9.

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

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

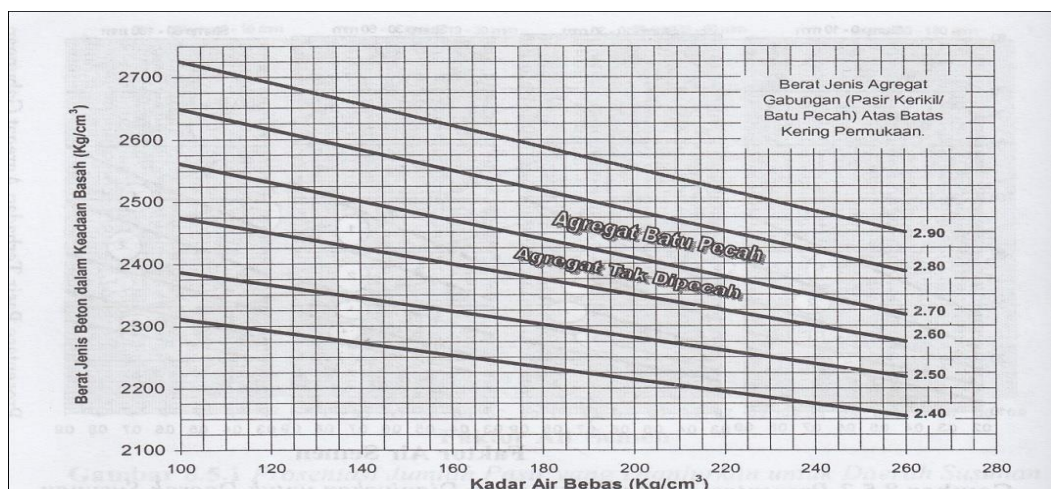
Dengan:

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

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

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

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



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

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, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = K_k \times W_{agr,camp} \quad (2.8)$$

Dengan :

$K_k$  = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

$W_{agr,camp}$  = 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 ( $kg/m^3$ ).

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

$D_a$  adalah absorpsi agregat kasar (%).



Ck adalah kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%).

## **2.6. Slump Test**

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

## **2.7. 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 *wrapping*

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.

## **2.8. Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan beton merupakan kekuatan tekan maksimum yang dapat dipikul beton persatuan luas. Kuat tekan beton normal antara 20 – 40 MPa. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh: faktor air semen (*water cement ratio = w/c*), sifat dan jenis agregat, jenis campuran, kelecakan (*workability*), perawatan (*curing*) beton dan umur beton. Faktor air semen (*water cement ratio = w/c*) sangat mempengaruhi kuat tekan beton.

Semakin kecil nilai *w/c* nya maka jumlah airnya sedikit yang akan menghasilkan kuat tekan beton yang besar. Sifat dan jenis agregat yang digunakan juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin tinggi tingkat kekerasan agregat yang digunakan akan dihasilkan kuat tekan beton yang tinggi. Selain itu susunan besar butiran agregat yang baik dan tidak seragam dapat memungkinkan terjadinya interaksi antar butir sehingga rongga antar agregat dalam kondisi optimum yang menghasilkan beton padat dan kuat tekan yang tinggi.

Jenis campuran beton akan mempengaruhi kuat tekan beton. Jumlah pasta semen harus cukup untuk melumasi seluruh permukaan butiran agregat dan mengisi rongga-rongga diantara agregat sehingga dihasilkan beton dengan kuat tekan yang diinginkan. Untuk memperoleh beton dengan kekuatan seperti yang

diinginkan, maka beton yang masih muda perlu dilakukan perawatan dengan tujuan agar proses hidrasi pada semen berjalan dengan sempurna. Pada proses hidrasi semen dibutuhkan kondisi dengan kelembaban tertentu. Apabila beton terlalu cepat mengering, akan timbul retak-retak pada permukaannya. Retak-retak ini akan menyebabkan kekuatan beton turun, juga akibat kegagalan mencapai reaksi hidrasi kimiawi penuh (Amalia, 2009).

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan uniaksial benda uji silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan satuan MPa ( $\text{N/mm}^2$ ). Kuat tekan beton mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan beton dianggap mencapai sempurna setelah beton berumur 28 hari. Nilai kuat tekan beton didapat dengan cara melakukan pengujian standar ASTM C-192. Pengujian kuat tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM) dengan cara meletakkan silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) tegak lurus dan memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan 0,15 MPa/detik sampai 0,34 MPa/detik sampai benda uji hancur dan kemudian mencatat beban maksimum yang terjadi. Dari hasil pengujian ini didapat beban maksimum yang mampu ditahan oleh silinder betons ampai silinder beton tersebut hancur.

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 ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P$  = Beban tekan (kg)

$A$  = Luas penampang ( $\text{cm}^2$ )

Menurut ASTM C-39, 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 2.13.

Tabel 2.9: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM C-39).

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 kuta tekan dapat destimasi 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:

$f \text{ (estimasi 28 hari)}$  = kuat tekan estimasi 28 hari ( $\text{kg/cm}^2$ )

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

koefisien = koefisien dari umur beton.

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.10 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.10: 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

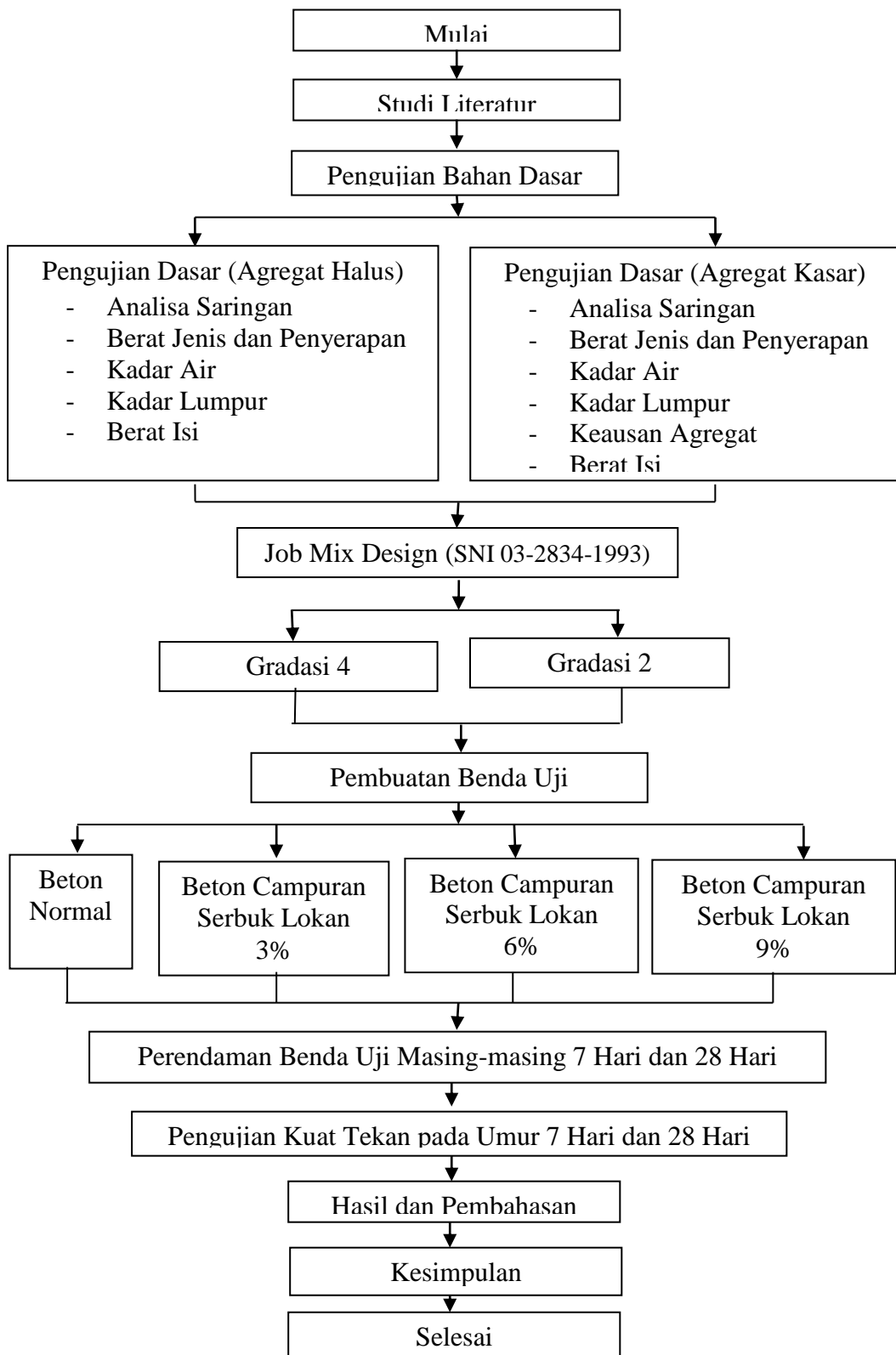
Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

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

#### 2. Data sekunder

Data sekunder adalah sumber data yang diperoleh dari beberapa buku, jurnal dan hal-hal 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 Juni 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. Cangkang Lokan

Cangkang lokan yang diperoleh dari daerah Natal.

f. Serbuk Cangkang Lokan

Hasil penumbukan cangkang lokan.

### **3.3.2. Peralatan**

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

a. Cetakan benda uji berbentuk silinder.

b. Alat pengaduk beton (*mixer*).

c. Kerucut *Abrams*.

d. Mistar

e. Pan

f. Bak perendam.

- g. Timbangan digital.
- h. Oven.
- i. Mesin kompres (*compression test*).

### **3.4. Persiapan Penelitian**

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

### **3.5. Pemeriksaan Agregat**

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

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sampel III (gr)	Average
Wt of SSD sample & mold ( <i>berat contoh SSD &amp; berat wadah</i> )	666	667	666	666,33
Wt of SSD sample ( <i>berat contoh SSD</i> )	500	500	500	500
Wt of oven dry sample & mold ( <i>berat contoh kering oven &amp; wadah</i> )	655	656	655	655,33
Wt of mold ( <i>berat wadah</i> )	166	167	166	166,33
Wt of water ( <i>berat air</i> )	11	11	11	11
Wt of oven dry sample ( <i>berat contoh kering</i> )	489	489	489	489
Water content	2,25	2,25	2,25	2,25

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan cara memasukkan contoh agregat ke dalam oven dengan suhu  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian, hasil yang didapat dihitung dari berat air dibagi dengan berat kering contoh, kemudian membuat hasilnya dalam bentuk persentase. Hasil rata-rata yang didapatkan dari pemeriksaan kadar air adalah sebesar 2,25%, hasil yang didapat 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.

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

<i>Fine Agregate</i> (Agregat halus)	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
Berat contoh kering: A (gr)	500	500	500	500
Berat kering contoh setelah dicuci: B (gr)	485	482	484	483,67
Berat kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci: C (gr)	14	18	17	16,30
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci (%)	2,80	3,60	3,40	3,27

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 dalam bentuk persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 2,80%, sampel kedua sebesar 3,60%, dan untuk sampel ketiga sebesar 3,40%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,27%. 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 (gr)	500	500	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan) E (gr)	492	490	491	491
<i>Wt of flask + water</i> (berat piknometer penuh air) D (gr)	666	667	666	666
<i>Wt of flask + water + sample</i> (berat contoh SSD dalam piknometer penuh air) C (gr)	971	969	970	970
<i>Bulk sp gravity dry</i> (berat jenis contoh kering) $E/(B+D-C)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,52	2,47	2,51	2,50
<i>Bulk sp gravity SSD</i> (berat jenis contoh SSD) $B/(B+D-C)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,56	2,53	2,55	2,54
<i>Apparent sp gravity</i> (berat jenis contoh semu) $E/(E+D-C)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,63	2,61	2,63	2,62
<i>Absortion</i> (penyerapan) $((B-E)/E) \times 100\%$	1,63	2,04	1,83	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 2,50 gr/cm<sup>3</sup>, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,54 gr/cm<sup>3</sup>, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,62 gr/cm<sup>3</sup>. 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, berat jenis yang baik berkisar antara (2,5-2,63) gr/cm<sup>3</sup> dan absorpsi yang baik adalah <2%. Nilai berat jenis dan absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi standar.

### 3.6.4. Berat Isi Agregat Halus

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 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	Coarse Aggregate Passing No. 50,8 mm	Sample I	Sample II	Sample III	Average
1	Wt of sample & mold ( <i>berat contoh &amp; wadah</i> ), gr	28660	28230	28160	28350
2	Wt of mold ( <i>berat wadah</i> ), gr	6440	6440	6440	6440
3	Wt of sample ( <i>berat contoh</i> ), gr	22220	21790	21720	21910,00
4	Vol of mold ( <i>volume wadah</i> ), cm <sup>3</sup>	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	Unit weight ( <i>berat Isi</i> ), gr/cm <sup>3</sup>	1,44	1,41	1,40	1,42

Berdasarkan Tabel 3.4, percobaan berat isi agregat halus didapat rata-rata pada pengujian sebesar 1,42 gr/cm<sup>3</sup>. 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<sup>3</sup>.

### 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 gradasi 4.

Sieve size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Total berat (gr)	%	Ret.	Pass.
9.50 (3/8 in)	0	0	0	0	0	0	100
4.75 (No. 4)	4	7	14	25	0,73	0,73	99,27
2.36 (No. 8)	7	5	24	36	1,05	1,77	98,23
1.18 (No.16)	10	15	28	53	1,54	3,31	96,69
0.60 (No. 30)	12	106	72	190	5,52	8,83	91,17
0.30 (No. 50)	520	443	526	1489	43,25	52,08	47,92
0.15 (No. 100)	318	449	485	1252	36,36	88,44	11,56
Pan	127	122	149	398	11,56	100	0,00
Total	998	1147	1298	3443	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 = 3443 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{25}{3443} \times 100\% = 0,73 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{36}{3443} \times 100\% = 1,05 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{53}{3443} \times 100\% = 1,54 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{190}{3443} \times 100\% = 5,52 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{1489}{3443} \times 100\% = 43,25 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{1252}{3443} \times 100\% = 36,36 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{398}{3443} \times 100\% = 11,56 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

No.4	=	0,00	+	0,73	=	0,73	%
No.8	=	0,73	+	1,05	=	1,77	%
No.16	=	1,77	+	1,54	=	3,31	%
No.30	=	3,31	+	5,52	=	8,83	%
No.50	=	8,83	+	43,25	=	52,08	%
No.100	=	52,08	+	36,36	=	88,44	%
Pan	=	88,44	+	11,56	=	100,00	%

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 255,16 %

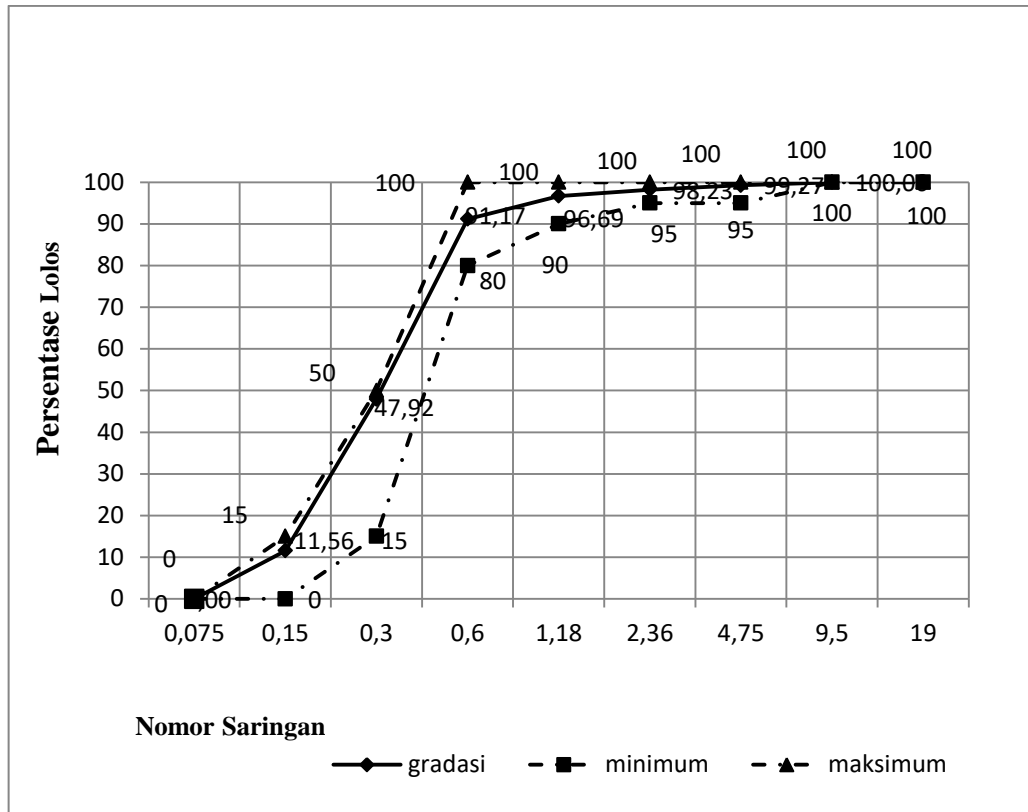
$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{255,16}{100} \\
 \text{FM} &= 2,55
 \end{aligned}$$

Modulus kehalusan atau *Fine Modulus (FM)* yang didapat sudah memenuhi syarat berdasarkan SNI 03-2461-1991 untuk agregat halus yaitu:

- ❖ *Fine*             $2,2 < \text{FM} < 2,6$
- ❖ *Medium*         $2,6 < \text{FM} < 2,9$
- ❖ *coarse*          $2,9 < \text{FM} < 3,2$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	0,73	=	99,27	%
No.8	=	100	-	1,77	=	98,23	%
No.16	=	100	-	3,31	=	96,69	%
No.30	=	100	-	8,83	=	91,17	%
No.50	=	100	-	52,08	=	47,92	%
No.100	=	100	-	88,44	=	11,56	%
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.

Tabel 3.6: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus gradasi 2.

Sieve size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Berat Total (gr)	%	Ret.	Pass.
9.50 (3/8 in)	0	0	0	0	0	0	100
4.75 (No. 4)	36	39	35	110	5,51	5,51	94,49
2.36 (No. 8)	35	37	25	97	4,85	10,36	89,64

Tabel 3.6: *Lanjutan.*

Sieve size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Berat Total (gr)	%	Ret.	Pass.
	1.18 (No.16)	120	155	98	373	18,67	29,03
0.60 (No. 30)	112	126	112	350	17,52	46,55	53,45
0.30 (No. 50)	210	224	185	619	30,98	77,53	22,47
0.15 (No. 100)	128	132	104	364	18,22	95,75	4,25
Pan	29	35	21	85	4,25	100	0
Total	670	748	580	1998	100,00		

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 = 1998 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{110}{1998} \times 100\% = 5,51 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{97}{1998} \times 100\% = 4,85 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{373}{1998} \times 100\% = 18,67 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{350}{1998} \times 100\% = 17,52 \%$$



$$\begin{aligned} \text{No.50} &= \frac{619}{3394} \times 100\% = 30,98 \% \\ \text{No.100} &= \frac{364}{1998} \times 100\% = 18,22 \% \\ \text{Pan} &= \frac{85}{1998} \times 100\% = 4,25 \% \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 0,00 + 5,51 = 5,51 \% \\ \text{No.8} &= 5,51 + 4,85 = 10,36 \% \\ \text{No.16} &= 10,36 + 18,67 = 29,03 \% \\ \text{No.30} &= 29,03 + 17,52 = 46,55 \% \\ \text{No.50} &= 46,55 + 30,98 = 77,53 \% \\ \text{No.100} &= 77,53 + 18,22 = 95,75 \% \\ \text{Pan} &= 95,75 + 4,25 = 100,00 \% \end{aligned}$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 264,71 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{264,71}{100} \\ \text{FM} &= 2,65 \end{aligned}$$

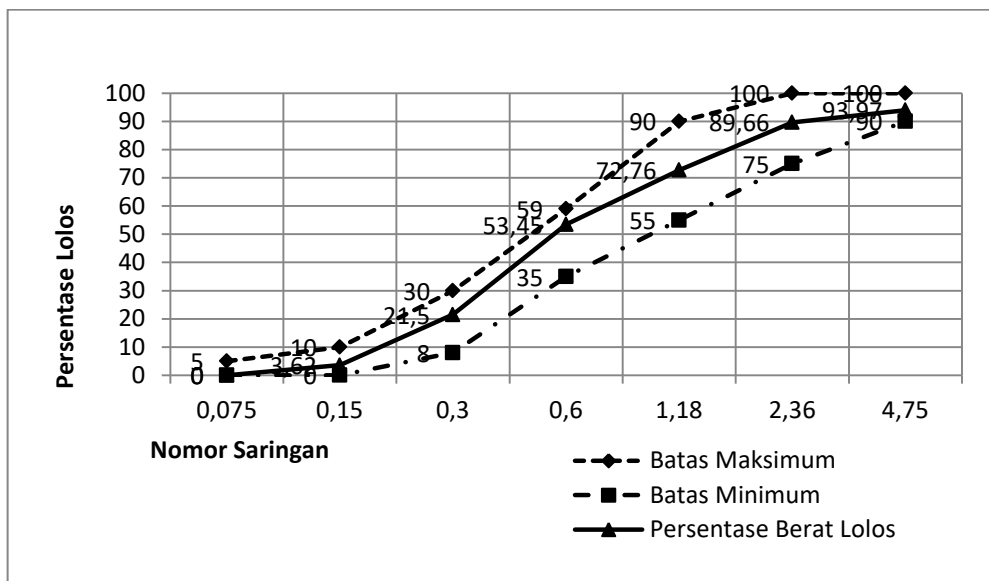
Modulus kehalusan atau *Fine Modulus (FM)* yang didapat sudah memenuhi syarat berdasarkan SNI 03-2461-1991 untuk agregat halus yaitu:

- ❖ *Fine*            2,2 < FM < 2,6
- ❖ *Medium*        2,6 < FM < 2,9
- ❖ *coarse*         2,9 < FM < 3,2

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 100 - 5,51 = 94,49 \% \\ \text{No.8} &= 100 - 10,36 = 89,64 \% \\ \text{No.16} &= 100 - 29,03 = 70,97 \% \end{aligned}$$

No.30	=	100	-	46,55	=	53,45	%
No.50	=	100	-	77,53	=	22,47	%
No.100	=	100	-	95,75	=	4,25	%
Pan	=	100	-	100,00	=	0,00	%



Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

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 2.

### 3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan pemeriksaan diantaranya:

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

### 3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar

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 kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 sehingga diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

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

<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 &amp; mold (berat contoh SSD &amp; berat wadah) gr</i>	1737	1992	1679	1802,67
<i>Wt of SSD sample (berat contoh SSD) gr</i>	1500	1500	1500	1500
<i>Wt of oven dry sample &amp; mold (berat contoh kering oven &amp; wadah) gr</i>	1727	1983	1670	1793,33
<i>Wt of mold (berat wadah) gr</i>	237	492	179	302,67
<i>Wt of water (berat air) gr</i>	10	9	9	9,33
<i>Wt of oven dry sample (Berat contoh kering) gr</i>	1490	1491	1491	1490,67
<i>Water content (kadar air) %</i>	0,67	0,60	0,60	0,63

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan cara memasukkan contoh agregat ke dalam oven dengan suhu  $(105+5)^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian, hasil yang didapat dihitung dari berat air dibagi dengan berat contoh kering, kemudian membuat hasilnya dalam bentuk persentase. Nilai rata-rata kadar air pada agregat kasar yang diteliti adalah sebesar 0,63% 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.

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

<i>Coarse Agregate</i> (Agregat kasar)	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
Berat contoh kering: A (gr)	1500	1500	1500	1500
Berat kering contoh setelah dicuci: B (gr)	1490	1467	1490	1482,333
Berat kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci: C (gr)	10	12	10	10,66
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci %	0,67	0,80	0,67	0,71

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 dalam bentuk persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,67%, sampel kedua sebesar 0,80%, dan sampel ketiga sebesar 0,67%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,71%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur diatas telah memenuhi syarat yaitu <1%.

### 3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127 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.

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	2900	3300	3100
<i>Wt of oven dry sample</i> (berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan) C (gr)	3079	2877	3272	3076
<i>Wt of SSD sample in water</i> (berat contoh SSD di dalam air) B (gr)	1962	1843	2079	1961,33
<i>Bulk sp. grafiti dry</i> (berat jenis contoh kering) $C/(A-B)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,71	2,72	2,68	2,70
<i>Bulk sp. grafiti SSD</i> (berat jenis contoh SSD) $A/(A-B)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,72	2,74	2,70	2,72
<i>Apparent sp. grafiti</i> (berat jenis contoh semu) $C/(C-B)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,76	2,78	2,74	2,76
<i>Absorption</i> (penyerapan) $((A-C)/C) \times 100\%$	0,68	0,80	0,86	0,78

Dari hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorption*) pada agregat kasar 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 2,70 gr/cm<sup>3</sup>, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,72 gr/cm<sup>3</sup>, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,76 gr/cm<sup>3</sup>. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai rata-rata penyerapan pada agregat kasar sebesar 0,78%. Berat jenis SSD yang didapat sesuai dengan syarat ASTM C 127 yaitu berkisar antara (2,68-2,74) gr/cm<sup>3</sup> dan nilai absorpsi agregat kasar yang didapat tidak melewati batas 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.

No	<i>Coarse 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 &amp; mold (berat contoh &amp; wadah), gr</i>	28660	28230	28160	28350
2	<i>Wt of mold (berat wadah), Gr</i>	6440	6440	6440	6440
3	<i>Wt of sample (berat contoh) gr</i>	22220	21790	21720	21910
4	<i>Vol of mold (volume wadah) cm<sup>3</sup></i>	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	<i>Unit weight (berat Isi) gr/cm<sup>3</sup></i>	1,44	1,41	1,40	1,42

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,42 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai pada penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,44 gr/cm<sup>3</sup>. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,41 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan percobaan ketiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,40 gr/cm<sup>3</sup> dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu > 1,125 gr/cm<sup>3</sup>.

### 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.

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)	%	Ret.	Pass.
38,1 (1.5 in)	128	92	156	376	4,14	4,14	95,86
19.0 (3/4 in)	790	1148	1100	3038	33,41	37,55	62,45
9.52 (3/8 in)	1466	718	1086	3270	35,97	73,52	26,48
4.75 (No. 4)	314	1139	955	2408	26,48	100,00	0
2.36 (No. 8)	0	0	0	0	0,00	100	0
1.18 (No.16)	0	0	0	0	0,00	100	0
0.60 (No. 30)	0	0	0	0	0,00	100	0
0.30 (No. 50)	0	0	0	0	0,00	100	0
0.15 (No. 100)	0	0	0	0	0,00	100	0
Pan	0	0	0	0	0,00	100	0
Total	2698	3097	3297	9092	100,00		

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 tiga kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C 136, yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tata cara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-1993. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 9092 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{376}{9092} \times 100\% = 4,14 \%$$

$$3/4 = \frac{3038}{9092} \times 100\% = 33,41 \%$$

$$3/8 = \frac{3270}{9092} \times 100\% = 35,97 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{2408}{9092} \times 100\% = 26,48 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

1,5	=	0	+	4,14	=	4,14	%
3/4	=	4,14	+	33,41	=	37,55	%
3/8	=	37,55	+	35,97	=	73,52	%
No.4	=	73,52	+	26,48	=	100,00	%

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 722,76

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{715,20}{100} \end{aligned}$$

$$\text{FM} = 7,15$$

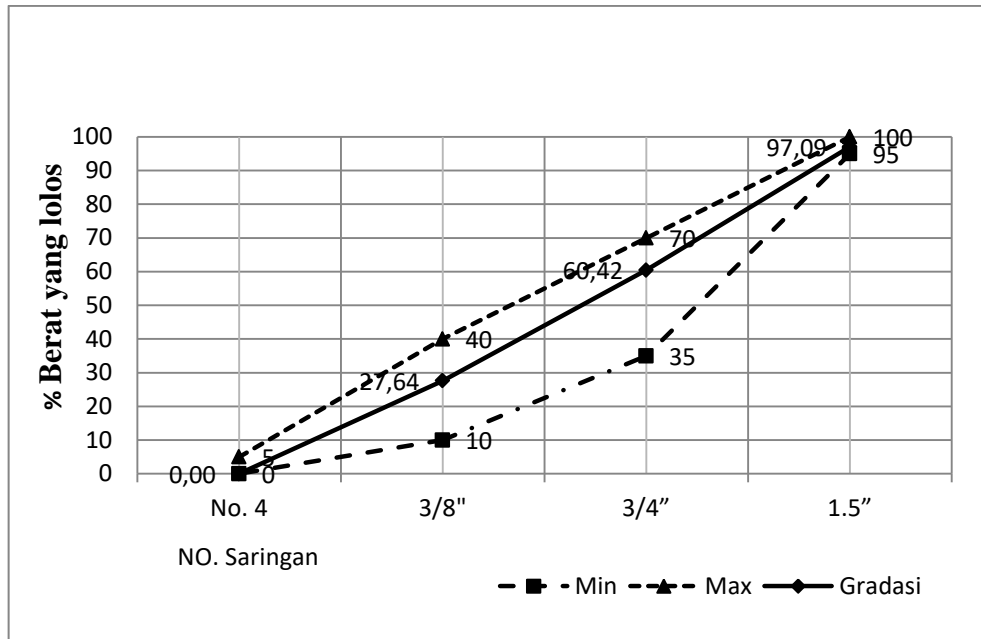
*Fine Modulus (FM)* yang didapatkan telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan untuk agregat kasar yaitu 5,5 – 7,5.

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

1,5	=	100	-	4,14	=	95,86	%
3/4	=	100	-	37,55	=	62,45	%
3/8	=	100	-	73,52	=	26,48	%
No. 4	=	100	-	100	=	0	%

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





Gambar 3.4: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm.

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

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

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan 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	1547
9,50 (3/8 in)	2500	1618
4,75 (No. 4)	-	523
2,36 (No. 8)	-	324
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-
Pan	-	85
Total	5000	4097
Berat lolos saringan No. 12		93
<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)		18.06 %

$$\begin{aligned}
 \textit{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 4097}{5000} \times 100\% = 18,06\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan yang terdapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4097 gr dan nilai *abrasion* (keausan) sebesar 18,06%. 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 32 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 bak berisi air bersih sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 7 dan 28 hari.

#### **3.9.5. Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 1974-2011 menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 kN. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak 4 buah benda uji. Prosedur pelaksanaan terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm yang telah mencapai umur uji diangkat dari bak perendaman setelah itu dijemur hingga benda uji mencapai kondisi kering permukaan (SSD).
2. Setelah benda uji mencapai kondisi SSD, timbang benda uji sebelum dilakukan pengujian kuat tekan.
3. Letakkan benda uji pada mesin uji tekan.
4. Jalankan mesin penekan dengan beban yang konstan.

5. Pembacaan dilakukan hingga benda uji hancur dan beban maksimum yang terjadi dicatat untuk mendapatkan mutu beton dari benda uji.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN -

#### 4.1. Perencanaan Campuran Beton

##### 4.1.1. Perencanaan Campuran Beton Gradasi 2

Sebelum melakukan perencanaan campuran beton (*mix design*), terlebih dahulumengetahui 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 didapati data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = 2,72 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat jenis agregat halus = 2,54 gr/cm<sup>3</sup>
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,71 %
- Kadar lumpur agregat halus = 3,53 %
- Berat isi agregat kasar = 1,12 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat halus = 1,20 gr/cm<sup>3</sup>
- FM agregat kasar = 7,15
- FM agregat halus = 2,54
- Kadar air agregat kasar = 0,62 %
- Kadar air agregat halus = 2,25 %
- Penyerapan agregat kasar = 0,78 %
- Penyerapan agregat halus = 1,83%
- Nilai slump rencana = 30-60 mm
- Ukuran agregat maksimum = 38,1 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 41 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834 (1993).

Tabel 4.1: Perencanaan campuran beton gradasi 2 (SNI 03-2834-1993).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji slinder)	Ditetapkan		41 Mpa	
2	Deviasi Standar	Tabel 2.5		12 Mpa	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.6		5,7 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		58,7 Mpa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat : - kasar - halus	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
		Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas			0,30	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		38,1 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 2.7		172 kg/m <sup>3</sup>	
12	Jumlah semen	11:7		573,33 kg/m <sup>3</sup>	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		573,33 kg/m <sup>3</sup>	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m <sup>3</sup>	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,3	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.3		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.4		Daerah gradasi zona 3	
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2		31 %	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.66	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2456,250 kg/m <sup>3</sup>	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1710,920 kg/m <sup>3</sup>	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		530,385 kg/m <sup>3</sup>	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1180,535 kg/m <sup>3</sup>	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m <sup>3</sup>	573,33	172	530,385	1180,535
	- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,3	0,925	2,509
- Tiap campuran uji 0,005304 m <sup>3</sup> (1 slinder)	3,041	0,912	2,813	6,262	

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m <sup>3</sup>	573,333	171,660	532,630	1178,641
	- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,299	0,929	2,506
	- Tiap campuran uji 0,005304 m <sup>3</sup> (1 slinder)	3,041	0,910	2,825	6,252

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m<sup>3</sup> adalah:

$$\begin{array}{rclclcl}
 \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
 573,33 & : & 532,630 & : & 1357,385 & : & 171,660 \\
 1 & : & 0,929 & : & 2,506 & : & 0,299
 \end{array}$$

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan slinder dengan ukuran:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Alas} & = & 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} & = & 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m} \\
 \text{Volume Slinder} & = & \pi \times r^2 \times \text{tinggi} \\
 & = & 3,14 \times (0,075)^2 \times 0,3 \\
 & = & 0,005304 \text{ m}^3
 \end{array}$$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 $= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji}$   
 $= 573,33 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$   
 $= 3,041 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 $= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji}$   
 $= 532,630 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$   
 $= 2,825 \text{ kg}$
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 $= \text{Banyak batu pecah} \times \text{Volume 1 benda uji}$

$$= 1357,385 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$$

$$= 6,252 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 = Banyak air x Volume 1 benda uji  
 =  $171,660 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$   
 = 0,910 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji:

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{Semen} & : & & \text{Pasir} & : & & \text{Batu pecah} & : & & \text{Air} \\ 3,041 & : & & 2,825 & : & & 6,252 & : & & 0,910 \end{array}$$

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

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
1,5	4,147	$\frac{4,147}{100} \times$	6,252	0,259
3/4	33,237	$\frac{33,237}{100} \times$	6,252	2,078
3/8	36,820	$\frac{36,820}{100} \times$	6,252	2,302
No. 4	25,797	$\frac{25,797}{100} \times$	6,252	1,613
Total				6,252

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,259 kg, saringan 3/4 sebesar 2,078 kg, saringan 3/8 sebesar 2,302 kg dan saringan no 4 sebesar 1,613 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda ujisebesar 6,252 kg.



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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	5,537	$\frac{5,537}{100} \times$	2,825	0,156
No.8	4,827	$\frac{4,827}{100} \times$	2,825	0,136
No.16	18,510	$\frac{18,510}{100} \times$	2,825	0,523
No.30	17,623	$\frac{17,623}{100} \times$	2,825	0,498
No.50	31,063	$\frac{31,063}{100} \times$	2,825	0,878
No.100	18,227	$\frac{18,227}{100} \times$	2,825	0,515
Pan	4,210	$\frac{4,210}{100} \times$	2,825	0,119
Total				2,825

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,156 kg, saringan no 8 sebesar 0,136 kg, saringan no 16 sebesar 0,523 kg, saringan no 30 sebesar 0,498 kg, saringan no 50 sebesar 0,878 kg, saringan no 100 sebesar 0,515 kg, dan pan sebesar 0,119 kg . Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,825 kg.

b. Bahan *filler* agregat halus

Untuk penggunaan bahan *filler* agregat halus tertahan saringan nomor 50 menggunakan serbuk cangkang lokan sebesar 3%, 6% dan 9% dapat dilihat pada Tabel 4.4.

- Serbuk cangkang lokan yang dibutuhkan sebanyak 3% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{3}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{3}{100} \times 2,825 \text{ kg}$$

$$= 0,085 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$= 0,878 - 0,085$$

$$= 0,793 \text{ kg}$$

- Serbuk cangkang lokan yang dibutuhkan sebanyak 6% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{6}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{6}{100} \times 2,825 \text{ kg}$$

$$= 0,170 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$= 0,878 - 0,170$$

$$= 0,708 \text{ kg}$$

- Serbuk cangkang lokan yang dibutuhkan sebanyak 9% untuk 1 benda uji.

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

$$= \frac{9}{100} \times 2,825 \text{ kg}$$

$$= 0,254 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$= 0,878 - 0,254$$

$$= 0,624 \text{ kg}$$

Tabel 4.4: Banyak serbuk cangkang lokan dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Serbuk cangkang lokan (kg)	Berat Agregat halus No.50 (kg)
3%	0,085	0,793
6%	0,170	0,708
9%	0,254	0,624

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah penggunaan *filler* dan agregat halus No.50 sebesar 3% adalah 0,085 kg untuk berat serbuk cangkang lokan dan 0,793 kg untuk berat agregat halus, jumlah bahan *filler* dan agregat halus No.50 sebesar 6% adalah 0,170 kg untuk berat serbuk cangkang lokan dan 0,708 kg untuk berat agregat halus, dan jumlah bahan *filler* serta agregat halus No.50 sebesar 9% adalah 0,254 kg untuk berat serbuk cangkang lokan dan 0,624 kg untuk agregat halus.

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

- Semen yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak semen 1 benda uji x 32 benda uji
  - = 3,041 x 32
  - = 97,312 kg
- Pasir tertahan saringan No.50 yang dibutuhkan untuk 4 benda uji
  - Untuk beton normal
    - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 4
    - = 0,878 x 4
    - = 3,512 kg
  - Untuk beton bahan *filler* 3%
    - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 4
    - = 0,793 x 4
    - = 3,172 kg
  - Untuk beton bahan *filler* 6%
    - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 4
    - = 0,708 x 4
    - = 2,835 kg
  - Untuk beton bahan *filler* 9%
    - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 4
    - = 0,624 x 4
    - = 2,496 kg

Maka, jumlah pasir tertahan No.50 yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah:  
 $3,512 + 3,172 + 2,835 + 2,496 = 12,015$  kg

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

- Pasir yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak pasir untuk 1 benda uji x 32
  - = 2,825 x 32
  - = 90,400 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 32
  - = 6,525 x 32
  - = 208,800 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak air untuk 1 benda uji x 32
  - = 0,910 x 32
  - = 29,120 kg

Perbandingan untuk 32 benda uji:

Semen       : Pasir                       : Batu pecah       : Air  
 97,312       : 90,400                       : 208,800       : 29,120

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

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
1,5	4,147	$\frac{4,147}{100} \times$	208,800	8,658
3/4	33,237	$\frac{33,237}{100} \times$	208,800	69,398
3/8	36,820	$\frac{36,820}{100} \times$	208,800	76,880
No. 4	25,797	$\frac{25,797}{100} \times$	208,800	53,864
Total				208,800

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 8,658 kg, saringan 3/4 sebesar 69,398 kg, saringan 3/8 sebesar 76,880 kg dan saringan no 4 sebesar 53,864 kg. Dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk benda uji sebesar 208,800 kg.

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	5,537	$\frac{5,537}{100}$	x 90,400	5,006
No.8	4,827	$\frac{4,827}{100}$	x 90,400	4,364
No.16	18,510	$\frac{18,510}{100}$	x 90,400	16,733
No.30	17,623	$\frac{17,623}{100}$	x 90,400	15,931
No.50	31,063	$\frac{31,063}{100}$	x 90,400	28,082
No.100	18,227	$\frac{18,227}{100}$	x 90,400	16,478
Pan	4,210	$\frac{4,210}{100}$	x 90,400	3,806
Total				90,400

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 5,006 kg, saringan no 8 sebesar 4,364 kg, saringan no 16 sebesar 16,733 kg, saringan no 30 sebesar 15,931 kg, saringan no 50 sebesar 28,082 kg, saringan no 100 sebesar 16,478, dan pan sebesar 3,806 kg . Dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 32 benda uji sebesar 90,400 kg.

#### 4.1.1.1. Metode Pengerjaan *Mix Design*

Mix design adalah sebagai proses merancang dan memilih bahan yang cocok dan menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi beton dengan kekuatan tertentu. Daya tahan tertentu dan seekonomis mungkin.

Rancangan campuran beton bukanlah tugas yang sederhana karena sifat yang beragam dari material penyusunnya.

Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

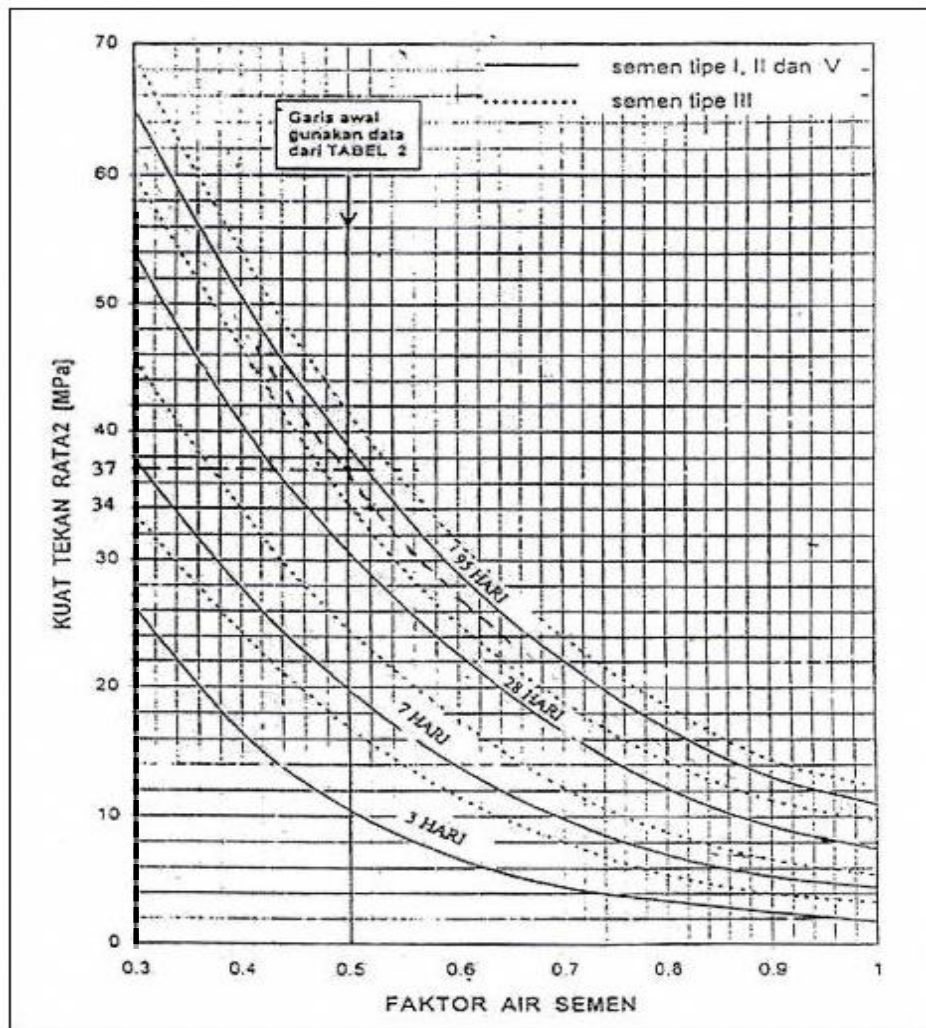
1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 41 MPa untuk umur 28 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.7.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.8
4. Kuat tekan rata-rata perlu  $f'_{cr}$

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.2.

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

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= 41 + 12 + 5,7 \\ &= 58,7 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I (PC).
6. Jenis agregat diketahui :
  - agregat kasar = batu pecah
  - agregat halus alami = pasir
7. Nilai faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen portland di dalam campuran adukan beton. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 58,7 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.



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

Namun, karena kuat tekan rata-rata yang didapat berada di atas garis zona 28 hari dan garis zona 7 hari, maka diambil faktor air semen terkecil yaitu 0,3.

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 (ditetapkan)
10. Ukuran agregat maksimum (lolos saringan 1,5") = 38,1 mm

11. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 2.9 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Jumlah kadar air bebas yang ditentukan.

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

Setelah interpolasi memakai Pers. 4.1.

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

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 :  $172 : 0.3 = 573,33 \text{ kg/m}^3$

13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.

14. Jumlah semen minimum ditetapkan  $275 \text{ kg/m}^3$  berdasarkan Tabel 2.10.

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:

Nilai terendah dari faktor air semen = 0,3

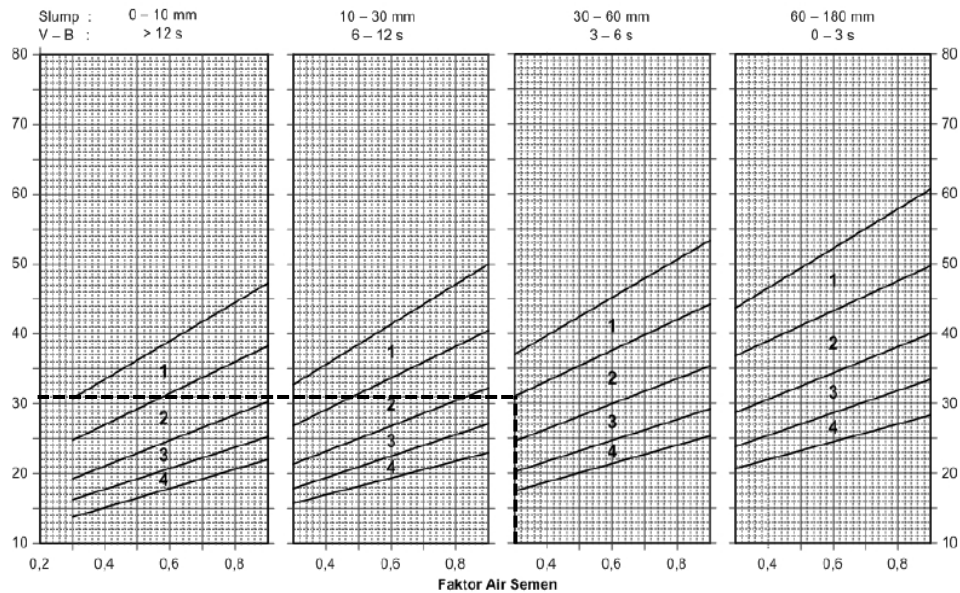
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi 2.

17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi 3.

18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,8 mm ini dicari dalam Gambar 2.9 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air-semen 0,3. Bagi agregat halus (pasir) yang



termasuk daerah susunan butir No.2 diperoleh harga nilai 31%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2.



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

19. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena 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 batu pecah.

Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut :

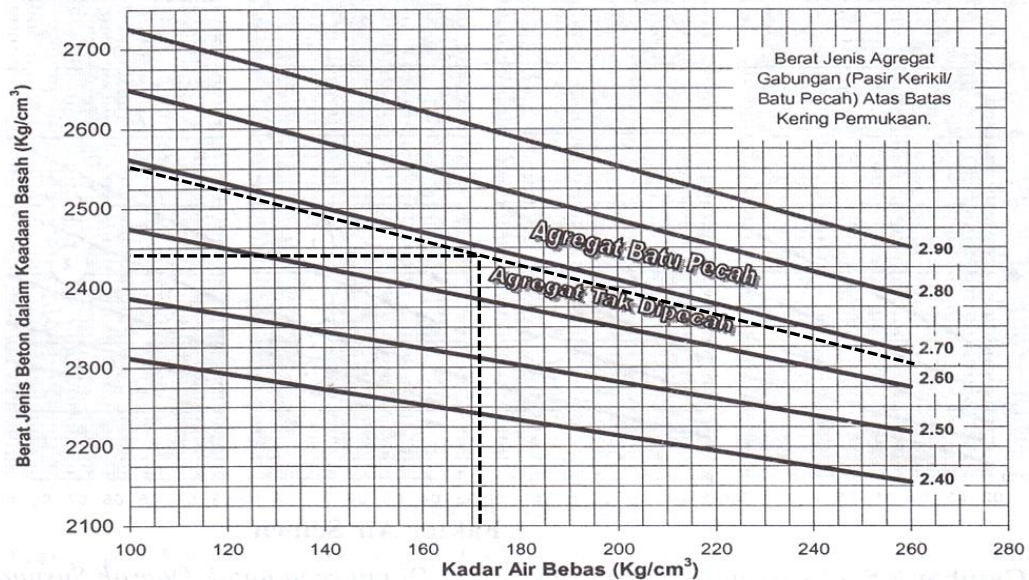
$$= \% \text{ Agregat halus} \times \text{BJ Agregat halus} + \% \text{ Agregat kasar} \times \text{BJ Agregat kasar.}$$

$$= (0,31 \times 2,54 + 0,69 \times 2,72)$$

$$= 2,65$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,65.

Titik potong grafik baru dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 172 kg/m<sup>3</sup>), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka 2432,5 kg/m<sup>3</sup>.



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

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

$$= 2432,5 - (573,33 + 172) = 1687,200 \text{ kg/m}^3$$

$$22. \text{ Kadar agregat halus}$$

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

$$= \frac{31}{100} \times 1687,2$$

$$= 5230,032 \text{ kg/m}^3$$

$$23. \text{ Kadar agregat kasar}$$

$$= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat halus}$$

$$5230,032 - 1687,200$$

$$= 3542,832 \text{ kg/m}^3$$

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

untuk tiap  $m^3$  sebagai berikut:

- Semen = 573,33 kg
- Air = 171,660 kg/lt
- Agregat halus = 532,630 kg
- Agregat kasar = 1357,385 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:

$$\begin{aligned}
 &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 172 - (2,25 - 1,83) \times \frac{530,390}{100} - (0,62 - 0,78) \times \frac{1180,530}{100} \\
 &= 171,66 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\
 &= 530,390 + (2,25 - 1,83) \times \frac{53,390}{100} \\
 &= 532,630 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 1180,53 + (0,62 - 0,78) \times \frac{1180,53}{100} \\
 &= 1178,641 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

#### 4.1.2. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran, diameter 15 cm dan tinggi 15 cm, jumlah benda uji yang di buat adalah sebanyak 32 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 kedalam bejana pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus, dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan tampak campuran juga homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

##### b. Pencetakan

Sebelum beton di masukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk dengan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 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.

#### 4.1.3. Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu  $5 \pm 2$  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*.

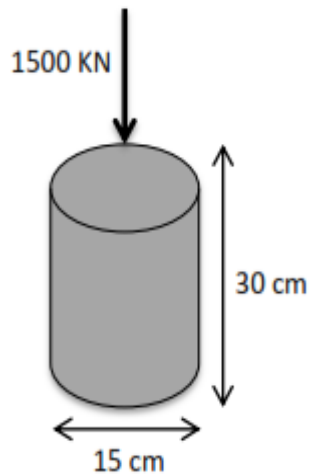
Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *slump* gradasi 2.

	Beton Normal		Filler Serbuk Cangkang Lokan 3%		Filler Serbuk Cangkang Lokan 6%		Filler Serbuk Cangkang Lokan 9%	
	7	28	7	28	7	28	7	28
<i>Slump</i>	3,8	3,9	3,9	4	3,4	3,6	3,2	3,1
(cm)	4,1	3,7	3,8	3,7	3,2	3,4	3,0	3,0

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan hasil slump test beton normal, beton dengan *filler* serbuk cangkang lokan 3%, 6%, dan 9% sebesar 3 s/d 4,1 cm.

#### 4.1.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji yang akan diuji adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 64 benda uji, seperti pada Gambar 4.4, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar.4.4: Beban tekan pada benda uji silinder.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah silinder 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.

#### 4.1.5. Perencanaan Campuran Beton Gradasi 4

Sebelum melakukan perencanaan campuran beton (*mix design*), terlebih dahulumengetahui 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 didapati data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = 2,72 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat jenis agregat halus = 2,54 gr/cm<sup>3</sup>
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,71 %
- Kadar lumpur agregat halus = 3,53 %
- Berat isi agregat kasar = 1,12 gr/cm<sup>3</sup>
- Berat isi agregat halus = 1,20 gr/cm<sup>3</sup>
- FM agregat kasar = 7,15
- FM agregat halus ( gradasi 4) = 2,54

- Kadar air agregat kasar = 0,62 %
- Kadar air agregat halus = 2,25 %
- Penyerapan agregat kasar = 0,78 %
- Penyerapan agregat halus = 1,83%
- Nilai slump rencana = 30-60 mm
- Ukuran agregat maksimum = 38,1 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 41 MPa yang terlampir pada Tabel 4.2 berdasarkan SNI 03-2834 (1993).

Tabel 4.9: Perencanaan campuran beton gradasi 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 silinder)	Ditetapkan	41 Mpa
2	Deviasi Standar	Tabel 2.5	12 Mpa
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.6	5,7 Mpa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	58,7 Mpa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat : - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas		0,30
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	38,1 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 2.7	172 kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	11:7	573,33 kg/m <sup>3</sup>
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	573,33 kg/m <sup>3</sup>
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m <sup>3</sup>
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,3

Tabel 4.9: Lanjutan.

No	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 4	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.4		Daerah gradasi zona 3	
18	Persen agregat halus	Gambar 4.6		20 %	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.68	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2445,156 kg/m <sup>3</sup>	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1699,826 kg/m <sup>3</sup>	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		339,965 kg/m <sup>3</sup>	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1359,861 kg/m <sup>3</sup>	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
		- Tiap m <sup>3</sup>	573,33	172	339,965
- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,3	0,593	2,372	
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m <sup>3</sup>	573,333	172,748	341,393	1357,385
	- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,916	0,595	2,368
	- Tiap campuran uji 0,005304 m <sup>3</sup> (1 slinder)	3,041	0,916	1,811	7,200

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m<sup>3</sup> adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
573,33	:	341,393	:	1357,385	:	172,748
1	:	0,595	:	2,368	:	0,301

c. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan slinder dengan ukuran:

Alas = 15 cm = 0,15 m

Tinggi = 30 cm = 0,3 m

Volume Slinder =  $\pi \times r^2 \times \text{tinggi}$



$$= 3,14 \times (0,075)^2 \times 0,3$$

$$= 0,005304 \text{ m}^3$$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji  
 =  $573,33 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$   
 = 3,041 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji  
 =  $341,393 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$   
 = 1,811 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 = Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji  
 =  $1357,385 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$   
 = 7,200 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji  
 = Banyak air x Volume 1 benda uji  
 =  $172,748 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$   
 = 0,916 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\ 3,041 & : & 1,811 & : & 7,200 & : & 0,916 \end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.10 dan 4.11.

Tabel 4.10: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji untuk gradasi.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
1,5	4,147	$\frac{4,147}{100} \times$	7,200	0,299
$\frac{3}{4}$	33,237	$\frac{33,237}{100} \times$	7,200	2,393

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	X berat batu pecah	
3/8	36,820	$\frac{36,820}{100}$	X 7,200	2,651
No. 4	25,797	$\frac{25,797}{100}$	X 7,200	1,857
Total				7,200

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,299 kg, saringan 3/4 sebesar 2,393 kg, saringan 3/8 sebesar 2,651kg dan saringan no 4 sebesar 1,857 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 7,200 kg.

Tabel 4.11: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji untuk gradasi.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	0,687	$\frac{0,687}{100}$	x 1,811	0,012
No.8	0,990	$\frac{0,990}{100}$	x 1,811	0,018
No.16	1,470	$\frac{1,470}{100}$	x 1,811	0,027
No.30	5,203	$\frac{5,203}{100}$	x 1,811	0,094
No.50	43,210	$\frac{43,210}{100}$	x 1,811	0,783
No.100	36,970	$\frac{36,970}{100}$	x 1,811	0,669
Pan	11,467	$\frac{11,467}{100}$	x 1,811	0,208
Total				1,811

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar

0,012 kg, saringan no 8 sebesar 0,018 kg, saringan no 16 sebesar 0,027 kg, saringan no 30 sebesar 0,094 kg, saringan no 50 sebesar 0,783 kg, saringan no 100 sebesar 0,669 kg, dan pan sebesar 0,208 kg . Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 1,8011 kg.

d. Bahan *filler* agregat halus

Untuk penggunaan bahan *filler* agregat halus tertahan saringan nomor 50 menggunakan serbuk cangkang lokan sebesar 3%, 6% dan 9% dapat dilihat pada Tabel 4.12.

- Serbuk cangkang lokan yang dibutuhkan sebanyak 3% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{3}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{3}{100} \times 1,809 \text{ kg}$$

$$= 0,054 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$= 0,782 - 0,054$$

$$= 0,728 \text{ kg}$$

- Serbuk cangkang lokan yang dibutuhkan sebanyak 6% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{6}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{6}{100} \times 1,809 \text{ kg}$$

$$= 0,108 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$= 0,782 - 0,10$$

$$= 0,674 \text{ kg}$$

- Serbuk cangkang lokan yang dibutuhkan sebanyak 9% untuk 1 benda uji.

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

$$= \frac{9}{100} \times 1,809 \text{ kg}$$

$$= 0,163 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$= 0,782 - 0,163$$

$$= 0,619 \text{ kg}$$

Tabel 4.12: Banyak serbuk cangkang lokan dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Serbuk cangkang lokan	Berat Agregat halus No.50
	(kg)	(kg)
3%	0,054	0,728
6%	0,108	0,674
9%	0,163	0,619

Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan jumlah penggunaan *filler* dan agregat halus No.50 sebesar 3% adalah 0,054 kg untuk berat serbuk cangkang lokan dan 0,728 kg untuk berat agregat halus, jumlah bahan *filler* dan agregat halus No.50 sebesar 6% adalah 0,108 kg untuk berat serbuk cangkang lokan dan 0,674 kg untuk berat agregat halus, dan jumlah bahan *filler* serta agregat halus No.50 sebesar 9% adalah 0,163 kg untuk berat serbuk cangkang lokan dan 1,646 kg untuk agregat halus.

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

- Semen yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak semen 1 benda uji x 32 benda uji
  - = 3,041 x 32
  - = 97,312 kg
- Pasir tertahan saringan No.50 yang dibutuhkan untuk 4 benda uji
  - Untuk beton normal
    - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 4
    - = 1,811 x 4
    - = 7,244 kg

- Untuk beton bahan *filler* 3%
  - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 4
  - = 0,728 x 4
  - = 2,912 kg
- Untuk beton bahan *filler* 6%
  - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 4
  - = 0,674 x 4
  - = 2,696 kg
- Untuk beton bahan *filler* 9%
  - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 4
  - = 0,619 x 4
  - = 2,476 kg

Maka, jumlah pasir tertahan No.50 yang dibutuhkan untuk 32 benda uji adalah:  $7,244 + 2,912 + 2,696 + 2,476 = 15,328$  kg

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

- Pasir yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak pasir untuk 1 benda uji x 32
  - = 1,811 x 32
  - = 57,952 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 32
  - = 7,200 x 32
  - = 230,400 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 32 benda uji
  - = Banyak air untuk 1 benda uji x 32
  - = 0,916 x 32
  - = 29,312 kg

Perbandingan untuk 32 benda uji:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
36,456	:	57,952	:	230,400	:	29,312

Berdasarkan analisa saringan untuk 32 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
1,5	4,147	$\frac{4,147}{100} \times$	230,400	9,554
¾	33,237	$\frac{33,237}{100} \times$	230,400	76,578
3/8	36,820	$\frac{36,820}{100} \times$	230,400	84,833
No. 4	25,797	$\frac{25,797}{100} \times$	230,400	59,435
Total				230,400

Berdasarkan Tabel 4.13 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 9,554 kg, saringan ¾ sebesar 76,578 kg, saringan 3/8 sebesar 84,833 kg dan saringan no 4 sebesar 59,435 kg. Dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 32 benda uji sebesar 230,400 kg.

Tabel 4.14: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	0,687	$\frac{0,687}{100} \times$	57,952	0,398
No.8	0,990	$\frac{0,990}{100} \times$	57,952	0,573
No.16	1,470	$\frac{1,470}{100} \times$	57,952	0,852

Tabel 4.14: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	$\times \text{ berat pasir}$	
No.30	5,203	$\frac{5,203}{100}$	$\times 57,952$	3,016
No.50	43,210	$\frac{43,210}{100}$	$\times 57,952$	25,042
No.100	36,970	$\frac{36,970}{100}$	$\times 57,952$	21,426
Pan	11,467	$\frac{11,467}{100}$	$\times 57,952$	6,645
Total				57,952

Berdasarkan Tabel 4.14 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 32 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,398 kg, saringan no 8 sebesar 0,573 kg, saringan no 16 sebesar 0,852 kg, saringan no 30 sebesar 3,016 kg, saringan no 50 sebesar 25,042 kg, saringan no 100 sebesar 21,401 kg, dan pan sebesar 6,645 kg . Dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 32 benda uji sebesar 57,952 kg.

#### 4.1.5.1 Metode Pengerjaan *Mix Design*

Pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 41 MPa untuk umur 7 hari dan 28 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.7.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.8 .
4. Kuat tekan rata-rata perlu  $f'_{cr}$

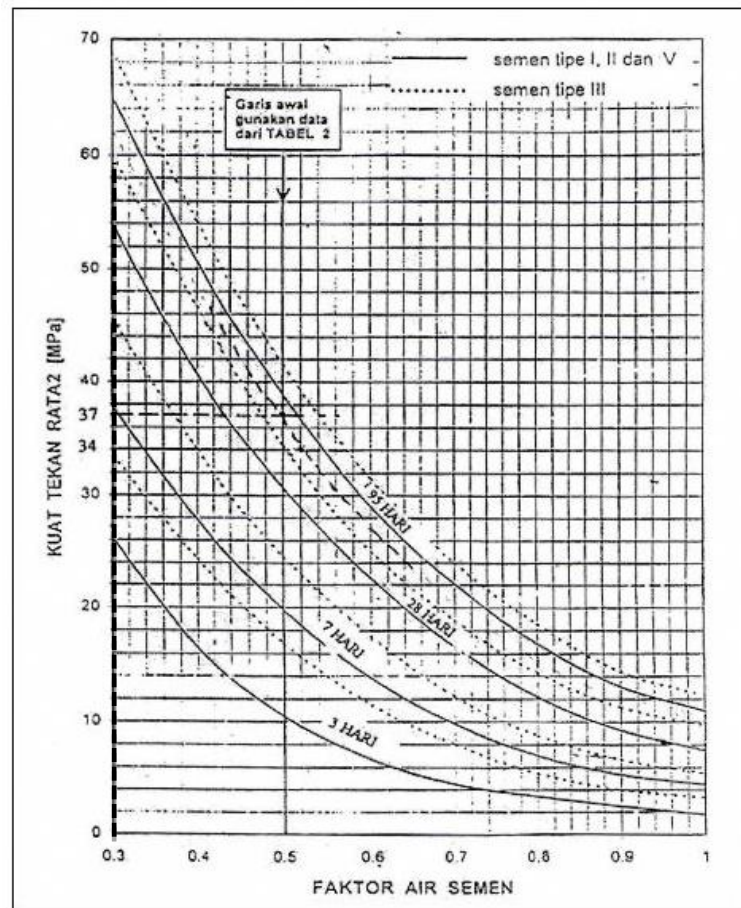
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.2.

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

$$f'_{cr} = 41 + 12 + 5,7$$

= 58,7 MPa

5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I (PC).
6. Jenis agregat diketahui :
  - agregat kasar = batu pecah
  - agregat halus alami = pasir
7. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 58,7 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 4.5.



Gambar 4.5: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).

Namun, karena kuat tekan rata-rata yang didapat berada di atas garis zona 28 hari dan garis zona 7 hari, maka diambil faktor air semen terkecil yaitu 0,3.



8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,60 berdasarkan Tabel 2.8. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.5 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
9. Nilai slump ditetapkan setinggi 30-60 mm (ditetapkan).
10. Ukuran agregat maksimum (lolos saringan 1,5") = 38
11. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 2.9 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.15.

Tabel 4.15: 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.

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

Dengan:

$W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

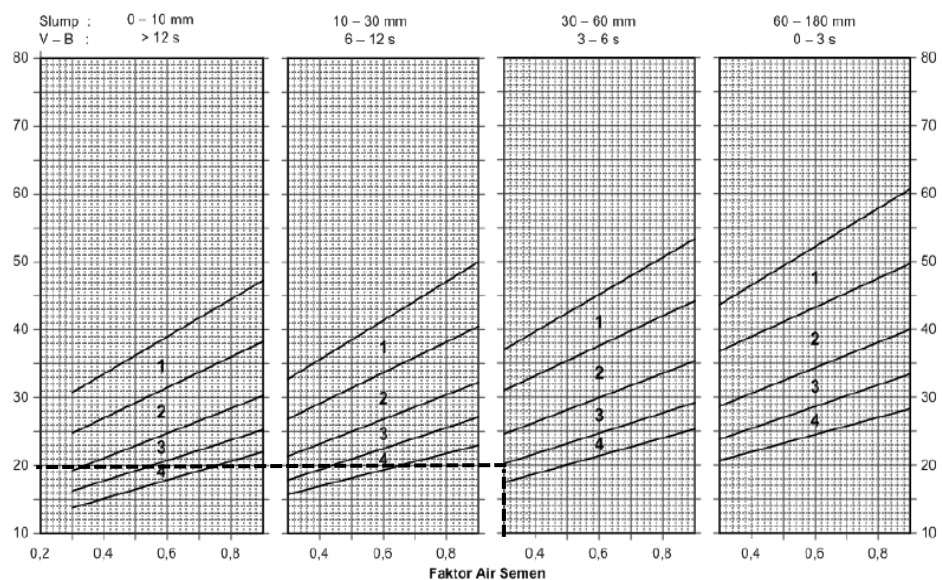
$W_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$= \frac{2}{3} \times 1602 + \frac{1}{3} \times 192$$

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

12. Jumlah semen, yaitu :  $172 : 0.3 = 573,33 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan  $275 \text{ kg/m}^3$  berdasarkan Tabel 2.10. 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: Nilai terendah dari faktor air semen = 0,3
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi 4.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi 3.
18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,8 mm ini dicari dalam Gambar 2.9 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air-semen 0,3. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir No.2 diperoleh harga nilai 20%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.6: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-1993).

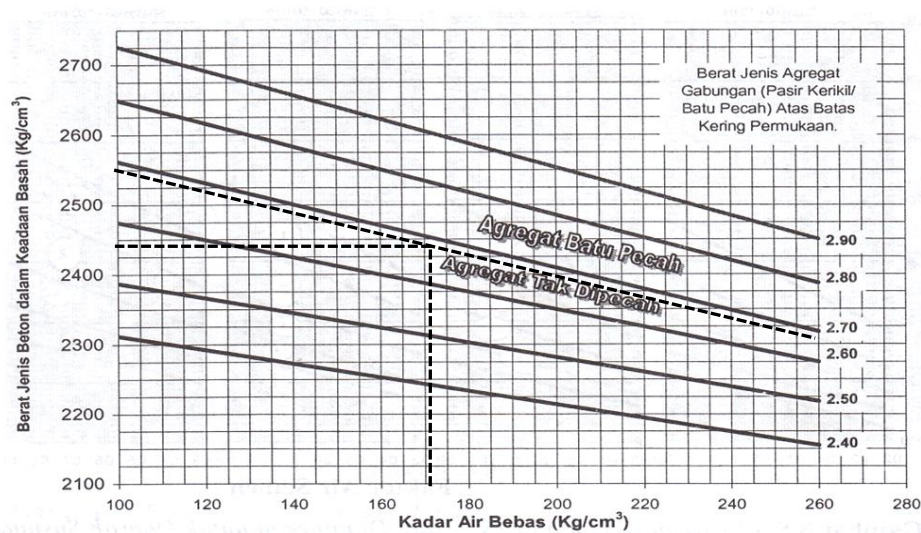
19. Berat jenis relatif agregat adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena agregat halus dalam ini merupakan gabungan pula dari dua macam agregat halus lainnya, maka berat jenis sebelum menghitung berat jenis agregat gabungan antara pasir dan batu pecah.  
Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut :

$$= \% \text{ Agregat halus} \times \text{BJ Agregat halus} + \% \text{ Agregat kasar} \times \text{BJ Agregat kasar.}$$

$$= (0,2 \times 2,54 + 0,8 \times 2,72)$$

$$= 2,68$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.7 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<sup>3</sup>), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka 2445,156 kg/m<sup>3</sup>.



Gambar 4.7: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-1993).

21. Kadar agregat gabungan

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

$$= 2445,159 - (573,33 + 172)$$

$$= 1699,826 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar agregat halus

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

$$= \frac{20}{100} \times 1699,826$$

$$= 339,965 \text{ kg/m}^3$$

23. Kadar agregat kasar

$$\begin{aligned}
&= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat halus} \\
&= 1699,826 - 339,965 \\
&= 1359,861 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

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

untuk tiap  $\text{m}^3$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
- \text{Semen} &= 573,33 \text{ kg} \\
- \text{Air} &= 172 \text{ kg/lt} \\
- \text{Agregat halus} &= 339,965 \text{ kg} \\
- \text{Agregat kasar} &= 1359,861 \text{ kg}
\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
&= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
&= 172 - (2,25 - 1,83) \times \frac{339,965}{100} - (0,62 - 0,78) \times \frac{1359,861}{100} \\
&= 172,748 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned}
&= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\
&= 339,965 + (2,25 - 1,83) \times \frac{339,965}{100} \\
&= 341,393 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned}
&= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
&= 1357,385 + (0,62 - 0,78) \times \frac{1359,861}{100} \\
&= 1357,385 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

#### 4.1.6. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran, diameter 15 cm dan tinggi 15 cm, jumlah benda uji yang di buat adalah sebanyak 32 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 kedalam bejana pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus, dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan tampak campuran juga homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan

Sebelum beton di masukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk dengan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 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.

#### 4.1.7. Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu  $5 \pm 2$  detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih  $2 \frac{1}{2}$  menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

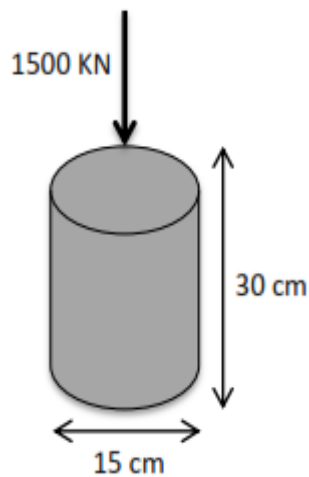
Tabel 4.16: Hasil pengujian nilai *slump* gradasi 4.

	Beton Normal		Filler Serbuk Cangkang Lokan 3%		Filler Serbuk Cangkang Lokan 6%		Filler Serbuk Cangkang Lokan 9%	
Hari	7	28	7	28	7	28	7	28
<i>Slump</i> (cm)	3,7	3,8	3,8	3,9	3,4	3,5	3,1	3,0
	4,0	3,6	3,7	3,5	3,2	3,3	3,0	3,2

Berdasarkan tabel 4.16 menjelaskan hasil slump test beton normal, beton dengan *filler* serbuk cangkang lokan 3%, 6%, dan 9% sebesar 3 s/d 4,1 cm.

#### 4.1.8. 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 4.8, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar.4.8: Beban tekan pada benda uji silinder.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah silinder 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.

## 4.2. Hasil Kuat Tekan Beton

### 4.2.1. Kuat Tekan Beton Normal

- Hasil Kuat Tekan Gradasi 2

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 41,677 MPa pada umur beton 7 hari dan 44,980 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat tekan beton normal gradasi 2.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	42000	286,236	44,036	41,677
2	39000	265,790	40,891	
3	37500	255,568	39,318	
4	40500	276,013	42,464	
Umur 28 hari				
1	61500	419,131	41,913	44,980
2	66000	449,799	44,980	
3	72000	490,690	49,069	
4	64500	439,576	43,958	

- Hasil Kuat Tekan Gradasi 4

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.18, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 41,284 MPa pada umur beton 7 hari dan 43,958 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat tekan beton normal gradasi 4.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	43500	296,459	44,609	41,284
2	37500	255,568	39,318	
3	36000	245,345	37,745	
4	40500	276,013	42,464	



Tabel 4.18: *Lanjutan.*

Umur 28 hari				
1	60000	408,908	40,891	43,958
2	66000	449,799	44,980	
3	70500	480,467	48,047	
4	61500	419,131	41,913	

#### 4.2.2. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Cangkang Loka 3%.

- Hasil Kuat Tekan Gradasi 2

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.18, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 43,643 MPa pada umur beton 7 hari dan 46,684 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tekan beton pada gradasi 2 *filler* 3%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	42000	286,236	44,036	43,643
2	39000	265,790	40,891	
3	43500	296,459	45,609	
4	42000	286,236	44,036	
Umur 28 hari				
1	66000	449,799	44,980	46,684
2	67500	460,022	46,002	
3	71500	487,282	48,728	
4	69000	470,245	47,024	

- Hasil Kuat Tekan Gradasi 4

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.19, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 43,250 MPa pada umur beton 7 hari dan 45,491 untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.20: Hasil pengujian kuat tekan beton pada gradasi 4 filler 3%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	42000	286,236	44,036	43,250
2	37500	255,568	39,318	
3	45000	245,345	47,182	
4	40500	276,013	41,464	
Umur 28 hari				
1	69000	470,245	47,024	45,491
2	66000	449,799	44,980	
3	72000	490,690	49,069	
4	60000	408,908	40,091	

#### 4.2.3. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Cangkang Loka 6%

- Hasil Kuat Tekan Gradasi 2

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 45,216 MPa pada umur beton 7 hari dan 48,047 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.21: Hasil pengujian kuat tekan beton gradasi 2 *filler* 6%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	46500	316,904	48,754	45,216
2	42000	286,236	44,036	
3	45000	306,681	47,182	
4	39000	265,790	40,891	
Umur 28 hari				
1	72000	490,690	41,913	48,047
2	67500	460,022	44,980	
3	73500	490,690	49,069	
4	69000	470,245	43,958	

- Hasil Kuat Tekan Gradasi 4

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.21, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 41,677 MPa pada umur beton 7 hari dan 44,980 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.22: Hasil pengujian kuat tekan pada gradasi 4 *filler* 6%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	46500	316,904	48,754	44,823
2	42000	286,236	44,036	
3	43500	296,459	45,609	
4	39000	265,790	40,891	

Tabel 4.22: *Lanjutan.*

Umur 28 hari				
1	67500	460,022	46,002	46,769
2	66000	449,799	44,980	
3	72000	490,690	49,069	
4	69000	470,245	47,024	

#### 4.2.4. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Cangkang Loka 9%

- Hasil Kuat Tekan Gradasi 2

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.23, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 46,395 MPa pada umur beton 7 hari dan 49,580 MPa untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.23: Hasil pengujian kuat tekan beton pada gradasi 2 filler 9%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	45000	306,681	47,182	46,395
2	43500	296,459	45,069	
3	46500	316,904	48,754	
4	42000	286,236	44,036	
Umur 28 hari				
1	76500	521,358	52,136	49,580
2	69000	470,245	47,024	
3	78000	531,581	53,158	
4	67500	460,022	46,002	

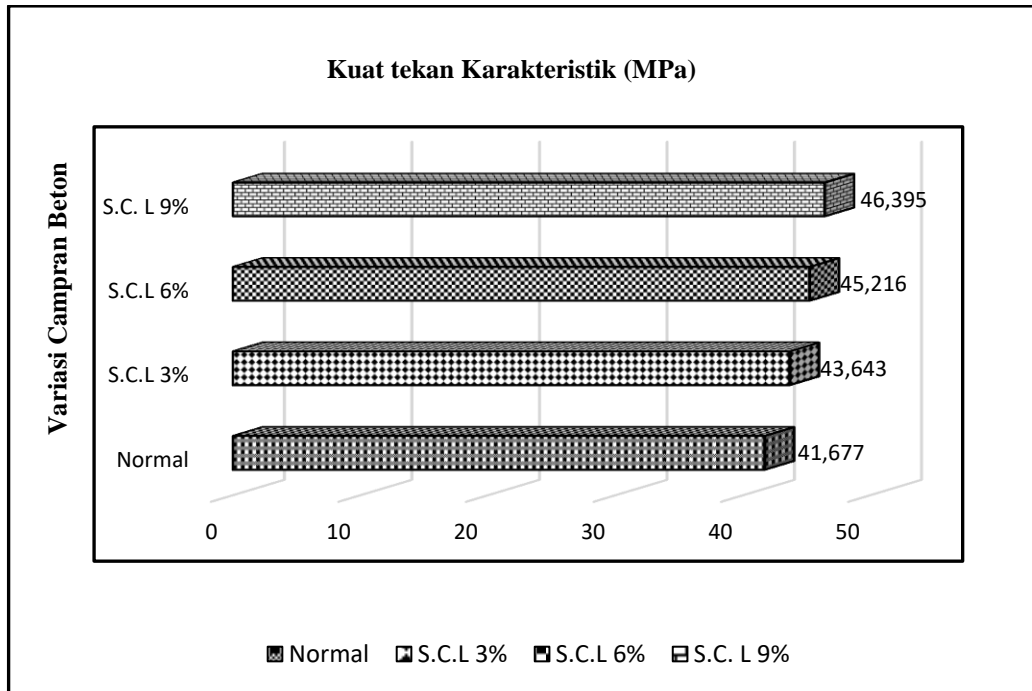
- Hasil Kuat Tekan Gradasi 4

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.24, dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata sebesar 46,002MPa pada umur beton 7 hari dan 48,302 MPa untuk umur beton 28 hari.

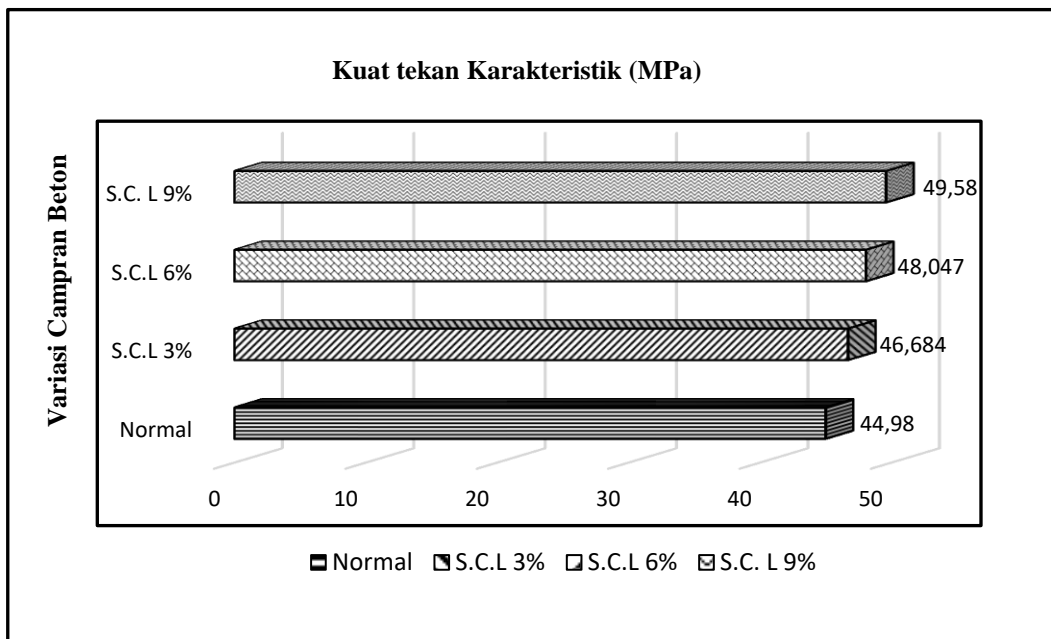
Tabel 4.24: Hasil pengujian kuat tekan beton pada gradasi 4 filler 9%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	46500	316,904	48,754	46,002
2	43500	296,459	45,609	
3	45000	306,681	47,152	
4	40500	276,013	42,464	
Umur 28 hari				
1	70500	480,467	51,114	48,302
2	69000	470,245	47,024	
3	76500	521,358	52,136	
4	67500	460,022	46,002	

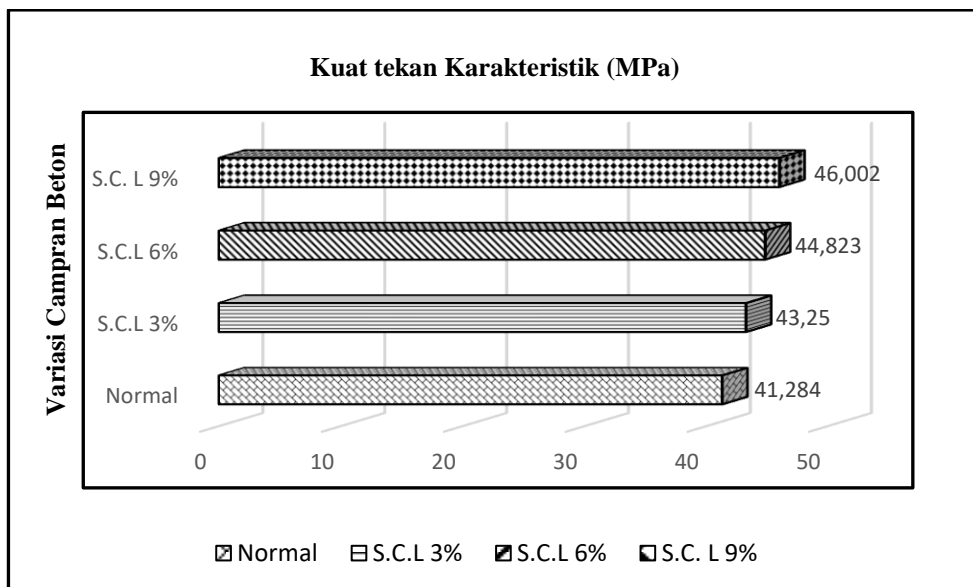
Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan dan penurunan kuat tekan beton, dapat digambarkan pada Gambar 4.9.



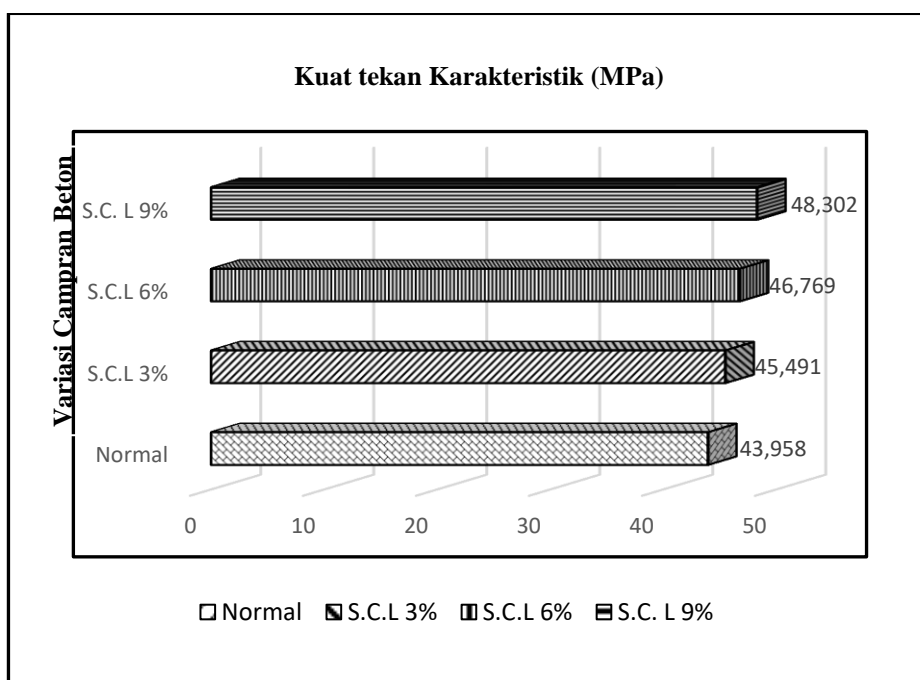
Gambar 4.9: Grafik kuat tekan beton gradasi 2 pada umur 7 hari.



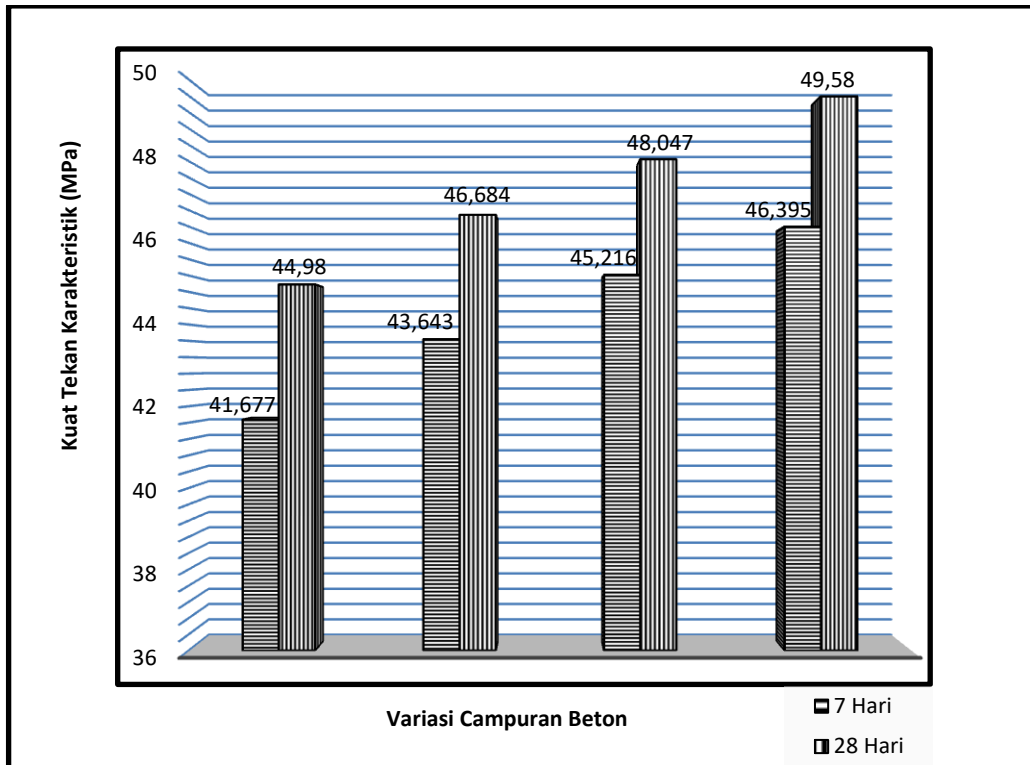
Gambar 4.10: Grafik kuat tekan beton gradasi 2 pada umur 28 hari.



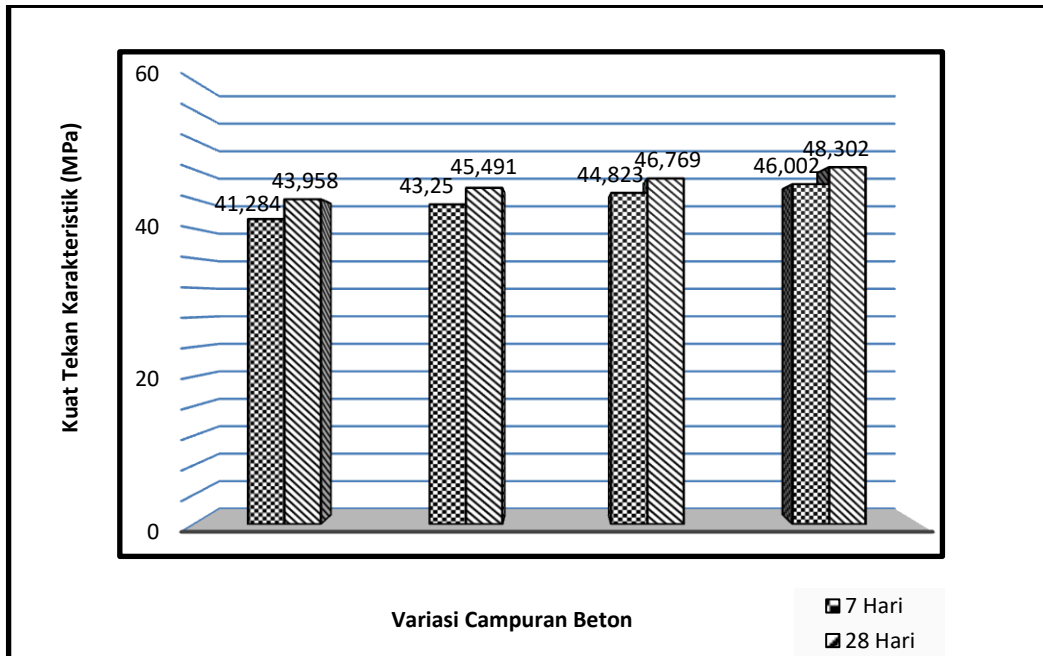
Gambar 4.11: Grafik kuat tekan beton gradasi 4 pada umur 7 hari.



Gambar 4.12: Grafik kuat tekan beton gradasi 4 pada umur 28 hari.

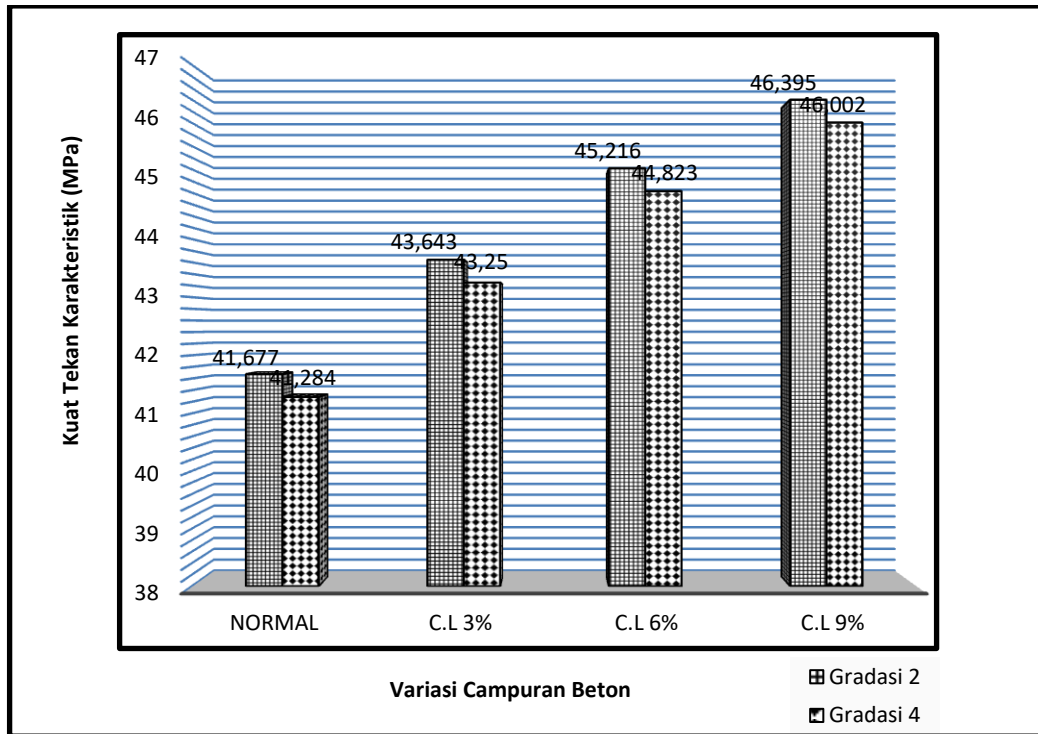


Gambar 4.13: Grafik kuat tekan beton gradasi 2 pada umur 7 hari dan 28 hari.

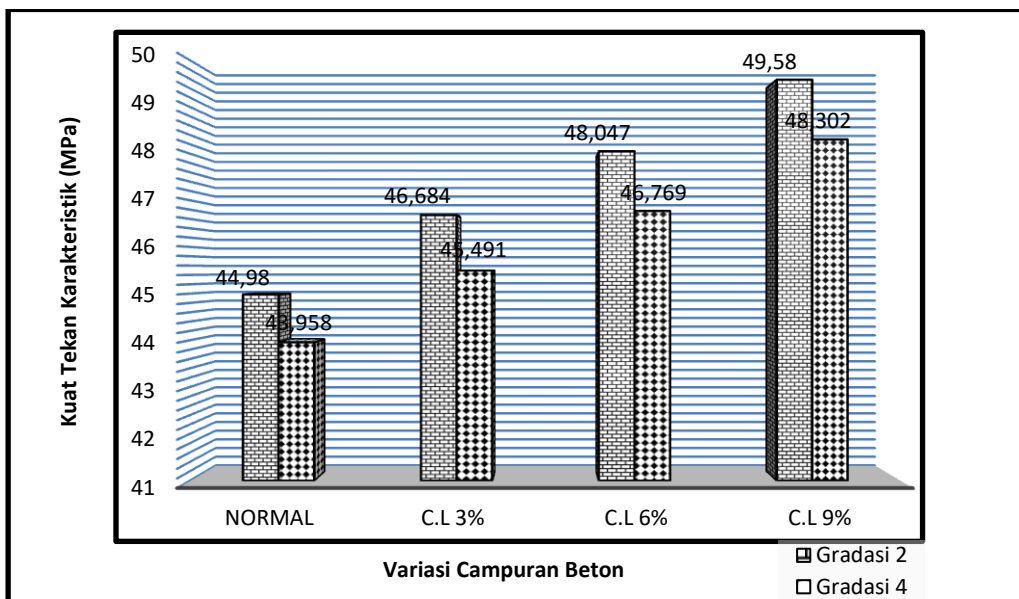


Gambar 4.14: Grafik kuat tekan beton gradasi 4 pada umur 7 hari dan 28 hari





Gambar 4.15: Grafik kuat tekan beton gradasi 2 dan 4 pada umur 7 hari.



Gambar 4.16: Grafik kuat tekan beton gradasi 2 dan 4 pada umur 28 hari.

Dari Gambar 4.16 menjelaskan bahwa hasil pengujian kuat tekan beton dapat kita lihat dengan serbuk cangkang lokan sebagai *filler* sebanyak 3%, 6%, dan 9% terjadi peningkatan. Pada gradasi 2 hasil kuat tekan lebihnya lebih tinggi dari hasil kuat tekan gradasi 4.

### 4.3. Pembahasan

Berdasarkan kutipan hasil penelitian Supriani (2013), melakukan penelitian dengan menggunakan campuran abu cangkang lokan yang ditambahkan ke dalam campuran beton dengan mengurangi jumlah semen berdasarkan berat sebanyak 2,5%, 5%, dan 10%. Pada umur 28 hari hasil kuat tekannya sebesar 35,46 Mpa pada 0%, 32,92 MPa pada 2,5%, 27,82 MPa pada 5%, dan 28,29 Mpa pada 10%.

Berdasarkan kutipan hasil penelitian Mulyati (2013), melakukan penelitian dengan menggunakan campuran serbuk cangkang lokan yang ditambahkan ke dalam campuran beton dengan mengurangi jumlah agregat halus berdasarkan berat sebanyak 10%, 20%, dan 30%. Pada umur 28 hari hasil kuat tekannya sebesar 31,67 Mpa pada 0%, 35,16 MPa pada 10%, 38,29 MPa pada 20%, dan 41,00 Mpa pada 30%.

Dari hasil penelitian bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan serbuk cangkang lokan, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan serbuk cangkang lokan sebanyak 3%, 6% dan 9% mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Pengisian serbuk cangkang lokan 3% pada gradasi 2.

$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{43,643 - 41,677}{41,677} \times 100\% \\ &= 4,717\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{46,684 - 44,980}{44,980} \times 100\% \\ &= 3,788\%\end{aligned}$$

- Pengisian serbuk cangkang lokan 3% pada gradasi 4.

$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{43,250 - 41,284}{41,284} \times 100\% \\ &= 4,762\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{45,491 - 43,958}{43,958} \times 100\% \\ &= 3,487\%\end{aligned}$$

- Pengisian serbuk cangkang lokan 6% pada gradasi 2.

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{45,216 - 41,677}{41,677} \times 100\% \\ &= 8,492\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{48,047 - 44,980}{44,980} \times 100\% \\ &= 6,819\% \end{aligned}$$

- Pengisian serbuk cangkang lokan 6% pada gradasi 4.

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{44,823 - 41,284}{41,284} \times 100\% \\ &= 8,572\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{46,769 - 43,958}{43,958} \times 100\% \\ &= 6,395\% \end{aligned}$$

- Pengisian serbuk cangkang lokan 9% pada gradasi 2.

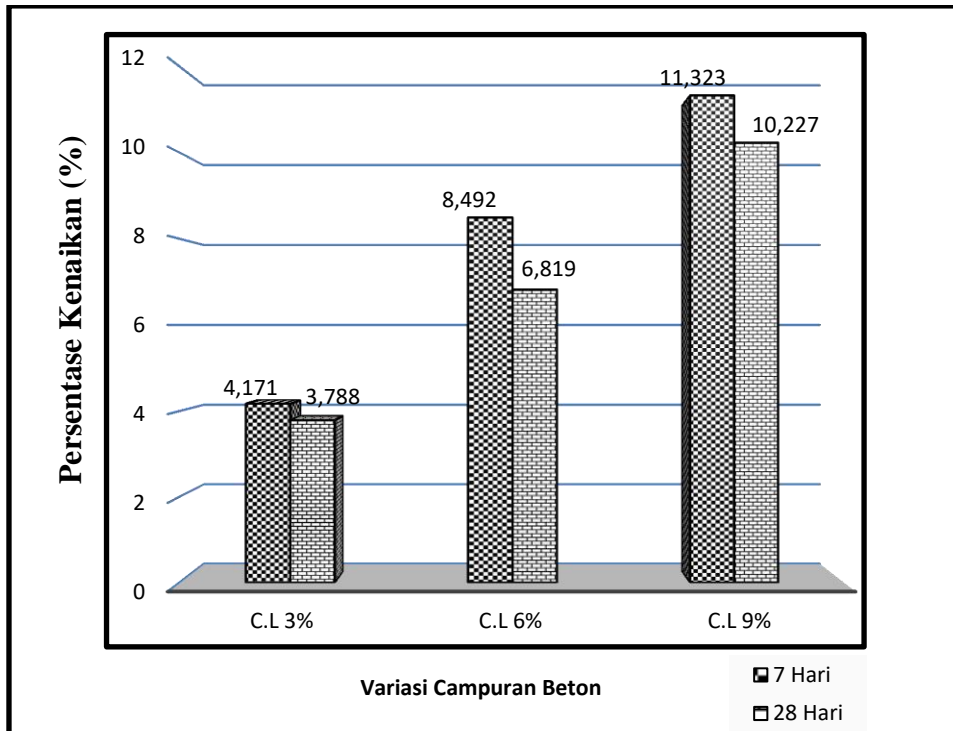
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{46,395 - 41,677}{41,677} \times 100\% \\ &= 11,323\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{49,580 - 44,980}{44,980} \times 100\% \\ &= 10,227\% \end{aligned}$$

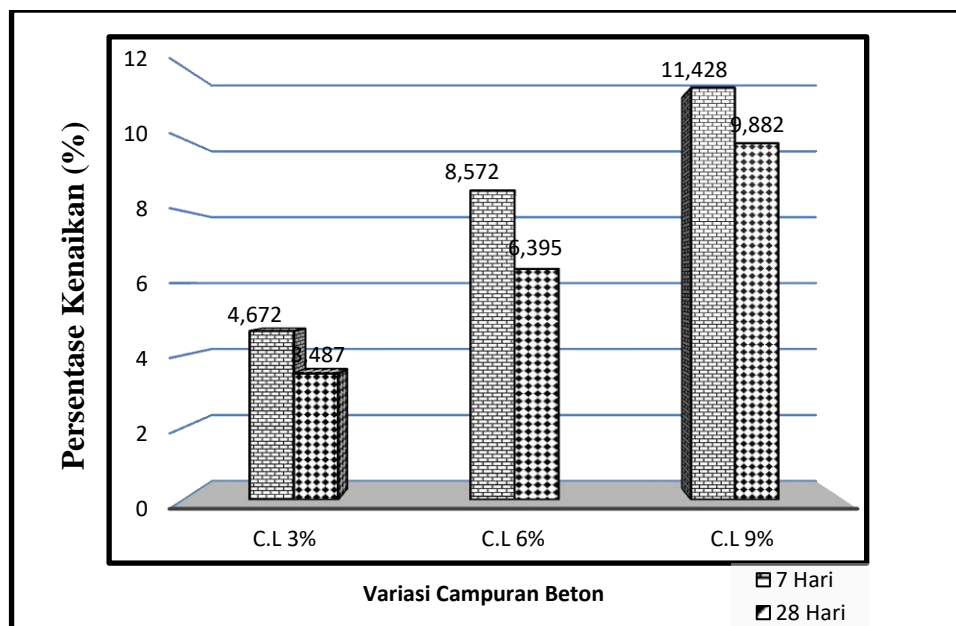
- Pengisian serbuk cangkang lokan 9% pada gradasi 4.

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{46,002 - 41,284}{41,284} \times 100\% \\ &= 11,428\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{48,302 - 43,958}{43,958} \times 100\% \\ &= 9,882\% \end{aligned}$$



Gambar 4.17: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton gradasi 2.



Gambar 4.18: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton gradasi 4.

Dari Gambar 4.18 menjelaskan bahwa hasil pengujian kuat tekan beton dapat kita lihat telah terjadi peningkatan kuat tekan beton dengan serbuk cangkang lokan

sebagai *filler* sebanyak 3%, 6%, dan 9% terjadi peningkatan. Adapun faktor yang telah mempengaruhi hal ini disebabkan oleh serbuk cangkang lokan yang mengandung komposisi kimia. Dengan ini saya dapat menyimpulkan bahwa persentase komposisi kimia yang paling besar pada serbuk cangkang lokan adalah Kalsium oksida CaO (67,072%), Silika SiO<sub>2</sub> (8,252%), Biji besi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,402) Magnesium oksida MgO (22,652), sedangkan komposisi kimia yang paling besar pada semen adalah Kapur CaO (60-65%), Silika SiO<sub>2</sub> (17-25 %) dan Potash Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (0,5 – 1%) sehingga dari perbandingan diatas juga dapat disimpulkan bahwa komposisi kimia pada serbuk cangkang lokan dan semen dapat mengakibatkan kenaikan pada kuat tekan beton yang cukup tinggi.

## 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 beton gradasi 2 lebih besar hasil kuat tekannya dibandingkan hasil kuat tekan beton gradasi 4.
2. Berdasarkan data dari kuat tekan gradasi 2 dan gradasi 4 yang dihasilkan bahwa hasil kuat tekan dengan penambahan serbuk cangkang lokan sebesar 3%, 6%, dan 9% pada agregat halus mengalami peningkatan.

#### 5.2 Saran

1. Penggunaan serbuk cangkang lokan sebagai *filler* agregat disarankan karena dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton.
2. Alat-alat yang digunakan untuk penelitian agar lebih diperhatikan kelengkapannya, sebaiknya alat dikalibrasi dan dilakukan perawatan sehingga meningkatkan ketelitian dalam proses penelitian yang dilakukan.
3. Disarankan untuk melakukan penelitian yang mendalam mengenai sifat-sifat fisis dan kimiawi dari serbuk cangkang lokan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211 (1993) *Guide for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*, American Concrete Institute, Detroit Michigan.
- 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.
- 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.
- Esentia, A. (2014) *Pengaruh Penggantian sebagian Filler Semen Dengan Kombinasi 40% Serbuk batu Bata Dan 60% Abu Cangkang Lokan Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (Ac-Bc)*. Laporan Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Murdock, L. J. dan Brook, K. M, (alih bahasa : Stepanus Hendarko), 1991, *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta.
- Mulyati (2013) *Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Lokan Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. Penelitian: Padang. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Padang.
- Mulyono, T. (2005) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nur, B. (2016) *Penelitian Beton Mutu Tinggi Terhadap Limbah Kaca Sebagai Filler Untuk Pemeriksaan Kuat Tekan Beton*. Laporan Tugas Akhir. Medan: Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Supriani, F. (2013) *Pengaruh Umur Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Akibat Penambahan Abu Cangkang Lokan*. Bengkulu: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB. *Jurnal Teknik Sipil, Jurnal Inersia*, Vol.(2), hal. 41-49.
- Tjokrodinuljo, K. (2007) *Teknologi Beton*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta: Andi.
- Tjokrodinuljo, K. (1992) *Bahan Bangunan*. Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta: Andi.
- Tjokrodinuljo, K. (1996) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.



# **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
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.



Gambar L3: Semen Padang Tipe 1 PPC.



Gambar L4: Proses penumbukkan kaca.



Gambar L5: Proses pencampuran agregat.



Gambar L6: Hasil pengujian slump test.



Gambar L7: Proses perendaman benda uji.



Gambar L8: Benda uji yang sedang dijemur.





Gambar L9: Beton Sebelum diuji Tekan



Gambar L10: Beton Setelah diuji Tekan



Gambar L11: Uji kuat tekan beton normal 28 hari: 105 T.



Gambar L12: Uji kuat tekan beton campuran serbuk kaca 14% 28 hari: 108 T.



Gambar L13: Uji kuat tekan beton campuran serbuk kaca 16% 28 hari 117 T.



Gambar L14: Uji kuat tekan beton campuran serbuk kaca 18% 28 hari 135 T.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Sarman  
Panggilan : Sarman  
Tempat, Tanggal Lahir : Kampung Sawah, 02 Maret 1992  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat : Jalan Abdul Fattah, Kampung Sawah  
Agama : Islam  
Nama Orang Tua  
Ayah : Aliman  
Ibu : Sariati  
No.HP : 085761976364  
E-Mail : [sarman1616@gmail.com](mailto:sarman1616@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1307210005  
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 142704 Natal	2006
2	SMP	SMPN 1 Natal	2009
3	SMA	SMAN 1 Natal	2012
4	Melanjutkan kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai.		