

TUGAS AKHIR

**ANALISIS CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL
LIMBAH MARMER SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DAN
LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR TERHADAP
KUAT TEKAN BETON
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

**KRISNIANDA
1507210036**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Krisnianda
NPM : 1507210036
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Campuran Beton Dengan Material Limbah Marmer
Sebagai Subtitusi Semen Dan Limbah Kaca Sebagai
Subtitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton
Bidang Ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Medan, 26 September 2019

Dosen Pembimbing I



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing II



Dr. Josef Hadipramana

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Krisnianda

NPM : 1507210036

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Campuran Beton Dengan Material Limbah Marmer Sebagai Substitusi Semen Dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton

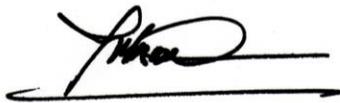
Bidang ilmu : Struktur

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, 26 September 2019

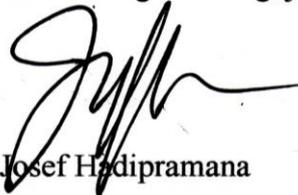
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing II / Penguji



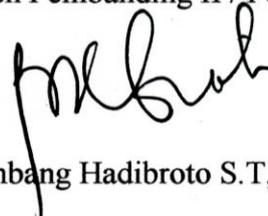
Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembimbing I / Penguji



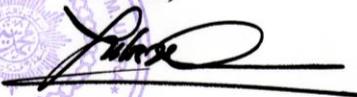
Dr. Ade Faisal

Dosen Pembimbing II / Penguji



Bambang Hadibroto S.T, M.T

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Krisnianda
Tempat /Tanggal Lahir : Sambirejo Timur, 15 Desember 1997
NPM : 1507210036
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Campuran Beton Dengan Material Limbah Marmer Sebagai Substitusi Semen Dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton”,

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, 26 September 2019

Saya yang menyatakan,

A 6000 Rupiah stamp with a signature and the name Krisnianda. The stamp is green and yellow, featuring the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI KEPPEL', 'TGL. 20', '81AHF014429310', '6000', and 'ENAM RIBU RUPIAH'. The signature is in black ink and reads 'Krisnianda'.

ABSTRAK

ANALISIS CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL LIMBAH MARMER SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN DAN LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON (STUDI PENELITIAN)

Krisnianda

1507210036

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dr. Josef Hadipramana

Teknologi beton yang terus berkembang menghasilkan beton mutu tinggi yang akan menjadi masalah akan kebutuhan beton yang semakin meningkat. Seiring dengan melambungnya harga semen sebagai bahan utama dalam pembuatan beton, maka biaya pembuatan beton merupakan suatu permasalahan yang perlu dicari solusinya guna perkembangan teknologi di bidang konstruksi bangunan. Maka dari itu pembuatan campuran beton dengan menekan jumlah penggunaan semen dapat menjadi salah satu solusi permasalahan tersebut. Banyaknya keperluan masyarakat Indonesia akan bangunan tidak dapat dipisahkan dari meningkatnya permintaan terhadap bahan-bahan bangunan. Salah satunya adalah marmer dan kaca yang dalam prosesnya terdapat sampah atau limbah dari hasil sisa-sisa potongan maupun dibuang tanpa adanya pengelolaan terlebih dahulu. Maka dari itu perlunya upaya yang dapat dilakukan untuk penanganan jumlah limbah marmer ataupun limbah kaca dengan melakukan pemanfaatan sebagai bahan pengisi dalam pembuatan beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas kuat tekan beton campuran limbah marmer dengan limbah kaca. Tempat pelaksanaan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan menggunakan metode dan langkah-langkah yang dilakukan menurut ASTM dan SNI 03-2834-2000, dengan kuat tekan rencana 20 MPa. Setelah penelitian dilakukan didapat nilai kuat tekan rata-rata beton limbah marmer 10 % pada umur beton 14 hari sebesar 22.35 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 23.20 MPa. Nilai kuat tekan rata-rata beton limbah kaca 8 % pada umur 14 hari sebesar 22.64 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 23.48 MPa. Sedangkan, nilai kuat tekan rata-rata beton kombinasi limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 % pada umur 14 hari sebesar 22.92 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 23.77 MPa, dapat ditarik kesimpulan bahwa semua beton variasi limbah marmer 10 % dan limbah kaca 8 % mengalami peningkatan. Hal ini membuktikan limbah marmer dan limbah kaca dapat digunakan dalam variasi tertentu.

Kata kunci: Kuat tekan, limbah marmer, limbah kaca.

ABSTRACT

CONCRETE MIXTURE ANALYSIS WITH MARBLE WASTE MATERIAL AS CEMENT SUBSTITUTION AND GLASS WASTE AS SAND SUBSTITUTION TO STRONG CONCRETE PRESSURE (RESEARCH STUDY)

Krisnianda
1507210036
Dr. Fahrizal Zulkarnain
Dr. Josef Hadipramana

Concrete technology continues to evolve produce high quality concrete will be a problem of concrete need increase. The slowing of cement prices as a key ingredient in the manufacture of concrete, the cost of making concrete is a problem need sought solution to the development of technology in the field of construction. Therefore, the manufacture of concrete mixture by pressing the amount of use of cement can be one solution of the problem. Indonesian need the building can not be separated from the increasing demand for building materials. One of them is marble and glass that in the process there is garbage or waste from the result of the remnants to cut or discarded without treatment first. Therefore, need the effort can be done to handle the amount of marble waste or glass waste by utilizing as filler material in the manufacture concrete. The research was conducted to find out the strong quality of concrete press mixture of marble waste with glass waste. Place of research in civil Engineering Laboratory of Muhammadiyah University of North Sumatera by using methods and measures conducted according to ASTM and SNI 03-2834-2000, with strong press plan 20 MPa. After the research has been obtained strong values press the average concrete marble waste 10% in the age of concrete 14 days at 22.35 MPa and at the age of 28 days of 23.20 MPa. Strong value press on average glass waste concrete 8% at 14 days in age of 22.64 MPa and at 28 days of 23.48 MPa. Whereas, strong value press average combination of marble waste 10% + glass waste 8% at the age of 14 days of 22.92 MPa and at the age of 28 days of 23.77 MPa, can be concluded that all concrete variation of marble waste 10% and the glass waste 8% experienced Increased. This proves the waste of marble and glass waste can be used in certain variations.

Keywords: compressive strength, marble waste, glass waste.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Campuran Beton Dengan Material Limbah Marmer Sebagai Substitusi Semen Dan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Prodi Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Bambang Hadibroto, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.

7. Teristimewa sekali kepada kedua orang tua penulis, yaitu Ayah Alm. Sutrisno dan Ibu Legiatik yang telah bersusah payah membesarkan dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus.
8. Keluarga serta kerabat, yang telah memberi dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Sahabat-sahabat penulis: Stambuk 13, 14 dan 15 di bidang Stuktur maupun Transportasi, Abangda Deni Subagio, S.T., Abangda Mhd. Yudha Pratama, S.T., Alamsyah Putra Munthe, Yasir Abdullah Sinaga, Rika Irawan, Bobby Herwindo dan teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

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

Medan, 26 September 2019



Krisnanda

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Beton	6
2.2 Material Penyusun Campuran Beton	8
2.2.1 Semen	8
2.2.2 Agregat	12
2.2.3 Air	19
2.3 Limbah Marmer	20
2.4 Limbah Kaca	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1 Umum	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3 Bahan dan Peralatan	25

3.3.1	Bahan	25
3.3.2	Peralatan	26
3.4	Persiapan Penelitian	26
3.4.1	Persiapan	26
3.4.2	Pemeriksaan Agregat	26
3.5	Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)	26
3.5.1	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	27
3.5.2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	30
3.5.3	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	32
3.5.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	33
3.5.5	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	35
3.6	Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)	37
3.6.1	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	37
3.6.2	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	40
3.6.3	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	42
3.6.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	43
3.6.5	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	45
3.6.5	Keausan Agregat Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	47
3.7	Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-2000 (Mix Design)	48
3.8	<i>Slump Test</i>	60
3.9	Perawatan Beton (Curing)	60
3.10	Pengujian Kuat Tekan Beton	61
BAB 4 ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	63
4.1.1	Data-data Campuran Beton	63
4.1.2	Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	78
4.2	Pembuatan Benda Uji	84
4.3	<i>Slump Test</i>	85
4.4	Pengujian Kuat Tekan Beton	86

4.4.1	Kuat Tekan Beton Normal	87
4.4.2	Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Marmer 10 %	88
4.4.3	Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Kaca 8 %	89
4.4.4	Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Marmer 10 % + Limbah Kaca 8 %	90
4.5	Pembahasan	93
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	98
5.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		99
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi bahan pembentuk beton	7
Tabel 2.2	Persyaratan mutu dari sifat-sifat kimia semen	12
Tabel 2.3	Batas gradasi agregat halus	14
Tabel 2.4	Batas gradasi agregat kasar	17
Tabel 2.5	Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan	20
Tabel 2.6	Kandungan kimia dari pecahan marmer	21
Tabel 2.7	Kandungan kimia kaca	22
Tabel 3.1	Hasil pengujian analisa saringan agregat halus	28
Tabel 3.2	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus	31
Tabel 3.3	Hasil pengujian kadar air agregat halus	33
Tabel 3.4	Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	34
Tabel 3.5	Hasil pengujian berat isi agregat halus	36
Tabel 3.6	Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar	38
Tabel 3.7	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	41
Tabel 3.8	Hasil pengujian kadar air agregat kasar	43
Tabel 3.9	Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	44
Tabel 3.10	Hasil pengujian berat isi agregat kasar	46
Tabel 3.11	Hasil pengujian keausan agregat kasar	48
Tabel 3.12	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia	49
Tabel 3.13	Tingkat mutu pekerjaan pembetonan	49
Tabel 3.14	Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	52
Tabel 3.15	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	53
Tabel 3.16	Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat	54
Tabel 3.17	Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air	55

Tabel 3.18	Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan	62
Tabel 3.19	Koefesien perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur	62
Tabel 4.1	Data-data hasil pemeriksaan dasar agregat	63
Tabel 4.2	Perencanaan campuran beton	64
Tabel 4.3	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 1 benda uji silinder	67
Tabel 4.4	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 1 benda uji silinder	67
Tabel 4.5	Banyak limbah marmer dan semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder	69
Tabel 4.6	Banyak limbah kaca dan pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder	70
Tabel 4.7	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 12 benda uji silinder	71
Tabel 4.8	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 12 benda uji silinder	72
Tabel 4.9	Banyak limbah marmer dan semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder	73
Tabel 4.10	Banyak limbah kaca dan pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder	74
Tabel 4.11	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 24 benda uji silinder	75
Tabel 4.12	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 24 benda uji silinder	76
Tabel 4.13	Banyak limbah marmer dan semen yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder	77
Tabel 4.14	Banyak limbah kaca dan pasir yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder	78
Tabel 4.15	Hasil pengujian nilai slump	86
Tabel 4.16	Hasil pengujian kuat tekan beton normal	87

Tabel 4.17	Hasil pengujian kuat tekan beton campuran limbah marmer 10 %	88
Tabel 4.18	Hasil pengujian kuat tekan beton campuran limbah kaca 8 %	89
Tabel 4.19	Hasil pengujian kuat tekan beton campuran limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 %	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik daerah gradasi pasir kasar	15
Gambar 2.2	Grafik daerah gradasi pasir agak kasar	15
Gambar 2.3	Grafik daerah gradasi pasir agak halus	15
Gambar 2.4	Grafik daerah gradasi pasir halus	16
Gambar 2.5	Batas gradasi agregat kasar	18
Gambar 3.1	Bagan alir proses pengerjaan beton	24
Gambar 3.2	Gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	30
Gambar 3.3	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	40
Gambar 3.4	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton	51
Gambar 3.5	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm	56
Gambar 3.6	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	56
Gambar 3.7	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	57
Gambar 3.8	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	58
Gambar 4.1	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton benda uji silinder	79
Gambar 4.2	Persentase pasir terhadap kadar total agregat untuk butir maksimum 40 mm	81
Gambar 4.3	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	82
Gambar 4.4	Bentuk dan beban tekan pada benda uji silinder	87
Gambar 4.5	Grafik kuat tekan beton rata-rata pada umur 14 hari	91
Gambar 4.6	Grafik kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari	92
Gambar 4.7	Grafik kuat tekan beton rata-rata pada umur 14 hari dan 28 hari	93
Gambar 4.8	Grafik besaran perbandingan persentase kenaikan kuat tekan dari beton normal pada umur 14 hari	95

- Gambar 4.9 Grafik besaran perbandingan persentase kenaikan kuat tekan dari beton normal pada umur 28 hari 95
- Gambar 4.10 Grafik besaran perbandingan persentase kenaikan kuat tekan dari beton normal pada umur 14 hari dan 28 hari 96

DAFTAR NOTASI

		Satuan
A	= Luas Penampang	(cm ²)
B _j	= Berat Jenis	(gr/cm ³)
FM	= Modulus Kehalusan	-
f _{cr}	= Kuat Tekan Rata-rata	(MPa)
f _c	= Kuat Tekan	(MPa)
S	= Standar Deviasi	(MPa)
M	= Nilai Tambah Margin	(MPa)
Kh	= Persentase Berat Agregat Halus Terhadap Agregat Campuran	(%)
Kk	= Persentase Berat Agregat Kasar Terhadap Agregat Campuran	(%)
W	= Berat Beton per m ³	(Kg)
B	= Jumlah Air	(Kg/m ³)
C	= Jumlah Agregat Halus	(Kg/m ³)
D	= Jumlah Agregat Kasar	(Kg/m ³)
C _n	= <i>Absorption</i> Agregat Halus	(%)
D _a	= <i>Absorption</i> Agregat Kasar	(%)
C _k	= Kandungan Air Dalam Agregat Halus	(%)
D _k	= Kandungan Air Dalam Agregat Kasar	(%)
P	= Beban Tekan	(kg)
t	= Tinggi Benda Uji	(cm)
V	= Volume	(cm ³)
W	= Berat	(kg)
Ø	= Diameter	(cm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan bahan gabungan yang terdiri dari semen, agregat kasar dan agregat halus yang mempunyai perbandingan tertentu dan dicampur dengan air sebagai bahan pembantu pengerasan yang bila diaduk dengan air dan tanpa ada bahan tambahan akan mempunyai massa padat dan mutu tertentu. Beton juga merupakan bahan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) dengan perbandingan tertentu yang akan membentuk beton segar. Penggunaan beton lebih diminati karena relatif kuat, mudah dibentuk, dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan konstruksi menggunakan baja, kayu ataupun menggunakan bahan lainnya.

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia saat ini sangat berdampak pada bertambahnya penggunaan beton sebagai material dalam perkuat struktur, selain itu teknologi pada beton juga selalu mengalami perkembangan yang lebih dinamis. Agregat halus dan kasar disebut sebagai bahan susunan kasar bercampur yang merupakan komponen utama beton (Mulyono, 2004).

Teknologi beton yang terus berkembang menghasilkan beton mutu tinggi yang menjadi solusi akan kebutuhan beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan, material dan pencampuran secara normal serta cara perawatannya. Diisyaratkan terdapat kontrol terhadap pemilihan material penyusunan beton dengan penggunaan bahan tambah yang tepat.

Seiring dengan melambungnya harga semen sebagai bahan utama pembuatan beton, maka biaya pembuatan beton merupakan suatu permasalahan yang perlu dipecahkan guna perkembangan teknologi dibidang konstruksi, khususnya pada biaya pembuatan suatu struktur bangunan. Untuk itu perlu adanya bahan pengganti semen dalam pembuatan beton atau sekedar bahan pengisi untuk mengurangi jumlah semen yang diperlukan dalam pembuatan beton, tetapi tidak mengurangi kualitas mutu beton sehingga tetap memenuhi syarat dalam pekerjaan konstruksi.

Banyaknya keperluan masyarakat Indonesia akan bangunan tentunya tidak dapat dipisahkan dari meningkatnya permintaan terhadap bahan-bahan bangunan. Salah satunya adalah marmer dan kaca. Marmer dan kaca banyak diminati untuk keperluan interior pada bangunan. Pada proses pengolahan batuan marmer menjadi bahan interior bangunan dilakukan dengan proses pemotongan dan penghalusan. Pada proses ini menghasilkan banyaknya potongan-potongan kecil yang tidak dapat digunakan lagi dan menjadi sampah. Banyaknya limbah marmer yang dihasilkan dari proses pengolahan yang akan nantinya menjadi bahan untuk keperluan interior pada bangunan. Maka, diperlukan pemanfaatan limbah marmer yaitu penanganan jumlah limbah marmer untuk dijadikan bahan pengisi sebagian semen dalam pembuatan beton.

Sama halnya dengan kaca, masyarakat Indonesia banyak memakai bahan kaca sebagai keperluan kehidupan sehari-hari ataupun sebagai bahan bangunan. Limbah kaca dapat membahayakan manusia, dampak negatif yang ditimbulkan oleh kaca paling utama adalah limbah ini dibuang ke alam tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Berdasarkan pada latar belakang tersebut, maka perlu adanya pemanfaatan limbah kaca untuk dijadikan material campuran beton. Dalam hal ini limbah kaca akan dijadikan pengisi sebagian agregat halus (pasir) pada campuran beton. Dengan penggunaan kaca sebagai agregat halus diharapkan akan mengurangi limbah kaca yang ada di Indonesia.

Penggunaan limbah marmer tersebut di dasari pada penelitian (Istiqomah & Shanti Kurnia, 2013). Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan limbah marmer sebagai bahan pengisi sebagian semen dengan komposisi 10% dari volume semen. Secara umum kandungan marmer terbanyak adalah Kalsium Oksida (CaO) dan sedikit Magnesium Oksida (MgO), Aluminium Dioksida (Al_2O_3) dan Silikon Dioksida/Silikat (SiO_2) kandunga kimia marmer tersebut sebagian besar juga terdapat pada semen. Sedangkan untuk penggunaan limbah kaca di dasari pada penelitian (Ayu Suhartini dkk, 2014). Penelitian dilakukan memanfaatkan limbah kaca sebagai bahan pengisi sebagian pasir dengan persentase variasi sebesar 8% dari volume agregat halus. Kandungan kimia yang ada di dalam kaca berupa Silikat (SiO_2), Kalsium Oksida (CaO), Magnesium Oksida (MgO), Aluminium Dioksida (Al_2O_3) dan Fluks Soda (Na_2O). Untuk itu penulis melakukan penelitian

mempergunakan limbah marmer dan limbah kaca dalam campuran beton, untuk mengetahui kuat tekan beton.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dicoba untuk mengambil permasalahan tentang pengaruh limbah marmer sebagai substitusi semen dan limbah kaca sebagai substitusi pada campuran beton.

Beberapa permasalahan yang muncul antara lain:

1. Apakah dengan penambahan limbah marmer sebagai substitusi semen dan limbah kaca sebagai substitusi pasir pada campuran beton dapat meningkatkan kualitas kuat tekan beton?
2. Bagaimana kualitas kuat tekan beton dengan kombinasi campuran limbah marmer sebagai substitusi semen dan limbah kaca sebagai substitusi pasir?
3. Mampukah limbah marmer sebagai substitusi semen dan limbah kaca sebagai substitusi pasir untuk dipakai sebagai campuran beton?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton limbah marmer sebagai substitusi semen dan limbah kaca sebagai substitusi pasir, jika dibandingkan dengan beton normal.
2. Untuk mengetahui pengaruh kualitas kuat tekan beton kombinasi limbah marmer sebagai substitusi semen dan limbah kaca sebagai substitusi pasir sebagai campuran beton.

1.4. Batasan Masalah

Sehubung dengan luasnya permasalahan dan keterbatasan waktu yang ada, maka penulis membatasi masalah yang ada. Permasalahan yang akan dibahas oleh penulis pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian kuat tekan beton normal dan beton yang diberi campuran limbah marmer dan limbah kaca lalu membandingkan hasilnya.
2. Penggunaan limbah marmer sebagai substitusi semen sebanyak 10% dan limbah kaca sebagai substitusi pasir sebanyak 8% dalam pembuatan beton untuk mengetahui adanya kenaikan atau penurunan kuat tekan pada beton.
3. Waktu yang direncanakan untuk kuat tekan beton adalah 14 hari dan 28 hari, dengan benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Metode untuk perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan masyarakat umum dapat mengetahui fungsi lebih dari limbah marmer dan limbah kaca. Apabila berhasil, diharapkan limbah marmer dan limbah kaca ini dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut untuk kedepannya.

1.6. Sistematik Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini yaitu:

a. Bab 1 Pendahuluan

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

b. Bab 2 Tinjauan Pustaka

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

c. 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.

d. Bab 4 Hasil Dan Pembahasan

Bab ini berisikan tentang hasil penelitian, permasalahan dan pemecahan masalah selama penelitian.

e. Bab 5 Kesimpulan Dan Saran

Dalam bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari analisa yang telah dilakukan dan juga saran-saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bangunan komposit yang terbuat dari material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah (Sugiyanto, 2000).

Beton normal dengan kualitas yang baik yaitu beton yang mampu menahan kuat desak/hancur yang diberi beban berupa tekanan dengan dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk, kemudian pengerjaan atau *workability*, faktor air semen (f.a.s) dan zat tambahan atau *admixture* bila diperlukan.

Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan perletakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen berhidrasi mengesem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti batu. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, jembatan, bangunan, dan lain sebagainya.

Beton sendiri merupakan fungsi dari bahan penyusunan yang terdiri dari bahan semen atau *portland cement*, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah atau *admixture*. Beton juga mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan konstruksi yang lain, diantaranya mempunyai kuat tekan yang besar, tahan terhadap api, mudah dibentuk, tidak diperlukan keahlian khusus dalam pembuatannya, dan bahan bakunya mudah untuk didapat sehingga beton unggul dari biaya.

Selain itu komposisi bahan pembentuk beton berdasarkan jumlah persentase yang biasanya terdapat pada suatu campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah.

Tabel 2.1: Komposisi bahan pembentuk beton (Murdock dan Brook, 1991).

Nama Bahan	Jumlah (%)
Agregat Kasar dan Agregat Halus	60-80
Semen	7-15
Air	14-21
Udara	1-8

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60%-75% (Mulyono, 2005).

Menurut Mulyono (2005) untuk mendapatkan kekuatan beton yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari.

Kelebihan beton dibanding dengan struktur lainnya:

- a. Dapat mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b. Mampu memikul beban yang berat.
- c. Tahan terhadap temperature tinggi.
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil.

Kekurangan beton dibanding struktur lainnya:

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- c. Berat.
- d. Daya pantul suara yang besar.

Menurut Metha (1986) beton dapat dibedakan berdasarkan berat isi beton dan kuat tekan beton, isi beton dapat diklasifikasikan pada tiga katagori umum yaitu:

- a. Beton Ringan (*Light Weight Concrete/LWC*)

Beton ringan mempunyai berat 1800 kg/m^3 . Pada beton ini terdapat banyak sekali agregat yang diterapkan misalnya agregat sintesis (agregat alam) yang diproses atau dibentuk sehingga berubah karakteristik mekanisnya.

b. Beton Normal (*Normal Weight Concrete*)

Beton yang mempunyai berat 2400 kg/m^3 dan mengandung pasir, kerikil alam dan batu pecah sebagai agregat.

c. Beton Berat (*Heavy Weight Concrete*)

Beton ini selalu digunakan sebagai pelindung terhadap radiasi yang beratnya $>3200 \text{ kg/m}^3$.

2.2. Material Penyusunan Campuran Beton

Bahan penyusunan beton meliputi air, semen portland, agregat kasar dan agregat halus serta bahan tambah, dimana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodimuljo, 1996).

2.2.1. Semen

Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air, disebut dengan hidrasi, sehingga dapat membentuk material batu padat. Pada umumnya semen untuk bahan bangunan adalah tipe semen portland. Semen ini dibuat dengan cara menghaluskan silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan dicampur dengan bahan gips. Semen berfungsi untuk merekatkan butiran-butiran agregat dalam adukan beton agar terjadi susut massa yang padat. Pasta semen adalah campuran antara semen dengan air (SK SNI S-04-1989-F).

Portland cement (PC) umum pada berbagai tipe yang memenuhi spesifikasi standar ASTM C-150 dapat digunakan untuk memperoleh campuran beton dengan kekuatan tekan sampai dengan 50 MPa. Untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih tinggi saat mempertahankan *workability* yang baik, sangat perlu untuk

menggunakan *admixture* yang dikombinasikan dengan semen. Pada kasus tersebut, kompatibilitas semen *admixture* menjadi sebuah hal yang penting.

Pengalaman telah memperlihatkan bahwa, dengan penggunaan tipe *superplasticizer naphthalene sulfonate* atau *melamine sulfonate*, *portland cement* dengan kadar C_3A dan alkali yang rendah umumnya menghasilkan campuran beton yang memperlihatkan hilangnya slump tinggi sejalan dengan waktu. Situasi ini telah berubah karena telah dilaporkan bahwa *polyacrylate copolymer*, sebuah generasi baru *superplasticizer*, tidak menyebabkan kehilangan slump yang berlebihan pada kebanyakan jenis semen portland maupun semen portland campuran.

Semen yang digunakan dalam industri bangunan terdapat 2 jenis, yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis.

a. Semen Hidrolis

Semen hidrolis adalah semen yang berubah menjadi produk yang solid setelah ditambah air, menghasilkan material yang tidak terpisah dengan air, dengan kata lain, semen hidrolis akan mengeras bila diberi air. Semen hidrolis adalah semen yang bercampur dan mengeras melalui reaksi kimia dengan air. semen hidrolis yang paling umum adalah semen portland. Material yang menghasilkan proses hidrasi hanya dengan reaksi kimia dengan komponen lain disebut memiliki sifat hidrolis laten. Banyak semen hidrolis yang dibuat dari campuran material hidrolis laten dengan semen portland.

b. Semen Non-Hidrolis

Semen non-hidrolis tidak membutuhkan air untuk membuatnya menjadi solid. Semen non-hidrolis yang paling umum adalah kapur dan gipsum. Semakin baik mutu semen maka semakin lama mengeras atau membatunya jika dicampur dengan air.

Di Indonesia ada beberapa jenis semen yang diproduksi diantaranya:

1. Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri atas silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan bahan tambahan yang digunakan biasanya gips.
2. Semen *pozolon* adalah semen dengan kandungan silikat tinggi, sedikit kurang kompak (*slightly consolidate*) berbentuk butiran-butiran halus

seperti debu vulkanik dan tanah diatom yang memiliki sifat dapat bereaksi dengan kapur dalam larutan bersifat kalsium silikat hidrat yang tidak mudah larut sehingga bersifat seperti semen yang telah mengalami proses pengerasan.

3. Semen komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain (SNI 15-7064-2004).
4. Semen *pozolonic* adalah suatu campuran dari semen *pozolon* dan semen portland.
5. Semen *slaq* adalah semen yang dihasilkan dari produksi samping proses peleburan besi.
6. Semen *alumina* adalah semen yang terdiri atas sejumlah besar alumina dan besi sebagai pengganti silikat pada oksida asam.
7. Semen *masonry* adalah campuran semen portland dengan suatu senyawa tambahan, seperti senyawa silikat, tanah batuan kapur, tanah liat dan rosedale atau semen alam dalam jumlah sedikit.
8. Semen tanah air adalah semen portland yang ditambah dengan air.
9. Semen berwarna adalah semen portland putih biasa atau semen portland abu-abu yang ditambah zat pewarna (pigmen).
10. Semen pemboran (*oil well cement*) adalah semen yang digunakan atau dipakai untuk sumur-sumur minyak bumi dan gas alam dengan kedalaman sumur lebih dari 1800 m.

Bahan baku untuk pembuatan semen terdiri atas:

- a. Kapur (CaI).
- b. Silika (SiO₂).
- c. Alumina (Al₂O₃).
- d. Bijih besi (Fe₂O₃).

Keempatnya bereaksi satu sama lain di dalam membentuk klinker (setelah dipanaskan pada temperatur 1400° C). Klinker tersebut mengandung 4 senyawa kompleks, yaitu:

- Tricalcium Silicate (C₃S).

- Dicalcium Silicate (C₂S).
- Tricalcium Aluminate (C₃A).
- Tetra Calcium Aluminoferrit (C₄AF).

Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986 atau SII.0013-81 yang diadopsi dari ASTM C-150, 1985. Berikut adalah tabel yang menjelaskan persyaratan mutu dari sifat-sifat berbagai tipe semen berdasarkan ASTM C-150, 1985. Pada Tabel 2.2 ini, disebutkan persentase batas-batas maksimum zat yang terkandung pada tipe semen. Tipe semen sendiri ada 5 macam, mulai dari tipe I, II, III, IV, dan V. Keseluruhan tipe ini memiliki perbedaan antara satu dengan yang lain, baik itu secara fungsional, tempat pemakaian, maupun ketahanan dan kelemahan terhadap zat tertentu.

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

1. Semen portland tipe I adalah semen portland umum (*normal portland cement*) yang digunakan dalam konstruksi beton secara umum dan tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
2. Semen portland tipe II adalah semen portland yang mempunyai panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan pada bangunan drainase dengan sulfat mendekati tinggi, dinding penahan tanah tebal yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.
3. Semen portland tipe III adalah semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi (*high early strenght portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan serta dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen portland tipe IV adalah semen portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya.

Pertumbuhannya lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi tinggi.

5. Semen portland tipe V adalah semen portland yang tahan sulfat (*sulfat resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang digunakan hanya untuk bangunan yang terkena sulfat, seperti di tanah/air yang kadar alkalinnya tinggi.

Tabel 2.2: Persyaratan mutu dari sifat-sifat kimia semen (ASTM C-150, 1985).

Uraian	Tipe Semen				
	I	II	III	IV	V
MgO, % maksimum	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
SO ₃ , % maksimum	-	-	-	-	-
C ₃ A = 8,0 %	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
C ₃ A = 8,0 %	3,5	-	4,5	-	-
Hilang Pijar, % maksimum	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5
Bagian tak larut, % maksimum	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Alkali sebagai Na ₂ O, % maksimum	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
C ₂ S, % maksimum	-	-	-	35	-
C ₃ S, % maksimum	-	-	-	40	-
C ₃ A, % maksimum	-	8	15	7	5
C ₃ AF + ₂ CA, atau C ₄ AF + C ₂ F, maksimum	-	-	-	-	20
C ₃ S + C ₃ A, % maksimum	-	58	-	-	-

2.2.2. Agregat

Agregat merupakan bahan utama pembentuk beton yang berfungsi sebagai bahan pengisi. Untuk beton ekonomis, campuran harus dibuat sebanyak mungkin agregatnya. Agregat yang baik adalah yang tidak bereaksi kimia dengan unsur-

unsur semen. Agregat harus mempunyai distribusi sedemikian rupa, sehingga ukuran rongga-rongga antara agregat minimum. Ini berarti jumlah semen untuk beton yang mengisi rongga-rongga tersebut harus minimum. Agregat menempati 60%-80% volume beton, sehingga karakteristik agregat akan menentukan kualitas beton walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini menjadi penting.

Agar kekuatan yang diinginkan dapat tercapai, maka dalam pelaksanaan dilapangan, agregat tersebut harus memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan menurut ASTM C-33. Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu:

a. Agregat Halus

Menurut SNI 1970 (2008) agregat halus adalah agregat yang mempunyai ukuran butiran berkisar antara 0,075 mm sampai dengan 4,75 mm dan memenuhi persyaratan. Penggunaan agregat halus dapat berupa pasir dari laut dengan syarat harus dibersihkan terlebih dahulu dari pengotoran garam (klorida) ataupun kulit kerang dan pasir yang diperoleh dari penggalian dengan syarat harus dibersihkan dari lempung atau tanah liat. 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.

Penilaian terhadap mutu agregat halus dapat ditinjau dari beberapa segi:

1. Ada atau tidaknya bahan campuran yang terkandung di dalam pasir, misalnya pasir yang berasal dari sungai biasanya banyak mengandung lumpur dan bahan organik maka sebelum digunakan sebaiknya terlebih dahulu dibersihkan agar didapat beton dengan mutu yang diinginkan.
2. Butiran pasir harus cukup keras, maksudnya butiran pasir ini tidak hancur atau pecah karena perubahan cuaca.

- Melakukan analisa saringan untuk mendapatkan agregat halus dengan ukuran yang sesuai.

Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi ASTM C-33, yaitu:

- Mempunyai butiran yang halus.
- Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
- Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
- Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

Ukuran yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.3 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1 hingga Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 2.3: Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000).

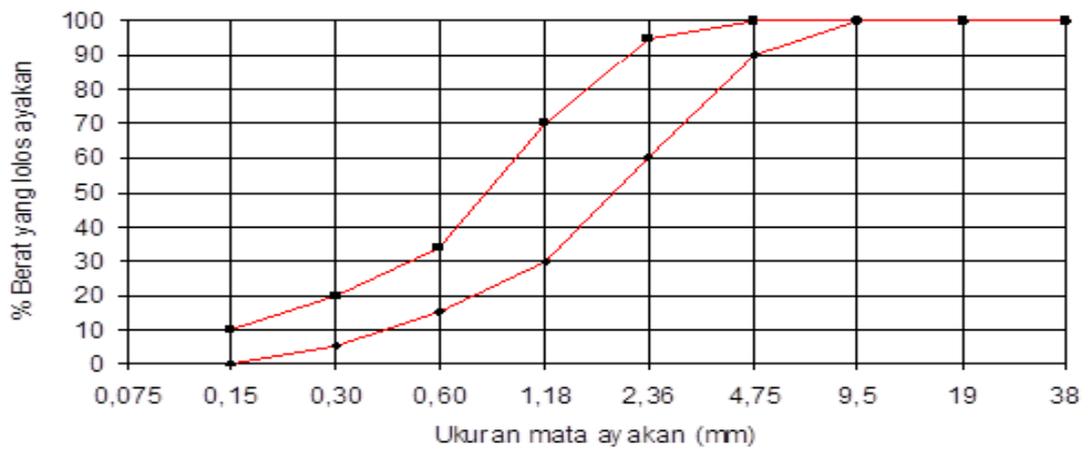
Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Besar Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan : - Daerah Gradasi I = Pasir Kasar.

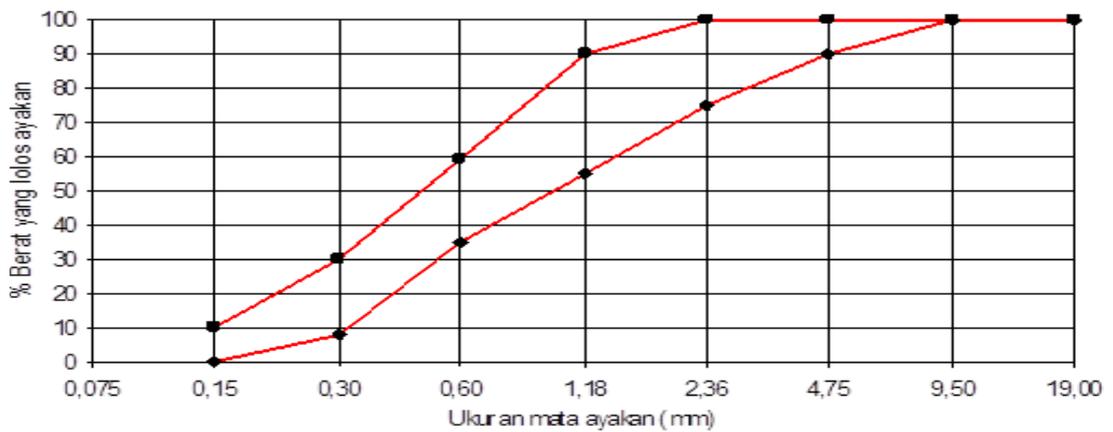
- Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar.

- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus.

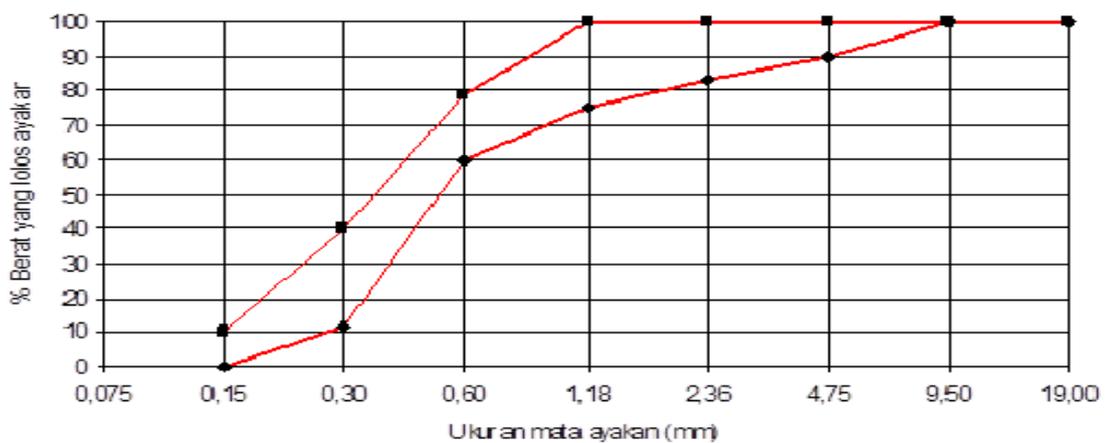
- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus.



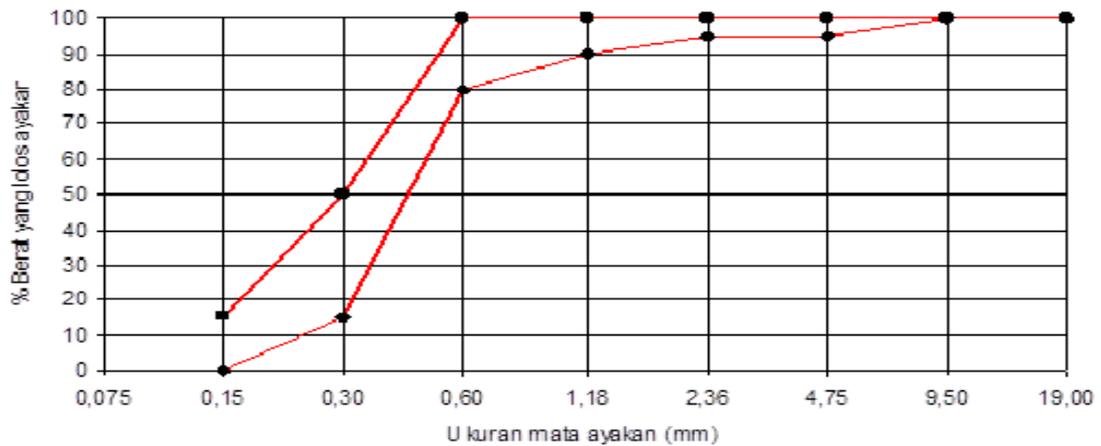
Gambar 2.1: Grafik daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.2: Grafik daerah gradasi pasir agak kasar (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.3: Grafik daerah gradasi pasir agak halus (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.4: Grafik daerah gradasi pasir halus (SNI 03-2834-2000).

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI 03-2834-2000, agregat halus diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan.
2. Berat jenis.
3. Penyerapan (*absorption*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintergrasi alami dari batubatuan atau batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu. Pada umumnya agregat kasar memiliki ukuran minimum lebih besar dari 4,75 mm (SNI 03-2834-2000).

Agregat kasar memiliki butir-butir kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan. Menurut SNI 03-2847 (2002) bahwa agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang akan dipakai untuk membuat campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal (tidak pecah atau hancur oleh

pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan). Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.

2. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali jika agregat kasar digunakan untuk membuat beton yang akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang akan berhubungan dengan tanah basah. Agregat yang reaktif terhadap alkali boleh untuk membuat beton dengan semen yang kadar alkalinya dihitung setara Natrium Oksida tidak lebih dari 0,6%, atau dengan menambahkan bahan yang dapat mencegah terjadinya pemuaiannya yang dapat membahayakan oleh karena reaksi alkali agregat tersebut.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton seperti bahan-bahan yang reaktif sekali dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (terhadap berat kering) dan apabila mengandung lebih dari 1%, agregat kasar tersebut harus dicuci.
5. Ukuran butir agregat kasar maksimum tidak boleh lebih daripada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal pelat beton, $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

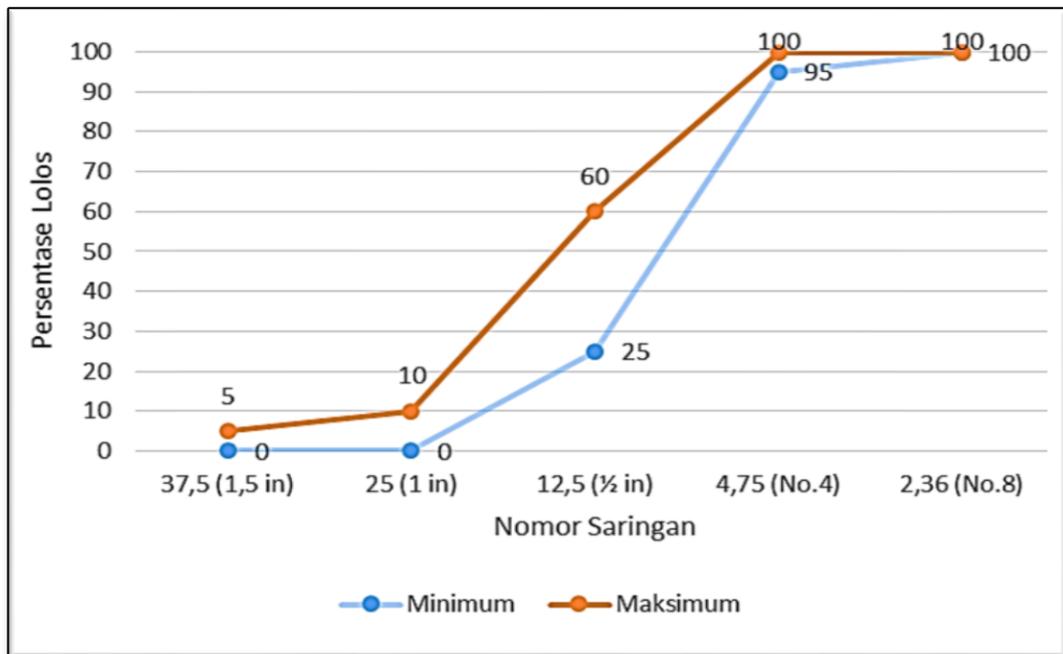
Menurut SNI 03-2834 (2000) batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.4 dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.4: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000).

Lubang	Persen butir lewat ayakan, diameter terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
Ayakan (mm)		
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 ($\frac{1}{2}$ in)	25	60

Tabel 2.4: Lanjutan.

Lubang	Persen butir lewat ayakan, diameter terbesar 37,5 mm	
Ayakan (mm)	Minimum	Maksimum
4,75 (No.4)	95	100
2,36 (No.8)	100	100



Gambar 2.5: Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000).

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI 03-2834-2000, agregat kasar diteliti terhadap:

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

2.2.3. Air

Air merupakan faktor penting dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton. Pastinya air merupakan pemersatu proses pencampuran dari agregat dan semen, atau bahkan bahan tambah maupun zat *additive*. Air digunakan pada campuran beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah dalam pengerjaannya. Dalam pelaksanaan pembuatan beton sangat bergantung pada air untuk mendapatkan beton yang mudah dilaksanakan tetapi dengan kekuatan yang tetap, harus dipertahankan jumlah air dengan semennya atau bisa disebut faktor air semen (*water cement ratio*). Air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992).

Jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi berkisar 20% dari berat semen. Namun pemakaiannya dalam adukan harus dibatasi karena dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton. Perbandingan jumlah air semen akan mempengaruhi:

1. Kemudahan pekerjaan.
2. Kestabilan volume (*volume stabil*).
3. Kekuatan beton (*strength of coceret*).
4. Keawetan beton (*durability of conceret*).

Pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Air harus bersih, tidak berbau, tidak mempunyai rasa, dan dapat dikonsumsi sebagai air minum.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, benda-benda terapung yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung alkali atau garam-garam yang terlarut dan dapat merusak beton.
4. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lt.
5. Kandungan klorida tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO dimana ppm adalah singkatan dari *part permillion* yaitu kandungan zat kimia yang masih diperbolehkan.
6. Dianalisa secara kimia dan mutunya dievaluasi menurut pemakaian.

7. Bila dibandingkan kekuatan tekannya dengan yang mengandung air suling sebagai pencampuran maka persentase kekuatan tekan yang terjadi tidak boleh lebih dari 10%.

Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang akan dihasilkan akan berkurang kekuatannya. Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan dapat di lihat pada Tabel 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.5: Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Mulyono, 2005).

Kandungan Unsur Kimia	Konsentrasi (Maksimum)
Cloride	
a. Beton Prategang	500 ppm
b. Beton Bertulang	1000 ppm
Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$)	600 ppm
Sulphate (SO_4)	1000 ppm
Total Solid	50000 ppm

2.3. Limbah Marmer

Marmer atau batu pualam merupakan batuan hasil proses metamorfosa atau malihan dari batu gamping. Pengaruh suhu dan tekanan yang dihasilkan oleh gaya endogen menyebabkan terjadinya rekristalisasi pada batuan tersebut membentuk berbagai foliasi maupun non foliasi. Akibat rekristalisasi struktur asal batuan merbentuk tekstur baru dan keteraturan butir.

Kandungan kimia pada pecahan marmer mengandung 55,07% Kalsium Oksidasi (CaO) dan unsur-unsur kimia lainnya (Wihardi dkk, 2006). Hasil analisa kimia pecahan marmer dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Kandungan kimia dari pecahan marmer (Wihardi dkk, 2006).

NO	Unsur Kimia	Kandungan (%)
1	Silikon Dioksida (SiO_2)	0.13
2	Aluminium Dioksida (AlO_3)	0.31
3	Feri oksida (FeO_3)	0.04
4	Kalsium Oksida (CaO)	55.07
5	Magnesium Oksida (MgO)	0.36
6	Potash (K_2O)	0.01
7	Sulfur Trioksida (SO_3)	0.08
8	(LoI)	44

Kalsium Oksida (CaO) merupakan unsur kimia terbesar dalam kandungan marmer, yaitu sebesar 55,07% sama seperti bahan dasar penyusun semen Portland, sehingga marmer dapat berfungsi untuk menambah distribusi pengikatan dalam campuran beton.

2.4. Limbah Kaca

Botol kaca adalah suatu produk-produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisik kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. disebut demikian karena struktur partikel-partikel penyusunan yang saling berjauhan seperti dalam zat cair namun dia sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya. Sifat-sifat kaca yang khas dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya.

Kaca adalah substansi yang dibuat dengan pendinginan bahan-bahan yang dilelehkan, tidak berbentuk kristal tetapi tetap pada kondisi berongga. Limbah kaca biasanya dipisahkan berdasarkan penggunaan akhirnya kaca dipisahkan berdasarkan warna kaca, secara garis besar kaca dibagi menjadi tiga warna:

- a. Bening/tidak berwarna, biasanya digunakan sebagai alat rumah tangga.
- b. Hijau, biasanya digunakan sebagai botol minuman bir atau wine.
- c. Coklat, biasanya digunakan sebagai botol minuman ringan.

Banyak hal yang berpotensi menguntungkan dari penggunaan kaca sebagai agregat beton, antara lain:

- a. Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi, mengingat kaca adalah material yang tidak menyerap air.
- b. Kaca memiliki ketahanan yang tinggi terhadap abrasi dan karakteristik ini adalah karakteristik yang langka terdapat dalam agregat alami lainnya, adapun penggunaan aditif untuk agregat alami agar bisa mencapai kekuatan yang sama.

Tabel 2.7: Kandungan kimia kaca (Setiawan, 2006).

Komposisi Kimia	Jenis Kaca				
	<i>Clear Glass</i>	<i>Amber Glass</i>	<i>Green Glass</i>	<i>Pyrex Glass</i>	<i>Fused Silica</i>
SiO ₂	73,2- 73,5	71,0-72,4	71,27	81	99,87
Al ₂ O ₃	1,7-1.9	1,7-,18	2,22	2	-
Na ₂ O + K ₂ O	13,6-14,1	13,8-14,4	13,06	4	-
CaO + MgO	10,7-10,8	11,6	12,17	-	-
SO ₃	0,2-0,24	0,12-0,14	0,052	-	-
Fe ₂ O ₃	0,04-0,05	0,3	0,599	3,72	-
Cr ₂ O ₃		0,01	0,43	12,0-13,0	-

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

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

1. Data primer

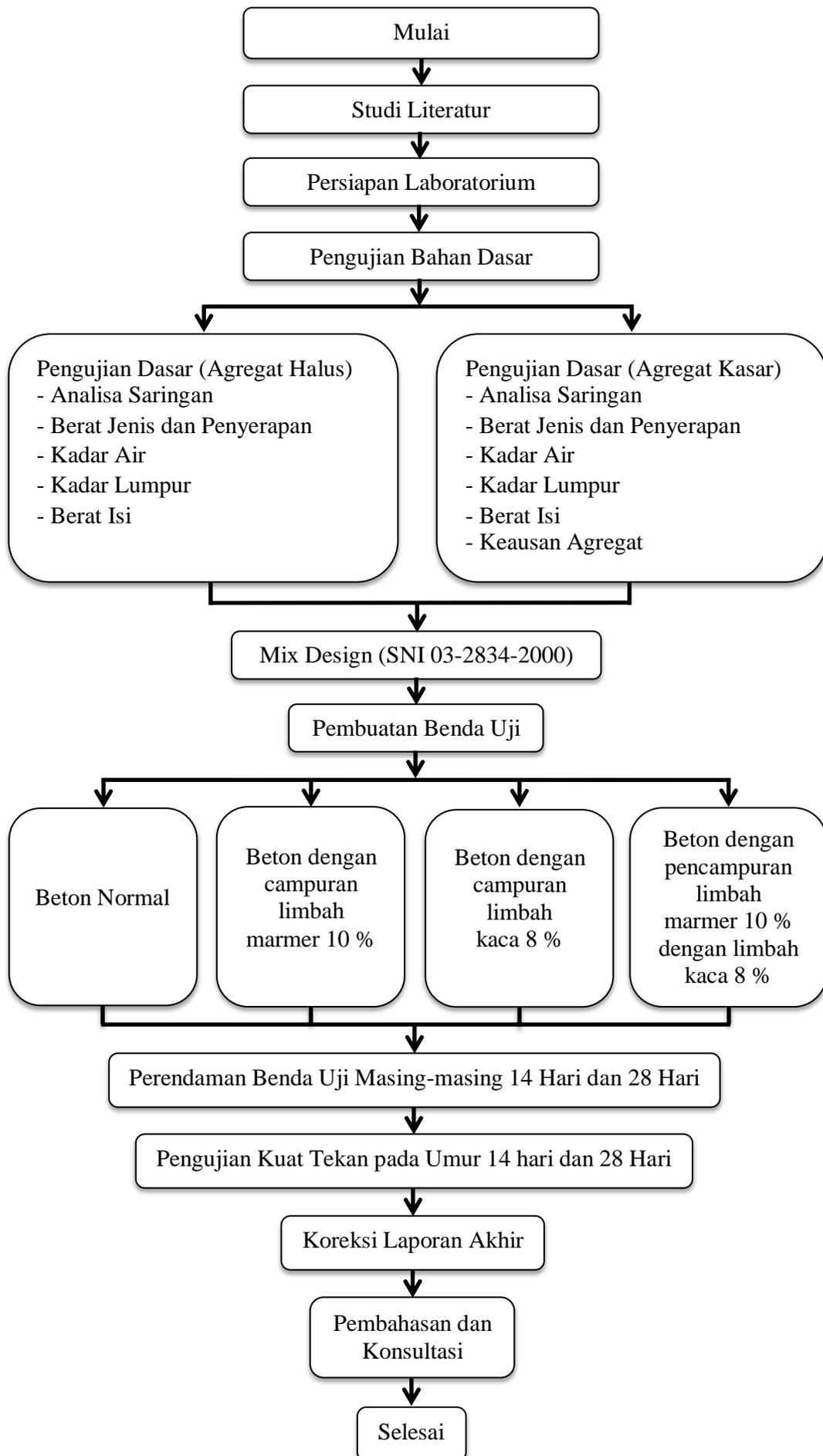
Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan (absorpsi) agregat.
- c. Pemeriksaan kadar air agregat.
- d. Pemeriksaan kadar lumpur agregat.
- e. Pemeriksaan berat isi agregat.
- f. Pemeriksaan keausan agregat kasar dengan mesin *Los Angeles*.
- g. *Mix design* (perbandingan dalam campuran beton).
- h. Pembuatan benda uji.
- i. Kekentalan adukan beton segar (*slump*).
- j. Perawatan beton.
- k. Pengujian kuat tekan.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai (SNI 03-2834-2000), PBI (Peraturan Beton Indonesia), (ASTM C 33-03) serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

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



Gambar 3.1: Bagan alir proses pengerjaan beton.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada Januari 2019 hingga Maret 2019. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan, dengan kelengkapan peralatan laboratorium yang berstandar.

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 type 1 jenis semen Padang PCC (*Portland Composite Cement*).

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

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

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Limbah Marmer

Limbah marmer yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil sisa potongan-potongan marmer utuh yang dilakukan dalam pekerjaan bangunan. Potongan-potongan marmer selanjutnya ditumbuk untuk mendapatkan abunya, kemudian abunya diayak menggunakan saringan No.200.

f. Limbah Kaca

Limbah kaca dapat diperoleh dari sisa pecahan-pecahan kaca dalam pekerjaan bangunan seperti kaca jendela atau yang lainnya. Pecahan-pecahan kaca selanjutnya ditumbuk yang nantinya akan menjadi serbuk, kemudian diayak menggunakan saringan No.30 tertahan disaringan No.50.

3.3.2. Peralatan

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

- a. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.
- b. Satu set alat untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus dan kasar.
- c. Oven.
- d. Timbangan.
- e. Alat pengaduk beton (*mixer*).
- f. Cetakan benda uji berbentuk silinder.
- g. Alat kuat tekan (*compression*).
- h. Mesin *Los Angeles*.
- i. Satu set alat *Slump test*.

3.4. Persiapan Penelitian

3.4.1. Persiapan

Setelah seluruh material sampai dilokasi 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.

3.4.2. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar di lakukan di laboratorium mengikuti panduan dari ASTM dan dari Modul Panduan Pelaksanaan Praktikum Beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar.

3.5. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini meliputi beberapa tahapan pemeriksaan diantaranya:

- a. Pemeriksaan analisa saringan.

- b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan kadar air.
- d. Pemeriksaan kadar lumpur.
- e. Pemeriksaan berat isi.

3.5.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 136-01) serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang analisa saringan agregat halus dengan prosedur sebagai berikut:

1. Contoh bahan dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ sampai berat contoh tetap.
2. Contoh diuraikan pada saringan yang telah tersusun dimulai dari saringan paling besar (No.4 , No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, Pan), kemudian di ayak dan menimbang agregat yang tertahan pada masing-masing saringan. Hasil dari bahan yang tertahan pada setiap saringan dihitung dengan rumus persamaan 3.1, sebagai berikut:

$$\text{Persen Komulatif Tertahan} = \frac{\text{Berat Contoh Tertahan}}{\text{Berat Total Sample}} \times 100 \%$$

$$\text{Persen Komulatif Lolos} = 100 \% - \text{Persen Komulatif Tertahan}$$

$$\text{FM (Modulus Kehalusan)} = \frac{\text{Jumlah \% Komulatif Tertahan}}{100 \%} \quad (3.1).$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.1 dan batas gradasi agregat halus pada Gambar 3.2, sehingga diketahui modulus kehalusan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.1: Hasil pengujian analisa saringan agregat halus.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
9,52 (3/8 inch)	0	0	0	0	0	100
4,75 (No.4)	30	55	85	4.06	4.06	95.94
2,36 (No.8)	80	88	168	8.02	12.07	87.93
1,18 (No.16)	160	156	316	15.08	27.15	72.85
0,60 (No.30)	289	285	574	27.39	54.53	45.47
0,30 (No.50)	241	275	516	24.62	79.15	20.85
0,15 (No.100)	165	197	362	17.27	96.42	3.58
Pan	35	40	75	3.56	100.00	0.00
TOTAL	1000	1096	2096	100		

Berdasarkan Tabel 3.1 menjelaskan pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, 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 batu pecah = 2096 gram.

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{85}{2096} \times 100 \% = 4,06 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{168}{2096} \times 100 \% = 8,02 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{316}{2096} \times 100 \% = 15,08 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{574}{2096} \times 100 \% = 27,39 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{516}{2096} \times 100 \% = 24,62 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{362}{2096} \times 100 \% = 17,27 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{75}{2096} \times 100 \% = 3,58 \%$$

- Persentase berat kumulatif yang tertahan saringan:

$$\text{No.4} = 0 + 4,06 = 4,06 \%$$

$$\text{No.8} = 4,06 + 8,02 = 12,07 \%$$

$$\text{No.16} = 12,07 + 15,08 = 27,15 \%$$

$$\text{No.30} = 27,15 + 27,39 = 54,53 \%$$

$$\text{No.50} = 54,53 + 24,62 = 79,15 \%$$

$$\text{No.100} = 79,15 + 17,27 = 96,42 \%$$

$$\text{Pan} = 96,42 + 3,58 = 100,00 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 273,38 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100 \%} \\ &= \frac{273,38}{100} \\ &= 2,73 \% \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\text{No.4} = 100 - 4,06 = 95,94 \%$$

$$\text{No.8} = 100 - 12,07 = 87,93 \%$$

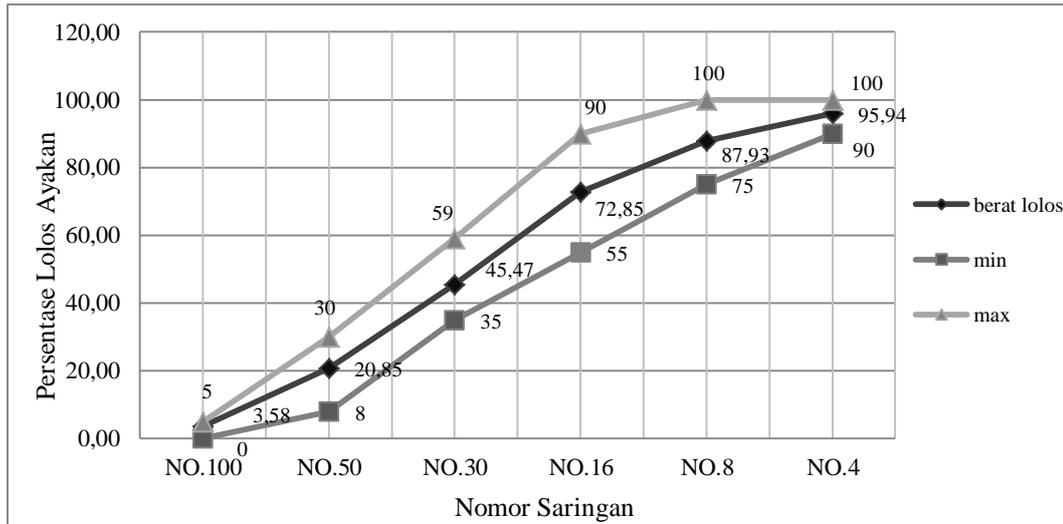
$$\text{No.16} = 100 - 27,15 = 72,85 \%$$

$$\text{No.30} = 100 - 54,53 = 45,47 \%$$

$$\text{No.50} = 100 - 79,15 = 20,85 \%$$

$$\text{No.100} = 100 - 96,42 = 3,58 \%$$

$$\text{Pan} = 100 - 100,00 = 0 \%$$



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

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat halus diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,73 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji merupakan gradasi agregat halus untuk zona 2 pasir sedang.

3.5.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 128-01) tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus, serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan prosedur sebagai berikut:

1. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi kering dengan indikasi contoh tercurah dengan baik atau disebut permukaan jenuh kering *Saturated Surface Dry* (SSD).
2. Sebagian dari contoh dimasukkan pada *metal sand cone mold*. Contoh bahan dipadatkan dengan tongkat pemadat (*tamper*). Jumlah tumbukan adalah 25 kali pada setiap pengisian 1/3 dari tinggi mold. Kondisi SSD contoh diperoleh, jika cetakan diangkat, maka butiran-butiran pasir akan longsor/runtuh.
3. Contoh agregat halus seberat 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer. Kemudian, isilah piknometer dengan air sampai 90 % jenuh. Bebaskan

gelembung-gelembung udara dengan cara dipanaskan dan menggoyang-goyangkan piknometer setiap ± 15 menit. Rendamlah piknometer dengan air selama ± 24 jam. Timbang berat piknometer yang berisi contoh bahan dan air.

4. Contoh agregat halus seberat 500 gram yang lainnya dimasukkan ke dalam oven dan keringkan selama ± 24 jam pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$.

Dengan rumus persamaan 3.2, sebagai berikut:

- a. *Bulk Spec-Gravity* kondisi kering = $E / (B + D - C)$.
- b. *Bulk Spec-Gravity* kondisi SSD = $B / (B + D - C)$.
- c. *Apparent Spec-Gravity* (Semu) = $E / (E + D - C)$.
- d. *Absorption* (Penyerapan) = $[(B - E) / E] \times 100 \%$ (3.2).

Dimana : B = Berat Contoh SSD (gr).

C = Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air (gr).

D = Berat Piknometer penuh air (gr).

E = Berat contoh SSD kering oven sampai konstan (gr).

5. Melakukan analisa hasil pengamatan bagi penentuan nilai *spec-gravity* dalam berbagai kondisi serta menghitung persentase absorpsi bahan.

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.2: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.

<i>Fine Agregat</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan No.4)	<i>Sample</i> I	<i>Sample</i> II	<i>Average</i> (Rata-Rata)
(Berat contoh SSD kering permukaan jenuh) B	500	500	500
(Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan) E	494	489	491,95
(Berat piknometer penuh air) D	697	681	648
(Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air) C	988	990	989
Berat jenis contoh kering $E / (B + D - C)$	2,48	2,56	2,52
Berat jenis contoh SSD $B / (B + D - C)$	2,51	2,62	2,57

Tabel 3.2: Lanjutan.

<i>Fine Agregat (Agregat Halus)</i> <i>Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)</i>	<i>Sample</i> I	<i>Sample</i> II	<i>Average</i> (Rata-Rata)
Berat jenis contoh semu $E / (E + D - C)$	2,56	2,72	2,64
Penyerapan $((B - E) / E) \times 100 \%$	1,21	2,25	1,73

Berdasarkan Tabel 3.2 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan. Pada tabel 3.2 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 Contoh SSD < Berat Jenis Contoh Semu dengan nilai rata-rata $2,52 \text{ gr/cm}^3 < 2,57 \text{ gr/cm}^3 < 2,64 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,73 %. Hasil pengujian tersebut telah memenuhi SNI 03-2834-2000 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2 % dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.5.3. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 566-97), serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar air agregat halus, dengan prosedur sebagai berikut:

1. Contoh bahan diambil sebagian untuk mewakili sejumlah besar bahan (agregat) yang akan digunakan.
2. Masukkan contoh ke dalam wadah kemudian di timbang.
3. Contoh bahan dikeringkan sampai berat konstan dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $(105 \pm 5)^\circ \text{C}$.
4. Contoh bahan dikeluarkan dari oven untuk didinginkan dalam suhu ruang kemudian ditimbang.

Dengan rumus persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Contoh Kering}} \times 100 \% \quad (3.3).$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga dapat diketahui nilai kadar air agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.3: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	634	634	634
Berat contoh SSD	500	500	500
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	622	624	623
Berat wadah (W3)	134	134	134
Berat air (W1 - W2)	12	10	11
Berat contoh kering (W2 - W3)	488	490	489
Kadar air ((W1 - W2) / (W2 - W3)) x 100 %	2,40	2,04	2,22

Berdasarkan Tabel 3.3 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat halus yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, didapat rata-rata kadar air sebesar 2,22 %. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 2,40 %, sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 2,04 %. Hasil diatas tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2 % - 20 %.

3.5.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 117-13), serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar lumpur agregat halus dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan.

2. Mengambil contoh bahan, kemudian menimbanginya.
3. Cuci contoh bahan tersebut dengan air bersih, lalu jemur (masukkan ke dalam oven) hingga berat konstan, kemudian timbang kembali.
4. Ayak contoh bahan yang sudah ditimbang tersebut dengan ayakan No.200. Dengan perhitungan sebagai berikut:
 - a. Berat contoh bahan kering = A gram.
 - b. Berat contoh kering setelah dicuci = B gram.
 - c. Berat contoh bahan lolos saringan No.200 (C) = (A – B) gram.
 - d. Persentase kotoran contoh bahan lolos saringan, dihitung dengan persamaan 3.4:

$$\text{No.200 (D)} = (C/A) \times 100 \% \quad (3.4).$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.4 sehingga dapat diketahui nilai kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.4: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	488	482	485
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci: C (gr)	12	18	15
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	2.4	3.6	3

Berdasarkan Tabel 3.4 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 2,4 %, dan sampel kedua sebesar 3,6 %. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3 %. Hasil pengujian tersebut telah memenuhi ketentuan nilai kadar lumpur dalam agregat halus dengan nilai maksimalnya sebesar 5 %.

3.5.5. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 29) tentang berat isi agregat halus, serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat isi agregat halus dengan prosedur sebagai berikut:

Diketahui wadah yang digunakan berdiameter 24 cm dan tinggi 24 cm. Maka untuk menghitung volume wadah:

$$1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t = 1/4 \cdot 22/7 \cdot (24)^2 \cdot 24 = 10861,71 \text{ cm}^3$$

Masukkan agregat kedalam wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah dalam keadaan kering permukaan, untuk digunakan sebagai berikut:

1. Cara Lepas

- a. Menimbang dan mencatat berat wadah (W1).
- b. Memasukkan agregat dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butiran dengan menggunakan sekop hingga penuh.
- c. Meratakan permukaan benda uji dengan mistar perata.
- d. Menimbang dan mencatat wadah beserta agregat untuk setiap percobaan (W2).
- e. Menghitung berat contoh bahan ($W3 = W2 - W1$).

2. Cara Penusukan

- a. Menimbang dan mencatat berat wadah (W1).
- b. Mengisi wadah dengan agregat dalam tiga lapisan yang sama tebal, setiap lapisan di padatkan dengan tongkat pemadat yang ditusuk sebanyak 25 kali secara merata.
- c. Meratakan permukaan agregat dengan mistar perata.
- d. Menimbang dan mencatat berat wadah beserta agregat (W2).
- e. Menghitung berat contoh bahan ($W3 = W2 - W1$).

3. Cara Penggoyangan

- a. Menimbang dan mencatat berat wadah (W1).

- b. Mengisi wadah dengan agregat dalam tiga lapisan yang sama tebal, setiap lapisan di padatkan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut:
 - Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian dilepaskan.
 - Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
- c. Meratakan permukaan contoh bahan dengan mistar perata.
- d. Menimbang dan mencatat berat wadah beserta agregat (W2).
- e. Menghitung berat contoh bahan ($W3 = W2 - W1$).

dengan rumus persamaan 3.5:

$$\text{Kadar Air} = \frac{W3}{\text{Volume Wadah}} \times (\text{kg/m}^3) \quad (3.5).$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.5 sehingga dapat diketahui nilai berat isi agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.5: Hasil pengujian berat isi agregat halus.

No	Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Contoh 3 (gr)	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	17621	17760	18100	17827
2	Berat wadah (gr)	5400	5400	5400	5400
3	Berat contoh (gr)	12221	12396	12700	12439
4	Volume wadah (cm ³)	10861,71	10861,71	10861,71	10861,71
5	Berat isi (gr/cm ³)	1,13	1,14	1,17	1,15

Berdasarkan Tabel 3.5 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar 1,15 gr/cm³. Berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan, hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh. Pada contoh pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,13 gr/cm³. Pada contoh

kedua didapat nilai berat isi agregat sebesar $1,14 \text{ gr/cm}^3$. Pada contoh ketiga didapat nilai berat isi agregat sebesar $1,17 \text{ gr/cm}^3$. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi SNI 03-2834-2000 yang ditetapkan yaitu $> 1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.6. Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)

Pemeriksaan ini meliputi beberapa tahapan pemeriksaan diantaranya:

- a. Pemeriksaan analisa saringan.
- b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan kadar air.
- d. Pemeriksaan kadar lumpur.
- e. Pemeriksaan berat isi.
- f. Keausan agregat.

3.6.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 136-01) serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang analisa saringan agregat kasar dengan prosedur sebagai berikut:

1. Contoh bahan dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$ sampai berat contoh tetap.
2. Contoh diuraikan pada saringan yang telah tersusun dimulai dari saringan paling besar (1.5", 3/4", 3/8", No.4), kemudian di ayak dan menimbang agregat yang tertahan pada masing-masing saringan. Hasil dari bahan yang tertahan pada setiap saringan dihitung dengan rumus persamaan 3.6, sebagai berikut:

$$\text{Persen Komulatif Tertahan} = \frac{\text{Berat Contoh Tertahan}}{\text{Berat Total Sample}} \times 100 \%$$

$$\text{Persen Komulatif Lolos} = 100 \% - \text{Persen Komulatif Tertahan}$$

$$\text{FM (Modulus Kehalusan)} = \frac{\text{Jumlah \% Komulatif Tertahan}}{100 \%} \quad (3.6).$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 dan batas gradasi agregat kasar pada Gambar 3.3, sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.6: Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1,5 inch)	132	87	219	4,25	4,25	95,75
19,0 (3/4 inch)	1320	1060	2380	46,22	50,48	49,52
9,52 (3/8 inch)	500	664	1164	22,61	73,08	26,92
4,75 (No.4)	648	738	1386	26,92	100,00	0,00
2,36 (No.8)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1,18 (No.16)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0,60 (No.30)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0,30 (No.50)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0,15 (No.100)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	100	0
TOTAL	2600	2549	5149	100		

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai kumulatif agregat dan modulus kehalusan agregat kasar yang diperoleh dari persentase jumlah keseluruhan kumulatif tertahan agregat, yang nantinya akan dibuat grafik batas gradasi agregat. Percobaan ini dilakukan dua kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C 33-03, yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tata cara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-2000. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat batu pecah = 5149 gram.

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{219}{5149} \times 100 \% = 4,25 \%$$

$$3/4 = \frac{2380}{5149} \times 100 \% = 46,22 \%$$

$$3/8 = \frac{1164}{5149} \times 100 \% = 22,61 \%$$

$$\text{No.4} = \frac{1386}{5149} \times 100 \% = 26,92 \%$$

- Persentase berat kumulatif yang tertahan saringan:

$$1,5 = 0 + 4,25 = 4,25 \%$$

$$3/4 = 4,25 + 46,22 = 50,48 \%$$

$$3/8 = 50,48 + 22,61 = 73,08 \%$$

$$\text{No.4} = 73,08 + 26,92 = 100,00 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 727,81 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100 \%} \\ &= \frac{727,81}{100} \\ &= 7,28 \% \end{aligned}$$

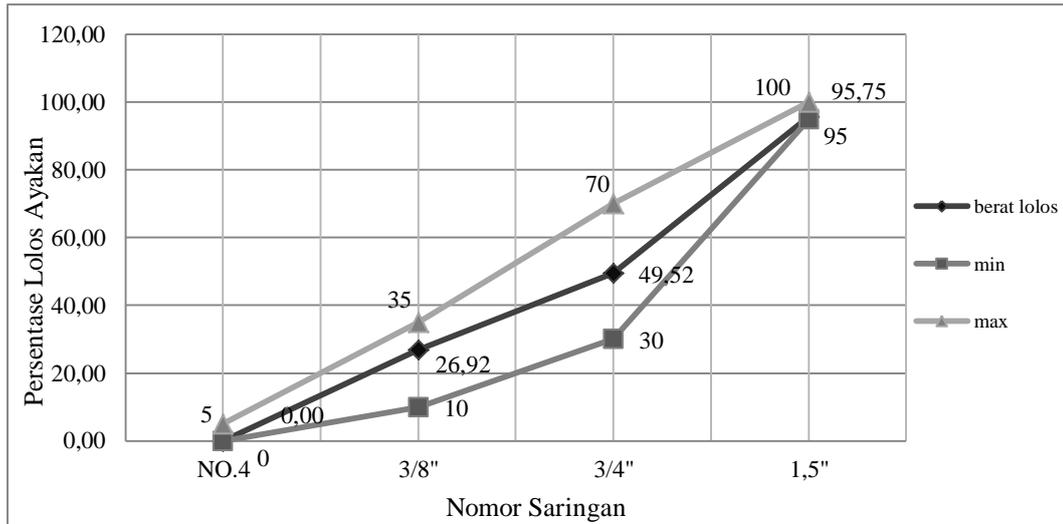
- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$1,5 = 100 - 4,25 = 95,75 \%$$

$$3/4 = 100 - 50,48 = 49,52 \%$$

$$3/8 = 100 - 73,08 = 26,92 \%$$

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



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

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat kasar diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 7,28 % dan dari grafik hasil pengujian diketahui batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm. Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* batu pecah maksimum 40 mm.

3.6.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 127-88) tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar, serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan prosedur sebagai berikut:

1. Contoh bahan direndam selama 24 jam.
2. Sampel dikeringkan kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD) dengan menggunakan handuk.
3. Timbang contoh, hitung berat SSD = A gram.

4. Contoh bahan dimasukkan kedalam keranjang digoyang-goyangkan dalam air untuk melepas udara yang terperangkap. Hitung berat contoh kondisi jenuh = B gram.
5. Contoh bahan di keringkan pada suhu $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$. Setelah di dinginkan kemudian ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering = C gram. Dengan rumus persamaan 3.7, sebagai berikut:
 - a. *Bulk Spec-Gravity* (kondisi kering) = $C / (A - B)$.
 - b. *Bulk Spec-Gravity* (kondisi SSD) = $C / (A - B)$.
 - c. *Apparent Spec-Gravity* (Semu) = $C / (C - B)$.
 - d. *Absorption* (Penyerapan) = $[(A - C) / C] \times 100 \%$ (3.7).

Dimana : A = Berat Contoh SSD Kering Permukaan Jenuh (gr).

B = Berat contoh SSD di dalam air (gr).

C = Berat contoh SSD kering oven sampai konstan (gr).

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.7: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

<i>Coarse Agregat</i> (Agregat Kasar) <i>Passing 1,5"</i> (Lolos Ayakan 1,5")	<i>Sample</i> I	<i>Sample</i> II	<i>Average</i> (Rata-Rata)
(Berat contoh SSD kering permukaan jenuh) A	2500	2500	2500
(Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan) C	2485	2479	2482
(Berat contoh SSD di dalam air) B	1575	1570	1572,5
Berat jenis contoh kering ($C / (A - B)$)	2,69	2,67	2,68
Berat jenis contoh SSD ($A / (A - B)$)	2,70	2,69	2,70
Berat jenis contoh semu ($C / (C - B)$)	2,73	2,73	2,73
Penyerapan ($(A - C) / C$) x 100 %	0,60	0,85	0,72

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorption*) pada agregat

kasar yang diteliti. Pada Tabel 3.7 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,68 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,70 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,73 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,72 % dan berdasarkan ASTM C 127-88 nilai ini berada di bawah nilai absorpsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4 %.

3.6.3. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 566-97), serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar air agregat kasar, dengan prosedur sebagai berikut:

1. Contoh bahan diambil sebagian untuk mewakili sejumlah besar bahan (agregat) yang akan digunakan.
2. Masukkan contoh ke dalam wadah kemudian di timbang.
3. Contoh bahan dikeringkan sampai berat konstan dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $(105 \pm 5)^{\circ} \text{C}$.
4. Contoh bahan dikeluarkan dari oven untuk didinginkan dalam suhu ruang kemudian ditimbang.

Dengan rumus persamaan 3.8 sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Contoh Kering}} \times 100 \% \quad (3.8).$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai kadar air agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.8: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	1157	1140	1148,5
Berat contoh SSD	1000	1000	1000
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	1148	1132	1140
Berat wadah (W3)	157	140	148,5
Berat air (W1 - W2)	9	8	8,5
Berat contoh kering (W2 - W3)	991	992	991,5
Kadar air $((W1 - W2) / (W2 - W3)) \times 100 \%$	0,91	0,81	0,86

Berdasarkan Tabel 3.8 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat kasar yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, didapat rata-rata kadar air sebesar 0,86 %. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 0,91 %, sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 0,81 %. Hasil diatas tersebut telah memenuhi SNI 03-2834-2000 yang ditentukan yaitu 0,5 % - 1,5 %.

3.6.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 117-13), serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar lumpur agregat kasar dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan.
2. Mengambil contoh bahan, kemudian menimbanginya.
3. Cuci contoh bahan tersebut dengan air bersih, lalu jemur (masukkan ke dalam oven) hingga berat konstan, kemudian timbang kembali.
4. Ayak contoh bahan yang sudah ditimbang tersebut dengan ayakan No.200.

Dengan perhitungan sebagai berikut:

- a. Berat contoh bahan kering = A gram.
- b. Berat contoh kering setelah dicuci = B gram.
- c. Berat contoh bahan lolos saringan No.200 (C) = (A – B) gram.
- d. Persentase kotoran contoh bahan lolos saringan, dihitung dengan persamaan 3.9:

$$\text{No.200 (D)} = (C/A) \times 100 \% \quad (3.9).$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga dapat diketahui nilai kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.9: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	1500	1500	1500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	1488	1485	1487
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci: C (gr)	12	13	12,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,80	0,87	0,83

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, di dapat kadar lumpur Agregat kasar untuk sampel yang pertama sebesar 0,80 %, dan sampel kedua sebesar 0,87 %. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,83 %. Hasil pemeriksaan kadar lumpur diatas telah memenuhi syarat yaitu < 1 %.

3.6.5. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 29) tentang berat isi agregat kasar, serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat isi agregat kasar dengan prosedur sebagai berikut:

Diketahui wadah yang digunakan berdiameter 27 cm dan tinggi 27 cm. Maka untuk menghitung volume wadah:

$$1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t = 1/4 \cdot 22/7 \cdot (27)^2 \cdot 27 = 15465,21 \text{ cm}^3$$

Masukkan agregat kedalam wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah dalam keadaan kering permukaan, untuk digunakan sebagai berikut:

1. Cara Lepas
 - a. Menimbang dan mencatat berat wadah (W1).
 - b. Memasukkan agregat dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butiran dengan menggunakan sekop hingga penuh.
 - c. Meratakan permukaan benda uji dengan mistar perata.
 - d. Menimbang dan mencatat wadah beserta agregat untuk setiap percobaan (W2).
 - e. Menghitung berat contoh bahan ($W3 = W2 - W1$).
2. Cara Penusukan
 - a. Menimbang dan mencatat berat wadah (W1).
 - b. Mengisi wadah dengan agregat dalam tiga lapisan yang sama tebal, setiap lapisan di padatkan dengan tongkat pemadat yang ditusuk sebanyak 25 kali secara merata.
 - c. Meratakan permukaan agregat dengan mistar perata.
 - d. Menimbang dan mencatat berat wadah beserta agregat (W2).
 - e. Menghitung berat contoh bahan ($W3 = W2 - W1$).
3. Cara Penggoyangan
 - a. Menimbang dan mencatat berat wadah (W1).
 - b. Mengisi wadah dengan agregat dalam tiga lapisan yang sama tebal, setiap lapisan di padatkan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah dengan prosedur sebagai berikut:

- Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian dilepaskan.
 - Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
- c. Meratakan permukaan contoh bahan dengan mistar perata.
- d. Menimbang dan mencatat berat wadah beserta agregat (W2).
- e. Menghitung berat contoh bahan ($W3 = W2 - W1$).
- dengan rumus persamaan 3.10:

$$\text{Kadar Air} = \frac{W3}{\text{Volume Wadah}} \times (\text{kg/m}^3) \quad (3.10).$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga dapat diketahui nilai berat isi agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.10: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

No	Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Contoh 3 (gr)	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	32567	35487	35521	34525
2	Berat wadah (gr)	6400	6400	6400	6400
3	Berat contoh (gr)	26167	29087	29121	28125
4	Volume wadah (cm ³)	15645,21	15645,21	15645,21	15645,21
5	Berat isi (gr/cm ³)	1,67	1,86	1,54	1,69

Berdasarkan Tabel 3.10 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara didapat hasil berat isi agregat kasar dengan rata-rata sebesar 1,69 gr/cm³. Berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan, hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh. Pada contoh pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,67 gr/cm³. Pada contoh kedua didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,864 gr/cm³. Pada contoh ketiga didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,54 gr/cm³. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi SNI 03-2834-2000 yang ditetapkan yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.6.6. Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 131/C131M-14) dan (SNI 2417, 2008), serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kekerasan agregat kasar dengan mesin *Los Angeles*.

Mesin *Los Angeles*, mesin yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (28”) panjang dalam 50 cm (20”). Silinder tertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan contoh bahan (sampel). Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm. Berat bola baja 390 gram – 445 gram, diameter rata-rata 4,68 cm. Berikut prosedur pekerjaannya:

1. Contoh bahan dan bola-bola baja dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles*.
2. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, sebanyak 500 putaran.
3. Setelah selesai pemutaran, keluarkan contoh bahan dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12. Butiran yang tertahan dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. sampai berat konstan.

Dapat dihitung sesuai dengan rumus persamaan 3.11 berikut:

$$\text{Abrasion} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% \quad (3.11).$$

Maka didapat nilai keausan agregat kasar melalui persamaan diatas:

Berat sample sebelum pengujian = 5000 gram.

$$\begin{aligned} &= \frac{5000 - 4182}{5000} \times 100 \% \\ &= 16,36 \% \end{aligned}$$

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.11 sehingga dapat diketahui nilai keausan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.11: Hasil pengujian keausan agregat kasar.

Nomor Saringan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)
12,5 (1/2 inch)	2500	1535
9,50 (3/8 inch)	2500	538
4,75 (No.4)	-	944
2,36 (No.8)	-	446
1,18 (No.16)	-	-
0,60 (No.30)	-	-
0,30 (No.50)	-	-
0,15 (No.100)	-	-
Pan	-	719
Total	5000	4182
	Berat tertahan saringan No.12	810
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	16,36 %

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. Dari hasil pemeriksaan di dapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4182 gr dan nilai abrasi (keausan) sebesar 16,36 %. Nilai tersebut telah memenuhi standar Peraturan Beton Indonesia bahwa nilai keausan agregat tidak lebih dari 50%.

3.7. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-2000 (*Mix Design*)

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

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

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada

Tabel 3.12. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 3.12: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834-2000).

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

3. Penghitungan nilai tambah/margin (m) ditentukan menggunakan tingkat mutu pekerjaan pembetonan yang dijelaskan pada Tabel 3.13 di bawah ini.

Tabel 3.13: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

4. Kuat tekan rata-rata:

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.12, sebagai berikut:

$$f_{cr} = f_c + S + m \quad (3.12).$$

Dimana: f_{cr} = Kuat tekan rata-rata perlu (MPa).

f_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa).

S = Standar deviasi (MPa).

m = Nilai tambah (MPa).

5. Penetapan jenis semen portland.

Pada cara ini dipilih semen tipe I.

6. Penetapan jenis agregat:

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

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas.

Nilai faktor air semen bebas dapat diambil dari Gambar 3.3 berikut yang menjelaskan tentang hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder, (SNI 03-2834-2000).

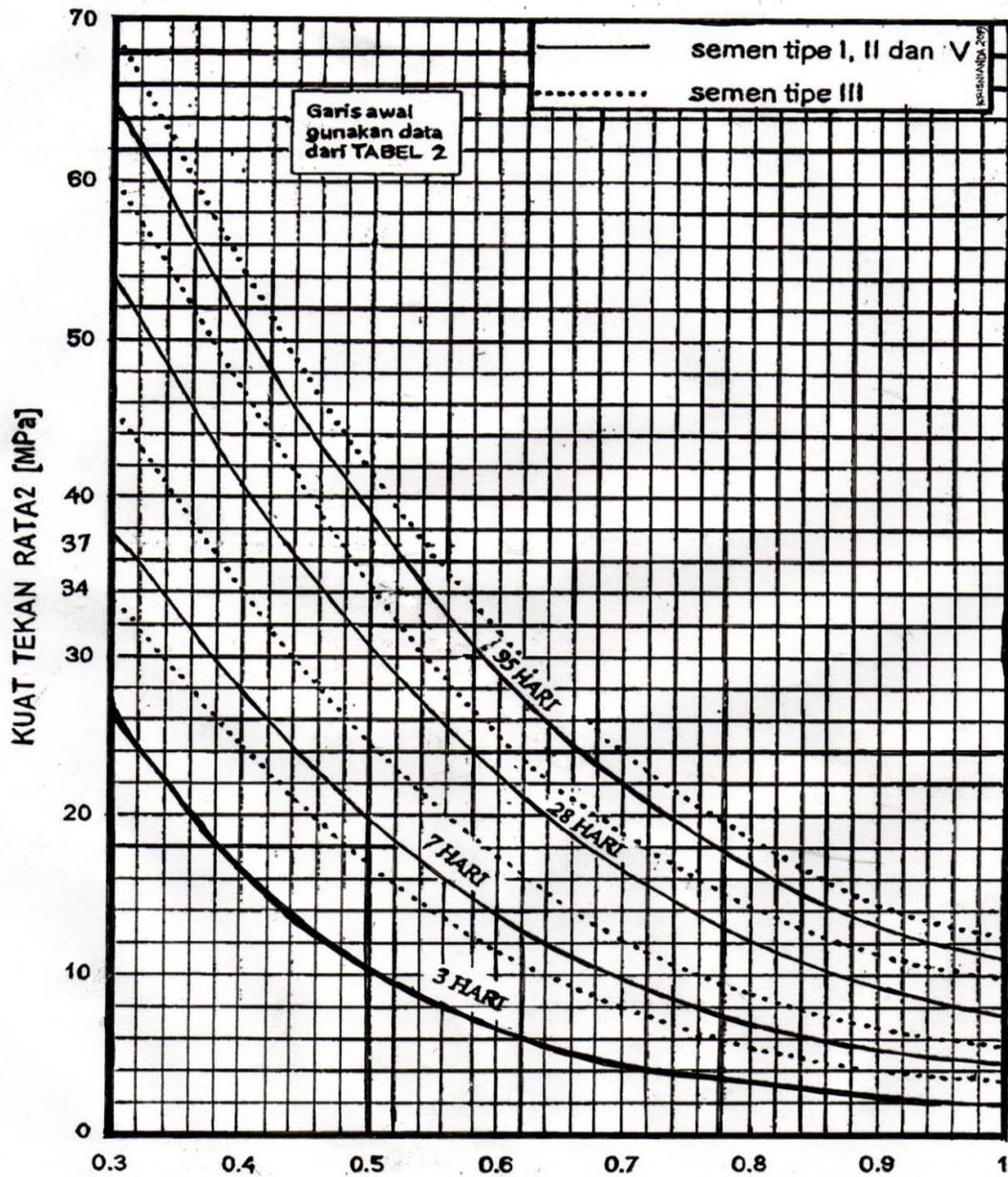
8. Faktor air semen maksimum.

9. Penetapan nilai slump.

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

10. Penetapan besar butir agregat maksimum.

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



Gambar 3.4: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2834-2000).

11. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan Tabel 3.14 untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 3.14: Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000).

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

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung dengan menggunakan persamaan 3.13, sebagai berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.13).$$

Dimana: W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

12. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton dihitung dengan menggunakan persamaan 3.14, sebagai berikut:

$$W_s = \frac{1}{Fas} \times W_{\text{air}} \quad (3.14).$$

Dimana: Fas = Faktor air semen per meter kubik beton.

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimumimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 3.15, 3.16, dan 3.17. Dari ketiga tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 3.15: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-2000).

Lokasi	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non korosif.	375	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif.	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	375	
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.	325	0,55 Lihat Tabel 3.16
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah.		Lihat Tabel 3.17
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar.		
b. Air laut.		

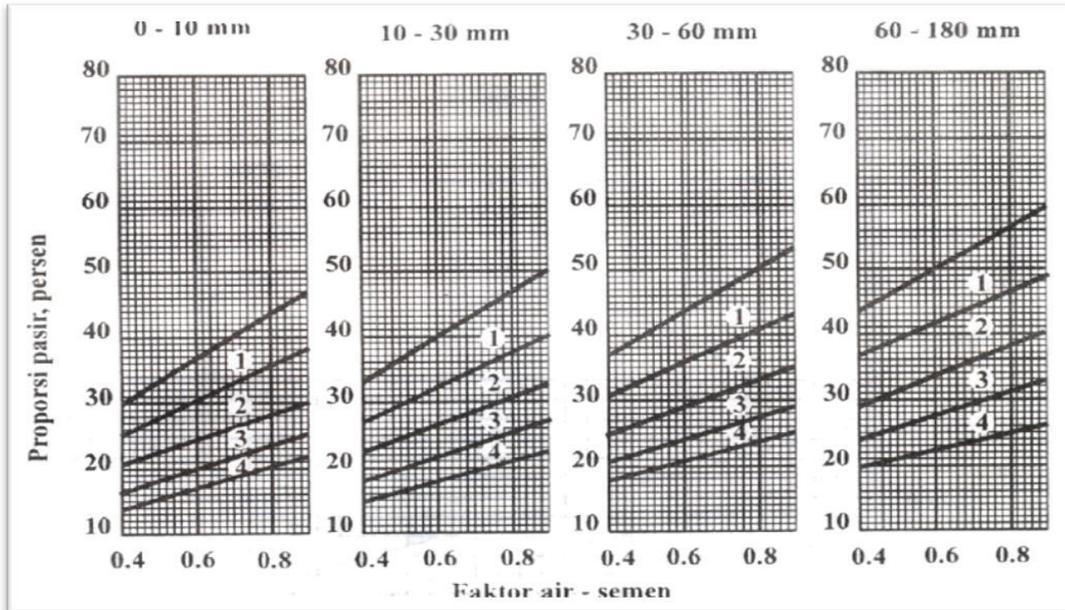
Tabel 3.16: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat (SNI 03-2834, 2000).

Kadar Sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ²			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/m ³)			F.A.S
	Dalam Tanah		SO ³ dalam air tanah g/l		mm	mm	mm	
1	Kurang g Dari 0,2	Kurang Dari 1,0	Kurang Dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,5
2	0,2- 0,5	1,0-0,9	0,3-1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,5
				Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tipe II Atau Tipe V	250	290	340	0,55
3	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
4	1,0- 2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung	330	370	420	0,45

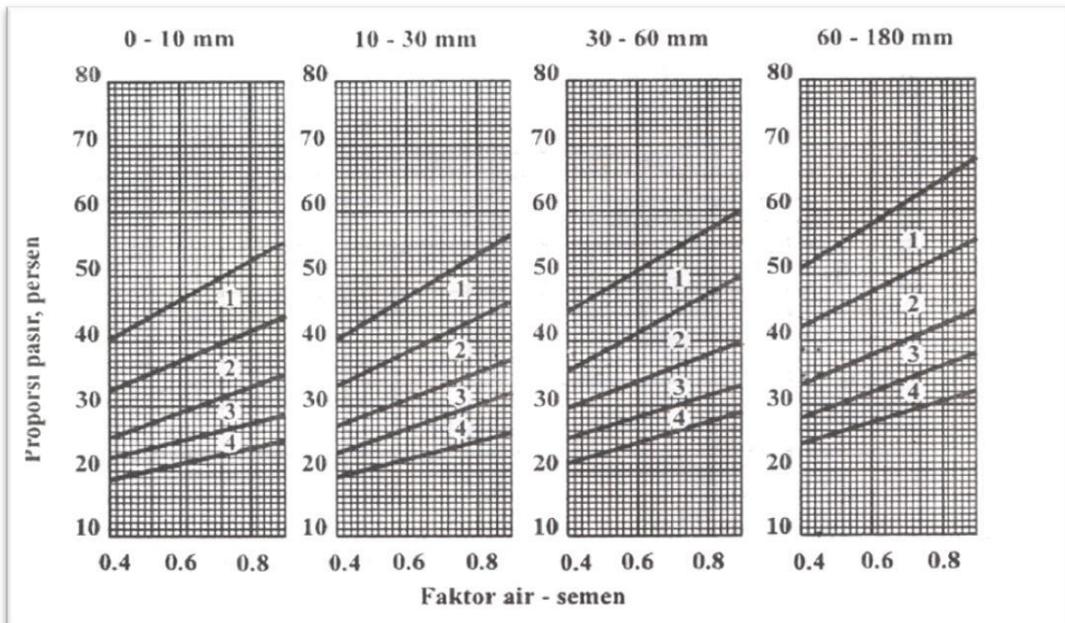
Tabel 3.17: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kepad air (SNI 03-2834-2000).

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air maks.	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran nominal Maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Prategang	Air tawar	0,50	Tipe-V	280	300
	Air Payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan		
	Air Laut	0,50	Tipe II atau Tipe V	340	380
		0,45			

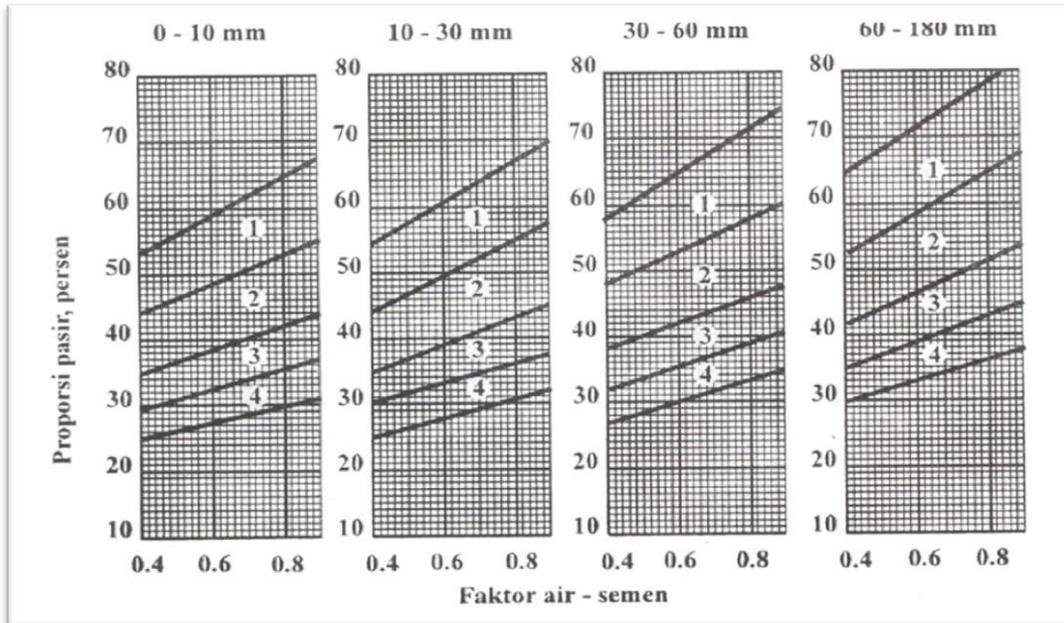
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Penetapan jenis agregat halus
Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar Gambar 2.1, agak kasar Gambar 2.2, agak halus Gambar 2.3 dan pasir halus Gambar 2.4.
17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Gambar 2.5.
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 3.4 untuk persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.



Gambar 3.5: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 3.6: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 3.7: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan menggunakan persamaan 3.15, sebagai berikut:

$$b_j \text{ camp.} = \frac{K_h}{100} \times B_{jh} + \frac{K_k}{100} \times B_{jk} \quad (3.15).$$

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.

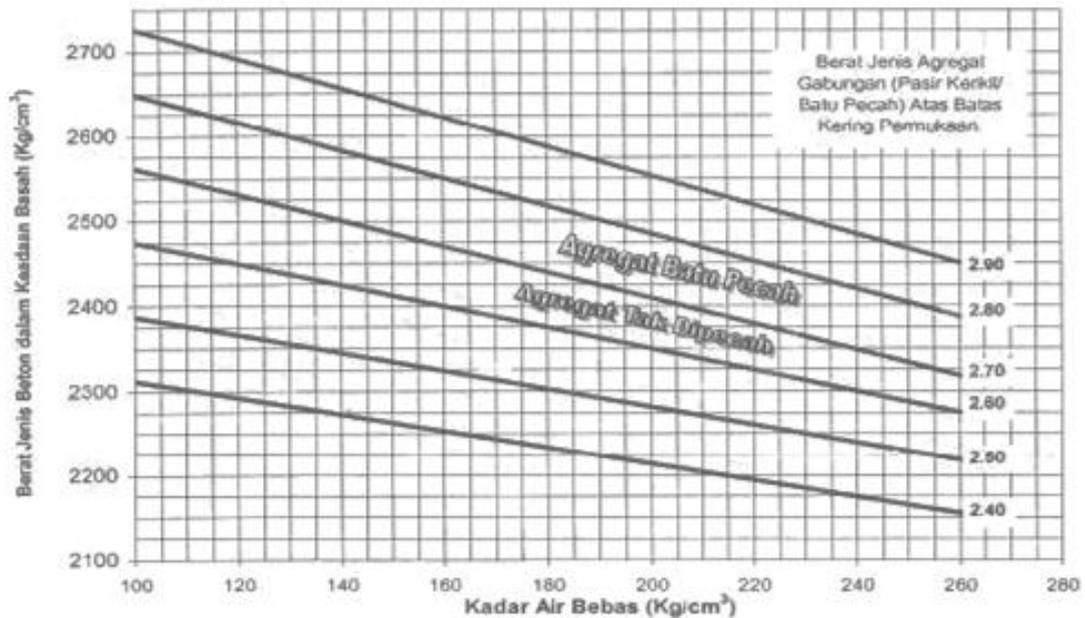
Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika belum ada maka dapat diambil sebesar:

$B_j = 2,60$ untuk agregat tak pecah/alami.

$B_j = 2,70$ untuk agregat pecah.

20. Perkiraan berat beton.

Perkiraan berat beton diperoleh dari:



Gambar 3.8: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000).

21. Dihitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan menggunakan persamaan 3.16, sebagai berikut:

$$W_{\text{agr, camp.}} = W_{\text{beton}} - W_{\text{air}} - W_{\text{semen}} \quad (3.16).$$

Dimana: $W_{\text{agr, camp.}}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg).

W_{beton} = Berat beton per meter kubik beton (kg).

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg).

W_{semen} = Berat semen per meter kubik beton (kg).

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

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan menggunakan persamaan 3.17, sebagai berikut:

$$W_{\text{agr, h}} = K_h \times W_{\text{agr, camp.}} \quad (3.17).$$

Dimana: K_h = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

$W_{agr, camp.}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg).

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (18) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan persamaan 3.18, sebagai berikut:

$$W_{agr, k} = K_k \times W_{agr, camp.} \quad (3.18).$$

Dimana: K_k = Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

$W_{agr, camp.}$ = Kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg).

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
$$= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (3.19).$$

b. Agregat halus
$$= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (3.20).$$

c. Agregat kasar
$$= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (3.21).$$

Dimana: B = Jumlah air (kg/m^3).

C = Agregat halus (kg/m^3).

D = Jumlah agregat kasar (kg/m^3).

C_a = *Absorption* agregat halus (%).

Da = *Absorption* agregat kasar (%).

Ck = Kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk = Kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.8. *Slump Test*

Pengambilan nilai slump dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambah (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah $\frac{1}{3}$ 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.

3.9. Perawatan Beton (*Curing*)

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. Air (*Standard Curing*)

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

2. *Exposed Atmosfer*

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

3. *Saeled* atau *wropping*

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

3.10. Pengujian Kuat Tekan Beton

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

$$f \text{ (saat pengujian)} = \frac{P}{A} \quad (3.22).$$

Dimana: f (saat pengujian) = Kuat tekan saat pengujian (Kg/cm²).

P = Beban tekan (Kg).

A = Luas penampang (Cm²).

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 3.18.

Tabel 3.18: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM C 39-93).

Umur Pengujian	Toleransi Waktu Yang Diizinkan
24 Jam	0,5 Jam atau 2,1 %
3 Hari	2 Jam atau 2,8 %
7 Hari	6 Jam atau 3,6 %
28 Hari	20 Jam atau 3,0 %
90 Hari	48 Jam atau 2,2 %

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

$$(\text{Estimasi 28 hari}) = \frac{f \text{ (saat pengujian)}}{\text{Koefisien}} \quad (3.23).$$

Dimana: f (estimasi 28 hari) = Kuat tekan estimasi 28 hari (kg/cm^2).

f (saat pengujian) = Kuat tekan saat pengujian (kg/cm^2).

Koefisien = Koefisien dari umur beton.

Tabel 3.19: Koefisien perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodinuljo, 2007).

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

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

4.1.1. Data-Data Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka di dapat nilai-nilai hasil pemeriksaan dasar agregat yang tercantum pada Tabel 4.1 dibawah ini. Data-data tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 20 MPa yang terlampir pada Tabel 4.2 berdasarkan SNI 03-2834-2000.

Tabel 4.1: Data-data hasil pemeriksaan dasar agregat.

NO	Data Pemeriksaan Dasar	Nilai
1	Berat jenis agregat halus	2,57 gr/cm ³
2	Berat jenis agregat kasar	2,70 gr/cm ³
3	Kadar lumpur agregat halus	3 %
4	Kadar lumpur agregat kasar	0,83 %
5	Berat isi agregat halus	1,15 gr/cm ³
6	Berat isi agregat kasar	1,69 gr/cm ³
7	FM agregat halus	2,73 %
8	FM agregat kasar	7,28 %
9	Kadar air agregat halus	2,22 %
10	Kadar air agregat kasar	0,86 %
11	Penyerapan agregat halus	1,73 %
12	Penyerapan agregat kasar	0,72 %
13	Keausan agregat kasar	16,36 %
14	Nilai <i>slump</i> rencana	30-60 mm
15	Ukuran agregat maksimum	40 mm

Tabel 4.2: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON			
NO	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	20 MPa
2	Deviasi standar	-	12 MPa
3	Nilai tambah (margin)	-	5,6 MPa
4	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2 + 3	37,6 MPa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat - Halus - Kasar	Ditetapkan Ditetapkan	Pasir alami Binjai Batu pecah Binjai
7	Faktor air semen bebas	Gambar 4.1	0,43
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Gambar 4.3	170 kg/m ³
12	Jumlah semen	11 : 7	395,35 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	395,35 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³
15	Faktor air semen yang disesuaikan	7	0,43
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2	Daerah gradasi zona 2
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3	Gradasi maksimum 40 mm
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2	34,0 %
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	-	2,66
20	Berat isi beton	Gambar 4.3	2437,5 kg/m ³
21	Kadar agregat gabungan	20 – (12 – 11)	1872,15
22	Kadar agregat halus	18 × 21	636,53
23	Kadar agregat kasar	21 – 22	1235,62

Tabel 4.2: Lanjutan.

	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
24					
	Tiap m ³	395,35	170	636,53	1235,62
	Tiap campuran uji m ³	1	0,43	1,61	3,13
	Tiap campuran uji 0,005299 m ³ 1 (silinder)	2,09	0,90	3,37	6,55
25	Koreksi pencampuran				
	Tiap m ³	395,35	165,15	639,65	1237,35
	Tiap campuran uji m ³	1	0,42	1,62	3,13
	Tiap campuran uji 0,005299 m ³ 1 (silinder)	2,09	0,88	3,39	6,56

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

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
395,35	:	639,65	:	1237,35	:	165,15
1	:	1,62	:	3,13	:	0,42

1. Untuk 1 benda uji silinder.

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

Tinggi = 30 cm.

Diameter = 15 cm.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,30 \\
 &= 0,005299 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka :

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder:
= Banyak semen \times Volume 1 benda uji silinder
= $395,35 \text{ kg/m}^3 \times 0,005299 \text{ m}^3$
= 2,09 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder:
= Banyak pasir \times Volume 1 benda uji silinder
= $639,65 \text{ kg/m}^3 \times 0,005299 \text{ m}^3$
= 3,39 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder:
= Banyak batu pecah \times Volume 1 benda uji silinder
= $1237,35 \text{ kg/m}^3 \times 0,005299 \text{ m}^3$
= 6,56 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder:
= Banyak air \times Volume 1 benda uji silinder
= $165,15 \text{ kg/m}^3 \times 0,005299 \text{ m}^3$
= 0,88 kg

Perbandingan campuran untuk 1 benda uji silinder:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
2,09 kg	:	3,39 kg	:	6,56 kg	:	0,88 kg

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan untuk 1 benda uji silinder. Untuk agregat halus terlampir pada Tabel 4.3, sedangkan untuk agregat kasar terlampir pada Tabel 4.4. Nilai total berat tertahan didapat dari % berat tertahan dikalikan dengan jumlah total agregat yang didapat dari perbandingan.

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

Saringan	% Berat Tertahan	Rumus	Berat Tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat pasir}$	
No.4	4,06	$\frac{4,06}{100} \times 3,39$	0,14
No.8	8,02	$\frac{8,02}{100} \times 3,39$	0,27
No.16	15,08	$\frac{15,08}{100} \times 3,39$	0,51
No.30	27,39	$\frac{27,39}{100} \times 3,39$	0,93
No.50	24,62	$\frac{24,62}{100} \times 3,39$	0,83
No.100	17,27	$\frac{17,27}{100} \times 3,39$	0,59
Pan	3,58	$\frac{3,58}{100} \times 3,39$	0,12
Total			3,39

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji silinder ialah saringan No.4 sebesar 0,14 kg, saringan No.8 sebesar 0,27 kg, saringan No.16 sebesar 0,51 kg, saringan No.30 sebesar 0,93 kg, saringan No.50 sebesar 0,83 kg, saringan No.100 sebesar 0,59 kg, dan Pan sebesar 0,12 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji silinder sebesar 3,39 kg.

Tabel 4.4: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 1 benda uji silinder.

Saringan	% Berat Tertahan	Rumus	Berat Tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat batu pecah}$	
1/5 inch	4,25	$\frac{4,25}{100} \times 6,56$	0,28
3/4 inch	46,22	$\frac{46,22}{100} \times 6,56$	3,03

Tabel 4.4: *Lanjutan.*

3/8 inch	22,61	$\frac{22,61}{100} \times 6,56$	1,48
No.4	26,92	$\frac{26,92}{100} \times 6,56$	1,77
Total			6,56

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji silinder ialah saringan 1,5 inch sebesar 0,28 kg, saringan 3/4 inch sebesar 3,03 kg, saringan 3/8 inch sebesar 1,48 kg dan saringan No.4 sebesar 1,77 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji silinder sebesar 6,56 kg.

a. Pengisi semen

Campuran beton dengan bahan material limbah marmer sebagai pengisi semen sebesar 10 % dari berat semen yaitu sebesar 2,09 kg untuk 1 benda uji silinder.

- Limbah marmer yang dibutuhkan sebanyak 10 % untuk 1 benda uji.

$$= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen untuk 1 benda uji silinder}$$

$$= \frac{10}{100} \times 2,09 \text{ kg}$$

$$= 0,209 \text{ kg}$$

maka, berat limbah marmer yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder adalah 0,209 kg.

Tabel 4.5: Banyak limbah marmer dan semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder.

Variasi Campuran	Berat Limbah Marmer (kg)	Berat Semen (kg)	Berat Semen Untuk 1 Benda Uji Silinder (kg)
Normal	0	2,09	2,09
10 % Limbah Marmer	0,209	2,09	1,881

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat semen untuk 1 benda uji silinder sebesar 2,09 kg – berat limbah marmer untuk 1 benda uji silinder yaitu 0,209 kg. Maka, didapat berat semen untuk 1 benda uji silinder yaitu sebesar 1,881 kg.

b. Pengisi pasir

Campuran beton dengan bahan material limbah kaca sebagai pengisi pasir sebesar 8 % dari berat pasir yaitu sebesar 3,39 kg untuk 1 benda uji silinder.

- Limbah kaca yang dibutuhkan sebanyak 8 % untuk 1 benda uji.

$$= \frac{8}{100} \times \text{Berat pasir untuk 1 benda uji silinder}$$

$$= \frac{8}{100} \times 3,39 \text{ kg}$$

$$= 0,2712 \text{ kg}$$

maka, berat limbah kaca yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder adalah 0,2712 kg.

Tabel 4.6: Banyak limbah kaca dan pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji silinder.

Variasi Campuran	Berat Limbah Kaca (kg)	Berat Pasir (kg)	Berat Pasir Untuk 1 Benda Uji Silinder (kg)
Normal	0	3,39	3,39
8 % Limbah Kaca	0,271	3,39	3,12

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat pasir untuk 1 benda uji silinder sebesar 3,39 kg – berat limbah kaca untuk 1 benda uji yaitu 0,271 kg. Maka, didapat berat pasir untuk 1 benda uji silinder yaitu sebesar 3,12 kg.

2. Untuk 12 benda uji silinder.

- Semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder
 - = Banyak semen untuk 1 benda uji silinder \times 12
 - = $2,09 \times 12$
 - = 25,08 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder
 - = Banyak pasir untuk 1 benda uji silinder \times 12
 - = $3,39 \times 12$
 - = 40,68 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder
 - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji silinder \times 12
 - = $6,56 \times 12$
 - = 78,72 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder
 - = Banyak air untuk 1 benda uji silinder \times 12
 - = $0,88 \times 12$
 - = 10,56 kg

Perbandingan campuran untuk 12 benda uji silinder:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 25,08 kg : 40,68 kg : 78,72 kg : 10,56 kg

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan untuk 12 benda uji silinder. Untuk agregat halus terlampir pada Tabel 4.7, sedangkan untuk agregat kasar terlampir pada Tabel 4.8. Nilai total berat tertahan didapat dari % berat tertahan dikalikan dengan jumlah total agregat yang didapat dari perbandingan.

Tabel 4.7: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 12 benda uji silinder.

Saringan	% Berat Tertahan	Rumus		Berat Tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	4,06	$\frac{4,06}{100}$	$\times 40,68$	1,65
No.8	8,02	$\frac{8,02}{100}$	$\times 40,68$	3,26
No.16	15,08	$\frac{15,08}{100}$	$\times 40,68$	6,13
No.30	27,39	$\frac{27,39}{100}$	$\times 40,68$	11,14
No.50	24,62	$\frac{24,62}{100}$	$\times 40,68$	10,02
No.100	17,27	$\frac{17,27}{100}$	$\times 40,68$	7,03
Pan	3,58	$\frac{3,58}{100}$	$\times 40,68$	1,46
Total				40,68

Berdasarkan Tabel 4.7 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji silinder ialah saringan No.4 sebesar 1,65 kg, saringan No.8 sebesar 3,26 kg, saringan No.16 sebesar 6,13 kg, saringan No.30 sebesar 11,14 kg, saringan No.50 sebesar 10,02 kg, saringan

No.100 sebesar 7,03 kg, dan Pan sebesar 1,46 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 12 benda uji silinder sebesar 40,68 kg.

Tabel 4.8: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 12 benda uji silinder.

	% Berat	Rumus	Berat
Saringan	Tertahan	$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat batu pecah}$	Tertahan (kg)
1/5 inch	4,25	$\frac{4,25}{100} \times 78,72$	3,35
3/4 inch	46,22	$\frac{46,22}{100} \times 78,72$	36,38
3/8 inch	22,61	$\frac{22,61}{100} \times 78,72$	17,80
No.4	26,92	$\frac{26,92}{100} \times 78,72$	21,19
Total			78,72

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji silinder ialah saringan 1,5 inch sebesar 3,35 kg, saringan 3/4 inch sebesar 36,38 kg, saringan 3/8 inch sebesar 17,80 kg dan saringan No.4 sebesar 21,19 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 12 benda uji silinder sebesar 78,72 kg.

a. Pengisi semen

Campuran beton dengan bahan material limbah marmer sebagai pengisi semen sebesar 10 % dari berat semen yaitu sebesar 25,08 kg untuk 12 benda uji silinder.

- Limbah marmer yang dibutuhkan sebanyak 10 % untuk 12 benda uji.

$$= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen untuk 12 benda uji silinder}$$

$$= \frac{10}{100} \times 25,08 \text{ kg}$$

$$= 2,508 \text{ kg}$$

maka, berat limbah marmer yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder adalah 2,508 kg.

Tabel 4.9: Banyak limbah marmer dan semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder.

Variasi Campuran	Berat Limbah Marmer (kg)	Berat Semen (kg)	Berat Semen Untuk 12 Benda Uji Silinder (kg)
Normal	0	25,08	25,08
10 % Limbah Marmer	2,508	25,08	22,57

Berdasarkan Tabel 4.9 menjelaskan jumlah berat semen untuk 12 benda uji silinder sebesar 25,08 kg – berat limbah marmer untuk 12 benda uji yaitu 2,508 kg. Maka, didapat berat semen untuk 12 benda uji silinder yaitu sebesar 22,57 kg.

b. Pengisi pasir

Campuran beton dengan bahan material limbah kaca sebagai pengisi pasir sebesar 8 % dari berat pasir yaitu sebesar 40,68 kg untuk 12 benda uji silinder.

- Limbah kaca yang dibutuhkan sebanyak 8 % untuk 12 benda uji.

$$= \frac{8}{100} \times \text{Berat pasir untuk 12 benda uji silinder}$$

$$= \frac{8}{100} \times 40,68 \text{ kg}$$

$$= 3,25 \text{ kg}$$

maka, berat limbah kaca yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder adalah 3,25 kg.

Tabel 4.10: Banyak limbah kaca dan pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji silinder.

Variasi Campuran	Berat Limbah Kaca (kg)	Berat Pasir (kg)	Berat Pasir Untuk 12 Benda Uji Silinder (kg)
Normal	0	40,68	40,68
8 % Limbah Kaca	3,25	40,68	37,43

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan jumlah berat pasir untuk 12 benda uji silinder sebesar 40,68 kg – berat limbah kaca untuk 12 benda uji silinder yaitu 3,25 kg. Maka, didapat berat pasir untuk 12 benda uji silinder yaitu sebesar 37,43 kg.

3. Untuk 24 benda uji silinder.

- Semen yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder
 - = Banyak semen untuk 1 benda uji silinder \times 24
 - = $2,09 \times 24$
 - = 50,16 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder
 - = Banyak pasir untuk 1 benda uji silinder \times 24
 - = $3,39 \times 24$
 - = 81,36 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder
 - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji silinder \times 24
 - = $6,56 \times 24$
 - = 157,44 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder
 - = Banyak air untuk 1 benda uji silinder \times 24
 - = $0,88 \times 24$
 - = 21,12 kg

Perbandingan campuran untuk 24 benda uji silinder:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 50,16 kg : 81,36 kg : 157,44 kg : 21,12 kg

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan untuk 24 benda uji silinder. Untuk agregat halus terlampir pada Tabel 4.11, sedangkan untuk agregat kasar terlampir pada Tabel 4.12. Nilai total berat tertahan didapat dari % berat tertahan dikalikan dengan jumlah total agregat yang didapat dari perbandingan.

Tabel 4.11: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 24 benda uji silinder.

Saringan	% Berat Tertahan	Rumus		Berat Tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat pasir}$		
No.4	4,06	$\frac{4,06}{100} \times 81,36$		3,30
No.8	8,02	$\frac{8,02}{100} \times 81,36$		6,53
No.16	15,08	$\frac{15,08}{100} \times 81,36$		12,27
No.30	27,39	$\frac{27,39}{100} \times 81,36$		22,28
No.50	24,62	$\frac{24,62}{100} \times 81,36$		20,03
No.100	17,27	$\frac{17,27}{100} \times 81,36$		14,05
Pan	3,58	$\frac{3,58}{100} \times 81,36$		2,91
Total				81,36

Berdasarkan Tabel 4.11 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 24 benda uji silinder ialah saringan No.4 sebesar 3,30 kg, saringan No.8 sebesar 6,53 kg, saringan No.16 sebesar 12,27 kg, saringan No.30 sebesar 22,28 kg, saringan No.50 sebesar 20,03

kg, saringan No.100 sebesar 14,05 kg, dan Pan sebesar 2,91 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 24 benda uji silinder sebesar 81,36 kg.

Tabel 4.12: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk setiap saringan dalam 24 benda uji silinder.

	% Berat	Rumus	Berat
Saringan	Tertahan	$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat batu pecah}$	Tertahan (kg)
1/5 inch	4,25	$\frac{4,25}{100} \times 157,44$	6,69
3/4 inch	46,22	$\frac{46,22}{100} \times 157,44$	72,77
3/8 inch	22,61	$\frac{22,61}{100} \times 157,44$	35,60
No.4	26,92	$\frac{26,92}{100} \times 157,44$	42,38
Total			157,44

Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 24 benda uji silinder ialah saringan 1,5 inch sebesar 6,69 kg, saringan 3/4 inch sebesar 72,77 kg, saringan 3/8 inch sebesar 35,60 kg dan saringan No.4 sebesar 42,38 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 24 benda uji silinder sebesar 157,44 kg.

a. Pengisi semen

Campuran beton dengan bahan material limbah marmer sebagai pengisi semen sebesar 10 % dari berat semen yaitu sebesar 50,16 kg untuk 24 benda uji silinder.

- Limbah marmer yang dibutuhkan sebanyak 10 % untuk 24 benda uji.

$$= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen untuk 24 benda uji silinder}$$

$$= \frac{10}{100} \times 50,16 \text{ kg}$$

$$= 5,016 \text{ kg}$$

maka, berat limbah marmer yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder adalah 5,016 kg.

Tabel 4.13: Banyak limbah marmer dan semen yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder.

Variasi Campuran	Berat Limbah Marmer (kg)	Berat Semen (kg)	Berat Semen Untuk 24 Benda Uji Silinder (kg)
Normal	0	50,16	50,16
10 % Limbah Marmer	5,016	50,16	45,14

Berdasarkan Tabel 4.13 menjelaskan jumlah berat semen untuk 24 benda uji silinder sebesar 50,16 kg – berat limbah marmer untuk 24 benda uji yaitu 5,016 kg. Maka, didapat berat semen untuk 24 benda uji silinder yaitu sebesar 45,14 kg.

b. Pengisi pasir

Campuran beton dengan bahan material limbah kaca sebagai pengisi pasir sebesar 8 % dari berat pasir yaitu sebesar 81,36 kg untuk 24 benda uji silinder.

- Limbah kaca yang dibutuhkan sebanyak 8 % untuk 24 benda uji.

$$= \frac{8}{100} \times \text{Berat pasir untuk 24 benda uji silinder}$$

$$= \frac{8}{100} \times 81,36 \text{ kg}$$

$$= 6,51 \text{ kg}$$

maka, berat limbah kaca yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder adalah 6,51 kg.

Tabel 4.14: Banyak limbah kaca dan pasir yang dibutuhkan untuk 24 benda uji silinder.

Variasi Campuran	Berat Limbah Kaca (kg)	Berat Pasir (kg)	Berat Pasir Untuk 24 Benda Uji Silinder (kg)
Normal	0	81,36	81,36
8 % Limbah Kaca	6,51	81,36	74,85

Berdasarkan Tabel 4.14 menjelaskan jumlah berat pasir untuk 24 benda uji silinder sebesar 81,36 kg – berat limbah kaca untuk 24 benda uji silinder yaitu 6,51 kg. Maka, didapat berat pasir untuk 24 benda uji silinder yaitu sebesar 74,85 kg.

4.1.2. Metode Pengerjaan *Mix Design*

Berikut adalah penjelasan langkah-langkah dalam pembuatan rencana campuran beton (*Mix Design*):

1. Menentukan kuat tekan yang disyaratkan yaitu 20 MPa pada umur 28 hari.
2. Menentukan nilai deviasi standar (S) yaitu 12 MPa, berdasarkan Tabel 3.12.
3. Penentuan nilai tambah margin (M) untuk tingkat mutu pekerjaan cukup yaitu 5,6 MPa, dapat dilihat tabel 3.13.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan persamaan 4.1.

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (4.1).$$

dengan:

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata perlu, (MPa).

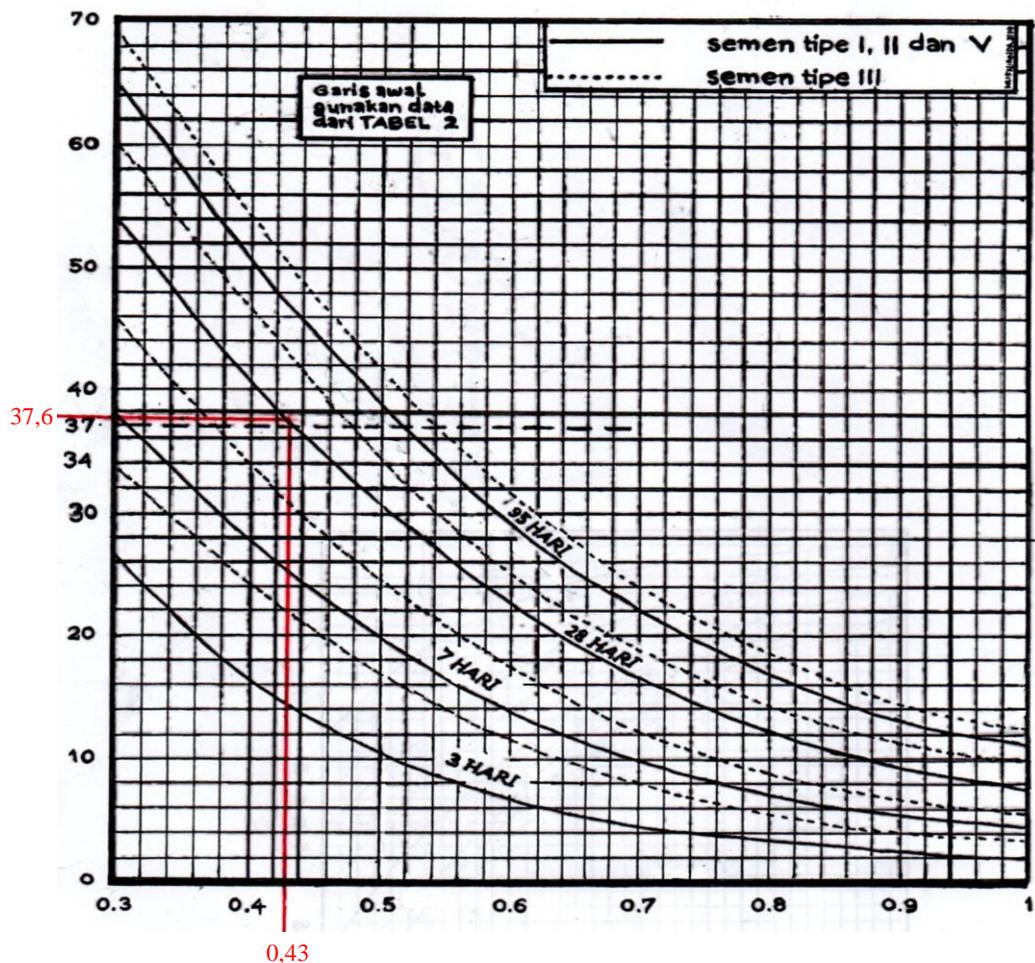
f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan, (MPa).

m = Nilai tambah, (MPa).

Maka diperoleh kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= 20 + 17,6 \\ &= 37,6 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Jenis semen yang akan digunakan yaitu tipe 1 PPC.
6. Jenis agregat yang digunakan ialah agregat alami, yaitu:
 - Agregat halus dari pasir Binjai, Sumatera Utara.
 - Agregat kasar dari batu pecah Binjai, Sumatera utara.
7. Menentukan faktor air semen dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Tentukan nilai kuat tekan rata-rata pada tabel faktor air semen untuk benda uji silinder.
 - b. Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan rata-rata sampai menyentuh garis lengkung 28 hari.
 - c. Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan nilai faktor air semen yang diperlukan yaitu 0,43 seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton benda uji silinder.

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini telah ditetapkan yaitu 0,43 berdasarkan Tabel 3.15. 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 yaitu 30-60 mm.
10. Ukuran agregat maksimum 40 mm.
11. Kadar air bebas, untuk memudahkan pemahaman lihat Tabel 3.14. Berdasarkan persamaan 4.2.

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (4.2).$$

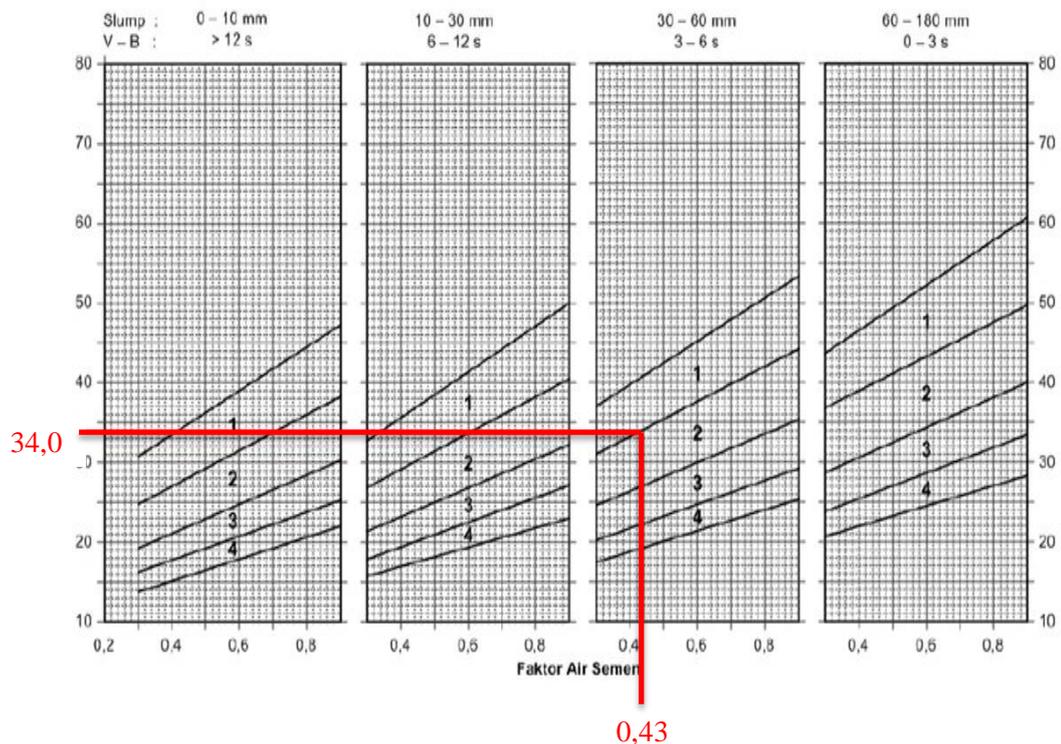
Dimana: W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

$$\begin{aligned} &= \frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190 \\ &= 170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

12. Jumlah semen, yaitu: $170 : 0,43 = 395,35 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum pada penelitian ini diambil dengan nilai yang sama dengan poin No.12 dari Tabel 4.2 yaitu $395,35 \text{ kg/m}^3$.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 3.15 seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air semen yang disesuaikan, dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat halus, ditetapkan pada zona gradasi 2 yang dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan diperoleh dari hasil pengujian analisa saringan agregat halus.
17. Susunan besar butir agregat kasar, ditetapkan pada Gambar 3.3 yang diameter maksimum agregat kasar adalah 40 mm.
18. Persentase agregat halus terhadap agregat campuran, ditetapkan dengan cara menghubungkan faktor air semen poin No. 15 (0,43) dari Tabel 4.2

dan daerah susunan butir poin No. 16 dari Tabel 4.2 (zona gradasi 2), secara tegak lurus, pada nilai *slump* poin No. 9 dari Tabel 4.2 (30-60 mm), lalu diperoleh nilai dari garis yang ditarik kesamping sebesar 34,0%. Maka persentase agregat kasar terhadap campuran adalah $100\% - 34,0\% = 66\%$. Dan untuk mempermudah pemahaman bisa dilihat Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2: Persentase pasir terhadap kadar total agregat untuk butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834 2000).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan menggunakan persamaan 4.3, sebagai berikut:

$$b_j \text{ camp.} = \frac{K_h}{100} \times B_{jh} + \frac{K_k}{100} \times B_{jk} \quad (4.3).$$

dimana : $B_j \text{ camp.}$ = Berat jenis agregat campuran.

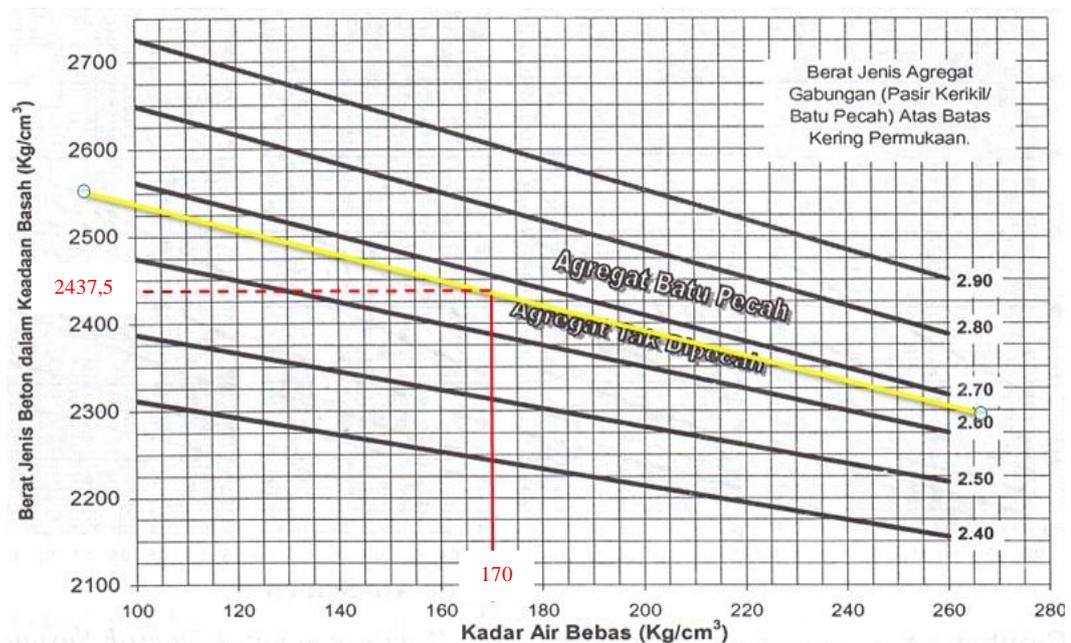
B_{jh} = Berat jenis agregat halus.

- Bjk = Berat jenis agregat kasar.
- Kh = Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.
- Kk = Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

Berikut adalah perhitungan berat jenis relatif:

- Berat jenis agregat halus = 2,57
- Berat jenis agregat kasar = 2,70
- Berat jenis relatif = $(34,0\% \times 2,57) + (66,0\% \times 2,70)$
= 0,87 + 1,78
= 2,66

20. Berat isi beton dalam hal ini diperoleh dengan cara menarik garis yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,66 lalu menarik garis diagonal. Titik potong garis tegak lurus yang menunjukkan nilai kadar air bebas yang dalam hal ini 170 kg/m³ sehingga didapat nilai berat isi beton sebesar 2437,5 kg/m³, dengan menarik garis horizontal ke arah samping. Untuk mempermudah pemahaman lihat Gambar 4.3:



Gambar 4.3: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834 2000).

21. Kadar agregat gabungan

$$\begin{aligned} &= (\text{berat isi beton}) - (\text{jumlah kadar semen} + \text{kadar air}) \\ &= (2437,5 \text{ kg/m}^3) - (395,35 \text{ kg/m}^3 + 170 \text{ kg/m}^3) \\ &= 1872,15 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus

$$\begin{aligned} &= (\text{persen agregat halus}) \times (\text{kadar agregat gabungan}) \\ &= (34,0\%) \times (1872,15 \text{ kg/m}^3) \\ &= 636,53 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

23. Kadar agregat kasar

$$\begin{aligned} &= (\text{kadar agregat gabungan}) - (\text{kadar agregat halus}) \\ &= (1872,15 \text{ kg/m}^3) - (636,53 \text{ kg/m}^3) \\ &= 1235,62 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

24. Proporsi campuran, dari langkah 1-23 didapat susunan campuran beton untuk tiap m^3 , sebagai berikut:

- Semen = 395,35 kg.
- Air = 170 kg/lt.
- Agregat halus = 636,53 kg.
- Agregat kasar = 1235,62 kg.

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:

$$\text{Air} = B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \quad (4.4).$$

$$\text{Agregat halus} = C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \quad (4.5).$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \quad (4.6).$$

Dimana: B = Jumlah air (kg/m^3).

C = Agregat halus (kg/m^3).

D = Jumlah agregat kasar (kg/m^3).

Ca = *Absorption* agregat halus (%).

Da = *Absorption* agregat kasar (%).

Ck = Kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk = Kandungan air dalam agregat kasar (%).

$$\begin{aligned}\text{Air} &= 170 - (2,22 - 1,73) \times \frac{636,53}{100} - (0,86 - 0,72) \times \frac{1235,62}{100} \\ &= 165,15 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agregat halus} &= 636,53 + (2,22 - 1,73) \times \frac{636,53}{100} \\ &= 639,65 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Agregat kasar} &= 1235,62 + (0,86 - 0,72) \times \frac{1235,62}{100} \\ &= 1237,35 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

4.2. Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, jumlah benda uji yang akan dibuat yaitu sebanyak 24 buah, Dengan 4 variasi berbeda.

Ada beberapa tahapan dalam pembuatan benda uji, yaitu sebagai berikut:

1. Pengadukan campuran beton.

Pengadukan beton dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula air kira-kira $\frac{1}{3}$ dari jumlah air yang ditetapkan dimasukkan kedalam *mixer*, lalu masukan agregat kasar dan halus dari nomor sarigan yang paling besar hingga yang paling kecil, lalu semen, dan masukan kembali air sebanyak $\frac{2}{3}$ dari jumlah air yang di tetapkan, biarkan bahan-bahan tersebut terlihat menyatu terlebih dahulu, kemudian masukkan sisa air yang belum dimasukkan. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan campuran tampak homogen dan sudah tampak kelecakan yang cukup. Setelah beton tercampur merata, kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

2. Pencentakan.

Pada proses ini, sebelum campuran beton di masukkan kedalam cetakan, campuran beton diuji *slump test*. Setelah itu campuran beton dimasukkan kedalam cetakan silinder menggunakan sendok aduk atau sekop, dan setiap pengambilan campuran dari pan, harus dapat mewakili secara keseluruhan dari adukan tersebut. Pada pengisian campuran beton kedalam cetakan di isi 1/3 bagian dari cetakan dan cetakan tersebut sebelumnya telah dioleskan *Vaseline* agar tidak lengket, lalu dirojok atau ditusuk dengan besi yang berdiameter 16 mm, sebanyak 25 kali, kemudian 2/3 bagian dan dirojok atau ditusuk 25 kali, dan 3/3 bagian atau sampai penuh dan dirojok atau ditusuk sebanyak 25 kali. Setelah cetakan terisi penuh, selanjutnya proses pemadatan dengan cara dipukul-pukul menggunakan palu karet, kira-kira sebanyak 20 kali pukulan, agar gelembung udara dapat keluar. Dan setelah itu ratakan permukaan cetakan dan tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air. Setelah 24 ± 4 jam dan tidak lebih dari 48 jam setelah pencetakan, cetakan dilepas.

3. Perawatan atau pemeliharaan beton.

Setelah beton dibuka dari cetakan, kemudian beton ditimbang lalu direndam kedalam bak air, dan beton harus terendam keseluruhan bagiannya, beton tersebut direndam sampai umur rencana yang telah ditetapkan.

4.3. *Slump Test*

Pengujian *slump test* dilakukan dengan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut dengan campuran beton yang telah di *mix*, pengisian campuran beton ke dalam kerucut abrams dilakukan sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 bagian dari kerucut abrams, pada setiap lapis ditusuk atau dirojok sebanyak 25 kali, dengan tongkat pemadat yang dibiarkan jatuh tanpa dipaksa, dan setiap pengambilan campuran beton harus menjamin keterwakilannya. Setelah kerucut abrams diisi sampai penuh, diamkan selama 30 detik, setelah itu angkat kerucut

abrams sampai campuran beton terlepas, kemudian ukur tinggi campuran beton yang selisih dengan tinggi kerucut abrams.

Dan cara ini juga dapat digunakan untuk melihat *workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) pada campuran beton, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.15. Pada tabel tersebut tertera nilai hasil pengujian *slump* pada masing-masing campuran beton, dan seperti yang telah direncanakan pada *mix design* bahwa nilai *slump* rencana yaitu 30-60 mm. Pada penelitian ini dilakukan satu kali *mix* untuk 3 benda uji, dengan kapasitas mesin *mixer* 3 benda uji silinder.

Tabel 4.15: Hasil pengujian nilai *slump*.

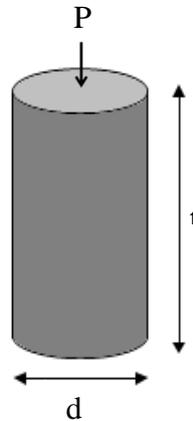
	Beton Normal		Beton Normal dengan Limbah Marmer 10 %		Beton Normal dengan Limbah Kaca 8 %		Beton Normal dengan Limbah Marmer 10 % dan Limbah Kaca 8 %	
	14	28	14	28	14	28	14	28
<i>Slump</i> (cm)	3,8	4	4	3,5	3,5	3,7	4,5	5,5

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

4.4. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 14 hari, dan 28 hari, dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN, benda uji yang akan diuji yaitu berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm

seperti Gambar 4.4 dan jumlah beda uji sebanyak 24 buah, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.4: Bentuk dan beban tekan pada benda uji silinder.

Pada penelitian ini, benda uji yang dipakai adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mendapatkan gambaran mutu beton, dan juga pembuktian dari *Mix Design* yang dibuat berdasarkan mutu beton yang telah direncanakan.

4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian kuat tekan beton normal dilakukan pada saat umur beton telah mencapai 14 dan 28 hari seperti yang sudah dijelaskan. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton normal, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Umur Beton 14 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 0,88$ (MPa)
1	43500	24,62	27,97
2	33000	18,67	21,22
3	34500	19,52	22,19
	f'_c Rata-rata (MPa)	20,94	23,79

Umur Beton 28 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 1,00$ (MPa)
1	42000	23,77	23,77
2	45000	25,47	25,47
3	30000	16,98	16,98
	f'_c Rata-rata (MPa)	22,07	22,07

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton normal umur 14 hari dan 28 hari, didapat nilai rata-rata kuat tekan beton normal umur 14 hari adalah 20,94 MPa, umur 28 hari adalah 22,07 MPa.

4.4.2. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Marmer 10 %

Pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah marmer 10 % sebagai pengisi semen dilakukan pada saat umur beton telah mencapai 14 dan 28 hari seperti yang sudah dijelaskan. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah marmer 10 %, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat tekan beton campuran limbah marmer 10 %.

Umur Beton 14 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 0,88$ (MPa)
1	36000	20,37	23,15
2	40500	22,92	26,04
3	42000	23,77	27,01
	f'_c Rata-rata (MPa)	22,35	25,40
Umur Beton 28 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 1,00$ (MPa)
1	40500	22,92	22,92

Tabel 4.17: Lanjutan.

Umur Beton 28 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 1,00$ (MPa)
2	39000	22,07	22,07
3	43500	24,62	24,62
	f'_c Rata-rata (MPa)	23,20	23,20

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah marmer 10 % umur 14 hari dan 28 hari, didapat nilai rata-rata kuat tekan beton dengan campuran limbah marmer 10 % umur 14 hari adalah 22,35 MPa, umur 28 hari adalah 23,20 MPa.

4.4.3. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Kaca 8 %

Pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah kaca 8 % sebagai pengisi pasir dilakukan pada saat umur beton telah mencapai 14 dan 28 hari seperti yang sudah dijelaskan. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah kaca 8 %, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat tekan beton campuran limbah kaca 8 %.

Umur Beton 14 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 0,88$ (MPa)
1	45000	25,47	28,94
2	42000	23,77	27,01
3	33000	18,67	21,22
	f'_c Rata-rata (MPa)	22,64	25,72

Tabel 4.18: Lanjutan.

Umur Beton 28 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 1,00$ (MPa)
1	49500	28,01	28,01
2	39000	22,07	22,07
3	36000	20,37	20,37
	f'_c Rata-rata (MPa)	23,48	23,48

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah kaca 8 % umur 14 hari dan 28 hari, didapat nilai rata-rata kuat tekan beton dengan campuran limbah kaca 8 % umur 14 hari adalah 22,64 MPa, umur 28 hari adalah 23,48 MPa.

4.4.4. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Marmer 10 % + Limbah Kaca 8 %

Pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 % dilakukan pada saat umur beton telah mencapai 14 dan 28 hari seperti yang sudah dijelaskan. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 %, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tekan beton campuran limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 %.

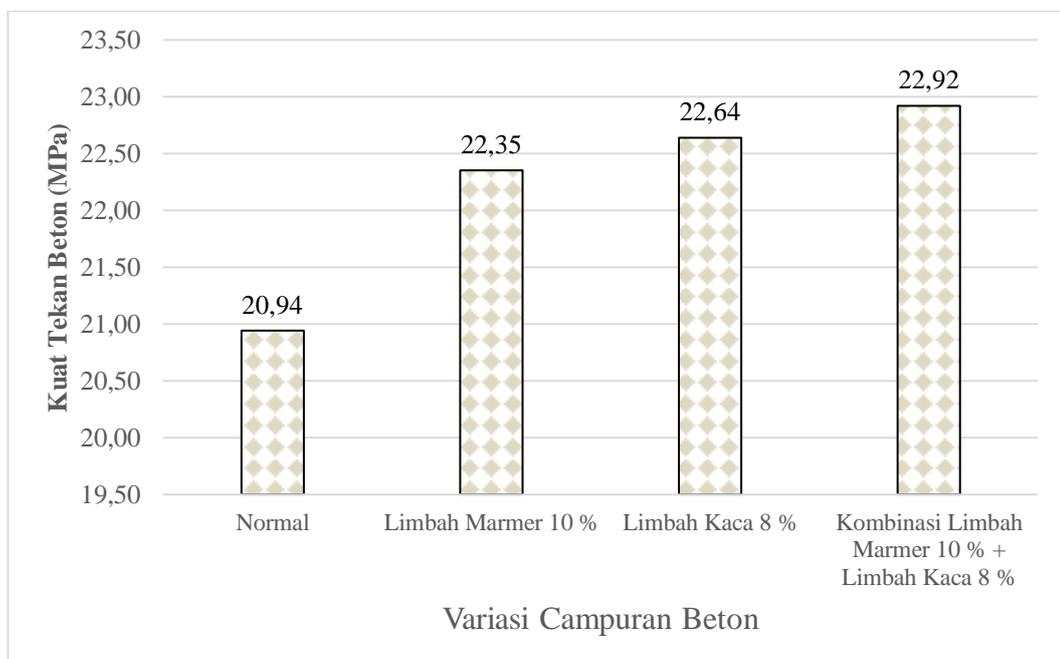
Umur Beton 14 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	$A = 176,71 \text{ cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 0,88$ (MPa)
1	33000	18,67	21,22
2	42000	23,77	27,01
3	46500	26,31	29,90
	f'_c Rata-rata (MPa)	22,92	26,04

Tabel 4.19: *Lanjutan.*

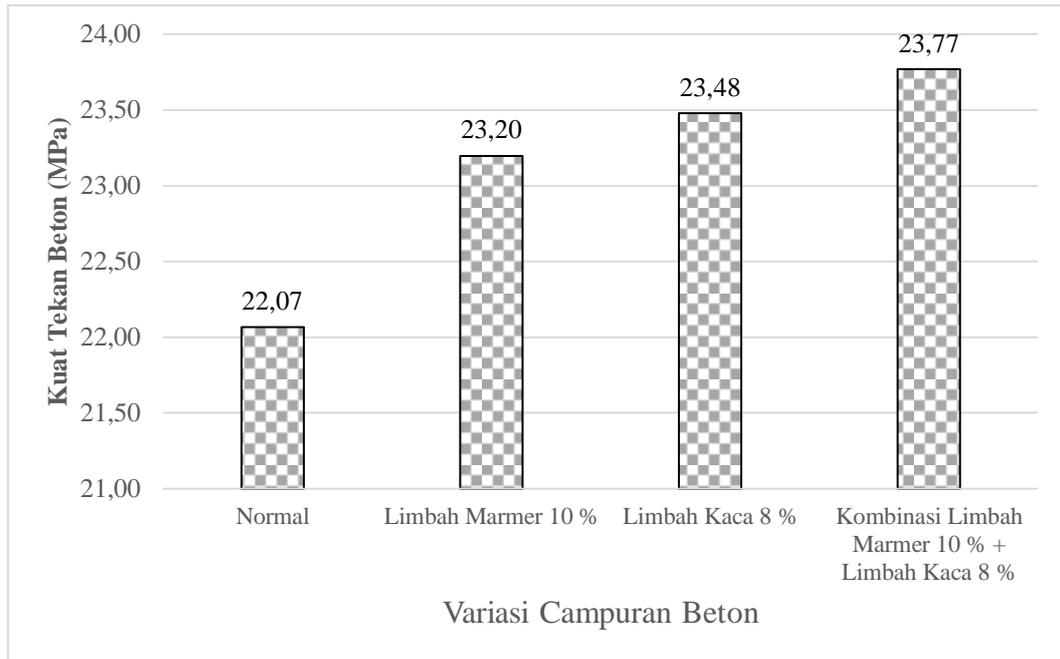
Umur Beton 28 Hari			
Benda Uji	Beban Tekan (kg) (P)	A = 176,71 cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 Hari $f'_c / 1,00$ (MPa)
1	51000	28,86	28,86
2	39000	22,07	22,07
3	36000	20,37	20,37
f'_c Rata-rata (MPa)		23,77	23,77

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 % umur 14 hari dan 28 hari, didapat nilai rata-rata kuat tekan beton dengan campuran limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 % umur 14 hari adalah 22,92 MPa, umur 28 hari adalah 23,77 MPa.

Dari hasil uji kuat tekan diperoleh data nilai kuat tekan untuk setiap variasi campuran dengan umur beton yang berbeda, seperti yang terlampir pada Gambar 4.5, sampai Gambar 4.6 sebagai berikut:



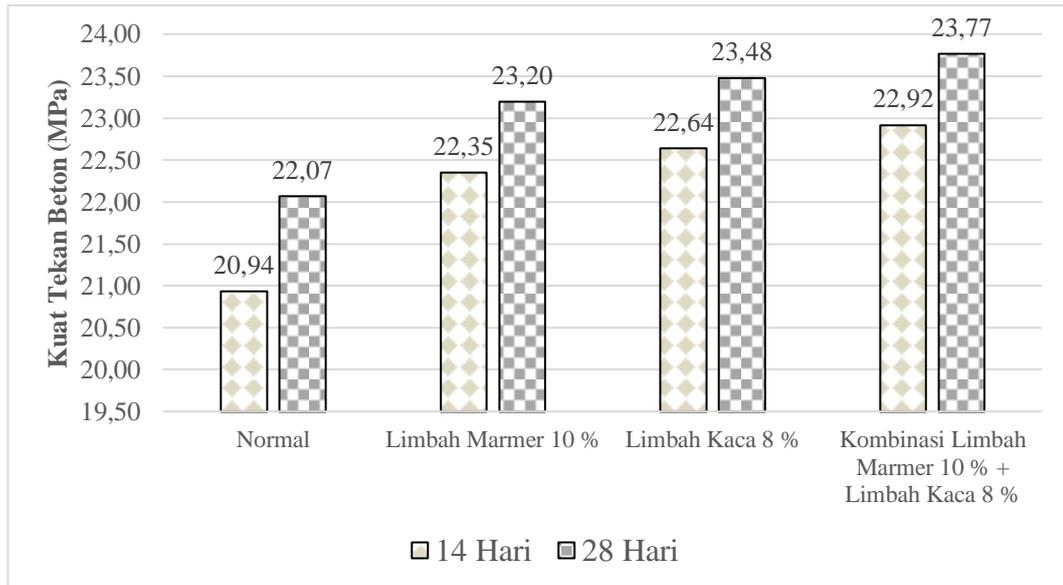
Gambar 4.5: Grafik kuat tekan beton rata-rata pada umur 14 hari.



Gambar 4.6: Grafik kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.5 dapat dilihat nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 14 hari, paling optimum terdapat pada variasi campuran limbah marmer 10% + limbah kaca 8 %, yang memiliki nilai kuat tekan beton mencapai 22,92 MPa. Nilai tersebut lebih tinggi dari nilai kuat tekan beton normal sebesar 20,94 MPa. Dan variasi campuran beton yang lain juga mengalami kenaikan bila dibandingkan dengan beton normal.

Dari hasil Gambar 4.6 dapat dilihat nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari, paling optimum terdapat pada variasi campuran limbah marmer 10% + limbah kaca 8 %, yang memiliki nilai kuat tekan beton mencapai 23,77 MPa. Nilai tersebut lebih tinggi dari nilai kuat tekan beton normal sebesar 22,07 MPa. Dan variasi campuran beton yang lain juga mengalami kenaikan bila dibandingkan dengan beton normal.



Gambar 4.7: Grafik kuat tekan beton rata-rata pada umur 14 hari dan 28 hari.

Dari gambar diatas kita bisa melihat peningkatan nilai kuat tekan beton dari umur 14 hari dan 28 hari pada setiap variasi campuran beton, dan pada umur 28 hari dari semua variasi campuran beton, semuanya memiliki nilai kuat tekan beton sesuai dengan mutu beton rencana yaitu sebesar 20 MPa.

4.5. Pembahasan

Apabila dibandingkan antara nilai kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan campuran limbah marmer 10 %, limbah kaca 8 %, dan campuran limbah marmer 10% + limbah kaca 8 % untuk umur beton 14 hari dan 28 hari, maka dapat dilihat adanya peningkatan atau tidak pada nilai kuat tekan pada beton yang menggunakan bahan campuran pada setiap persentase variasi. Persentasenya dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut:

Persentase umur beton pada 14 hari

- Beton dengan campuran limbah marmer 10 %

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase umur pada 14 hari} &= \frac{22,35 - 20,94}{20,94} \times 100 \\
 &= 6,73 \%
 \end{aligned}$$

- Beton dengan campuran limbah kaca 8 %

$$\begin{aligned} \text{Persentase umur pada 14 hari} &= \frac{22,64 - 20,94}{20,94} \times 100 \\ &= 8,12 \% \end{aligned}$$

- Beton dengan campuran limbah marmer + limbah kaca 8 %

$$\begin{aligned} \text{Persentase umur pada 14 hari} &= \frac{22,92 - 20,94}{20,94} \times 100 \\ &= 9,46 \% \end{aligned}$$

- Beton dengan campuran limbah marmer 10 %

$$\begin{aligned} \text{Persentase umur pada 28 hari} &= \frac{23,20 - 22,07}{22,07} \times 100 \\ &= 5,12 \% \end{aligned}$$

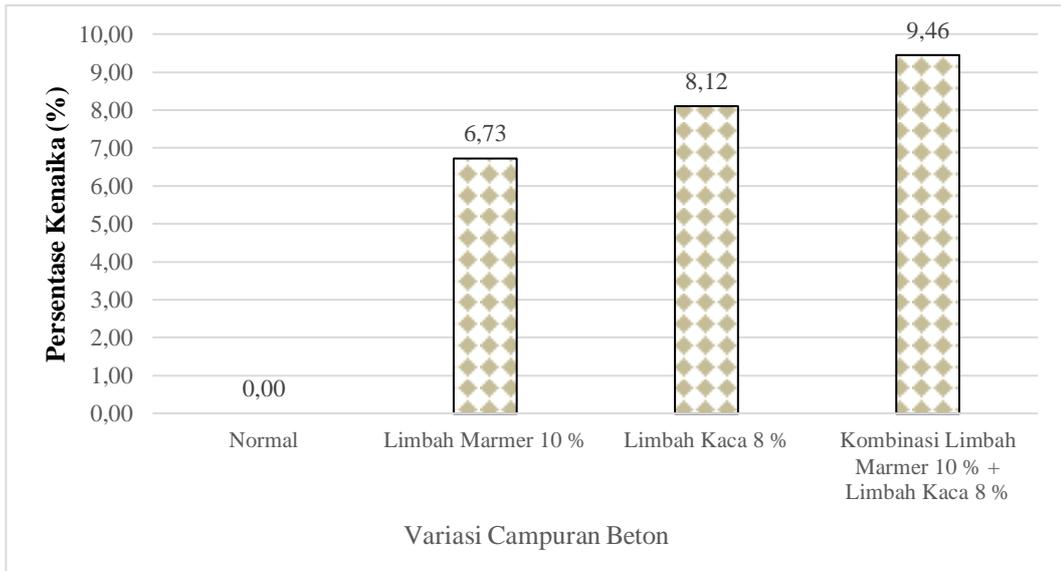
- Beton dengan campuran limbah kaca 8 %

$$\begin{aligned} \text{Persentase umur pada 28 hari} &= \frac{23,48 - 22,07}{22,07} \times 100 \\ &= 6,39 \% \end{aligned}$$

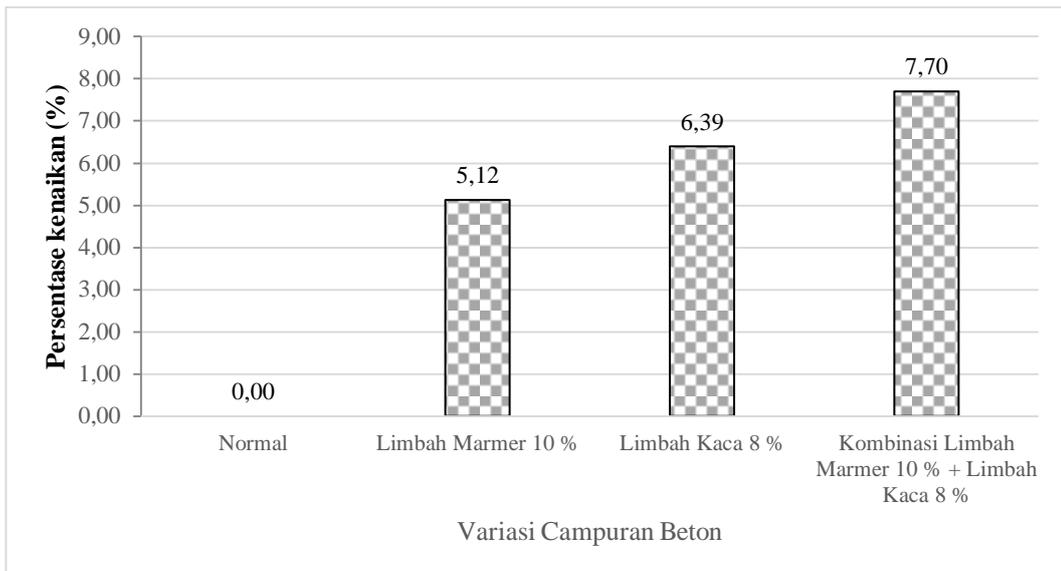
- Beton dengan campuran limbah marmer + limbah kaca 8 %

$$\begin{aligned} \text{Persentase umur pada 28 hari} &= \frac{23,77 - 22,07}{22,07} \times 100 \\ &= 7,70 \% \end{aligned}$$

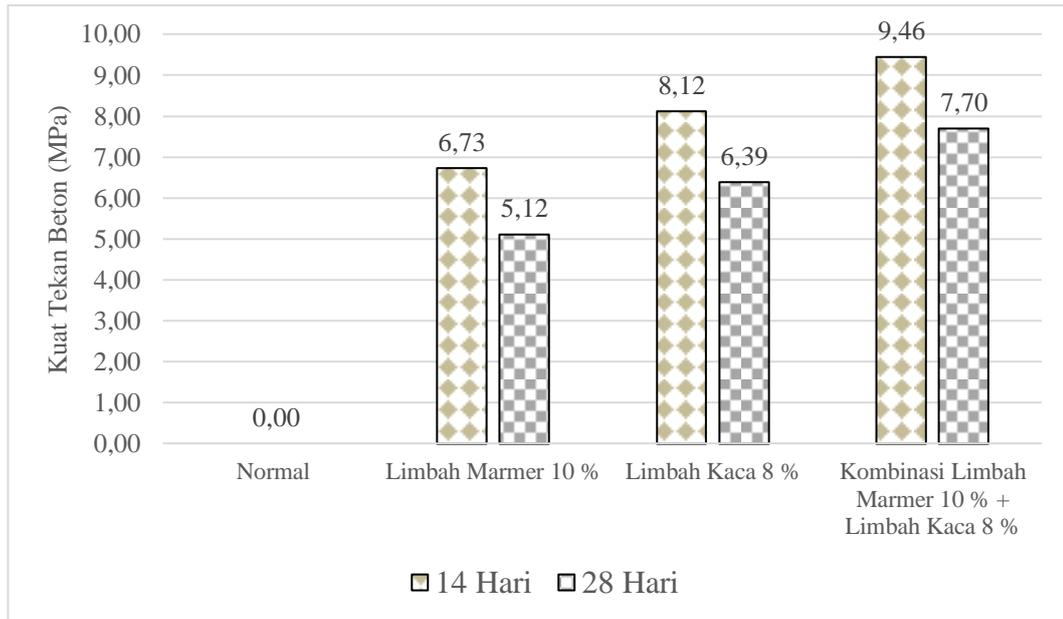
Dari hasil perhitungan persentase data nilai kuat tekan beton di atas, maka dapat disimpulkan ke dalam bentuk tabel grafik pada Gambar 4.8 sampai Gambar 4.9.



Gambar 4.8: Grafik besaran perbandingan persentase kenaikan kuat tekan dari beton normal pada umur 14 hari.



Gambar 4.9: Grafik besaran perbandingan persentase kenaikan kuat tekan dari beton normal pada umur 28 hari.



Gambar 4.10: Grafik besaran perbandingan persentase kenaikan kuat tekan dari beton normal pada umur 14 hari dan 28 hari.

Dari Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa persentase kuat tekan beton kombinasi limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 % mengalami kenaikan, dengan persentase sebesar 9,46 % dari beton normal pada umur beton 14 hari dan 7,70 % dari beton normal pada umur beton 28 hari. Kenaikan kuat tekan beton limbah kaca mengalami kenaikan, dengan persentase sebesar 8,12 % dari beton normal pada umur beton 14 hari dan 6,39 % dari beton normal pada umur beton 28 hari. Kenaikan kuat tekan beton limbah marmer mengalami kenaikan, dengan persentase sebesar 6,73 % dari beton normal pada umur beton 14 hari dan 5,12 % dari beton normal pada umur beton 28 hari. Dalam hal ini dapat membuktikan bahwasannya limbah marmer sebagai pengisi semen dan limbah kaca sebagai pengisi pasir dapat menaikkan kuat tekan rencana beton.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat mengakibatkan cacat atau kurang tepatnya nilai target kuat tekan yang direncanakan. Adapun faktor-faktor yang dapat mengakibatkan hal ini terjadi antara lain, dikarena kesalahan pada saat melakukan pencampuran beton/pembuatan benda uji dan kemungkinan adanya kekeliruan/kurangnya ketelitian dalam pengerjaan.

Hasil penelitian campuran beton dengan limbah marmer sebagai pengisi sebagian semen sebesar 10 % dengan kuat tekan rencana sebesar 20 MPa didapat

hasil kuat tekan beton 22,35 MPa pada umur beton 14 hari dan 23,20 MPa pada umur 28 hari, limbah marmer diayak dan lolos pada saringan No. 200. Didalam jurnal (Istiqomah & Shanti Kurnia, 2013) Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia, limbah marmer sebagai pengisi (*filler*) semen sebesar 10 % dengan kuat tekan rencana sebesar 25 MPa didapat hasil kuat tekan beton 24,66 MPa pada umur beton 14 hari dan 24,38 MPa pada umur beton 28 hari, limbah marmer diayak dan lolos pada saringan No. 200. Didalam jurnal Istiqomah & Shanti Kurnia menyarankan agar tidak menggunakan limbah marmer yang lolos pada saringan No. 200 digunakan untuk pengisi pasir, dikarenakan pada agregat halus yang lolos ayakan No. 200 adalah lumpur, yang memiliki pengaruh mengurangi daya lekat antara pasta dan agregat selain itu lumpur memiliki daya serap air tinggi sehingga keberadaan lumpur pada agregat halus dibatasi.

Hasil penelitian campuran beton dengan limbah kaca sebagai pengisi sebagian pasir sebesar 8 % dengan kuat tekan rencana sebesar 20 MPa dan diayak dengan saringan No. 30 tertahan pada saringan No. 50, didapat hasil kuat tekan beton 22,64 MPa pada umur beton 14 hari dan 23,48 MPa pada umur beton 28 hari. Kaca yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kaca bening (*Clear Glass*) sisa potongan kaca. Didalam jurnal (Ayu Suhartini dkk, 2014) Teknik Sipil Universitas Islam 45 Bekasi, kuat tekan rencana pada penelitian ini sebesar 16,60 MPa kenaikan kuat tekan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus pada beton sebesar 2,5 % pada umur beton 14 hari didapat kuat tekan beton sebesar 19,64 MPa dan 22,40 MPa pada umur beton 28 hari. Limbah kaca yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kaca berwarna hijau (*Green Glass*) sisa botol minuman dan didalam penelitian ini tidak diketahui kaca disaring pada saringan lolos nomor yang berapa.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian kuat tekan beton umur 14 hari dan 28 hari yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Adapun hasil dari pengujian kuat tekan beton, kuat tekan limbah marmer 10 % sebagai pengisi sebagian semen mengalami peningkatan sebesar 6,73 % pada umur 14 hari dan sebesar 5,12 % pada umur 28 hari dari beton normal. Sedangkan pada limbah kaca 8 % sebagai pengisi sebagian pasir juga mengalami peningkatan sebesar 8,12 % pada umur 14 hari dan sebesar 6,39 % pada umur 28 hari dari beton normal.
2. Adapun hasil dari pengujian kuat tekan beton kombinasi limbah marmer 10 % + limbah kaca 8 % sebagai pengisi sebagian semen dan pasir mengalami peningkatan paling optimum sebesar 9,46 % pada umur 14 hari dan sebesar 7,70 % pada umur 28 hari dari beton normal. Berdasarkan dari hasil penelitian pengaruh penggunaan limbah marmer 10 % dan limbah kaca 8 % sebagai pengisi campuran beton adalah berkurangnya jumlah semen dan pasir pada campuran beton.

5.2. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan agar dapat di kembangkan lagi untuk variasi optimum limbah marmer dan limbah kaca sebagai campuran beton.
2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk kuat tarik dan kuat lentur pada beton.
3. Ketelitian sangat diperlukan dalam setiap tahap pengujian untuk memperoleh hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Testing Materials C 29 / C 29M-97. "Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate". 1997. "ASTM C 29 / C 29M-97 Berat Isi Agregat". 14: 1–4.*
- American Society of Testing Materials C 33-03. "Standard Specification for Concrete Aggregates". 2003. "ASTM C 33-03 Standar Spesifikasi Untuk Agregat Beton". 04: 1–11.*
- American Society of Testing Materials ASTM C 39 / C 39M-14. "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens". 2014. "ASTM C 39 / C 39M-14 Cara uji untuk Kekuatan tekan Spesimen Beton Silinder". : 1–7.*
- American Society for Testing Material C 117-13. "Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing". 2013. "ASTM C 117-13 Kadar Lumpur Agregat, Pencucian Agregat Halus No.200". (200) : 1–3.*
- American Society of Testing Materials C 127-88. "Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate". 1993. "ASTM C 127-88 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar". 04: 1–5.*
- American Society for Testing Material C 128-01. "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate". 2001. "ASTM C 128-01 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat". 04: 1–6.*
- American Society of Testing Materials C 131 / C 131M-14. "Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine". 2014. "ASTM C 131 / C 131M-14 Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles". : 1–5.*
- American Society for Testing Material C 136-01. "Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates". 2001. "ASTM C 136-01 Analisis Saringan Agregat". 14: 1–5.*
- American Society for Testing Material C 150-85. "Standard Specification for Portland Cement". 1985. "ASTM C 150-85 Spesifikasi Standar untuk Semen Portland". 14: 1–5.*
- American Society for Testing Material C 566-97. "Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying". 1997. "ASTM C 566-97 Kadar Air Agregat". 04: 1–3.*

- Badan Standardisasi Nasional. 2000. “SNI 03-2834-2000 : Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”.
https://www.academia.edu/8389211/Copy_of_mix_desain_sni_2000.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. “SNI 03-2847-2002 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)”.
- Badan Standardisasi Indonesia. 2004. “SNI 15-7064-2004 : Semen Portland Komposit”.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. “SNI 1970:2008 : Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus”.
- Badan Standardisasi Nasional 2008. “SNI 2417:2008 : Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles”.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. “Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)”. Yayasan LPMB, 1971.
<https://agussugiantocom.files.wordpress.com/2016/07/pbi-1971.pdf>.
- Faisal, A. (2013). “Panduan Penulisan Skripsi Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Sipil”. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- Istiqomah & Kurnia, S. (2013). “Pengaruh Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengisi Pada Beton (179S)”. *Jurnal Teknik Sipil Istiqomah & Kurnia, S.* Fakultas Pendidikan Teknik Sipil Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Jawa Barat, 2013.
<http://docplayer.info/71053717-Pengaruh-limbah-marmer-sebagai-bahan-pengisi-pada-beton-175s.html>.
- Laboratorium Beton Teknik Sipil, “Buku Pedoman Praktikum Beton”. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.
- Mehta, P. K. (1986). “Concrete, structure, properties and materials”. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Mulyono, T. (2004, 2005). “Teknologi Beton”. Penerbit: Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L. J. & Brook, K. M, (alih bahasa : Stepanus Hendarko), 1991, “Bahan dan Praktek Beton”. Penerbit: Erlangga, Jakarta.
- Setiawan. (2006). “Analisa Kuat Tekan Beton Dan Penyerapan Air Kombinasi Filler Abu Ampas Tebu Dan Botol Kaca Substitusi Pasir (Studi Penelitian)”. Skripsi Harahap, R. S. Fakultas Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2018.
- SK SNI S-04-1989-F. “Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam)”. Edited by Badan Standarisasi Nasional, 1989.

- Sugiyanto. (2000). *“Pengaruh Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton Beragregat Halus Bottom Ash”*. Skripsi Lincolen, K. Fakultas Teknik Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2017.
- Suhartini, A., Gunarti, A. S. S. & Hasan, A. (2014). *“Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton”*. *Jurnal Teknik Sipil* Suhartini, dkk. Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam 45 Bekasi, Jawa Barat, Vol. 2 No. 1 Januari 2014.
- <https://docplayer.info/56470031-Pengaruh-penambahan-tumbukan-limbah-botol-kaca-sebagai-bahan-substitusi-agregat-halus-terhadap-kuat-tekan-dan-kuat-lentur-beton.html>.
- Tjokrodinuljo, K. (1992). *“Analisis Uji Kuat Tekan Beton”*. Skripsi Azam, A. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Purwokerto, 2013.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *“Teknologi Beton”*. Penerbit: Nafiri, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K. (2007). *“Rasio Kuat Tekan Beton Berbagai Umur”*. Penerbit: Nafiri, Yogyakarta.
- Wihardi dkk. (2006). *“Penggunaan Limbah Batu Marmer Dari Gunung Batu Naitapan Kabupaten Timor Tengah Selatan Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Pada Campuran Beton”*. *Jurnal Teknik Sipil* Nauk, S. S. Fakultas Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana, Nusa Tenggara Timur, Vol. 1 No. 4 September 2012.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Tabel L1: Satu set saringan agregat halus.

Nomor Saringan	Ukuran Lubang		Keterangan
	mm	inch	
-	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 L2: Satu set saringan agregat kasar.

Nomor Saringan	Ukuran Lubang		Keterangan
	mm	inch	
-	76,20	3	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 2 (diameter agregat antara ukuran 100 mm-19 mm). Berat minimum contoh: 15 kg.
-	63,50	2,5	
-	50,80	2	
-	37,50	1,5	
-	25,00	1	
-	50,80	2	Satu set saringan untuk agregat ukuran # 467 (diameter agregat antara ukuran 50 mm-4,76 mm). Berat minimum contoh: 35 kg.
-	37,50	1,5	
-	25,00	1	
-	19,10	3/4	
-	12,50	1/2	
-	9,50	3/8	
-	4,76	-	

Tabel L2: Lanjutan.

Nomor Saringan	Ukuran Lubang		Keterangan
	mm	inch	
-	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	3/4	
-	12,50	1/2	
-	9,50	3/8	
No.4	4,76	-	
No.8	2,38	-	
-	12,50	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	3/8	
No.4	4,76	-	
No.8	2,38	-	
No.16	1,19	-	

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

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

Tabel L4: Perbandingan kekuatan beton pada beberapa benda uji.

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



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 Tel. 061-6619056

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**ANALISIS CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL LIMBAH MARMER
SEBAGAI PENGISI (*FILLER*) SEMEN DAN LIMBAH KACA SEBAGAI
PENGISI (*FILLER*) PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

NAMA : KRISNIANDA

NPM : 1507210036

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	27/2/2019	Lengkap tuluan dengan mandelap pada setiap kechpan	
2.	15/2/2019	Perbaikan dari tuluan dan uraian dalam setiap keantona	
3.	25/2/2019	Perbaikan gambar 2.6, jarak dari dan kegelaman gambar	
4.	26/2/2019	Lengkap uraian selanjutnya	

DOSEN PEMBIMBING I,

(Dr. Fahrizal Zulkarnain)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri, BA No. 3 Tel. 061-6619056

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**ANALISIS CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL LIMBAH MARMER
SEBAGAI PENGISI (*FILLER*) SEMEN DAN LIMBAH KACA SEBAGAI
PENGISI (*FILLER*) PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

NAMA : KRISNIANDA

NPM : 1507210036

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
v.	19/8/2019	Pemb. grafik & Bahan mendy the FNT bent ke lab P.	
b.	20/8/2019	Pemb. grafik, kata penguji, data Pora	
f.	31/8/2019	Ace vertice skema kem 31/8/19	

DOSEN PEMBIMBING I,

(Dr. Fahrizal Zulkarnain)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Mochtar Basri, BA No. 3 Tel. 061-6619056

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**ANALISIS CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL LIMBAH MARMER
SEBAGAI PENGISI (*FILLER*) SEMEN DAN LIMBAH KACA SEBAGAI
PENGISI (*FILLER*) PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

NAMA : KRISNIANDA

NPM : 1507210036

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	25/7 -19	<ul style="list-style-type: none">- perbaiki ukuran- perbaiki spasi- perbaiki typo error <p style="text-align: center;"><u>sub ii</u></p> <ul style="list-style-type: none">- 2.5 perencanaan pembuatan campuran → uraian ke sub iii- 2.6 : 2.7 : 2.8 uraian ke sub iii	 

DOSEN PEMBIMBING II,


(Dr. Josef Hadipramana)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Mochtar Basri, BA No. 3 Tel. 061-6619056

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**ANALISIS CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL LIMBAH MARMER
SEBAGAI PENGISI (*FILLER*) SEMEN DAN LIMBAH KACA SEBAGAI
PENGISI (*FILLER*) PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

NAMA : KRISNIANDA

NPM : 1507210036

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
3.	29/8 - 2019	Perbaiki margin bawah:	
4.	29/8 - 2019	Abstrak tentukan masalah tentukan tujuan susunlah rumusan soal bagi l.s. perbaiki	 
5	30/8 - 2019	Ace lengkap simpan!	

DOSEN PEMBIMBING II,



(Dr. Josef Hadipramana)

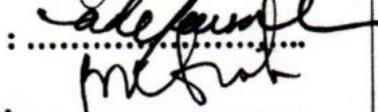
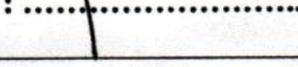
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta seminar

Nama : Krisnianda

NPM : 1507210036

Judul Tugas Akhir : Analisis Campuran Beton Dengan Material Limbah Marmer Sebagai pengisi (Filler) Semen Dan Limbah Kaca Sebagai – Pengisi (Filler) Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc	:	
Pembimbing – II	: DR.Josef Hadipraman.	:	
Pemanding – I	: DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc	:	
Pemanding – II	: Bambang Hadibroto.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 07 Muharram 1441 H
07 September 2019 M

Ketua Prodi. T Sipil


DR.Fahrizal.Zulkarnain.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Krisnianda
NPM : 1507210036
Judul T.Akhir : Analisis Campuran Beton Dengan Meterial Limbah Marmer
Sebagai Pengisi (Filler) Semen Dan Limbah Kaca Sebagai
Pengisi (Filler) Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton.

Dosen Pembimbing – I : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing – II : DR.Josef Hadipramana
Dosen Pembanding - I : DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Bambang Hadibroto.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

..... cek tapir & kempula
..... buat pembahasan ttd surat skedi camp

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

ace telah diperbaiki
adefaisal

Medan 07 Muharram 1441H
07 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil



Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding- I



DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Krisnianda
NPM : 1507210036
Judul T.Akhir : Analisis Campuran Beton Dengan Meterial Limbah Marmer Sebagai Pengisi (Filler) Semen Dan Limbah Kaca Sebagai Pengisi (Filler) Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton.

Dosen Pembimbing – I : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing – II : DR.Josef Hadipramana
Dosen Pembanding - I : DR.Ade Faisal.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Bambang Hadibroto.S.T.M.T

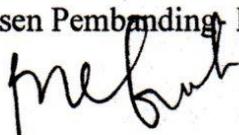
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Perbaiki buku laporan rumus dgn Mr. Egnahon
 - Perbaiki buku laporan yg diambil ulas n bahas G
 - I helo ungs di utuk kisi p m
 - Perbaiki daftar portafolio
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
 - Ace utuk di sidangnya.
 - 11.09.2019
 - 09
 - Bambang Hadibroto

Medan 07 Muharram 1441H
07 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil


Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding - II

Bambang Hadibroto.S.T.M.T



LABORATORIUM BETON
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FALKUTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
 JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



SIEVE ANALYSIS TEST (Percobaan Analisa Saringan) ASTM C 136	LAB No. (No. Surat) : Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan bahan) : 21 Januari 2019
	TASTING DATE (Tgl. Percobaan) : 22 Januari 2019

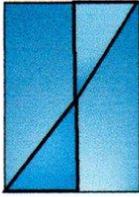
SOURCES OF SAMPLE (Asal contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	FINE AGGREGATE (AGREGAT HALUS)
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

SIEVE SIZE	Individu Ret (Berat Tertahan)			Retained (% Berat Tertahan)	Cum Ret (% Kum Berat Tertahan)	Cum Passing (%Berat yg Lolos)	Grading Limits (%Passing Spesifikasi)	
	(Gr)						(%)	(%)
	Sampel 1	Sampel 2	Total	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
NO.4	30	55	85	4,06	4.06	95.94	90	100
NO.8	80	88	168	8,02	12.07	87.93	75	100
NO.16	160	156	316	15,08	27.15	72.85	55	90
NO.30	289	285	574	27,39	54.53	45.47	35	59
NO.50	241	275	516	24,62	79.15	20.85	8	30
NO.100	165	197	362	17,27	96.42	3.58	0	5
PAN	35	40	75	3,58	100.00	0.00	0	0
TOTAL	1000	1096			373.38			

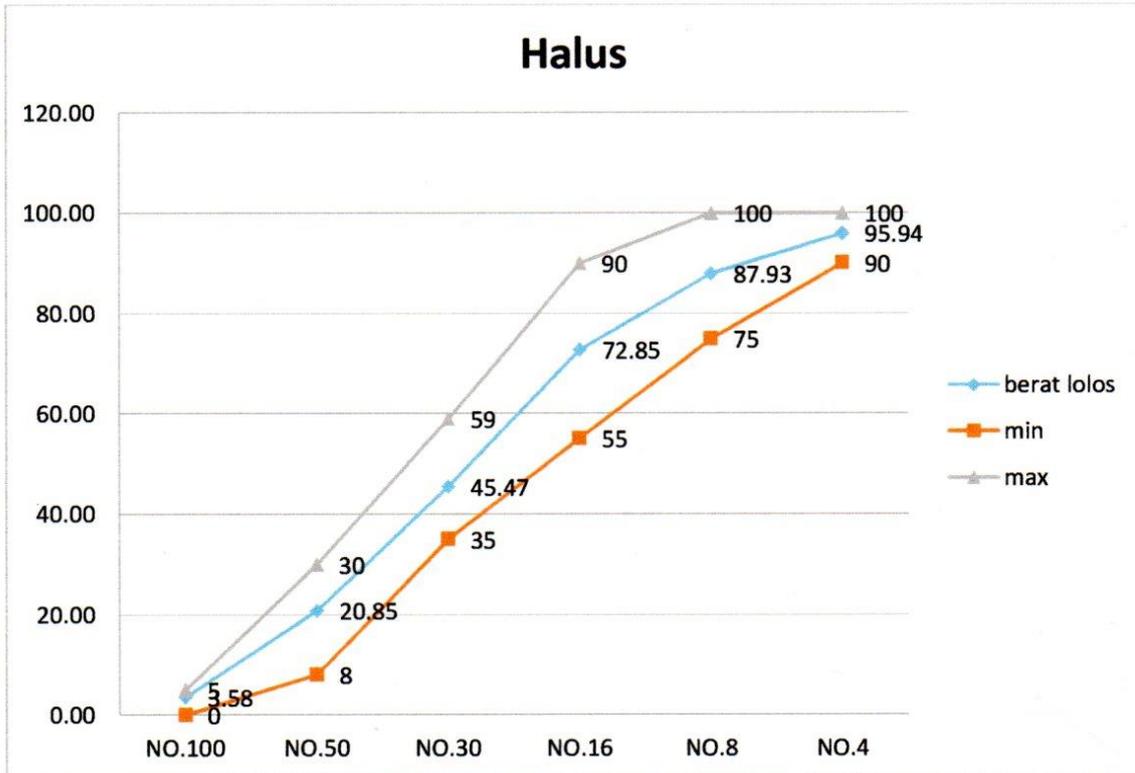
FM (Modulus Kehalusan)	$373.38/100 = 2.73 \%$
Wt. of Oven Dry Sample	2096 Gr

Medan, 15 Juli 2019
 DIPERIKSA OLEH
 KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)

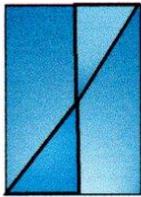


SIEVE ANALYSIS TEST (Percobaan Analisa Saringan) ASTM C 136	LAB No. (No. Surat)	: Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE	
	(Tgl. Pengambilan bahan)	: 21 Januari 2019
	TASTING DATE	
	(Tgl. Percobaan)	: 22 Januari 2019



Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



SIEVE ANALYSIS TEST (Percobaan Analisa Saringan) ASTM C 136	LAB No. (No. Surat)	: Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE	
	(Tgl. Pengambilan bahan)	: 21 Januari 2019
	TASTING DATE	
	(Tgl. Percobaan)	: 22 Januari 2019

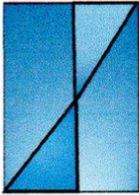
SOURCES OF SAMPLE (Asal contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	COARSE AGGREGATE (AGREGAT KASAR)
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

SIEVE SIZE	Individu Ret (Berat Tertahan)			Retained (% Berat Tertahan)	Cum Ret (% Kum Berat Tertahan)	Cum Passing (%Berat yg Lolos)	Grading Limits (%Passing Spesifikasi)	
	(Gr)						(%)	(%)
	Sampel 1	Sampel 2	Total					
1.5"	132	87	219	4.25	4.25	95.75	95	100
3/4	1320	1060	2380	46.22	50.48	49.52	30	70
3/8	500	664	1164	22.61	73.08	26.92	10	35
NO.4	648	738	1386	26.92	100.00	0.00	0.00	5
TOTAL	2600	2549						

FM (Modulus Kehalusan)	$727.81/100 = 7.28 \%$
Wt. of Oven Dry Sample	5149 Gr

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



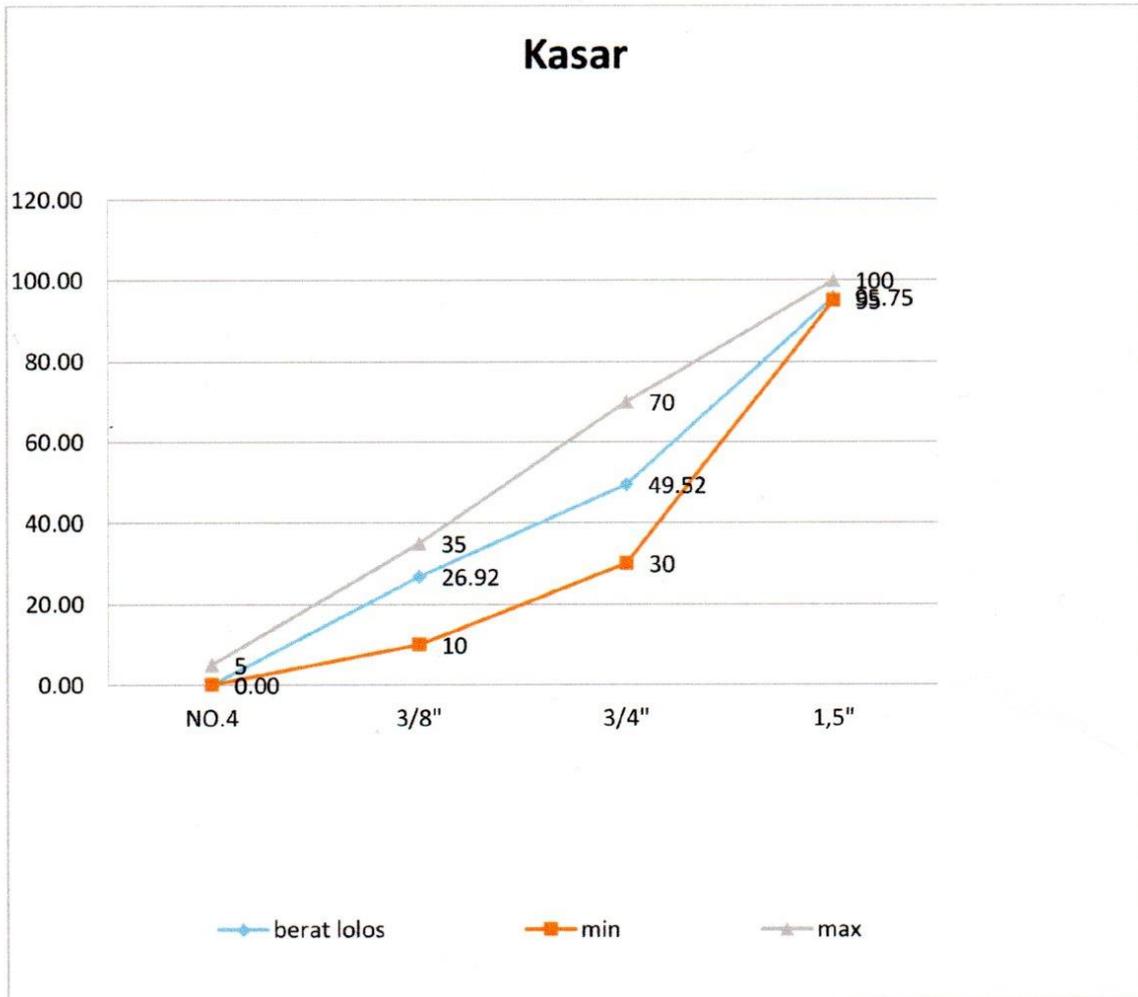
LABORATORIUM BETON

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

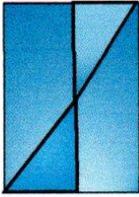


SIEVE ANALYSIS TEST (Percobaan Analisa Saringan) ASTM C 136	LAB No. (No. Surat)	: Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE	
	(Tgl. Pengambilan bahan)	: 21 Januari 2019
	TASTING DATE	
	(Tgl. Percobaan)	: 22 Januari 2019



Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



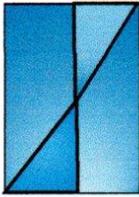
SPECIFIC GRAVITY OF FINE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Halus dan Absorsi) ASTM C 127	LAB No. (No. Surat) : Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan bahan) : 21 Januari 2019
	TASTING DATE (Tgl. Percobaan) : 22 Januari 2019

SOURCES OF SAMPLE (Asal contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	FINE AGGREGATE (AGREGAT HALUS)
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

<i>Fine Agregat (Agregat Halus)</i> <i>Passing No.4 (Lolos Ayakan No.4)</i>	01	02	AVE (Rata-Rata)
Wt. of SSD Sample in Air (Berat contoh (SSD) Kering Permukaan Jenuh) (B) gr	500	500	500
Wt. of SSD Sample in Air (Berat contoh (SSD) Kering oven (110°C) Sampai Konstan) (E) gr	494	489	491.95
Wt. of Flask + Water (berat piknometer penuh air) (D) gr	697	681	648
Wt. of Flask + Water + Sample (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C) gr	988	990	989
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2.48	2.56	2.52
Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2.51	2.62	2.57
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2.56	2.72	2.64
Absorption $[(B - E) / E] x 100 \%$	1.21	2.25	1.73

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



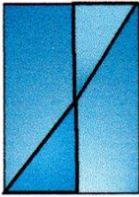
SPECIFIC GRAVITY OF COARSE AGGREGATES & ABSORPTION TEST (Percobaan Berat Jenis Agregat Kasar dan Absorsi) ASTM C 127	LAB No. (No. Surat)	: Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE	
	(Tgl. Pengambilan bahan)	: 21 Januari 2019
	TASTING DATE	
	(Tgl. Percobaan)	: 22 Januari 2019

SOURCES OF SAMPLE (Asal contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	COARSE AGGREGATE (AGREGAT KASAR)
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

Coarse Agregat (Agregat kasar) Passing 1.5" (Lolos Ayakan 1.5")	01	02	AVE (Rata-Rata)
Wt. of SSD Sample in Air (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A) gr	2500	2500	2500
Wt. of Oven Dry Sample (Berat contoh (SSD) kering oven (110oC) Sampai Konstan) (C) gr	2485	2479	2482
Wt of SSD sample in Water (Berat Contoh (SSD) di dalam air) (B) gr	1575	1570	1572.5
Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) $C / (A - B)$	2.69	2.67	2.68
Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD) $A / (A - B)$	2.70	2.69	2.70
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contohsemu) $C / (C - B)$	2.73	2.73	2.73
Absorption $[(A - C) / C] x 100 \%$	0.60	0.85	0.72

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



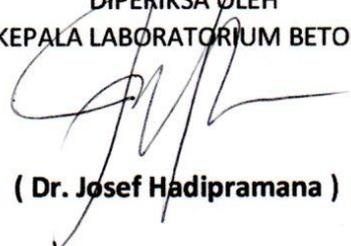
WATER CONTENT TEST (Percobaan Kadar Air) ASTM C 566	LAB No. (No. Surat)	: Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE	
	(Tgl. Pengambilan bahan)	: 21 Januari 2019
	TASTING DATE	
	(Tgl. Percobaan)	: 22 Januari 2019

SOURCES OF SAMPLE (Asal contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	FINE AGGREGATE AND COARSE AGGREGATE
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

FINE AGREGAT (AGREGAT HALUS)	1	2
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah) W1 gr	634	634
Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering oven & berat wadah) W2 gr	622	624
Wt of Mold (Berat wadah) gr	134	134
Wt of Water (Berat air) gr	12	10
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering) gr	488	490
Water Content	2.40	2.04
Average	2.22	

COARSE AGREGAT (AGREGAT KASAR)	1	2
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah) gr	1157	1140
Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering oven & berat wadah) gr	1148	1132
Wt of Mold (Berat wadah) gr	157	140
Wt of Water (Berat air) gr	9	8
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering) gr	991	992
Water Content	0.91	0.81
Average	0.86	

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)

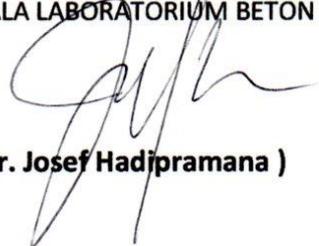


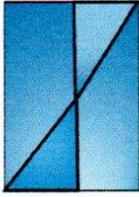
PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

SOURCES OF SAMPLE <i>(Asal contoh)</i>	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE <i>(Gambaran Contoh)</i>	FINE AGGREGATE <i>(AGREGAT HALUS)</i>
PURPOSE OF MATERIAL <i>(Guna Material)</i>	MIX DESIGN

Agregat Halus Lolos Saringan No 4 mm	Contoh I	Contoh II	Rata-Rata
Berat Kering : A (gr)	500	500	500
Berat Kering Contoh Setelah dicuci : B (gr)	488	482	485
Berat kotoran Agregat Lolos Saringan (No.20) Setelah dicuci : C (gr)	12	18	15
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan (No.200) Setelah dicuci (%)	2.4	3.6	3

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)

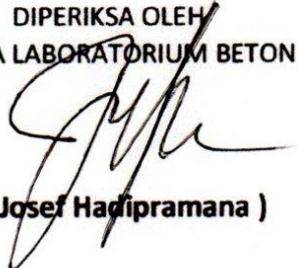


PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT KASAR

SOURCES OF SAMPLE (Asal contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	COARSE AGGREGATE (AGREGAT KASAR)
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

Agregat Kasar Lolos Saringan No 1.5"	Contoh I	Contoh II	Rata-Rata
Berat Kering : A (gr)	1500	1500	1500
Berat Kering Contoh Setelah dicuci : B (gr)	1488	1486	1487
Berat kotoran Agregat Lolos Saringan (No.20) Setelah dicuci : C (gr)	12	13	12,5
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan (No.200) Setelah dicuci (%)	0.80	0,87	0.83

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



UNIT WEIGHT AGGREGATE TEST (Percobaan Berat Isi Agregat) ASTM C 29	LAB No. (No. Surat)	: Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE	
	(Tgl. Pengambilan bahan)	: 21 Januari 2019
	TASTING DATE	
	(Tgl. Percobaan)	: 22 Januari 2019

SOURCES OF SAMPLE (Asal contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	FINE AGGREGATE (AGREGAT HALUS)
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

FINE AGGREGATE (AGREGAT HALUS)

NO	TEST NO.			01	02	03
01	Wt. of Sample & Mold (Berat Contoh & Wadah)		Gr	17621	17760	18100
02	Wt. of Mold (Berat Wadah)		Gr	5400	5400	5400
03	Wt. of Sample (Berat Contoh)	1-2	Gr	12221	12396	12700
04	Vol. of Mold (Volume Wadah)		cm ³	10861.71	10861.71	10861.71
05	Unit Weight (Berat Isi)	3/4	Gr/cm ³	1.13	1.14	1.17
06	Average (Rata-rata)		Gr/cm ³	1.15		

Medan, 15 Juli 2019

DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



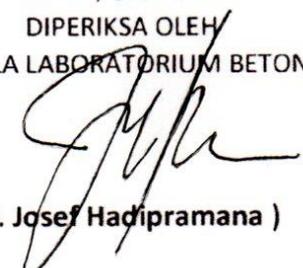
UNIT WEIGHT AGGREGATE TEST (Percobaan Berat Isi Agregat) ASTM C 29	LAB No. (No. Surat) : Lab. Beton UMSU
	SAMPLING DATE (Tgl. Pengambilan bahan) : 21 Januari 2019
	TASTING DATE (Tgl. Percobaan) : 22 Januari 2019

SOURCES OF SAMPLE (Asal contoh)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (Gambaran Contoh)	COARSE AGGREGATE (AGREGAT KASAR)
PURPOSE OF MATERIAL (Guna Material)	MIX DESIGN

COARSE AGGREGATE (AGREGAT KASAR)

NO	TEST NO.			01	02	03
01	Wt. of Sample & Mold (Berat Contoh & Wadah)		Gr	32567	35487	35521
02	Wt. of Mold (Berat Wadah)		Gr	6400	6400	6400
03	Wt. of Sample (Berat Contoh)	1-2	Gr	26167	29087	29121
04	Vol. of Mold (Volume Wadah)		cm ³	15645.21	15645.21	15645.21
05	Unit Weight (Berat Isi)	3/4	Gr/cm ³	1.67	1.86	1.54
06	Average (Rata-rata)		Gr/cm ³	1.69		

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



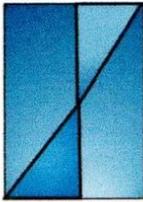
ABRASION TEST BY LOS ANGELES MACHINE (Kehausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles) SNI 2417-2008	LAB No. (<i>No. Surat</i>) : Lab. Beton UMSU
	<i>SAMPLING DATE</i> (<i>Tgl. Pengambilan bahan</i>) : 21 Januari 2019
	<i>TASTING DATE</i> (<i>Tgl. Percobaan</i>) : 22 Januari 2019

SOURCES OF SAMPLE (<i>Asal contoh</i>)	BINJAI
DESCRIPTION OF SAMPLE (<i>Gambaran Contoh</i>)	COARSE AGGREGATE (<i>AGREGAT KASAR</i>)
PURPOSE OF MATERIAL (<i>Guna Material</i>)	MIX DESIGN

Ukuran Saringan Tertahan	Berat awal (gr)	Berat Akhir (gr)
(1/2 inci)	2500	1135
(3/8 inci)	2500	1252
(No.4)	-	944
(No.8)	-	348
(No.16)	-	-
(No.30)	-	-
(No.50)	-	-
(No.100)	-	-
PAN	-	175
Total	5000	3850
	Berat lolos saringan No.12	1151
	<i>Abrasion</i> (Kehausan) %	23,00 %

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



Proyek	: Penelitian Tugas Akhir	Mutu Rencana	: 20 Mpa
Jenis Pengujian Beton	: Pengujian Kuat Tekan	Benda Uji	: Silinder 15 x 30 cm
Pemilik Benda Uji	: Krisnianda	A	: 176,71 cm ²

Tgl.Cetak : 15 Maret 2019		Tgl.Uji : 29 Maret 2019				
Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari						
Nomor Benda Uji	Beban Tekan (P) (kg)	fc'=(P/A) (MPa)	Fc' Estimasi 28 hari	Slump (cm)	Berat (Kg)	
					Cetak	Uji
1	43500	24,62	27,97	3.8	12734	12824
2	33000	18,67	21.22		12666	12745
3	34500	19,52	22.19		13029	13116
Rata-rata		20,94	23,79			

Tgl.Cetak : 15 Maret 2019		Tgl.Uji : 29 Maret 2019				
Kuat Tekan Beton Limbah Marmor 10 % Umur 14 Hari						
Nomor Benda Uji	Beban Tekan (P) (kg)	fc'=(P/A) (MPa)	Fc' Estimasi 28 hari	Slump (cm)	Berat (Kg)	
					Cetak	Uji
1	36000	20,37	23,15	4	12492	12578
2	40500	22,92	26.04		13021	13104
3	42000	23,77	27.01		12804	12893
Rata-rata		22,35	25,40			

Tgl.Cetak : 15 Maret 2019		Tgl.Uji : 29 Maret 2019				
Kuat Tekan Beton Limbah Kaca 8 % Umur 14 Hari						
Nomor Benda Uji	Beban Tekan (P) (kg)	fc'=(P/A) (MPa)	Fc' Estimasi 28 hari	Slump (cm)	Berat (Kg)	
					Cetak	Uji
1	45000	25,47	28,94	3,5	12912	12998
2	42000	23,77	27.01		12645	12725
3	33000	18,67	21.22		12305	12394
Rata-rata		22,64	25,72			

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



Proyek : Penelitian Tugas Akhir	Mutu Rencana : 20 Mpa
Jenis Pengujian Beton : Pengujian Kuat Tekan Beton	Benda Uji : Silinder 15 x 30 cm
Pemilik Benda Uji : Krisnianda	A : 176,71 cm ²

Tgl.Cetak : 15 Maret 2019		Tgl.Uji : 29 Maret 2019				
Kuat Tekan Beton Limbah Marmer 10 % + Limbah Kaca 8 % Umur 14 Hari						
Nomor Benda Uji	Beban Tekan (P) (kg)	fc'=(P/A) (MPa)	Fc' Estimasi 28 hari	Slump (cm)	Berat (Kg)	
					Cetak	Uji
1	33000	18,67	21,22	4,5	12111	12226
2	42000	23,77	27.01		12587	12684
3	46500	26,31	29.90		12740	12830
	Rata-rata	22,92	26,04			

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FALKUTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



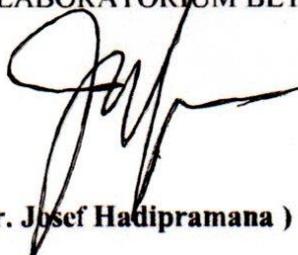
Proyek	: Penelitian Tugas Akhir	Mutu Rencana	: 20 Mpa
Jenis Pengujian Beton	: Pengujian Kuat Tekan Beton	Benda Uji	: Silinder 15 x 30 cm
Pemilik Benda Uji	: Krisnianda	A	: 176,71 cm ²

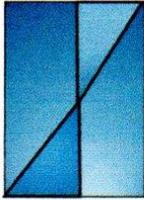
Tgl.Cetak : 16 Maret 2019		Tgl.Uji : 13 April 2019				
Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari						
Nomor Benda Uji	Beban Tekan (P) (kg)	fc'=(P/A) (MPa)	Fc' Estimasi 28 hari	Slump (cm)	Berat (Kg)	
					Cetak	Uji
1	42000	23,77	23,77	4	12868	12928
2	45000	25,47	25,47		13074	13129
3	30000	16,98	16,98		13025	13087
Rata-rata		22,07	22,07			

Tgl.Cetak : 16 Maret 2019		Tgl.Uji : 13 April 2019				
Kuat Tekan Beton Limbah Marmer 10 % Umur 28 Hari						
Nomor Benda Uji	Beban Tekan (P) (kg)	fc'=(P/A) (MPa)	Fc' Estimasi 28 hari	Slump (cm)	Berat (Kg)	
					Cetak	Uji
1	40500	22,92	22,92	3,5	12889	12944
2	39000	22,07	22,07		12972	13030
3	43500	24,62	24,62		12669	12726
Rata-rata		23,20	23,20			

Tgl.Cetak : 16 Maret 2019		Tgl.Uji : 13 April 2019				
Kuat Tekan Beton Limbah Kaca 8 % Umur 28 Hari						
Nomor Benda Uji	Beban Tekan (P) (kg)	fc'=(P/A) (MPa)	Fc' Estimasi 28 hari	Slump (cm)	Berat (Kg)	
					Cetak	Uji
1	49500	28,01	28,01	3,7	12882	12944
2	39000	22,07	22,07		12717	12774
3	36000	20,37	20,37		12960	13028
Rata-rata		23,48	23,48			

Medan, 15 Juli 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



LABORATORIUM BETON

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FALKUTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238



Proyek	: Penelitian Tugas Akhir	Mutu Rencana	: 20 Mpa
Jenis Pengujian Beton	: Pengujian Kuat Tekan	Benda Uji	: Silinder 15 x 30 cm
Pemilik Benda Uji	: Krisnianda	A	: 176,71 cm ²

Tgl.Cetak : 16 Maret 2019		Tgl.Uji : 13 April 2019				
Kuat Tekan Beton Limbah Marmer 10 % + Limbah Kaca 8 % Umur 28 Hari						
Nomor Benda Uji	Beban Tekan (P) (kg)	fc'=(P/A) (MPa)	Fc' Estimasi 28 hari	Slump (cm)	Berat (Kg)	
					Cetak	Uji
1	51000	28,86	28,86	5,5	12862	12918
2	39000	22,07	22,07		12980	13034
3	36000	20,37	20,37		13016	13076
	Rata-rata	23,77	23,77			

Medan, 15 Juli 2019

DIPERIKSA OLEH

KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)

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



Gambar L1: Pengambilan material untuk dicuci.



Gambar L2: Pencucian agregat yang akan digunakan.



Gambar L3: Penjemuran agregat yang akan digunakan.



Gambar L4: Pengayakan agregat yang akan digunakan.



Gambar L5: Agregat kasar yang sudah di ayak.



Gambar L6: Agregat halus yang sudah di ayak.



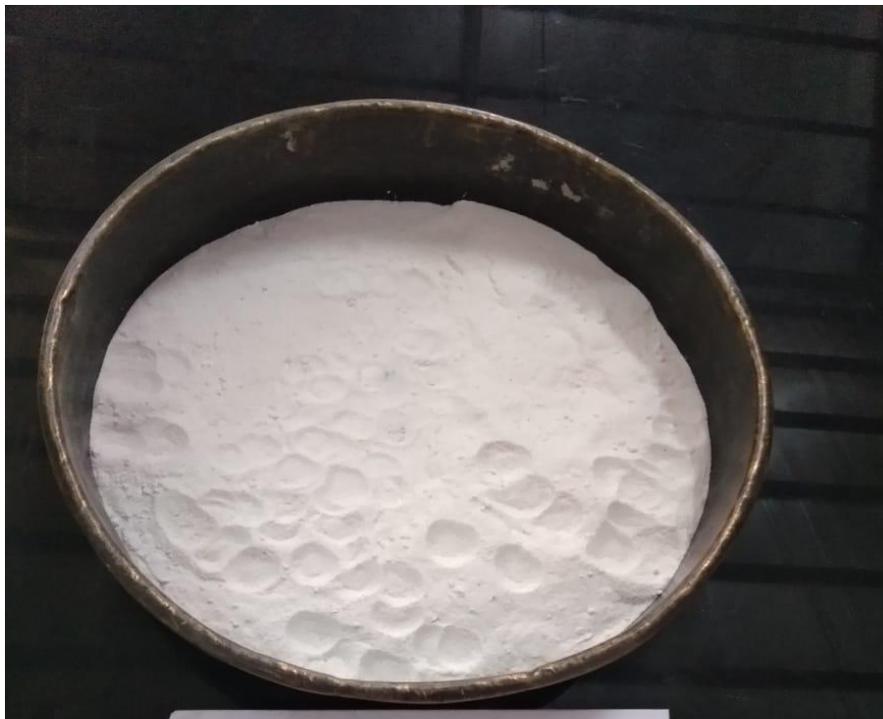
Gambar L7: Penimbangan agregat yang akan digunakan.



Gambar L8: Pengambilan limbah marmer dan limbah kaca yang sudah di saring.



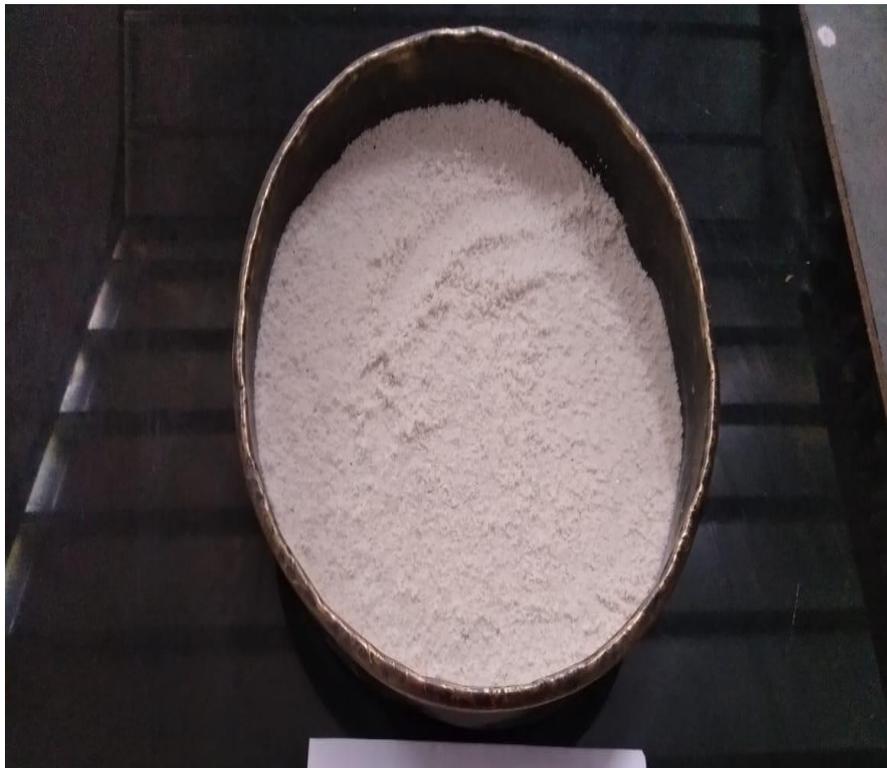
Gambar L9: Limbah marmer sebelum ditumbuk.



Gambar L10: Limbah marmer sesudah ditumbuk dan disaring menggunakan saringan No.200.



Gambar L11: Limbah kaca sebelum ditumbuk.



Gambar L12: Limbah kaca sesudah ditumbuk dan disaring menggunakan saringan No.30 tertahan di saringan No.50.



Gambar L13: Pencampuran bahan didalam molen.



Gambar L14: Cetakan silinder 15 cm × 30 cm.



Gambar L15: Pengujian *slump test*.



Gambar L16: Beton yang sudah kering untuk direndam selama 14 hari.



Gambar L17: Beton yang sudah kering untuk direndam selama 28 hari.



Gambar L18: Beton direndam selama waktu yang telah direncanakan.



Gambar L19: Proses pengujian kuat tekan beton dengan mesin compression testing.



Gambar L20: Hasil pengujian kuat tekan beton.



Gambar L21: Beton 14 hari setelah di uji kuat tekan.



Gambar L22: Beton 28 hari setelah di uji kuat tekan.



Gambar L23: *Slump test* beton normal 14 hari sebesar 3,8 cm.



Gambar L24: *Slump test* beton marmer 10% 14 hari sebesar 4 cm.



Gambar L25: *Slump test* beton kaca 8% 14 hari sebesar 3,5 cm.



Gambar L26: *Slump test* beton marmer 10% + kaca 8% 14 hari sebesar 4,5 cm.



Gambar L27: Beton normal pertama sebelum direndam 14 hari.



Gambar L28: Beton normal kedua sebelum direndam 14 hari.



Gambar L29: Beton normal ketiga sebelum direndam 14 hari.



Gambar L30: Beton marmer pertama sebelum direndam 14 hari.



Gambar L31: Beton marmer 10% kedua sebelum direndam 14 hari.



Gambar L32: Beton marmer 10% ketiga sebelum direndam 14 hari.



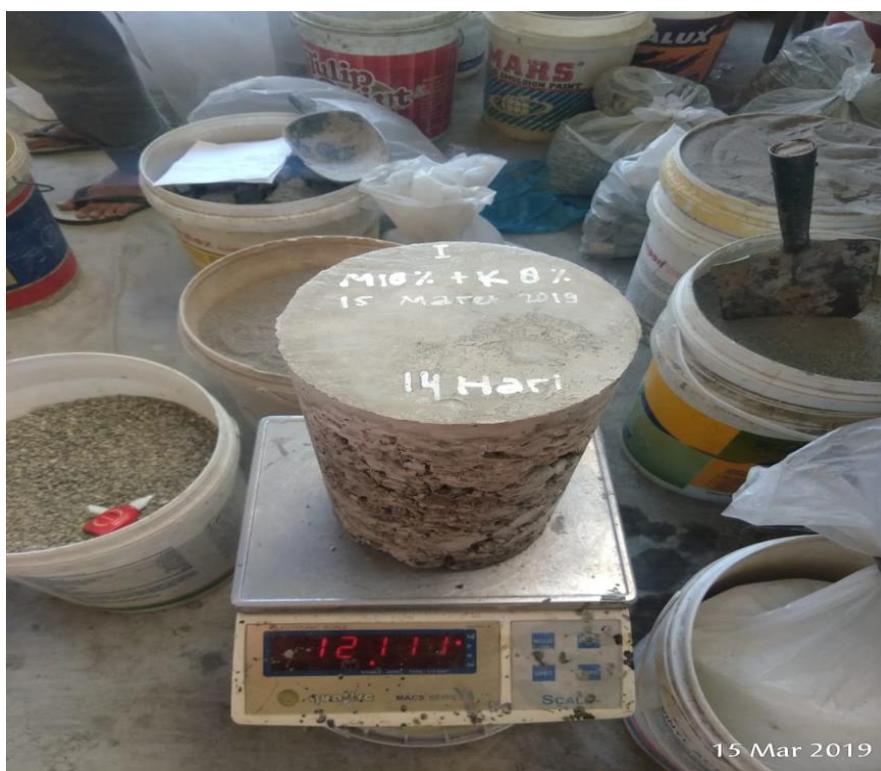
Gambar L33: Beton kaca 8% pertama sebelum direndam 14 hari.



Gambar L34: Beton kaca 8% kedua sebelum direndam 14 hari.



Gambar L35: Beton kaca 8% ketiga sebelum direndam 14 hari.



Gambar L36: Beton marmer 10 % + kaca 8% pertama sebelum direndam 14 hari.



Gambar L37: Beton marmer 10 % + kaca 8% kedua sebelum direndam 14 hari.



Gambar L38: Beton marmer 10 % + kaca 8% ketiga sebelum direndam 14 hari.



Gambar L39: Beton normal pertama sesudah direndam 14 hari.



Gambar L40: Beton normal kedua sesudah direndam 14 hari.



Gambar L41: Beton normal ketiga sesudah direndam 14 hari.



Gambar L42: Beton marmer 10% pertama sesudah direndam 14 hari.



Gambar L43: Beton marmer 10% kedua sesudah direndam 14 hari.



Gambar L44: Beton marmer 10% ketiga sesudah direndam 14 hari.



Gambar L45: Beton kaca 8% pertama sesudah direndam 14 hari.



Gambar L46: Beton kaca 8% kedua sesudah direndam 14 hari.



Gambar L47: Beton kaca 8% ketiga sesudah direndam 14 hari.



Gambar L48: Beton marmer 10% + kaca 8% pertama sesudah direndam 14 hari.



Gambar L49: Beton marmer 10% + kaca 8% kedua sesudah direndam 14 hari.



Gambar L50: Beton marmer 10% + kaca 8% ketiga sesudah direndam 14 hari.



Gambar L51: Kuat tekan pertama beton normal 14 hari sebesar 43500 kg.



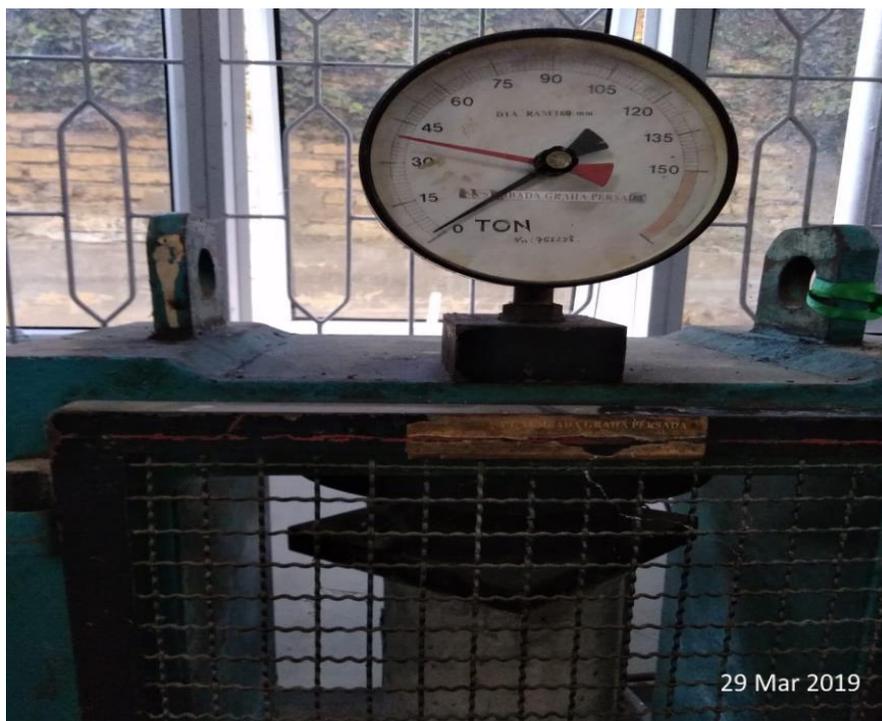
Gambar L52: Kuat tekan kedua beton normal 14 hari sebesar 33000 kg.



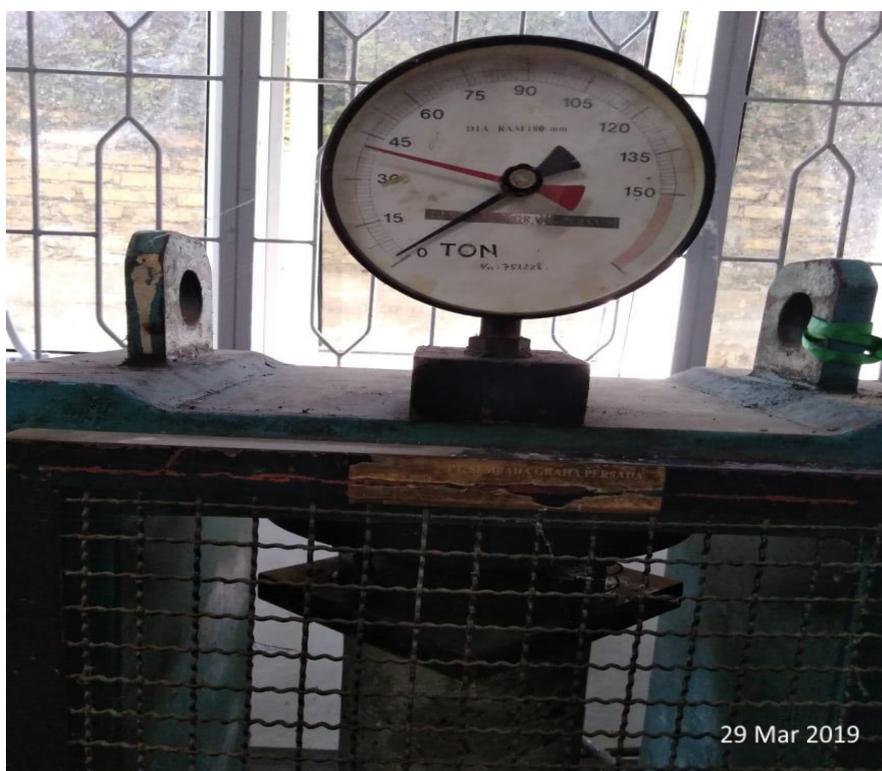
Gambar L53: Kuat tekan ketiga beton normal 14 hari sebesar 34500 kg.



Gambar L54: Kuat tekan pertama beton marmer 10% 14 hari sebesar 36000 kg.



Gambar L55: Kuat tekan kedua beton marmer 10% 14 hari sebesar 40500 kg.



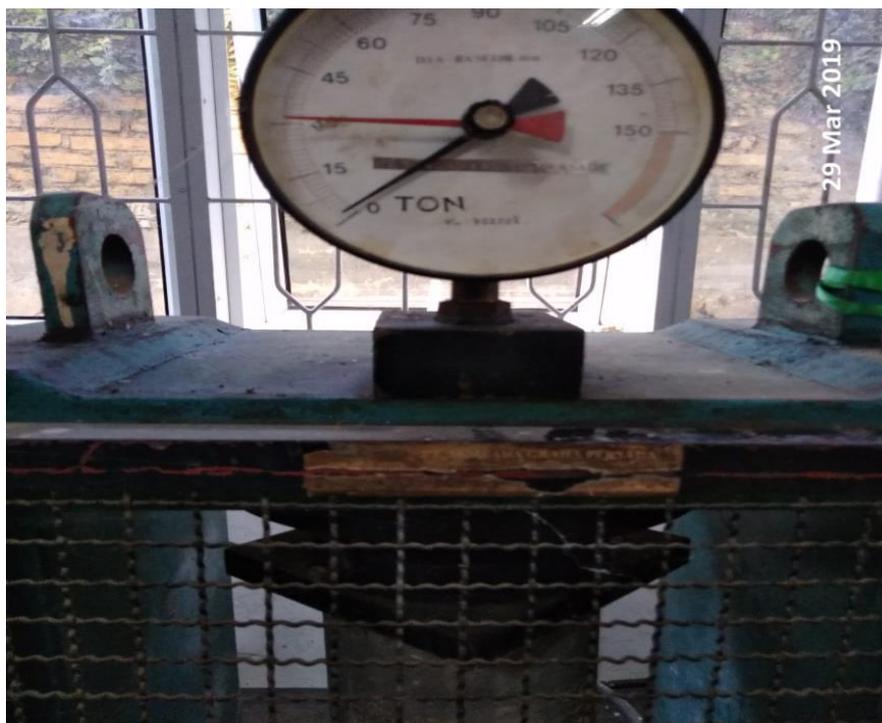
Gambar L56: Kuat tekan ketiga beton marmer 10% 14 hari sebesar 42000 kg.



Gambar L57: Kuat tekan pertama beton kaca 8% 14 hari sebesar 45000 kg.



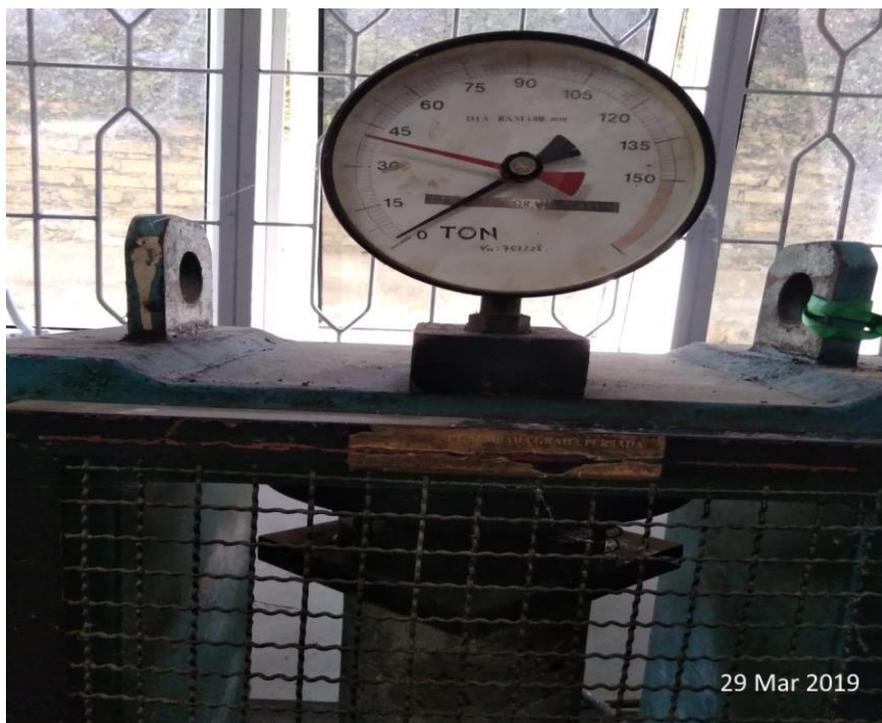
Gambar L58: Kuat tekan kedua beton kaca 8% 14 hari sebesar 42000 kg.



Gambar L59: Kuat tekan ketiga beton kaca 8% 14 hari sebesar 33000 kg.



Gambar L60: Kuat tekan pertama beton marmer 10% + kaca 8% 14 hari sebesar 33000 kg.



Gambar L61: Kuat tekan kedua beton marmer 10% + kaca 8% 14 hari sebesar 42000 kg.



Gambar L62: Kuat tekan ketiga beton marmer 10% + kaca 8% 14 hari sebesar 46500 kg.



Gambar L63: *Slump test* beton normal 28 hari sebesar 4 cm.



Gambar L64: *Slump test* beton marmer 10% 28 hari sebesar 4 cm.



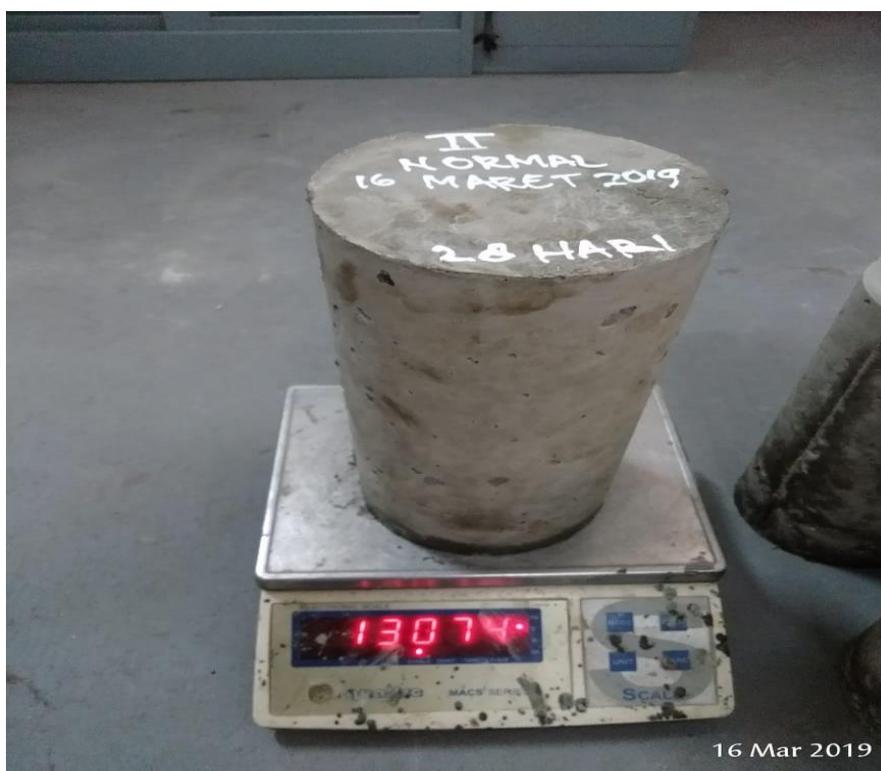
Gambar L65: *Slump test* beton kaca 8% 28 hari sebesar 3,7 cm.



Gambar L66: *Slump test* beton marmer 10% + kaca 8% 28 hari sebesar 5,5 cm.



Gambar L67: Beton normal pertama sebelum direndam 28 hari.



Gambar L68: Beton normal kedua sebelum direndam 28 hari.



Gambar L69: Beton normal ketiga sebelum direndam 28 hari.



Gambar L70: Beton marmer 10% pertama sebelum direndam 28 hari.



Gambar L71: Beton marmer 10% kedua sebelum direndam 28 hari.



Gambar L72: Beton marmer 10% ketiga sebelum direndam 28 hari.



Gambar L73: Beton kaca 8% pertama sebelum direndam 28 hari.



Gambar L74: Beton kaca 8% kedua sebelum direndam 28 hari.



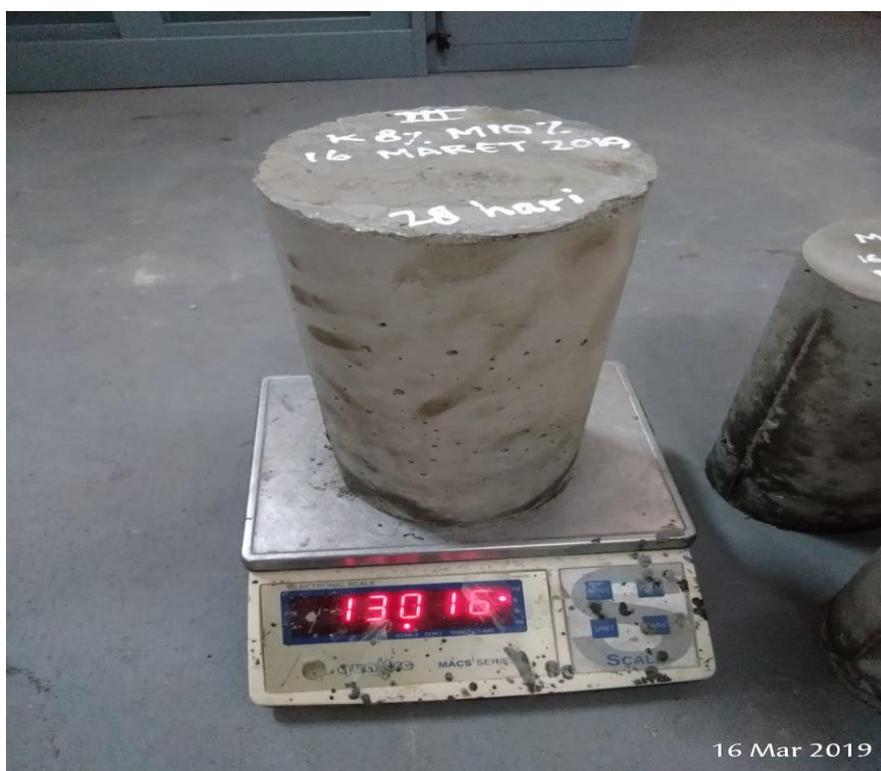
Gambar L75: Beton kaca 8% ketiga sebelum direndam 28 hari.



Gambar L76: Beton marmer 10% + kaca 8% pertama sebelum direndam 28 hari.



Gambar L77: Beton marmer 10% + kaca 8% kedua sebelum direndam 28 hari.



Gambar L78: Beton marmer 10% + kaca 8% ketiga sebelum direndam 28 hari.



Gambar L79: Beton normal pertama sesudah direndam 28 hari.



Gambar L80: Beton normal kedua sesudah direndam 28 hari.



Gambar L81: Beton normal ketiga sesudah direndam 28 hari.



Gambar L82: Beton marmer 10% pertama sesudah direndam 28 hari.



Gambar L83: Beton marmer 10% kedua sesudah direndam 28 hari.



Gambar L84: Beton marmer 10% ketiga sesudah direndam 28 hari.



Gambar L85: Beton kaca 8% pertama sesudah direndam 28 hari.



Gambar L86: Beton kaca 8% kedua sesudah direndam 28 hari.



Gambar L87: Beton kaca 8% ketiga sesudah direndam 28 hari.



Gambar L88: Beton marmer 10% + kaca 8% pertama sesudah direndam 28 hari.



Gambar L89: Beton marmer 10% + kaca 8% kedua sesudah direndam 28 hari.



Gambar L90: Beton marmer 10% + kaca 8% ketiga sesudah direndam 28 hari.



Gambar L91: Kuat tekan pertama beton normal 28 hari sebesar 42000 kg.



Gambar L92: Kuat tekan kedua beton normal 28 hari sebesar 45000 kg.



Gambar L93: Kuat tekan ketiga beton normal 28 hari sebesar 30000 kg.



Gambar L94: Kuat tekan pertama beton marmer 10% 28 hari sebesar 40500 kg.



Gambar L95: Kuat tekan kedua beton marmer 10% 28 hari sebesar 39000 kg.



Gambar L96: Kuat tekan ketiga beton marmer 10% 28 hari sebesar 43500 kg.



Gambar L97: Kuat tekan pertama beton kaca 8% 28 hari sebesar 49500 kg.



Gambar L98: Kuat tekan kedua beton kaca 8% 28 hari sebesar 39000 kg.



Gambar L99: Kuat tekan ketiga beton kaca 8% 28 hari sebesar 36000 kg.



Gambar L100: Kuat tekan pertama beton marmer 10% + kaca 8% 28 hari sebesar 51000 kg.



Gambar L101: Kuat tekan kedua beton marmer 10% + kaca 8% 28 hari sebesar 39000 kg.



Gambar L102: Kuat tekan ketiga beton marmer 10% + kaca 8% 28 hari sebesar 36000 kg.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Krisnianda
Panggilan : Kris
Tempat, Tanggal Lahir : Sambirejo Timur, 15 Desember 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jl. Sempurna Psr. 7 Dusun I-Melati Gg. Melati 3
Agama : Islam
No. Hp : 085761887611
E-mail : krisnianda_engineering@yahoo.com
Nama Orang Tua
Ayah : Sutrisno (alm)
Ibu : Legiatik

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1507210036
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 Tepat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD Negeri 104204	2009
2	SMP	SMP Negeri 2 Percut Sei Tuan	2012
3	SMK	SMK Negeri 1 Percut Sei Tuan	2015
4	Melanjutkan Kuliah Di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015 Hingga Selesai		

