

TUGAS AKHIR

**ANALISA CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL
LIMBAH MARMER SEBAGAI PENGISI PASIR DAN ABU
AMPAS TEBU SEBAGAI PENGISI SEMEN
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

ALAMSYAH PUTRA MUNTHE

1507210009



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



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mucthar Basri No.3 Medan 20238 (061) 6622400

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Alamsyah Putra Munthe
NPM : 1507210009
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa campuran beton dengan material limbah marmer sebagai pengisi pasir dan abu ampas tebu sebagai pengisi semen (Studi Penelitian)

Bidang ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing I

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing II

Sri Prafanji, S.T., M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Alamsyah Putra Munthe

NPM : 1507210009

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa campuran beton dengan material limbah marmer sebagai pengisi pasir dan abu ampas tebu sebagai pengisi semen (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing II / Penguji



Sri Prafanti, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing I / Penguji



Dr. Josef Hadipramana

Dosen Pembimbing II / Penguji



Tondi Amirsyah Putera, 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 : Alamsyah Putra Munthe

Tempat /Tanggal Lahir: Karo, 1 Juli 1995

NPM : 1507210009

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisa campuran beton dengan material limbah marmer sebagai pengisi pasir dan abu ampas tebu sebagai pengisi semen”

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

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

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

Medan, September 2019

Saya yang menyatakan,



Alamsyah Putra Munthe

ABSTRAK

ANALISA CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL LIMBAH MARMER SEBAGAI PENGISI PASIR DAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI PENGISI SEMEN

Alamsyah Putra Munthe

1507210009

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Sri Prafanti.ST.M.T.

Marmer memiliki unsur kimia utama yaitu Silikon Dioksida/Silika (SiO_2), Kalsium Oksida (CaO) dan Magnesium Oksida (MgO). Sementara itu abu ampas tebu memiliki kandungan yang sama dengan bahan utama pembentuk semen portland yaitu Silika (SiO_2) dan Ferrit (Fe_2O_3) yang dapat meningkatkan kuat tekan beton. Akhir-akhir ini penggunaan limbah sering dimanfaatkan sebagai bahan pengisi pada campuran beton. Karakteristik kandungan marmer dan abu ampas tebu yang cukup tinggi menjadi dasar penggunaan marmer dan abu ampas tebu sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Bahan pengisi menggunakan marmer dan abu ampas tebu merupakan salah satu upaya menjadikan beton lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas yang dihasilkan dari limbah marmer dan abu ampas tebu terhadap kuat tekan beton dan untuk mengetahui seberapa besar kontribusinya terhadap kekuatan beton. Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa dengan benda uji kubus sisi 15 cm dan umur uji kuat tekan yaitu 14 hari dan 28 hari. Penelitian dilakukan dengan variasi campuran limbah marmer 12%, campuran abu ampas tebu 6% dan campuran limbah marmer 12% + abu ampas tebu 6%. Hasil dari penelitian menunjukkan campuran limbah marmer 12% memiliki kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 39,93 Mpa atau mengalami peningkatan sebesar 25,37% terhadap beton normal. Sedangkan penurunan kuat tekan beton terjadi pada campuran abu ampas tebu 6% yaitu sebesar 26,68 Mpa atau mengalami penurunan sebesar -13,25% terhadap beton normal. Dari hasil penelitian ini campuran abu ampas tebu 6% mengalami korosi yang mengakibatkan penurunan kuat tekan beton sehingga tidak baik untuk campuran pada beton. Limbah marmer 12% memiliki workability yang bagus terhadap campuran beton sehingga cocok digunakan untuk meningkatkan kuat tekan beton.

Kata Kunci: Beton, Marmer, Abu Ampas Tebu, Kuat Tekan.

ABSTRACT

ANALYSIS OF CONCRETE MIXTURES WITH MARBLE WASTE MATERIAL AS SAND FILLERS AND BAGASSE ASH AS CEMENT FILLERS

Alamsyah Putra Munthe

1507210009

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Sri Prafanti.ST.M.T.

Marble has the main chemical elements, namely Silicon Dioxide / Silica (SiO_2), Calcium Oxide (CaO) and Magnesium Oxide (MgO). Meanwhile bagasse ash has the same content as the main ingredients forming portland cement namely Silica (SiO_2) and Ferrit (Fe_2O_3) which can increase the compressive strength of concrete. Lately the use of waste is often used as a filler in concrete mixtures. The characteristics of the high content of marble and bagasse ash are the basis for the use of marble and bagasse ash as fillers in concrete mixtures. Fillers using marble and bagasse ash are one of the efforts to make concrete more environmentally friendly. This study aims to determine the quality produced from marble waste and bagasse ash on the compressive strength of concrete and to find out how much its contribution to the strength of concrete. This study uses SNI 03-2834-2000 with a compressive strength of 30 Mpa with a 15 cm side cube test specimen and a compressive strength test life of 14 days and 28 days. The study was conducted with a mixture of 12% marble waste mixture, 6% bagasse ash mixture and 12% marble waste mixture + 6% bagasse ash. The results of the study showed that the 12% marble waste mixture had the highest compressive strength of 39.93 MPa or an increase of 25.37% over normal concrete. While the decrease in compressive strength of concrete occurs in a mixture of bagasse ash 6% which is equal to 26.68 MPa or decreased by -13.25% to normal concrete. From the results of this study a mixture of 6% bagasse ash experienced corrosion which resulted in a decrease in compressive strength of the concrete so it was not good for the mixture in the concrete. 12% marble waste has good workability to concrete mix, so it is suitable to be used to increase the compressive strength of concrete.

Keywords: Concrete, Marble, Bagasse Ash, Compressive Strength.

KATA PENGANTAR

Assalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahil'alamin, segala puji atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, serta hidayah-Nya kepada penulis, sehingga atas seizin-Nya dan ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai mana yang diharapkan.

Adapun judul dari tugas akhir ini adalah "ANALISA CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL LIMBAH MARMER SEBAGAI PENGISI PASIR DAN ABU AMPAS TEBU SABAGAI PENGISI SEMEN" yang diselesaikan selama kurang lebih 10 bulan. Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi syarat menyelesaikan jenjang kesarjanaan Strata 1 pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain selaku Dosen Pembimbing - I dalam penulisan Tugas Akhir ini dan Ketua Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibu Sri Prafanti, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing - II dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Josef Hadipramana selaku Dosen Pembimbing - I dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Tondi Amirsyah putera, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing - II dalam penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak dan Ibu staf pengajar dan Pegawai Biro Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda Ibrahim Munthe dan Ibunda Suryani yang telah mengasuh dan membesarkan penulis dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus.
8. Teman-teman satu penelitian, teman-teman di kelas A3 malam yang telah memberi semangat dan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

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

Wassalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, September 2019

Penulis



Alamsyah Putra Munthe

1507210009

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Material Pembentuk Campuran Beton	6
2.2.1 Semen	7
2.2.2 Agregat	8
2.2.2.1 Agregat Halus	9
2.2.2.2 Agregat Kasar	13
2.2.3 Air	16
2.2.4 Abu Ampas Tebu	18
2.2.5 Limbah Marmer	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Bagan Alir Penelitian	22
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian	26

3.3	Bahan dan Peralatan	26
3.3.1	Bahan	26
3.3.2	Peralatan	26
3.4	Persiapan Penelitian	27
3.5	Pemeriksaan Agregat	27
3.6	Pemeriksaan Agregat Halus	27
3.6.1	Analisa Saringan Agregat Halus	27
3.6.2	Kadar Air Agregat Halus	31
3.6.3	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	31
3.6.4	Kadar Lumpur Agregat Halus	33
3.6.5	Berat Isi Agregat Halus	33
3.7	Pemeriksaan Agregat Kasar	34
3.7.1	Analisa Saringan Agregat Kasar	35
3.7.2	Kadar Air Agregat Kasar	37
3.7.3	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	38
3.7.4	Kadar Lumpur Agregat Kasar	39
3.7.5	Berat Isi Agregat Kasar	40
3.7.6	Keausan Agregat Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	41
3.8	Perencanaan Campuran Beton	42
3.9	Pembuatan Benda Uji	51
3.10	Pengujian <i>Slump</i>	51
3.11	Perawatan Beton	51
3.12	Penyerapan Air Pada Beton	51
3.13	Pengujian Kuat Tekan	52
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	55
4.1.1	Data-Data Campuran Beton	55
4.2	Pembuatan Benda Uji	64
4.3	<i>Slump Test</i>	66
4.4	Penyerapan Air Pada Beton	67
4.4.1	Penyerapan Air Pada Beton Normal	67
4.4.2	Penyerapan Air Pada Beton Campuran Abu Ampas	

Tebu 6%	68
4.4.3 Penyerapan Air Pada Beton Campuran Limbah Marmer 12%	69
4.4.4 Penyerapan Air Pada Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	70
4.5 Kuat Tekan Beton	71
4.5.1 Kuat Tekan Beton Normal	72
4.5.2 Kuat Tekan Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6%	73
4.5.3 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Marmer 12%	74
4.5.4 Kuat Tekan Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6% Dan Limbah Marmer 12%	75
4.6 Pembahasan	76
BAB 5 KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Unsur- Unsur Beton	5
Tabel 2.2: Susunan Unsur Dalam Semen	7
Tabel 2.3: Komposisi Utama Semen Portland	7
Tabel 2.4: Batas Gradasi Agregat Halus	10
Tabel 2.5: Batas Gradasi Agregat Kasar	14
Tabel 2.6: Kandungan Zat Kimia Dalam Air Yang Diizinkan	17
Tabel 2.7: Kandungan Kimia Abu Ampas Tebu	19
Tabel 2.8: Kandungan Kimia Pecahan Marmer	20
Tabel 3.1: Data - Data Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Halus	28
Tabel 3.2: Data - Data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Halus	31
Tabel 3.3: Data – Data Hasil Penelitian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	32
Tabel 3.4: Data - Data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Halus	33
Tabel 3.5: Data - Data Hasil Penelitian Berat Isi Agregat Halus	34
Tabel 3.6: Data - Data Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Kasar	35
Tabel 3.7: Data - Data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Kasar	38
Tabel 3.8: Data - Data Hasil Penelitian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	39
Tabel 3.9: Data - Data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Kasar	40
Tabel 3.10: Data - Data Hasil Penelitian Berat Isi Agregat Kasar	40
Tabel 3.11: Data- Data Dari Hasil Pengujian Keausan Agregat	41
Tabel 3.12: Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji Yang Tersedia	43
Tabel 3.13: Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan	43
Tabel 3.14: Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) Yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton	45
Tabel 3.15: Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus	46
Tabel 3.16: Toleransi Waktu Agar Pengujian Kuat Tekan Tidak Keluar Dari	

Batasan Waktu Yang Telah Ditoleransikan	52
Tabel 3.17: Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Umur	53
Tabel 4.1: Data <i>Mix Design</i> Campuran Beton	55
Tabel 4.2: Perencanaan Campuran Beton	56
Tabel 4.3: Banyak Agregat Kasar Yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 1 Benda Uji	59
Tabel 4.4: Banyak Agregat Halus Yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 1 Benda Uji	60
Tabel 4.5: Banyak Abu Ampas Tebu Dan Semen Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Dan 12 Benda Uji	61
Tabel 4.6: Banyak Marmer Dan Pasir Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji Dan 12 Benda Uji	61
Tabel 4.7: Banyak Agregat Kasar Yang Di Butuhkan Untuk Tiap Saringan Untuk 24 Benda Uji	64
Tabel 4.8: Banyak Agregat Halus Yang Di Butuhkan Untuk Tiap Saringan Untuk 24 Benda Uji	64
Tabel 4.9: Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	66
Tabel 4.10: Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Normal	67
Tabel 4.11: Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6%	68
Tabel 4.12: Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Campuran Limbah Marmer 12%	69
Tabel 4.13: Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	70
Tabel 4.14: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal 14 Hari	72
Tabel 4.15: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal 28 Hari	72
Tabel 4.16: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Campuran Abu Ampas Tebu 6% Pada Umur 14 Hari	73
Tabel 4.17: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Campuran Abu Ampas Tebu 6% Pada Umur 28 Hari.	73
Tabel 4.18: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Campuran Limbah Marmer 12% Pada Umur 14 Hari	74

Tabel 4.19: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Campuran Limbah Marmer 12% Pada Umur 28 Hari	74
Tabel 4.20: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Campuran Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12% Pada Umur 14 Hari	75
Tabel 4.21: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Campuran Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12% Pada Umur 28 Hari	76
Tabel 4.22: Persentase Kuat Tekan Beton	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Grafik Gradasi Pasir Kasar (SNI 03-2834-2000)	11
Gambar 2.2: Grafik Gradasi Pasir Sedang (SNI 03-2834-2000)	11
Gambar 2.3: Grafik Gradasi Pasir Agak Halus (SNI 03-2834-2000)	12
Gambar 2.4: Grafik Gradasi Pasir Halus (SNI 03-2834-2000)	12
Gambar 2.5: Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000)	14
Gambar 2.6: Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000)	15
Gambar 2.7: Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000)	15
Gambar 3.1: Bagan Metodologi Penelitian	23
Gambar 3.2: Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2 Pasir Sedang)	30
Gambar 3.3: Grafik Gradasi Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 Mm	37
Gambar 3.4: Faktor Air Semen Bebas	44
Gambar 3.5: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000)	47
Gambar 3.6: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000)	48
Gambar 3.7: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000)	48
Gambar 3.8: Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Beton (SNI 03-2834-2000)	49
Gambar 4.1: Beban Tekan Pada Benda Uji Kubus	71
Gambar 4.2: Grafik Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Umur 14 Hari	77
Gambar 4.3: Grafik Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Umur 28 Hari	78
Gambar 4.4: Grafik Perbandingan Hasil Kuat Tekan Beton	78
Gambar 4.5: Grafik Persentase Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton	79
Gambar 4.6: Ketidakrataan Permukaan Yang Di Tekan	80

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas Penampang	(cm ²)
B	=	Jumlah Air	(kg/m ³)
B _{jcamp}	=	Berat Jenis Agregat Campuran	(gr/cm ³)
B _{jh}	=	Berat Jenis Agregat Halus	(gr/cm ³)
B _{jk}	=	Berat Jenis Agregat Kasar	(gr/cm ³)
B _K	=	Berat Contoh Beton Kering Awal	(Kg)
B _O	=	Berat Contoh Beton Kering Akhir	(Kg)
C	=	Jumlah Agregat Halus	(kg/m ³)
C _a	=	Absorsi Agregat Halus	(%)
C _k	=	Kandungan Air Agregat Halus	(%)
D	=	Jumlah Agregat Kasar	(kg/m ³)
D _a	=	Absorsi Agregat Kasar	(%)
D _k	=	Kandungan Air Agregat Kasar	(%)
FM	=	Modulus Kehalusan	(%)
f _c	=	Kuat Tekan	(Mpa)
K _h	=	Persentasi Berat Agregat Halus Terhadap Agregat Campuran	(%)
K _k	=	Persentasi Berat Agregat Kasar Terhadap Agregat Campuran	(%)
K.T. Var	=	Kuat Tekan Variasi	(MPa)
K.T. Nor	=	Kuat Tekan Normal	(MPa)
P	=	Beban Tekan	(Kg)
W _h	=	Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus	(kg/m ³)
W _k	=	Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar	(kg/m ³)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya pembangunan berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan beton sebagai bahan bangunan yang banyak digunakan dan Indonesia menjadi salah satu negara berkembang yang terus melakukan pembangunan di segala bidang sehingga kebutuhan akan beton dimasa yang akan datang terus meningkat.

Saat ini berbagai cara, serta penelitian dilakukan dan terus berkembang dengan tujuan meningkatkan kekuatan beton, salah satunya pada material pembentuk beton itu sendiri. Berbagai macam limbah di teliti, diantaranya limbah marmer yang berasal dari sisa potongan pada pembangunan dengan bahan marmer dan limbah ampas tebu yang berasal dari limbah tebu. Limbah marmer dan limbah tebu masih belum banyak pemanfaatannya sehingga menjadi sampah yang menumpuk dan menjadi sumber masalah di lingkungan tempat kita tinggal. Limbah marmer dan limbah ampas tebu khususnya di kota Medan sendiri terus meningkat. Selama bertahun-tahun terakhir ini, telah diadakan penelitian untuk mengembangkan penggunaan limbah-limbah yang masih bisa digunakan untuk bahan campur adukan beton dan diharapkan limbah marmer dan limbah abu ampas tebu bisa menjadi solusinya.

Marmer memiliki unsur kimia utama yaitu Silikon Dioksida/Silika (SiO_2), Kalsium Oksida (CaO) dan Magnesium Oksida (MgO) yang dapat meningkatkan kuat tekan beton. Istiqomah dan Shanti Kurnia (2013) melakukan penelitian bahwasannya 10-20% memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton.

Abu ampas tebu memiliki kandungan yang sama dengan bahan utama pembentuk semen portland yaitu Silika (SiO_2) dan Ferrit (Fe_2O_3) sehingga dapat dijadikan sebagai *pozzolan* yang selain menggantikan sebagian semen juga dapat meningkatkan kekuatan tekan beton menurut Steven ATM Rajagukguk dan Nursyamsi (2015).

Untuk itu penulis menggunakan limbah marmer dan abu ampas tebu dalam campuran beton, untuk mengetahui kuat tekan beton yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dicoba untuk mengambil permasalahan tentang pengaruh limbah marmer sebagai pengisi pasir dan abu ampas tebu sebagai pengisi semen pada campuran beton.

Beberapa permasalahan yang muncul antara lain:

1. Apakah dengan penambahan limbah marmer sebagai pengisi pasir dan abu ampas tebu sebagai pengisi semen dapat meningkatkan kualitas kuat tekan beton?
2. Bagaimana kontribusi limbah marmer sebagai pengisi pasir dan abu ampas tebu sebagai pengisi semen terhadap kekuatan beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kualitas yang dihasilkan dari limbah marmer sebagai pengisi pasir dan abu ampas tebu sebagai pengisi semen terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang dihasilkan limbah marmer sebagai pengisi pasir dan abu ampas tebu sebagai pengisi semen terhadap kekuatan beton.

1.4 Batasan Masalah

Sehubungan 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. Kuat tekan rencana beton yang di pakai pada penelitian ini sebesar 30 Mpa.
2. Bahan yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton adalah:

- Agregat kasar dan agregat halus berasal dari daerah binjai.
 - Semen yang dipakai yaitu semen padang ppc.
 - Menggunakan Air dari aliran PDAM Tirtanadi.
 - Abu ampas tebu dihasilkan dari pembakaran limbah tebu.
 - Marmer diperoleh dari limbah marmer.
3. untuk persentase bahan pengisi untuk limbah marmer 12%, dan abu ampas tebu 6%.
 4. Metode untuk perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).
 5. Penelitian ini menggunakan cetakan kubus sisi 15 cm dengan benda uji berjumlah 4 variasi, setiap variasi terdiri dari 3 sampel dan total benda uji keseluruhan 24 buah benda uji.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan masyarakat umum dapat mengetahui fungsi lebih dari limbah marmer dan abu ampas tebu sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik dan tidak menjadi sampah di lingkungan sekitar.

Untuk beton itu sendiri apabila penelitian ini berhasil, diharapkan limbah marmer dan abu ampas tebu dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut untuk kedepannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini yaitu:

a. Bab 1 pendahuluan

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

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 penutupan

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

Beton merupakan suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta itu mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar dicorkan, ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air sehingga membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama menurut Ferguson (1991).

Nugraha, Paul (2007), mengungkapkan bahwa pada beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton. Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran. Beton dengan jumlah semen yang sedikit sampai 7% disebut beton kurus (*lean concrete*), sedangkan beton dengan jumlah semen yang banyak disebut beton gemuk (*rich concrete*). Secara proporsi komposisi unsur pembentuk beton dapat dilihat pada Tabel 2.1. yaitu:

Tabel 2.1: Unsur-unsur beton.

Nama Bahan	Jumlah (%)
Agregat kasar dan halus	60 – 80
Semen	7 – 15
Air	14 – 21
Udara	1 – 8

Sumber: (Universitas Semarang, 1999).

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

- Kelebihan beton dibanding struktur lainnya :
 1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.

2. Mampu memikul beban yang berat.
 3. Tahan terhadap temperatur tinggi.
 4. Biaya pemeliharaan yang kecil.
- Kekurangan beton dibanding struktur lainnya :
1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
 2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

Menurut Sutikno (2003) untuk mutu beton ditentukan oleh banyak faktor antara lain:

- a. Faktor Air Semen (FAS).
- b. Perbandingan bahan-bahannya.
- c. Mutu bahan-bahannya.
- d. Susunan butiran agregat yang dipakai.
- e. Ukuran maksimum agregat yang dipakai.
- f. Bentuk butiran agregat.
- g. Kondisi pada saat mengerjakan.
- h. Kondisi pada saat pengerasan.

Berdasarkan kekuatan tekannya beton dibagi menjadi tiga klasifikasi menurut Malier (2004) yaitu:

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

Klasifikasi tersebut didasarkan pada suatu pendekatan yang umum dipergunakan, yaitu berdasarkan karakteristik kuat tekan beton. Klasifikasi tersebut tidak dapat menjelaskan sifat-sifat sebenarnya dari beton. Beton berkinerja tinggi (beton mutu tinggi) memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan beton normal.

2.2 Material Pembentuk Campuran Beton

Beton pada umumnya tersusun dari tiga bahan penyusun utama, yaitu semen, agregat dan air. Bilamana diperlukan, bahan tambah dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton. Berikut akan dijelaskan mengenai ketiga

bahan penyusun utama beton tersebut, maupun bahan tambahnya yang saat ini sering digunakan.

2.2.1 Semen

Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambah pada Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI - 1982) yang berupa bubuk halus dengan kandungan kapur, silika, dan alumina. Unsur-unsur pokok yang terdapat dalam semen portland dapat dilihat dalam Tabel 2.2. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Tabel 2.2: Susunan unsur dalam semen (Neville, 1975).

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5 – 1

Tetapi pada dasarnya terdapat 4 unsur yang paling penting seperti yang terdapat dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Komposisi utama semen portland (Neville, 1975).

Nama Unsur	Komposisi Kimia	Simbol
Trikalsium Silikat	3CaO . SiO ₂	C ₃ S
Dikalsium Silikat	2CaO . SiO ₂	C ₂ S
Trikalsium Aluminat	3CaO . Al ₂ O ₃	C ₃ A
Tetrakalsium Aluminoforit	3CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

C₃S dan C₂S merupakan 2 unsur utama yang pertama yang menempati kurang lebih 70% - 80% dari seluruh proporsi semen sehingga merupakan yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Kardiyono, 1992). Bila semen terkena air maka C₃S akan segera berhidrasi dan menghasilkan panas. Selain itu, unsur ini juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama setelah mencapai umur 14 hari. Sebaliknya C₃S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah lebih dari 7 hari, dan memberikan kekuatan akhir. C₂S ini juga membuat semen tahan terhadap serangan kimia dan akan mempengaruhi susut pengeringan. Unsur C₃A berhidrasi secara *exothermic*, dan bereaksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam.

C₃A bereaksi dengan airsebanyak kira-kira 40% beratnya, namun karena jumlah unsur ini yang sedikit maka pengaruh terhadap jumlah air hanya sedikit. Unsur C₃A ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik selama pengerasan awal maupun pengerasan selanjutnya yang panjang. Semen mengandung unsur ini lebih dari 10% akan kurang tahan terhadap serangan asam sulfat. Oleh karena itu semen tahan sulfat tidak boleh mengandung unsur C₃A terlalu banyak (maksimum 5% saja). Semen yang terkena asam sulfat (SO₄) di dalam air atau tanah disebabkan karena keluarnya C₃A yang bereaksi dengan sulfat, dan mengembang, sehingga terjadi retak-retak pada beton.

Unsur C₃AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton. Namun sejumlah unsur C₃A dan C₃AF tetap ditambahkan pada semen mengingat pengaruhnya terutama untuk menurunkan temperatur dalam kilang atau tanur pembakaran dan memfasilitasi kombinasi kapur dan silika pada proses produksi semen (Neville, 1975).

2.2.2 Agregat

Agregat umumnya menempati 70% sampai 80% dari volume beton sehingga memiliki pengaruh penting terhadap sifat-sifat beton. Agregat adalah bahan butiran, sebagian besar berasal dari batu alam (batu pecah, atau kerikil alami) dan pasir, meskipun bahan sintesis seperti *slags* dan *expanded clay* atau *shale* digunakan sampai batas tertentu, terutama pada beton ringan. Selain penggunaannya sebagai pengisi yang ekonomis, agregat umumnya menghasilkan

beton dengan stabilitas dimensi yang lebih baik dan tahan aus (Mindess dkk, 2003).

Perbandingan antara berat agregat halus dan agregat kasar pada campuran beton diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Perbandingan agregat halus dan agregat kasar yang baik adalah perbandingan yang dapat masuk ke dalam kurva standar seperti yang terdapat pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton. Proporsi berat agregat halus terhadap berat agregat total diperoleh berdasarkan: butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berat agregat kasar diperoleh dari berat agregat total dikurangi berat agregat halus.

Terlalu tinggi nilai perbandingan volume antara agregat kasar terhadap agregat halus dapat mengakibatkan segregasi dan *workability* yang rendah, campuran kasar dan tidak mudah dalam penyelesaian. Sebaliknya, terlalu banyak agregat halus menyebabkan *workability* tinggi, tetapi campuran yang kelebihan pasir membuat rendah daya tahan beton (Neville dan Brooks, 2010).

Workability Factor (WF) adalah persentase agregat gabungan yang melewati saringan No.8 (2,36 mm). Kuat tekan beton meningkat dengan peningkatan *Workability Factor* (WF) sampai batas tertentu, setelah itu kekuatan mulai menurun secara terbalik. Hal ini mungkin disebabkan oleh fakta bahwa, partikel agregat halus diperlukan untuk mengisi rongga antar partikel-partikel agregat kasar. Tapi setelah batas tertentu, ketika jumlah partikel agregat halus lebih tinggi dari yang dibutuhkan campuran akan menjadi kelebihan pasir. Oleh karena itu, harus ada batasan *Workability Factor* yang cocok untuk mendapatkan kekuatan yang lebih tinggi (Ashraf dan Noor, 2011).

2.2.2.1 Agregat Halus

Agregat halus sebagai bahan pengisi yang memberikan sifat kaku dan stabilitas dimensi dari beton agregat halus sebaiknya berbentuk bulat dan halus dikarenakan untuk mengurangi kebutuhan air. Agregat halus yang pipih akan membutuhkan air yang lebih banyak dikarenakan luas permukaan agregat (*Surface area*) akan lebih besar. Agregat halus harus semua butirannya

menembus ayakan berlubang 4,57 mm (ASTM C33, 1982) yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

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

Dari bentuk fisiknya, agregat halus mempunyai butiran yang tajam, keras dan butirannya tidak mudah pecah karena cuaca. Pengambilan sumber agregat halus dapat ditemukan pada sungai, galian dan laut. Hasil penghancuran batu pecah juga disebut sebagai agregat halus. Namun untuk beton, agregat dari laut tidak diperbolehkan kecuali ada penanganan khusus.

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

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

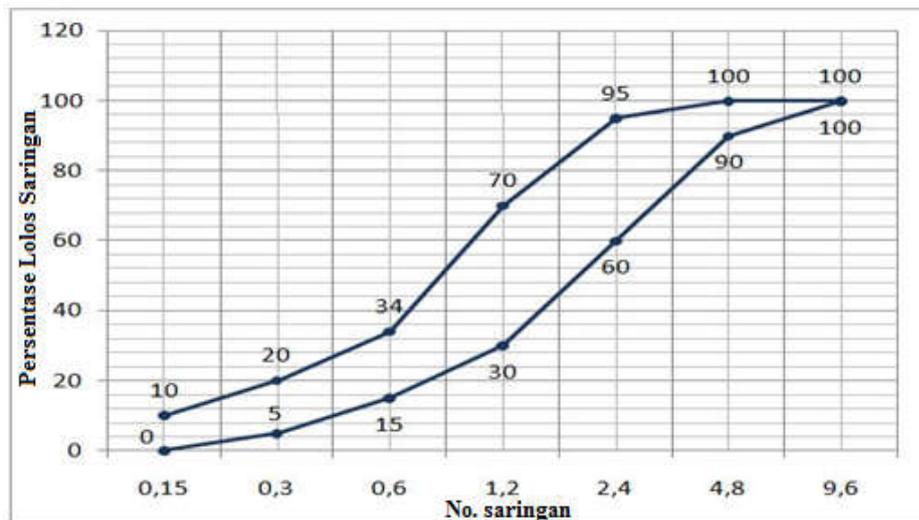
Ukuran yang sesuai dengan (SNI-03-2834-2000) memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Berikut Tabel dan Grafik gradasi yang harus dipenuhi oleh agregat halus (pasir) berdasarkan (SNI-03-2834-2000).

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

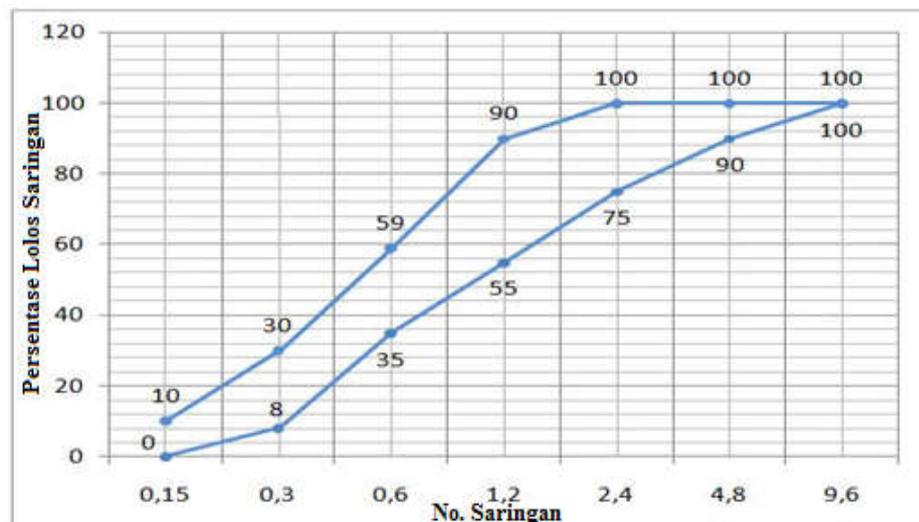
Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	No.100	0-10	0-10	0-10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

Hubungan kuat tekan beton dengan gradasi agregat (M Rezki dkk, 2013) yaitu:

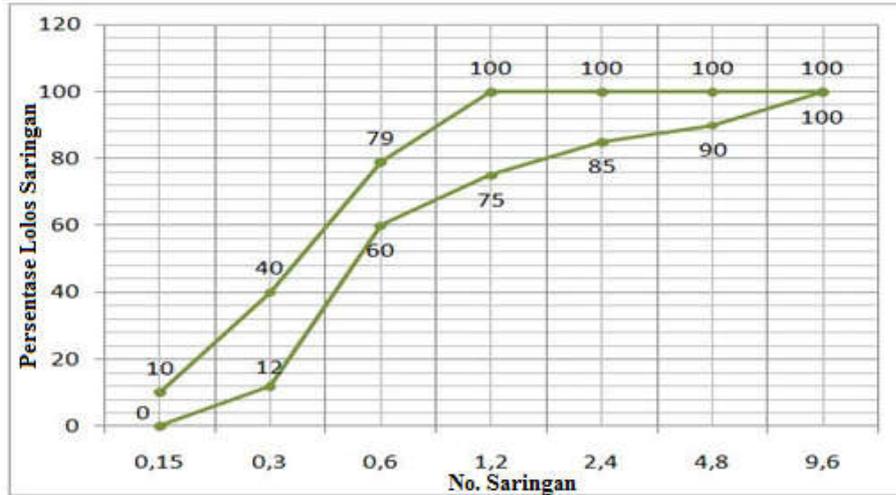
- Kuat tekan beton yang maksimal dapat diperoleh dengan perbandingan yang tepat antara agregat halus dengan agregat kasar sesuai kebutuhan.
- Dalam suatu konstruksi sederhana biasanya dipakai perbandingan legendaris yaitu 1 : 2 : 3 antara semen , pasir, kerikil ditambah air sesuai dengan nilai FAS yang dibutuhkan.
- Kuat tekan yang paling baik terdapat pada jenis gradasi agregat yang mempunyai ukuran butiran yang bermacam-macam.



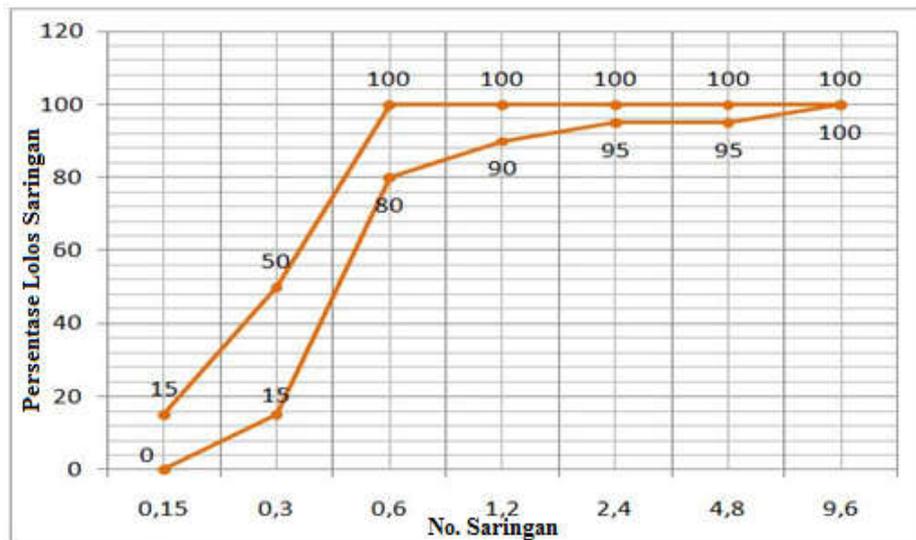
Gambar 2.1: Grafik gradasi pasir kasar (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.2: Grafik gradasi pasir sedang (SNI 03-2834-2000).



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



Gambar 2.4: Grafik 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 (*Absorpsi*).
4. Kadar air.
5. Kadar lumpur.
6. Berat isi.

Gradasi pada pasir sebagai agregat halus menentukan sifat *workability* dan kohesi dari campuran beton, sehingga gradasi pada agregat halus perlu diperhatikan.

2.2.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 15 mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimal dari beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 (tiga) golongan (Tri Mulyono, 2005) yaitu:

a. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gram/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kwarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar 2,3 gram/cm³.

b. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetit (FeO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gram/cm³. Penggunaannya sebagai pelindung dari radiasi.

c. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari 2,3 gram/cm³, yang biasanya dibuat untuk beton non structural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga structural ringan dan pondasinya lebih ringan.

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butir agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain :

- Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih dari 3/4 kali jarak bersih antara baja tulangan atau antar tulangan dan cetakan.
- Ukuran maksimum butiran agregat tidak boleh lebih besar dari 1/3 kali tebal plat.

- Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari 1/5 kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

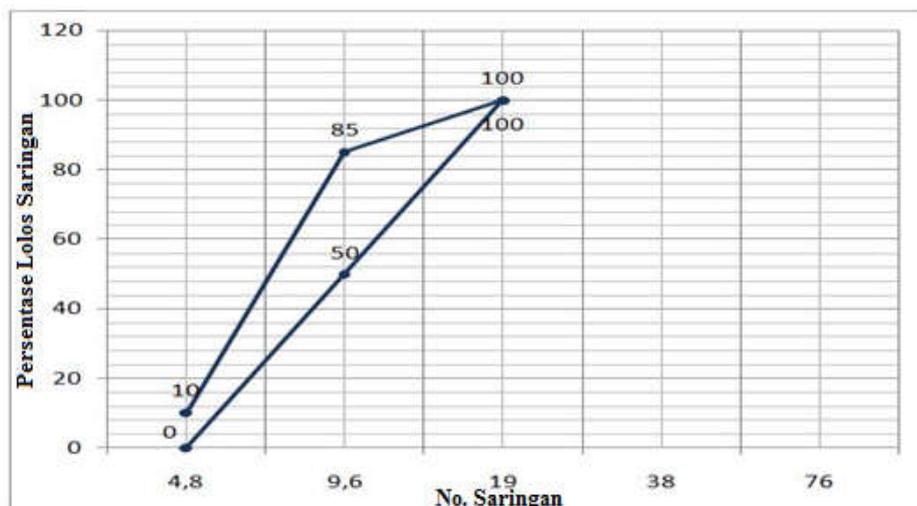
Berikut Tabel dan Grafik ketentuan gradasi agregat kasar (*split*) berdasarkan (SNI-03-2834-2000).

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

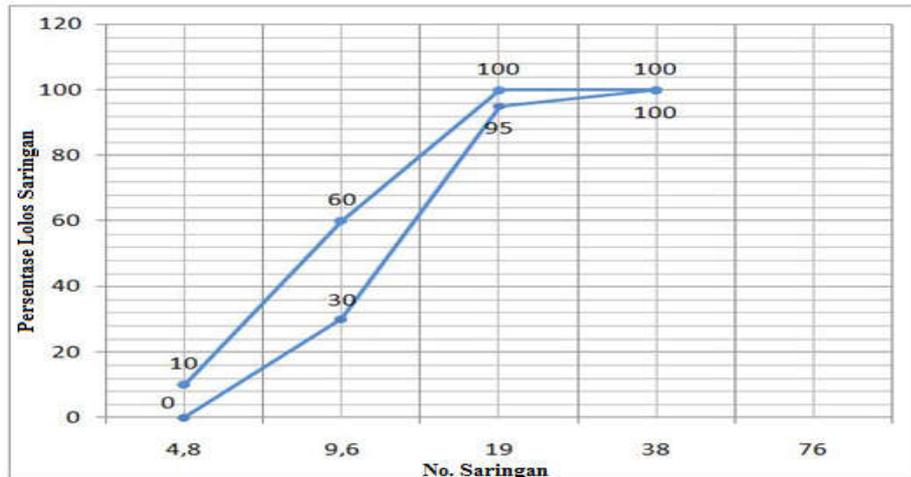
Lubang Ayakan	Persen Lolos Saringan		
	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
38 (1,5 in)		100 – 100	95 - 100
19 (½ in)	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,6 (No. 4)	50 – 85	30 - 60	10 – 40
4,8 (No. 8)	0 - 10	0 – 10	0 – 5

Hubungan kuat tekan beton dengan gradasi agregat (M Rezki dkk, 2013) yaitu:

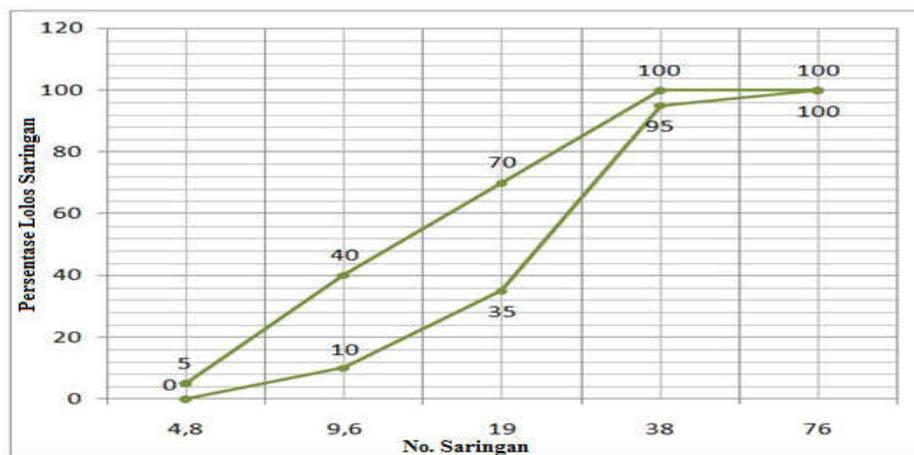
- Kuat tekan beton yang maksimal dapat diperoleh dengan perbandingan yang tepat antara agregat halus dengan agregat kasar sesuai kebutuhan.
- Dalam suatu konstruksi sederhana biasanya dipakai perbandingan legendaris yaitu 1 : 2 : 3 antara semen , pasir, kerikil ditambah air sesuai dengan nilai FAS yang dibutuhkan.
- Kuat tekan yang paling baik terdapat pada jenis gradasi agregat yang mempunyai ukuran butiran yang bermacam-macam.



Gambar 2.5: Grafik gradasi split ukuran maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.6: Grafik gradasi split ukuran maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.7: Grafik gradasi split ukuran maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

Agregat yang dapat dipakai harus memenuhi syarat-syarat :

1. Kerikil harus merupakan butir yang keras dan tidak berpori. Kerikil tidak boleh hancur adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras juga. Sifat tidak berpori untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus air.
2. Kerikil harus bersih dari unsur organik.
3. Kerikil tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering, lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila lumpur melebihi berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.

4. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk yang tajam akan membuat pasta semen mengikat agregat dengan baik.

Besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta semen lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga butirannya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi. Namun sebaliknya, karena butir-butir agregatnya besar maka luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat.

2.2.3 Air

Kemudahan 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 biasa disebut Faktor Air Semen (*water cemen ratio*). Air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti: lumpur, tanah liat, bahan organik, asam organik, alkali dan garam – garam lainnya. Dalam hal ini air yang dapat dikonsumsi sebagai air minum dapat digunakan sebagai bahan campuran beton.

Faktor Air Semen juga sangat berhubungan dengan kuat tekan beton seperti yang dijelaskan oleh L. J. Murdock dan K. M. Brook (1986), bahwa pada bahan beton dalam pengujian tertentu, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton, asalkan campuran beton tersebut cukup plastis dan mudah untuk dikerjakan.

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 concreet*).

Menurut (SNI-03-2847-2002), proses pengikatan, 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 2gr/lt.
5. Kandungan klorida tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO_4 , 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. Pada Tabel 2.6. bisa dilihat untuk banyaknya kandungan kimia dalam air yang diizinkan.

Tabel 2.6: Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Mulyono, 2005).

Kandungan Unsur kimia	Konsentrasi (Maksimum)
Chloride	
a. Beton prategang	500 ppm
b. Beton bertulang	1000 ppm
Alkali ($Na_2O + 0,658 k_2O$)	600 ppm
Sulphate (SO_4)	1000 ppm
Total solid	50000 ppm

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan dengan tetap menjaga *workabilitas*. Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan beton. Air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen hanya sekitar 25% dari berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit jika kurang dari 35%. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan dipakai sebagai pelumas, tambahan air ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton menjadi rendah dan beton menjadi keropos. Kelebihan air ini dituang (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan terbentuk suatu selaput tipis (*laitance*). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah (Tjokrodimuljo,1996). Kualitas air sangat mempengaruhi kekuatan beton agar tidak membuat rongga pada beton, tidak membuat retak pada beton dan tidak membuat korosi pada tulangan yang mengakibatkan beton menjadi rapuh.

2.2.4 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni (Siregar, 2010). Abu ampas tebu ini memiliki kandungan silika yang cukup tinggi, sehingga memiliki sifat pozzolan (Rompas et al. 2013). Pozzolan ialah bahan yang mempunyai silika atau silika alumina yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tetapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan dengan kehadiran kelembaban, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa bersifat semen. Dengan ukuran butiran yang halus dan kandungan silika yang tinggi, maka abu ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah semen dalam campuran beton

Pembakaran ampas tebu akan menghasilkan abu ampas tebu yang memiliki kandungan senyawa silika (SiO_2). Abu ampas tebu memiliki kandungan SiO_2 yang cukup besar yaitu 50,36%. Komposisi kimia dari abu ampas tebu terdiri dari beberapa senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Kandungan Kimia Abu Ampas Tebu (M Maulana Yusuf, 2014).

Senyawa Kimia	Jumlah (%)
SiO ₂	50,36
K ₂ O	19,34
CaO	8,81
TiO ₂	0,26
P ₂ O ₅	0,51
MnO	0,68
Fe ₂ O ₃	18,78
CuO	0,15
ZnO	0,15

Berdasarkan kandungan silika (SiO₂) dan ferrit (Fe₂O₃) yang cukup tinggi, abu ampas tebu juga dapat digunakan sebagai bahan tambah pada pembuatan beton mutu tinggi, batako ringan dan *pozzolan* (Steven A T M Rajagukguk dan Nursyamsi, 2015).

2.2.5 Limbah Marmer

Penelitian beton menggunakan limbah marmer sebagai pengganti pasir dilakukan oleh Kalchuri & Chandak (2015), jumlah tepung marmer yang digunakan sebagai pengganti pasir dipersiapkan dalam berbagai jumlah (5%, 10%, 20%, 30% dan 40%). Penelitian yang dilakukan menghasilkan terjadi peningkatan kuat tekan beton bila pasir diganti mencapai 20% dan apabila jumlah pasir yang diganti melebihi 20% maka akan terjadi penurunan kuat tekan.

Istiqomah & Kurnia (2013) meneliti pengaruh kandungan tepung marmer pada beton. Jumlah tepung marmer yang digunakan sebagai campuran pada beton dipersiapkan dalam berbagai jumlah (0%, 5%, 10%, 20%, 30%). Berdasarkan pengujian kuat tekan pada umur 49 hari memperlihatkan penambahan tepung marmer optimum berada diantara 10 - 20% dari berat semen. Pada penambahan tepung marmer sebesar 10 - 20% dapat menaikkan kuat tekannya sebesar 10% dari kuat tekan beton normal.

Beberapa tahun belakang ini banyak penelitian yang membuktikan penggunaan bahan tambahan berupa mineral pada beton berhasil dalam

meningkatkan sifat-sifat beton baik pada beton segar maupun beton keras (Galinska & Czarnecki, 2017 dan King et al., 2012). Penggunaan tepung marmer sebagai mineral bahan tambahan dalam beton belum banyak mendapat perhatian dari para peneliti. Data-data teknis yang berkaitan dengan tepung marmer dalam campuran beton masih jauh dari sempurna dan banyak parameter yang perlu dipelajari dengan lebih mendalam.

Keterbatasan data teknis penggunaan tepung marmer dalam beton berdampak pada belum adanya kesimpulan yang baik terhadap jumlah optimum tepung marmer harus digunakan untuk menghasilkan sifat mekanik yang maksimum sebagai bahan campuran mineral dalam beton. Persentase jumlah optimum tepung marmer diperkirakan tergantung pada kadar semen, tingkat kehalusan dan metode pemeliharaan. Pemeriksaan komposisi kimia yang dilakukan terhadap tepung marmer didominasi oleh (CaO) dan juga beberapa bahan lain diantaranya (SiO_2), (Al_2O_3) dan (Fe_2O_3). Sri Utami (2010) menggunakan limbah bubuk marmer untuk substitusi semen pada *paving stone*. Hasil yang diperoleh menunjukkan pada substitusi 20% terhadap volume semen terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 2,04% dari kuat tekan *paving stone* kontrol. Ferriyal (2005) melakukan penelitian dengan menambahkan limbah bubuk marmer pada campuran *paving blok*, hasil yang diperoleh semakin banyak limbah bubuk marmer yang ditambahkan semakin tinggi kuat tekan *paving blok* yang terjadi. Hasil analisa kimia pecahan marmer dapat dilihat pada Tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2.8: Kandungan Kimia 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

Unsur-unsur tersebut merupakan bahan baku utama dalam pembuatan semen, sehingga tepung marmer mampu bekerja sebagai bahan pengikat pada beton bila terjadi reaksi pozzolanik. Demikian juga dengan ukuran butiran yang sangat halus, penambahan tepung marmer pada beton dapat berfungsi sebagai bahan pengisi pori-pori beton.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa metode pengumpulan data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer sendiri dilakukan pada agregat yang digunakan, diantaranya adalah pemeriksaan agregat halus berupa pasir alami dan agregat kasar berupa batu pecah.

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

1. Data primer

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

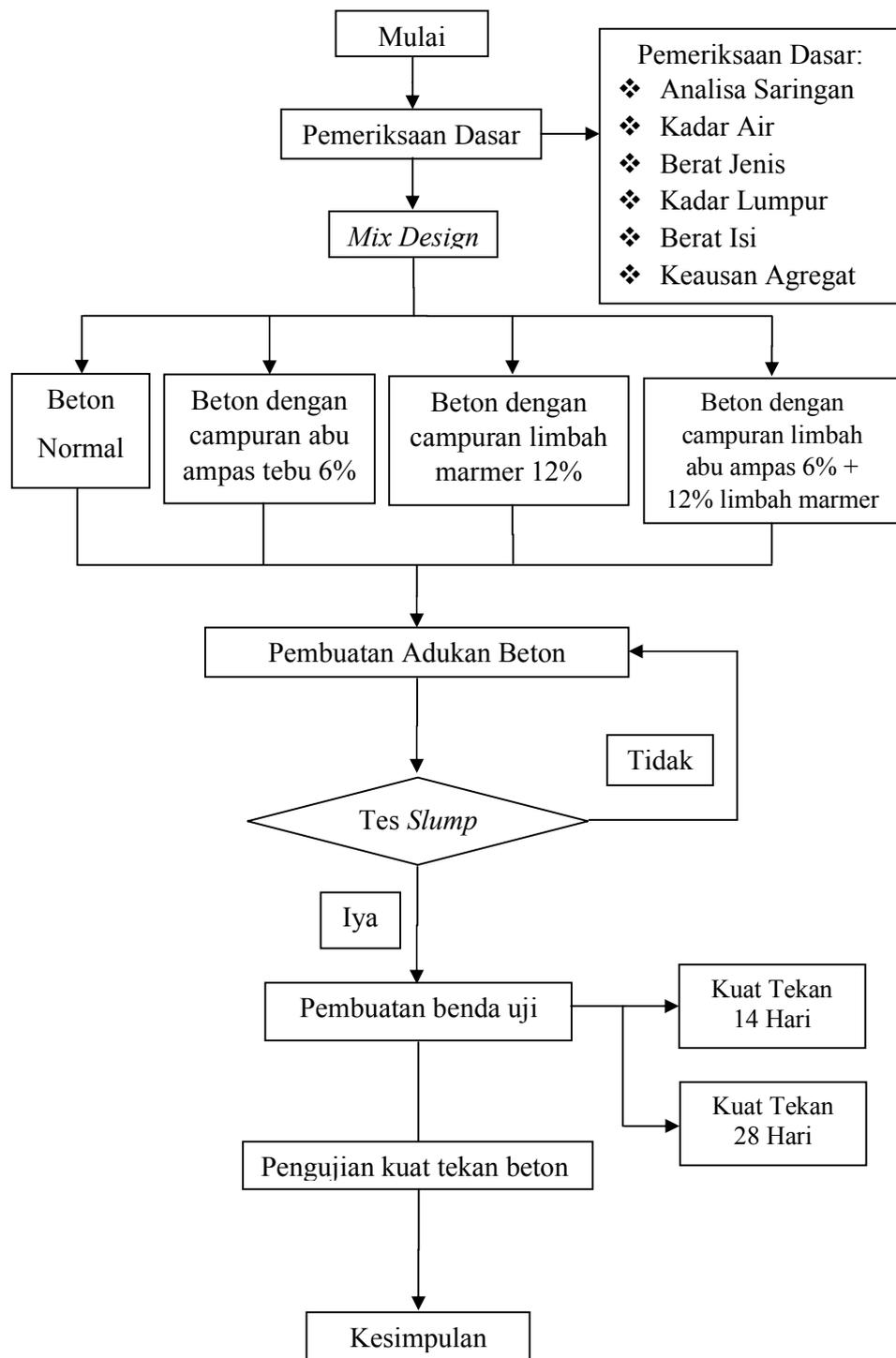
- Analisa saringan agregat.
- Pemeriksaan kadar air agregat.
- Berat jenis dan penyerapan.
- Kadar Lumpur pada agregat halus dan agregat kasar.
- Berat isi pada agregat halus dan agregat kasar.
- Pengujian keausan agregat kasar.

Setelah dilakukan pemeriksaan dasar, langkah selanjutnya adalah membuat perencanaan campuran beton normal (*Job Mix Design*). Setelah mengetahui hasil analisis campuran, ada beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada campuran beton, yakni pengujian kekentalan beton segar (*Slump Test*), dan pengujian kuat tekan beton berdasarkan variasi hari yang telah direncanakan.

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 *aditive*, (SNI 03-2834-2000), (PBI 1971), (ASTM C33 1982) serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

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



Gambar 3.1: Bagan Metodologi Penelitian.

Pada Gambar 3.1 menunjukkan bagian-bagian berikut:

1. Pemeriksaan Dasar:

- Analisa Saringan
- Kadar Air
- Berat Jenis
- Kadar Lumpur
- Berat isi
- Keausan Agregat

- Analisa saringan adalah kegiatan analisa untuk mengetahui distribusi agregat dengan menggunakan ukuran-ukuran agregat saringan standart tertera, yang ditunjukkan dengan lubang saringan.
- Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan agregat dalam keadaan yang kering.
- Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama.
- Kadar lumpur biasanya tercampur dengan air. Dalam jumlah yang cukup banyak, lumpur dapat mengurangi kekuatan beton. Karena cenderung menghambat hidrasi semen.
- Berat isi atau disebut juga sebagai berat satuan agregat adalah rasio antara agregat dan isi/volume. Berat isi diperlukan dalam perhitungan bahan campuran beton apabila jumlah bahan ditakar dengan ukuran volume.
- Keausan agregat untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *los angeles*.

2. Kemudian langkah selanjutnya *Mix Design* yaitu untuk mendapatkan nilai perbandingan campuran bahan material beton dengan kuat tekan rencana yang sudah ditentukan sehingga campuran bahan dapat dibagi.

3. Pencampuran terhadap beton dengan variasi yang berbeda

- Beton normal

Tidak ada pencampuran di beton normal ini.

- Beton dengan bahan abu ampas tebu 6%

Yang dimaksud 6% adalah mengisi semen dengan bahan abu ampas tebu

sebanyak 6% sehingga semen dikurangi dengan jumlah abu ampas tebu sebanyak 6%.

- Beton dengan bahan limbah marmer 12%

Yang dimaksud 12% adalah mengisi pasir dengan bahan limbah marmer sebanyak 12%.

- Beton dengan bahan abu ampas tebu 6% kombinasi limbah marmer 12%

Kombinasi ini dilakukan mengisi semen dengan abu ampas tebu sebanyak 6% dan mengisi pasir dengan limbah marmer 12%.

4. Kemudian pembuatan adukan beton dengan mencampurkan semua agregat yang sudah disediakan dengan mencampurkan dimesin molen atau mesin pengaduk. Pembuatan beton ini dilakukan dengan variasi yang berbeda yaitu :

➤ Beton Normal.

➤ Beton dengan bahan abu ampas tebu 6%.

➤ Beton dengan bahan limbah marmer 12%.

➤ Beton dengan abu ampas tebu 6% kombinasi limbah marmer 12%.

Pembuatan adukan beton juga dilakukan bertahap-tahap sehingga bisa membedakan variasi yang mana saja.

5. Langkah selanjutnya uji *slump test* adalah suatu uji empiris/metoda yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*.

6. Pembuatan benda uji ini ialah memasukkan campuran beton kedalam cetakan kemudian memukul - mukul cetakan menggunakan kayu sampai gelembung udara keluar agar beton yang dihasilkan tidak berongga, lalu diamkan benda uji selama 24 jam.

7. Langkah selanjutnya rendam selama 14 hari lamanya agar reaksi mineral semen dan air bisa berlangsung dengan baik untuk menghasilkan kekuatan dan daya tahan beton seperti yang direncanakan, setelah 14 hari direndam lakukan uji kuat tekan beton. Begitu juga dengan rendaman 28 hari setelah direndam uji kuat tekan beton.

8. Selanjutnya dapat kesimpulan hasil dari penelitian beton.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan 11 januari 2019 hingga 11 maret 2019. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PPC (*Portland Pozzolan Cement*).

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

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

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Abu Ampas Tebu

Diperoleh dari limbah tebu.

f. Limbah Marmer

Diperoleh dari hasil limbah marmer.

3.3.2 Peralatan

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

a. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.

Agregat Halus: No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, Pan.

Agregat Kasar: 1,5", ¾", 3/8", No.4 .

b. Alat-alat pendukung pengujian material.

c. Timbangan digital.

- d. Alat pengaduk beton (*mixer*).
- e. Cetakan benda uji berbentuk kubus sisi 15 cm.
- f. Mesin kompres (*compression test*).
- g. PAN.
- h. Mesin *Los Angeles*.

3.4 Persiapan Penelitian

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

3.5 Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan dilaboratorium mengikuti panduan dari (SNI 03-2834-2000) tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6 Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

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

3.6.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 03-2834-2000) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang tentang analisa saringan agregat halus.

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: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan	Lolos
1,5	0	0	0	0	0	100
$\frac{3}{4}$	0	0	0	0	0	100
3/8	0	0	0	0	0	100
No. 4	54	83	137	4,98	4,98	95,02
No. 8	85	141	226	8,22	13,20	86,80
No. 16	147	197	344	12,51	25,71	74,29
No. 30	250	378	628	22,84	48,55	51,45
No.50	360	389	749	27,24	75,78	24,22
No. 100	236	214	450	16,36	92,15	7,85
Pan	118	98	216	7,85	100,00	0,00
Total	1250	1500	2750	100	260,37	

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU pemeriksaan analisa saringan agregat halus, dari hasil pengujian didapat nilai modulus kehalusan agregat yaitu: 2,60 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu: 2,60 – 2,90 dalam kategori Pasir Sedang.

Total berat pasir = 2750 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= \frac{137}{2750} \times 100\% = 4,98 \% \\ \text{No.8} &= \frac{226}{2750} \times 100\% = 8,22 \% \\ \text{No.16} &= \frac{344}{2750} \times 100\% = 12,51 \% \\ \text{No.30} &= \frac{628}{2750} \times 100\% = 22,84 \% \\ \text{No.50} &= \frac{749}{2750} \times 100\% = 27,24 \% \\ \text{No.100} &= \frac{450}{2750} \times 100\% = 16,36 \% \\ \text{PAN} &= \frac{216}{2750} \times 100\% = 7,85 \% \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 0 + 4,98 = 4,98 \% \\ \text{No.8} &= 4,98 + 8,22 = 13,20 \% \\ \text{No.16} &= 13,20 + 12,51 = 25,71 \% \\ \text{No.30} &= 25,71 + 22,84 = 48,55 \% \\ \text{No.50} &= 48,55 + 27,24 = 75,78 \% \\ \text{No.100} &= 75,78 + 16,36 = 92,15 \% \\ \text{Pan} &= 92,15 + 7,85 = 100,00 \% \end{aligned}$$

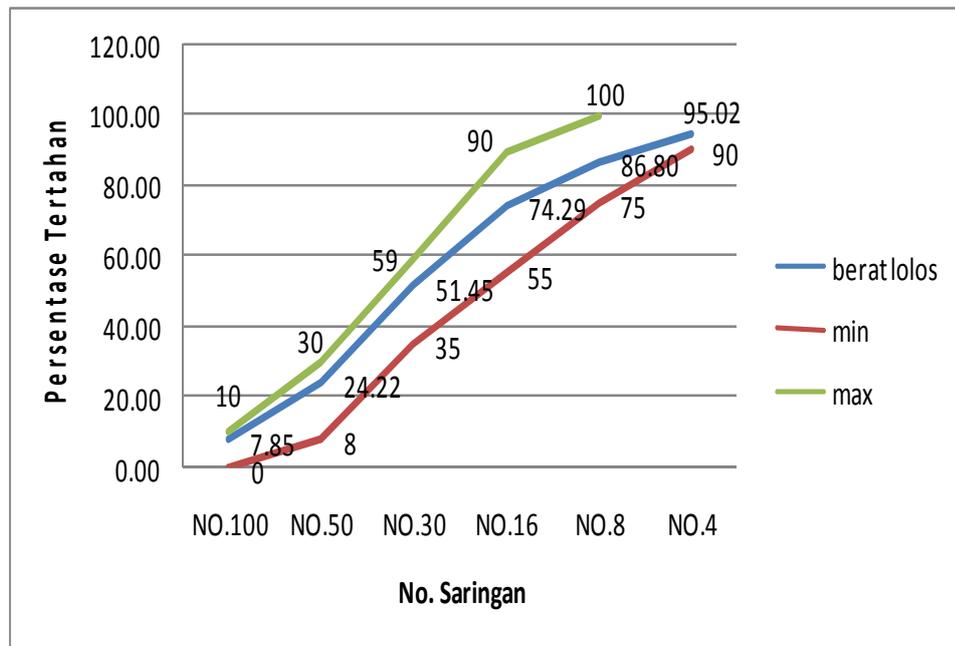
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 260,37 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{260,37}{100} \\ \text{FM} &= 2,60 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	4,98	=	95,02	%
No.8	=	100	-	13,20	=	86,80	%
No.16	=	100	-	25,71	=	74,29	%
No.30	=	100	-	48,55	=	51,45	%
No.50	=	100	-	75,78	=	24,22	%
No.100	=	100	-	92,15	=	7,85	%
Pan	=	100	-	100	=	0,00	%

Untuk grafik berat tertahan dan lolos saringan pada gradasi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 3.2. di bawah ini.



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

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat halus pada Tabel 3.1 diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,60 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 pasir sedang seperti pada Gambar 3.2. Dari hasil yang didapat Gradasi pada pasir sebagai agregat halus menentukan sifat *workability* yang baik pada campuran beton.

3.6.2 Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	556	556	556
Berat contoh kering oven & berat wadah (W2)	545	545	545
Berat wadah (W3)	56	56	56
Berat Air (W1-W2)	11	11	11
Berat contoh kering (W2-W3)	489	489	489
Kadar Air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	2,24	2,24	2,24

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil kadar air rata-rata sebesar 2,24%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali, percobaan pertama nilai kadar air sebesar 2,24% sedangkan percobaan yang kedua sebesar 2,24% dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 2,0% – 4,0%.

3.6.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa. Dari hasil penyelidikan di dapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorption*) pada agregat halus yang diteliti. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu.

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

Lolos ayakan No. 4	1	2	Rata-rata
Berat contoh SSD (kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven (110 ⁰ c) Sampai Konstan (E)	491	493	492
Berat Piknometer penuh air (D)	685	685	685
Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air (C)	985	986	985,5
Berat jenis contoh kering $E / (B + D - C)$	2,46	2,27	2,46
Berat jenis contoh SSD $B / (B + D - C)$	2,5	2,512	2,51
Berat jenis contoh semu $E / (E + D - C)$	2,57	2,56	2,57
Penyerapan (<i>Absorbtion</i>) $[(B - E) / B] \times 100 \%$	1,83	1,42	1,63

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah nilai berat jenis contoh SSD rata-rata sebesar 2,51 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu Dry < SSD < Semu dengan nilai $2,46 < 2,51 < 2,57$ dan penyerapan rata-rata sebesar 1,63% . Berdasarkan standar (ASTM C 128 2008) tentang absorsi yang baik adalah dibawah 2% dari nilai absorsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.6.4 Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar lumpur agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.4 sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.4: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.

Agregat Halus Lolos Saringan No.4	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh kering (gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci (gr)	478	483	480,5
Berat Kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (gr)	22	17	19,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	3,9	3,8	3,85

Berdasarkan hasil pemeriksaan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil kadar lumpur agregat halus rata-rata sebesar 3,85%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali, percobaan pertama nilai kadar air sebesar 3,9% sedangkan percobaan yang kedua sebesar 3,8% dan hasil tersebut memenuhi standar (PBI NI-2 1971) yang telah ditentukan yaitu $< 5\%$.

3.6.5 Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas

Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat isi agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.5 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.5: Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus.

No.	Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata- rata
1	Berat contoh & wadah	17620	19560	21157	19445,67
2	Berat wadah	5400	5400	5400	5400
3	Berat contoh	12220	14160	15757	14045,67
4	Volume wadah	10851,84	10851,84	10851,84	10851,84
5	Berat Isi	1,13	1,30	1,45	1,293

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil berat isi agregat halus rata-rata sebesar 1,293 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu > 1,2 kg/m³ = 1200 gr/cm³.

3.7 Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

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

3.7.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (SNI 03-2834-2000) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.6: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Berat Total (gr)	%	Tertahan	Lolos
						100
1,5	130	145	275	4,44	4,44	95,56
$\frac{3}{4}$	1559	965	2524	40,75	45,19	54,81
3/8	749	1110	1859	30,01	75,2	24,8
No. 4	556	980	1536	24,80	100,00	0,00
No. 8	0	0	0	0,00	100,00	0,00
No. 16	0	0	0	0,00	100,00	0,00
No. 30	0	0	0	0,00	100,00	0,00
No.50	0	0	0	0,00	100,00	0,00
No. 100	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Total	2994	3200	6194	100		

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU pemeriksaan analisa saringan agregat kasar, dari hasil pengujian didapat nilai modulus kehalusan agregat yaitu: 7,25 dan hasil tersebut

memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu: 5,00–7,50 dalam kategori kerikil (Batu Pecah) ukuran maksimum 40 mm. Total berat batu pecah = 6194 gram.

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{275}{6194} \times 100\% = 4,44 \%$$

$$\frac{3}{4} = \frac{2524}{6194} \times 100\% = 40,75 \%$$

$$\frac{3}{8} = \frac{1859}{6194} \times 100\% = 30,01 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{1536}{6194} \times 100\% = 24,80 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 4,44 = 4,44 \%$$

$$\frac{3}{4} = 4,44 + 40,75 = 45,19 \%$$

$$\frac{3}{8} = 45,19 + 30,01 = 75,2 \%$$

$$\text{No.4} = 75,2 + 24,80 = 100,00 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 724,83

$$\text{FM (Modulus kehalusan)} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100}$$

$$= \frac{724,83}{100}$$

$$\text{FM} = 7,25$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

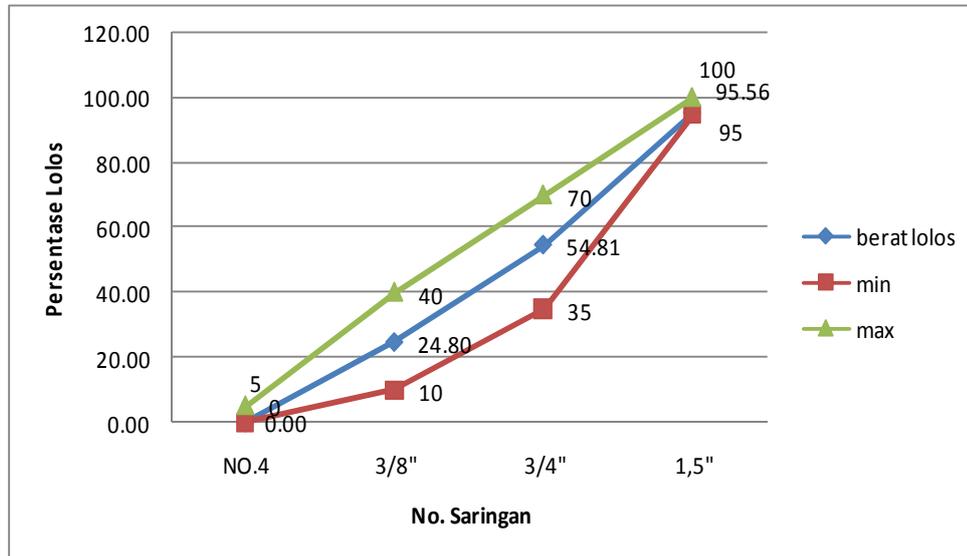
$$1,5 = 100 - 4,44 = 95,56 \%$$

$$\frac{3}{4} = 100 - 45,19 = 54,81 \%$$

$$\frac{3}{8} = 100 - 75,2 = 24,8 \%$$

$$\text{No.4} = 100 - 100 = 0,00 \%$$

Untuk grafik berat tertahan dan lolos saringan pada gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 3.3. di bawah ini.



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

Grafik hasil pengujian diketahui bahwa batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3. Dari hasil didapat besar ukuran maksimum agregat mempengaruhi kuat tekan betonnya. Pada pemakaian ukuran butir agregat maksimum lebih besar memerlukan jumlah pasta semen lebih sedikit untuk mengisi rongga-rongga butirannya, berarti sedikit pula pori-pori betonnya (karena pori-pori beton sebagian besar berada dalam pasta, tidak dalam agregat) sehingga kuat tekannya lebih tinggi.

3.7.2 Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar air agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	1154	1204	1179
Berat contoh kering oven & berat wadah (W2)	1197	1145	1171
Berat wadah (W3)	154	154	154
Berat Air (W1-W2)	6	7	6,5
Berat contoh kering (W2-W3)	994	1043	1018,5
Kadar Air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	0,60	0,67	0,635

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil kadar air agregat kasar rata-rata sebesar 0,635% dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 0,6% - 0,65%.

3.7.3 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

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

Pengujian	1	2	Rata-rata
Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh(A)	2500	3000	2750
Berat contoh (SSD) kering oven (1100) Sampai Konstan (C)	2485	2973	2729
Berat contoh (SSD) di dalam air (B)	1570	1901	1735,5
Berat jenis contoh kering $C / (A - B)$	2,67	2,71	2,69
Berat jenis contoh SSD $A / (A - B)$	2,69	2,73	2,71
Berat jenis contoh semu $C / (C - B)$	2,72	2,77	2,75
Penyerapan $[(A - C) . / C] 100\%$	0,60	0,91	0,76

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah nilai berat jenis contoh SSD rata-rata sebesar 2,71 dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu $Dry < SSD < Semu$ dengan nilai $2,69 < 2,71 < 2,75$. Sedangkan penyerapan rata-rata sebesar 0,75%. Berdasarkan ASTM C 127 nilai ini berada dibawah nilai absorsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

3.7.4 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar lumpur agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa, sehingga dapat diketahui seberapa besar kadar lumpur dari agregat kasar yang diperiksa. Pada tabel dijelaskan nilai kadar lumpur yang didapat dari perbandingan antara berat kotor agregat kasar yang lolos saringan No. 200 dengan berat kering contoh awal.

Tabel 3.9: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40mm	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh kering (gr)	1000	1000	1000
Berat contoh setelah dicuci (gr)	991	991	991
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci(gr)	9	9	9
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci(%)	0,9	0,9	0,9

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil kadar lumpur agregat kasar rata-rata sebesar 0,9%. Menurut (PBI NI-2 1971) hasil pemeriksaan kadar lumpur pada Tabel 3.9 telah memenuhi syarat <1% .

3.7.5 Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) dan Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.10: Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.

No	Pengujian	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata- rata
1	Berat contoh & wadah	28150	29990	30820	29653,33
2	Berat wadah	6500	6500	6500	6500
3	Berat contoh	21650	23490	24320	23153,33
4	Volume wadah	15451,155	15451,155	15451,155	15451,155
5	Berat Isi	1,40	1,52	1,57	1,4967

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil berat isi agregat kasar rata-rata sebesar $1,4967 \text{ gr/cm}^3$ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu $> 1,125 \text{ gr}$.

3.7.6 Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C33 1991) serta mengikuti buku panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil UMSU tentang kekerasan agregat dengan Mesin *Los Angeles*.

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sample sebelum pengujian = 5000 gr
- Berat sample setelah pengujian = 3890 gr

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

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

No. Saringan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)
37,5 (1,5 in)	-	-
19,1 (3/4 in)	-	-
12,5 (1/2 in)	2500	960
9,50 (3/8 in)	2500	1367
4,75 (No. 4)	-	715
2,36 (No. 8)	-	450
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-

Tabel 3.11: *Lanjutan.*

No. Saringan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)
Pan	-	398
Total	5000	3890
Berat lolos saringan No. 12		1110
<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)		22,2%

$$\begin{aligned} \text{Keausan} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{5000 - 3890}{5000} \times 100\% = 22,2\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU Nilai ketahanan agregat kasar terhadap keausan pada hasil pengujian diatas adalah 22,2% dan hasil tersebut telah memenuhi standar (PBI NI-2 1971) yang telah ditentukan yaitu lebih kecil dari 50%.

3.8 Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-2000

Mix Design adalah untuk mendapatkan nilai perbandingan campuran bahan material beton dengan kuat tekan rencana yang sudah ditentukan sehingga campuran bahan dapat dibagi. Tata cara yang dilakukan meliputi persyaratan umum dan persyaratan teknis perencanaan proporsi campuran beton untuk digunakan sebagai salah satu acuan bagi perencana dan pelaksana dalam menghitung proporsi campuran beton tanpa bahan tambahan untuk menghasilkan beton yang sesuai rencana.

Pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 30 MPa untuk umur 28 hari.

2. 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.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai deviasi} &= f'c + 12 && (3.1) \\
 &= 30 + 12 \\
 &= 42 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

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. Nilai tambah (margin) 5,6 MPa berdasarkan Tabel 3.13.

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai tambah (m)} &= f'c + 5,6 && (3.2) \\
 &= 30 + 5,6 \\
 &= 35,6 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

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

Tingkat mutu pekerjaan	(MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

4. Menentukan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan :

$$f'_{cr} = f'_c + \text{nilai deviasi} + m \quad (3.3)$$

$$f'_{cr} = 30 + 12 + 5,6$$

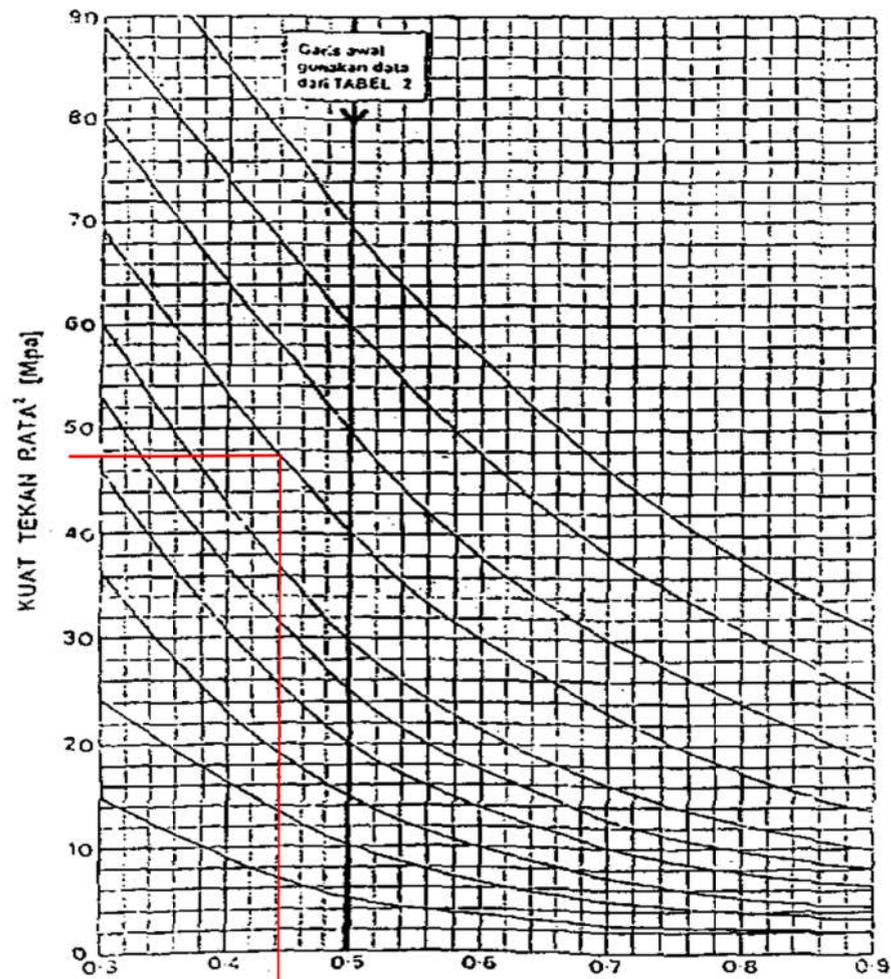
$$f'_{cr} = 47,6 \text{ MPa}$$

5. Jenis Semen yang digunakan adalah PPC Tipe I.

6. Jenis agregat diketahui:

- Agregat halus alami = Pasir (Binjai)
- Agregat kasar = Batu Pecah (Binjai)

7. Nilai factor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 47,6 Mpa tarik garis datar menuju zona 28 hari lalu tarik garis kebawah yang menunjukkan factor air semen, seperti pada Gambar 3.4 di dapat nilai 0,44.



Gambar 3.4: Faktor air semen bebas.

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,60.

Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 3.4 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya memakai harga faktor air semen yang lebih kecil.

9. *Slump* ditetapkan setinggi 30 – 60 mm.

10. Ukuran agregat maksimum: Ditetapkan 40 mm.

11. Jumlah kadar air bebas:

Pada Tabel 3.14 untuk agregat gabungan yang berupa campuran antara pasir alami dan kerikil/batu pecah dengan nilai slump 30-60 mm dan baris ukuran agregat maksimum 40 mm maka kadar air bebas adalah 160 kg/m³ untuk agregat halus dan 190 kg/m³ untuk agregat kasar. Maka untuk mencari kadar air bebas dicari dengan persamaan:

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \quad (3.4)$$

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190$$

$$\text{Kadar air bebas} = 170 \text{ Kg/m}^3$$

dengan:

Wh = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

Wk = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

Tabel 3.14: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000).

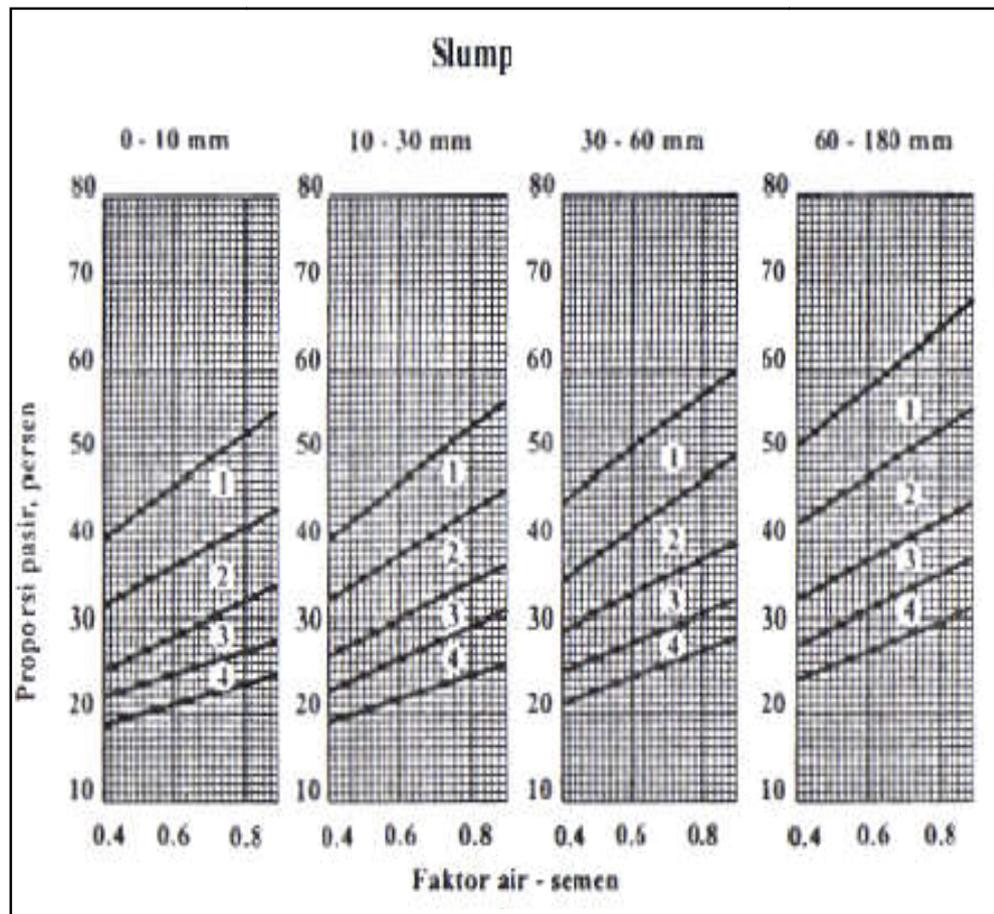
Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	<i>Slump</i> (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

12. Jumlah semen, yaitu: $170 : 0,44 = 386,36 \text{ kg/m}^3$.
13. Nilai jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12, yaitu $386,36 \text{ kg/m}^3$.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 (Tabel 3.15), jika kadar semen yang diperoleh dari perhitungan butir 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.

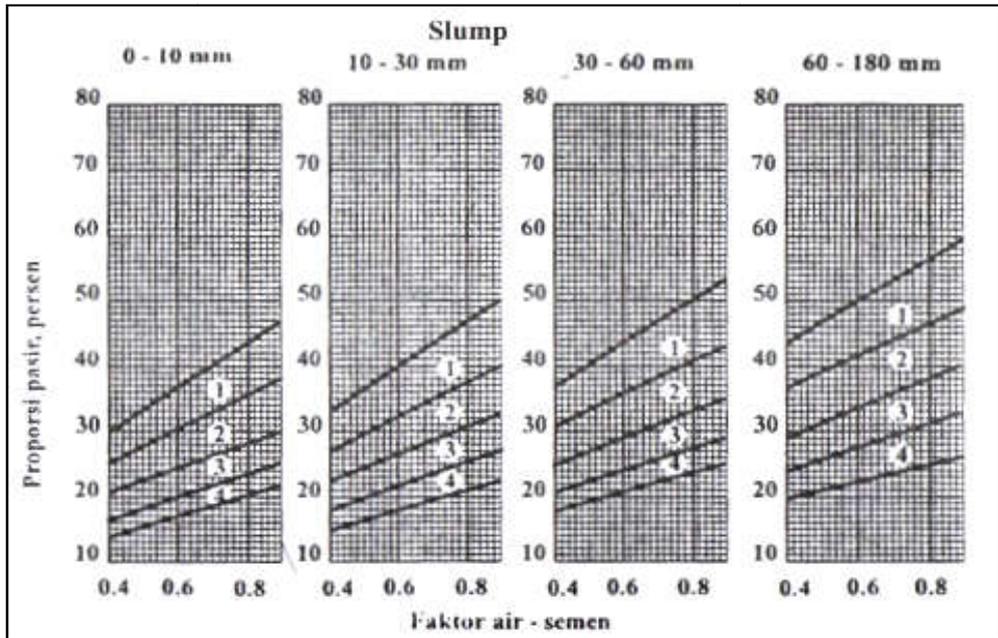
Tabel 3.15: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-2000).

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan: Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah: Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti		
Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55
Beton yang kontinyu berhubungan: Air tawar Air laut		

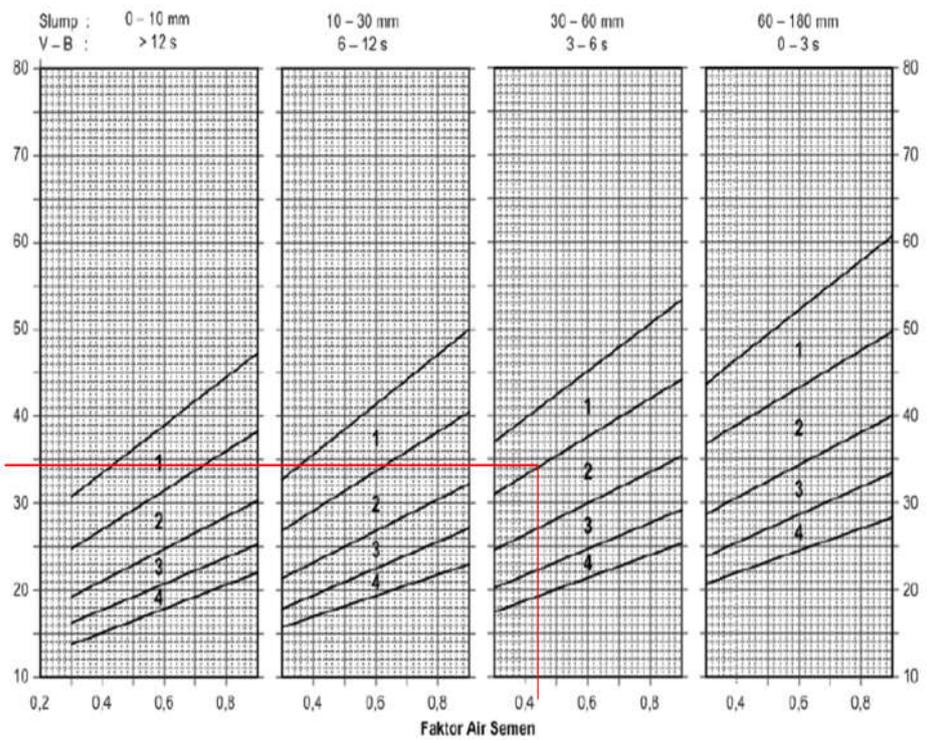
15. Faktor air semen yang disesuaikan, dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi. Maka factor air semen yang disesuaikan adalah 0,44.
16. Susunan besar butir agregat butir halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 3.5.
17. Susunan besar butir agregat butir kasar ditetapkan pada gradasi kerikil pada Gambar 3.6.
18. Ukuran Agregat maksimum sebesar 40 mm maka menggunakan Gambar 3.7. Persen agregat halus dari 4,75 mm ini dicari dalam Gambar 3.7 pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air semen 0,44. Bagi agregat halus/pasir yang termasuk daerah susunan No.2 diperoleh nilai 34% . Seperti yang akan dijelaskan pada Gambar 3.7.



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



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

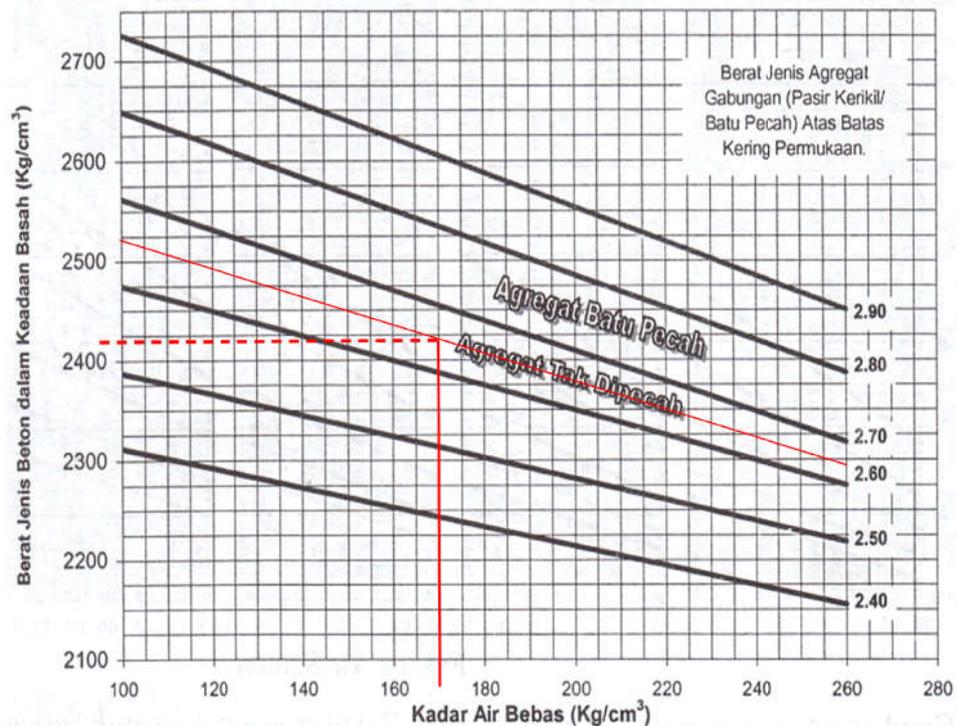


Gambar 3.7: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

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

- BJ agregat halus = 2,51
- BJ agregat kasar = 2,71
- BJ agregat gabungan halus dan kasar = $(0,36 \times 2,51) + (0,64 \times 2,71) = 2,64$

20. Berat isi beton diperoleh dengan cara menarik garis yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,64. Titik potong garis yang tegak lurus menunjukkan kadar air bebas, dalam hal ini 170 kg/m^3 ditarik sampai dengan nilai berat jenis beton yang didapat. Kemudian menarik lagi garis horizontal sehingga nilai berat isi beton didapat. Dalam hal ini diperoleh angka 2424 kg/m^3 . Yang dijelaskan seperti Gambar 3.8.



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

21. Kadar air gabungan adalah berat jenis beton dikurang jumlah kadar semen dan kadar air, perhitungannya sebagai berikut:

$$2424 - (386,36 + 170) = 1867,64 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar agregat halus adalah persen agregat halus dikali kadar agregat gabungan, perhitungannya sebagai berikut:

$$0,36 \times 1867,64 = 635,00 \text{ kg/m}^3$$

23. Kadar agregat kasar adalah kadar agregat gabungan dikurang kadar agregat halus, perhitungannya sebagai berikut:

$$1867,64 - 635,00 = 1232,64 \text{ kg/m}^3$$

24. Proporsi campuran dari langkah no. 1 hingga no. 23 kita dapatkan susunan campuran beton teoritis untuk tiap m^3 sebagai berikut:

- Semen = 386,36 kg/m^3
- Agregat halus = 635,00 kg/m^3
- Agregat kasar = 1232,64 kg/m^3
- Air = 170 kg/m^3

25. Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakai sebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai, perhitungannya sebagai berikut:

- Agregat kasar

$$D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} = 1232,64 + (0,64 - 0,76) \times \frac{1232,64}{100}$$

$$= 1231,16 \text{ kg}$$

- Agregat halus

$$C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} = 635,00 + (2,24 - 1,63) \times \frac{635,00}{100}$$

$$= 638,87 \text{ kg}$$

- Air

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

$$= 170 - (2,24 - 1,63) \times \frac{635,00}{100} - (0,64 - 0,76) \times \frac{1232,64}{100} = 167,606 \text{ kg}$$

Maka didapat total untuk:

- Semen = 386,36 kg
- Agregat halus = 638,87 kg
- Agregat kasar = 1231,16 kg
- Air = 167,61 kg

3.9 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk kubus sisi 15 cm yang berjumlah 24 buah dengan 4 variasi, setiap variasi terdiri dari 3 buah benda uji. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.10 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan yaitu 30-60mm.

3.11 Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 14 dan 28 hari.

3.12 Penyerapan Air Pada Beton

Penyerapan air (*water absorption*) adalah banyak air yang dapat diserap oleh beton yang sudah jadi dari kondisi kering kondisi lapangan hingga kondisi basah pada saat perendaman. Beton pada umumnya yang baik yaitu beton dengan penyerapan air yang sangat minim sehingga tidak mempengaruhi beton yang sudah jadi. Untuk perhitungan digunakan Persamaan 3.5.

$$\frac{B_k - B_o}{B_o} \times 100\% \quad (3.5)$$

Dengan:

B_k = Berat contoh beton kering awal.

B_o = Berat contoh kering akhir.

3.13 Pengujian Kuat Tekan

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

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

$$f \text{ (saat pengujian)} = \frac{P}{A} \quad (3.6)$$

Dimana:

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

P = Beban tekan (kg).

A = Luas penampang (cm^2).

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan, sesuai dengan Tabel 3.16.

Tabel 3.16: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM C39-1993).

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

Pengujian kuat tekan beton dilakukan umumnya pada umur 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Jumlah hari pengujian kuat tekan dapat destimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefesien kuat

tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}} \quad (3.7)$$

Dimana:

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

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

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 3.13 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 3.17: Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodinuljo, 2007).

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

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton, yaitu:

1. Faktor air semen (FAS) dan kepadatan

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan berat antara air dan semen Portland di dalam campuran adukan beton. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0.4 dan maksimum 0.65. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai faktor air semen minimal dan cukup untuk memberikan *workabilitas* tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan yang sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan, merupakan beton yang terbaik (Murdock dan Brooks 1986).

Fungsi dari faktor air semen yaitu:

- a. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- b. Sebagai pelicin campuran kerikil, pasir dan semen agar lebih mudah dalam pencetakan beton.

Kekuatan beton tergantung pada perbandingan faktor air semennya. Semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton, namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi.

2. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.

3. Jenis dan jumlah semen

Jenis semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton, sesuai dengan tujuan penggunaannya. Jenis-jenis semen sesuai (SNI 03-2834-2000).

4. Sifat agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah:

- Kekasaran permukaan: pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut.
- Kekerasan agregat kasar.
- Gradasi agregat.

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.5 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

4.1.1 Data-Data Campuran Beton

Dalam hal ini penulis ingin menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang di inginkan.

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

Tabel 4.1: Data *Mix Design* Campuran Beton.

	Satuan	Nilai
Berat jenis agregat kasar	gram/cm ³	2,71
Berat jenis agregat halus	gram/cm ³	2,51
<i>Absorbtion</i> agregat halus	%	1,63
<i>Absorbtion</i> agregat kasar	%	0,76
Kadar lumpur agregat kasar	%	0,9
Kadar lumpur agregat halus	%	3,9
Berat isi agregat kasar	gram/cm ³	1,50
Berat isi agregat halus	gram/cm ³	1,29
FM agregat kasar	%	7,25
FM agregat halus	%	2,60
Kadar air agregat kasar	%	0,64
Kadar air agregat halus	%	2,24
Keausan agregat	%	22,2
Nilai <i>slump</i> rencana	mm	30 – 60
Ukuran agregat maksimum	mm	40

Maka, dari data-data diatas kami membuat perencanaan campuran beton (*Mix Design*) yang terlampir pada Tabel 4.2 berdasarkan (SNI 03-2834-2000).

Tabel 4.2: Perencanaan Campuran Beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON			
SNI 03-2834-2000			
No	Uraian	Tabel / Gambar perhitungan	Nilai
1.	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan	30 MPa
2.	Deviasi Standar	Tabel 3.12	12 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	Tabel 3.13	5,6 MPa
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2 + 3	47,6 MPa
5.	Jenis semen	Ditetapkan	Type 1
6.	Jenis agregat: - Kasar - Halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7.	Faktor air semen bebas	Gambar 3.4	0,44
8.	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9.	<i>Slump</i>	Ditetapkan	30-60 mm
10.	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11.	Kadar air bebas	Tabel 3.14	170 kg/ m ³
12.	Jumlah semen	11:7	386,36 kg/ m ³
13.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	386,36 kg/ m ³
14.	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/ m ³
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	-	0,44
16.	Susunan besar 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 3.7	34%

Tabel 4.2: Lanjutan.

No	Uraian	Tabel / Gambar perhitungan		Nilai	
19.	Berat jenis relatif agregat (jenuh kering permukaan)	-		2,64	
20.	Berat isi beton	Gambar 3.8		2424kg/ m ³	
21.	Kadar agregat gabungan	20- (12+11)		1867,64 kg/ m ³	
22.	Kadar agregat halus	18 x 21		635,00 kg/ m ³	
23.	Kadar agregat kasar	21-22		1232,64 kg/ m ³	
	Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (kg atau lt)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
24.	- Tiap m ³	386,36	170	635,00	1232,64
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,44	1,64	3,19
	- Tiap benda uji v= 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,30	0,57	2,14	4,16
25.	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	386,36	167,61	638,87	1231,16
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,43	1,65	3,19
	- Tiap benda uji v = 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,30	0,57	2,16	4,16

- Untuk satu benda uji (kg).

Menggunakan cetakan kubus dengan ukuran:

Sisi = 15 cm

Volume Kubus = sisi x sisi x sisi

= 15 x 15 x 15

= 3375 cm³ = 0,003375 m³

Maka:

- Semen yang di butuhkan untuk 1 benda uji
= banyak semen x volume kubus
= $386,36 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 1,30 kg
- Pasir yang di butuhkan untuk 1 benda uji
= banyak pasir x volume kubus
= $638,87 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 2,16 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= banyak kerikil x volume kubus
= $1231,16 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 4,16 kg
- Air yang digunakan untuk 1 benda uji
= banyak air x volume kubus
= $167,61 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
= 0,57 kg

Perencanaan campuran beton digunakan sesuai dengan (SNI 03-2834-2000). Dimana yang pertama kali dilakukan adalah menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan yaitu 30 MPa dengan benda uji berbentuk kubus dengan sisi 15cm. Dimana hal ini nantinya akan dijadikan acuan untuk kuat tekan minimum yang harus dicapai saat uji kuat beton umur 28 hari. Selanjutnya menetapkan standart deviasi yang mengacu pada (SNI 03-2834-2000). Karena jumlah pengujian yang akan dilakukan untuk setiap variasi bahan tambah kurang dari 15 benda uji, maka faktor pengali deviasi standart yang digunakan adalah 12 MPa. Dari kuat tekan yang direncanakan kemudian ditambah nilai margin yang mengacu pada (Mulyono, 2005) ada buku Teknologi Beton, penulis mengambil nilai margin sebesar 5,6 MPa dengan tingkat mutu pekerjaan cukup ini dikarenakan kurang memadainya peralatan yang digunakan saat perencanaan atau pun pembuatan beton.

Adapun nilai *slump* ditetapkan yaitu 30 - 60 mm. Penetapan nilai *slump* akan berpengaruh langsung terhadap perhitungan jumlah kadar air bebas dan proporsi berat agregat halus yang secara tidak langsung berpengaruh dalam perhitungan untuk mendapatkan proporsi campuran untuk setiap satu benda uji silinder dengan volume 0,003375 m³. Proporsi campuran yang didapat melalui *mix design* selanjutnya akan dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan benda uji. Dimana nantinya akan didapatkan berat agregat disetiap nomor saringan, baik agregat halus maupun kasar dengan mengalikan hasil proporsi untuk kebutuhan pencetakan 1 benda uji berbentuk kubus dengan nilai % berat tertahan disetiap nomor saringan dari analisa saringan.

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan untuk 1 benda uji. Untuk agregat kasar terlampir pada Tabel 4.3, sedangkan untuk agregat halus 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 kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Saringan	% tertahan	Berat tertahan (kg)
1,5"	4,44	0,275
3/4"	40,75	2,524
3/8"	30,01	1,859
No. 4	24,80	1,536
No. 8	0	0
Total		6,194

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,275 kg, saringan 3/4 sebesar 2,524 kg, saringan 3/8 sebesar 1,859 kg dan saringan No.4 sebesar 1,536 kg. Dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 6,194 kg.

Tabel 4.4: Banyak agregat halus yang di butuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Saringan	% tertahan	Berat tertahan (kg)
3/8"	0	0
No. 4	4,98	0,137
No. 8	8,22	0,226
No. 16	12,51	0,334
No. 30	22,84	0,628
No. 50	27,24	0,749
No. 100	16,36	0,450
Pan	7,85	0,216
Total		2,740

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 0,137 kg, saringan No.8 sebesar 0,226 kg, saringan No.16 sebesar 0,344 kg, saringan No.30 sebesar 0,628 kg, saringan No.50 sebesar 0,749 kg, saringan No. 100 sebesar 0,450 kg, dan pan sebesar 0,216 kg. Dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,740 kg.

❖ Bahan pengisi semen

Untuk penggunaan bahan pengisi menggunakan Abu ampas tebu sebanyak 6% dapat dilihat pada Tabel 4.5.

◆ Abu yang dibutuhkan sebanyak 6% untuk 1 benda uji

= persentase campuran x berat semen

$$= \frac{6}{100} \times 1,30$$

$$= 0,078 \text{ kg}$$

Maka, semen yang digunakan untuk 1 buah benda uji adalah sebanyak

$$= 1,30 - 0,078$$

$$= 1,222 \text{ kg}$$

Tabel 4.5: Banyak abu ampas tebu dan semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji dan 12 benda uji.

Variasi Campuran	Berat Abu Ampas Tebu (kg)	Berat Semen	Berat Semen Untuk 1 Benda Uji (kg)	Berat Semen Untuk 12 Benda Uji (kg)
Normal	0	1,30	1,30	15,6
6% Abu Ampas Tebu	0,078	1,30	1,222	14,664

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah penggunaan bahan pengisi abu ampas tebu pada semen sebesar 6 % adalah 0,078 kg untuk berat abu ampas tebu dan 1,222 kg untuk berat semen.

❖ Bahan pengisi pasir

- ◆ Limbah marmer yang dibutuhkan sebanyak 12 % tertahan saringan No.100 untuk 1 benda uji

= persentase campuran x berat pasir

$$= \frac{12}{100} \times 2,16$$

$$= 0,26 \text{ kg}$$

Maka, pasir yang digunakan untuk 1 buah benda uji adalah sebanyak

$$= 2,16 - 0,26$$

$$= 1,9 \text{ kg}$$

Tabel 4.6: Banyak Marmer dan pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji dan 12 benda uji.

Variasi Campuran	Berat marmer (kg)	Berat pasir	Berat pasir Untuk 1 Benda Uji (kg)	Berat pasir Untuk 12 Benda Uji (kg)
Normal	0	2,16	2,16	25,92
12% marmer	0,26	2,16	1,9	22,8

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah penggunaan bahan pengisi marmer pada pasir sebesar 12 % adalah 0,26 kg untuk berat marmer dan 1,9 kg untuk berat pasir.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 24 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 24 benda uji adalah:

- semen yang dibutuhkan untuk 24 benda uji
= banyak semen untuk 1 benda uji x 24
= 1,30 x 24
= 31,2 kg
- ❖ Untuk beton normal
= banyak semen untuk 1 benda uji x 6
= 1,30 x 6
= 7,8 kg
- ❖ Untuk beton bahan pengisi semen menggunakan abu ampas tebu 6%
= banyak semen untuk 1 benda uji x 6
= 1,222 x 6
= 7,332 kg
- ❖ Untuk beton bahan pengisi pasir menggunakan marmer 12%
= banyak semen untuk 1 benda uji x 6
= 1,30 x 6
= 7,8 kg
- ❖ Untuk beton bahan pengisi semen menggunakan abu ampas tebu 6% + pengisi pasir menggunakan marmer 12%.
= banyak semen untuk 1 benda uji x 6
= 1,222 x 6
= 7,332 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 24 benda uji
= banyak pasir untuk 1 benda uji x 24
= 2,16 x 24
= 51,84 kg

- ❖ Untuk beton normal
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 6
 - = 2,16 x 6
 - = 12,96 kg

- ❖ Untuk beton bahan pengisi semen menggunakan abu ampas tebu 6%
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 6
 - = 2,16 x 6
 - = 12,96 kg

- ❖ Untuk beton bahan pengisi pasir menggunakan marmer 12%
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 6
 - = 1,9 x 6
 - = 11,4 kg

- ❖ Untuk beton bahan pengisi semen menggunakan abu ampas tebu 6% + pengisi pasir menggunakan marmer 12%.
 - = banyak pasir untuk 1 benda uji x 6
 - = 1,9 x 6
 - = 11,4 kg

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 24 benda uji
 - = banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 24
 - = 4,16 x 24
 - = 99,84 kg

- Air yang dibutuhkan untuk 24 benda uji
 - = banyak air untuk 1 benda uji x 24
 - = 0,57 x 24
 - = 13,68 kg

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 24 benda uji, banyak bahan yang di butuhkan untuk 24 benda uji pada agregat kasar terlampir pada Tabel 4.7, dan untuk agregat halus terlampir pada Tabel 4.8.

Jumlah total agregat tiap saringan didapat dari hasil berat tertahan per saringan per benda uji dikalikan dengan jumlah total benda uji.

Tabel 4.7: Banyak agregat kasar yang di butuhkan untuk tiap saringan untuk 24 benda uji.

Saringan	Berat tertahan (kg)	Jumlah benda uji	Jumlah total agregat (kg)
1,5"	0,275	24	6,6
1"	2,524	24	60,576
½"	1,859	24	44,616
No. 4	1,536	24	36,864
No. 8	0	24	0
Total			148,656

Tabel 4.8: Banyak agregat halus yang di butuhkan untuk tiap saringan untuk 24 benda uji.

Saringan	Berat tertahan (kg)	Jumlah benda uji	Jumlah total agregat (kg)
3/8"	0	24	0
No. 4	0,137	24	3,288
No. 8	0,226	24	5,424
No. 16	0,344	24	8,256
No. 30	0,628	24	15,072
No. 50	0,749	24	17,976
No. 100	0,450	24	10,8
Pan	0,216	24	5,184
Total			66

4.2 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan kubus sebagai benda uji dengan ukuran sisi 15 cm dengan jumlah benda uji yang di buat sebanyak 24 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

1. Pengadukan beton

Pengadukan beton dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula air kira-kira $\frac{1}{3}$ dari jumlah air yang ditetapkan dimasukkan kedalam bejana pengaduk/mesin molen, lalu di masukan agregat halus dari nomor sarigan paling kecil hingga yang paling besar, lalu di masukan agregat kasar dari 1,5", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", dan No. 4, lalu semen, kemudian bahan pengisi, lalu masukan kembali air sebanyak $\frac{2}{3}$ dari jumlah air yang di tetapkan kemudian biarkan bahan-bahan tersebut terlihat menyatu terlebih dahulu kemudian, setelah adukan rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan tampak campuran homogen dan sudah tampak kelecakan yang cukup. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

2. Pencetakan

Sebelum beton di masukan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slumptest*). Setelah itu kemudian adukan betondimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sendok aduk/sekop. Setiap pengambilan campuran dari pan harus dapat mewakili keseluruhan dari adukan tersebut, isi $\frac{1}{3}$ cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk dengan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet sebanyak 10 sampai 15 kali agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 24 jam dan tidak lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

3. Pemeliharaan beton

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

4. Pembuatan kaping (*capping*)

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

4.3 *Slump Test*

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton normal maupun beton yang menggunakan bahan pengisi abu ampas tebu 6 % dan limbah marmer 12%. Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira – kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk dibiarkan jatuh bebas tanpa dipaksa, setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 30 detik setelah itu angkat kerucut dengan cara tegak lurus sampai adukan beton terlepas semua dari cetakan, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melihat *workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) dari campuran beton segar adalah dengan pengujian *slump*. Seperti yang kita ketahui, perencanaan *slump* pada *Job Mix Design* adalah 30-60 mm. Jika selisih antara tinggi kerucut dan adukan beton kecil maka kekentalan beton tinggi. Sebaliknya jika selisih antara tinggi kerucut dan adukan beton besar maka beton segar dalam keadaan encer. Nilai *slump* yang sesuai harapan adalah nilai yang sesuai dengan rencana semula dengan toleransi lebih kurang 2 cm untuk naik turunnya.

Tabel 4.9: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal		Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6 %		Beton Campuran Limbah Marmer 12%		Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	
	14	28	14	28	14	28	14	28
<i>Slump</i> (cm)	3,2	3,6	5	3,9	3	3,5	3,7	3,5

Semakin tinggi nilai *slump* maka semakin rendah nilai kuat tekan beton begitu juga sebaliknya semakin rendah nilai *slump* maka semakin tinggi kuat tekan beton yang diperoleh. Semakin tinggi nilai *slump* maka menandakan bahwa kekecekan beton yang tinggi diakibatkan terlalu banyak penggunaan air pada campuran beton sehingga gelembung udara semakin banyak yang menyebabkan terjadinya rongga-rongga pada beton dan tidak tercapainya kuat tekan beton yang ditargetkan.

4.4 Penyerapan Air Pada Beton

Pengujian penyerapan air dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 28 hari dengan benda uji yang akan dites adalah berupa kubus dengan sisi 15 cm dengan jumlah benda uji 24 buah dan sesuai pengelompokan variasi campurannya yaitu beton normal, beton campuran abu ampas tebu 6%, beton campuran limbah marmer 12% dan beton campuran abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% . Pengujian penyerapan air dilakukan agar dapat gambaran penyerapan air yang terjadi pada beton.

4.4.1 Penyerapan Air Pada Beton Normal

Pengujian penyerapan air beton normal dilakukan pada umur 14 hari dan 28 hari setelah pencetakan. Hasil penyerapan air beton normal dapat di lihat pada Tabel 4.10. Berdasarkan hasil penyerapan air beton normal, didapat nilai penyerapan air untuk umur beton 14 hari rata-rata sebesar 0,65%. Sedangkan nilai penyerapan air pada beton umur 28 hari didapat rata-rata sebesar 0,95%.

Tabel 4.10: Hasil pengujian penyerapan air beton normal.

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton normal 14 hari			
1	Beton normal	0,0097	0,97
2	Beton normal	0,0086	0,86
3	Beton normal	0,0013	0,13
Rata-rata			0,65

Tabel 4.10 : *Lanjutan.*

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton normal 28 hari			
1	Beton normal	0,0091	0,91
2	Beton normal	0,01	1
3	Beton normal	0,0096	0,96
Rata-rata			0,95

4.4.2 Penyerapan Air Pada Beton Campuran Abu Ampas tebu 6%

Hasil dari penyelidikan penyerapan air pada beton campuran abu besi 6% dapat dilihat pada Tabel 4.11. Tabel ini menjelaskan tentang nilai penyerapan air pada beton campuran abu ampas tebu 6% pada saat umur beton 14 hari rata-rata adalah 0,61%. Sedangkan pada pengujian penyerapan air pada umur beton 28 hari rata-rata didapat sebesar 0,91%. Dari kesimpulan di atas di dapat bahwasanya penyerapan air pada beton campuran abu ampas tebu 14 hari dan 28 hari lebih rendah dari beton normal dikarenakan pada beton campuran abu ampas tebu mengalami hidrasi pada saat pembuatan benda uji yang mengakibatkan korosi dan kekeringan sehingga pada saat perendaman tidak mampu menyerap air lebih banyak dari beton normal.

Tabel 4.11: Hasil pengujian penyerapan air beton campuran abu ampas tebu 6%.

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton abu ampas tebu 6% pada umur 14 hari			
1	Abu ampas tebu 6%	0,0059	0,59
2	Abu ampas tebu 6%	0,0061	0,61
3	Abu ampas tebu 6%	0,0063	0,63
Rata-rata			0,61

Tabel 4.11 : *Lanjutan.*

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton abu ampas tebu 6% pada umur 28 hari			
1	Abu ampas tebu 6%	0,0095	0,95
2	Abu ampas tebu 6%	0,0085	0,85
3	Abu ampas tebu 6%	0,0092	0,92
Rata-rata			0,91

4.4.3 Penyerapan Air Pada Beton Campuran Limbah Marmer 12%

Pada beton dengan campuran limbah marmer 12% terlihat penyerapan yang dihasilkan lebih banyak atau tinggi dari penyerapan beton normal dan abu ampas tebu. Ini membuktikan bahwasannya partikel pada marmer yang tercampur pada beton dapat menyerap air dengan baik. Hasil penyerapan air pada beton campuran limbah mamer 12% dapat dilihat pada Tabel 4.12. Tabel ini menjelaskan tentang nilai penyerapan air pada beton campuran limbah marmer 12% pada saat umur beton 14 hari rata-rata adalah 1,93%. Sedangkan pada pengujian penyerapan air pada umur beton 28 hari rata-rata didapat sebesar 1,42%.

Tabel 4.12: Hasil pengujian penyerapan air beton campuran limbah marmer 12%.

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton limbah marmer 12% pada umur 14 hari			
1	Limbah marmer 12%	0,018	1,8
2	Limbah marmer 12%	0,024	2,4
3	Limbah marmer 12%	0,016	1,6
Rata-rata			1,93

Tabel 4.12 : *Lanjutan.*

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton Limbah marmer 12% pada umur 28 hari			
1	Limbah marmer 12%	0,013	1,33
2	Limbah marmer 12%	0,013	1,36
3	Limbah marmer 12%	0,015	1,59
Rata-rata			1,42

4.4.4 Penyerapan Air Pada Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%

Hasil penyerapan air pada beton campuran limbah marmer 12% + abu ampas tebu 6% pada saat umur beton 14 hari rata-rata adalah 0,6%. Sedangkan pada pengujian penyerapan air pada umur beton 28 hari rata-rata sebesar 0,99% . Hasil ini dapat dilihat pada tabel 4.13 di bawah ini. Hasil penyelidikan yang didapat nilai penyerapannya tidak lebih tinggi yang dihasilkan pada beton dengan campuran limbah marmer dikarenakan adanya campuran abu ampas tebu yang mengakibatkan hidrasi pada adukan beton sehingga terjadi kekeringan yang sulit untuk menyerap air.

Tabel 4.13: Hasil pengujian penyerapan air beton campuran abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%.

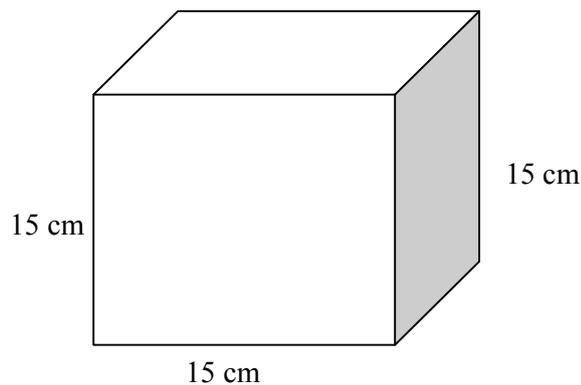
Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton campuran abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% pada umur 14 hari			
1	Abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%	0,0065	0,65
2	Abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%	0,0078	0,78

Tabel 4.13 : *Lanjutan.*

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
3	Abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%	0,0037	0,37
Rata-rata			0,6
Penyerapan air pada beton campuran abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% pada umur 28 hari			
1	Abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%	0,0065	0,65
2	Abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%	0,0118	1,18
3	Abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%	0,0114	1,14
Rata-rata			0,99

4.5 Kuat Tekan Beton

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 dites adalah berupa kubus dengan sisi 15 cm seperti pada Gambar 4.1 dan jumlah benda uji 24 buah, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.1: Beban tekan pada benda uji kubus.

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

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

4.5.1 Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 28 hari seperti yang telah dijelaskan diatas. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton normal dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

Tabel 4.14: Hasil pengujian kuat tekan beton normal 14 hari.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Estimasi 14 hari	f'_c rata-rata (MPa)
I	59000	262,22	29,80	30,47
II	60500	268,89	30,56	
III	61500	273,33	31,06	

Tabel 4.15: Hasil pengujian kuat tekan beton normal 28 hari.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Estimasi 28 hari	f'_c rata-rata (MPa)
I	72500	322,22	32,22	31,85
II	70500	313,33	31,33	
III	72000	320,00	32,00	

Berdasarkan hasil kuat tekan beton normal, didapat nilai kuat tekan untuk umur beton 14 hari rata-rata sebesar 30,47 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan beton umur 28 hari didapat rata-rata sebesar 31,56 MPa. Penelitian beton normal ini memenuhi persyaratan karena nilai kuat tekan umur beton 14 hari 28 hari yang dihasilkan melebihi dari nilai kuat tekan rencana sebesar 30 MPa.

4.5.2 Kuat Tekan Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6%

Kuat tekan beton campuran abu ampas tebu 6% yang dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari tidak mencapai target kuat tekan rencana yaitu 30 Mpa. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton campuran abu ampas tebu 6% dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17.

Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tekan beton untuk campuran abu ampas tebu 6% pada umur 14 hari.

Benda Uji	Filler	Beban tekan(P) (kg)	A= 225cm ² $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Estimasi 14 hari	f'_c rata-rata (MPa)
I	Abu Ampas Tebu 6%	54000	240,00	27,27	26,68
II	Abu Ampas Tebu 6%	52500	233,33	26,52	
III	Abu Ampas Tebu 6%	52000	231,11	26,26	

Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat tekan beton untuk campuran abu ampas tebu 6% pada umur 28 hari.

Benda Uji	Filler	Beban tekan(P) (kg)	A= 225cm ² $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Estimasi 28 hari	f'_c rata-rata (MPa)
I	Abu Ampas Tebu 6%	61500	273,33	27,33	27,63
II	Abu Ampas Tebu 6%	63000	280,00	28,00	
III	Abu Ampas Tebu 6%	62000	275,56	27,56	

Hasil kuat tekan pada beton campuran abu ampas tebu 6% pada saat umur beton 14 hari rata-rata adalah 26,68 MPa, sedangkan pada pengujian kuat tekan umur beton 28 hari rata-rata didapat sebesar 27,63 Mpa dan tidak melebihi kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa dikarenakan korosi yang terjadi pada beton yang diakibatkan oleh hidrasi pada saat pengadukan dan pencetakan beton akibat dari abu ampas tebu yang menyerap kandungan air, sehingga mengakibatkan susahnya proses pemadatan pada cetakan beton.

4.5.3 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Marmer 12%

Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton campuran limbah marmer 12% dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19.

Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat tekan beton untuk campuran limbah marmer 12% pada umur 14 hari.

Benda Uji	Filler	Beban tekan(P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Estimasi 14 hari	f'_c rata-rata (MPa)
I	Limbah marmer 12%	72000	320,00	36,36	36,45
II	Limbah marmer 12%	71500	317,78	36,11	
III	Limbah marmer 12%	73000	324,44	36,87	

Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tekan beton untuk campuran limbah marmer 12% pada umur 28 hari.

Benda Uji	Filler	Beban tekan(P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Estimasi 28 hari	f'_c rata-rata (MPa)
I	Limbah marmer 12%	90500	402,22	40,22	39,93
II	Limbah marmer 12%	90500	402,22	40,22	
III	Limbah marmer 12%	88500	393,33	39,33	

Kuat tekan yang dihasilkan melebihi kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa yaitu kuat tekan rata-rata pengujian pada umur 14 hari sebesar 36,45 MPa, sedangkan untuk pengujian pada saat umur beton 28 hari, nilai kuat tekan rata-rata mencapai 39,63 Mpa. Hasil ini bahkan melebihi kuat tekan beton normal, ini diakibatkan karena proses pengerjaan dan pemadatan beton yang baik, partikel limbah marmer mampu mengisi pori-pori pada beton dan juga mampu menyerap air dengan baik pada saat perendaman yang mengakibatkan peremajaan pada beton atau perawatan pada beton yang mampu meningkatkan kuat tekan beton.

4.5.4 Kuat Tekan Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%

Pengujian beton campuran abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 28 hari menghasilkan kuat tekan yang tidak melebihi kuat tekan pada campuran limbah marmer namun lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran abu ampas tebu dikarenakan adanya campuran abu ampas tebu yang mempengaruhi kualitas kuat tekan beton. Hasil ini masih bisa dikatakan baik dikarenakan mencapai kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa dan juga mampu melebihi kuat tekan pada beton normal. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton campuran abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21.

Tabel 4.20: Hasil pengujian kuat tekan beton untuk campuran abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% pada umur 14 hari.

Benda Uji	Filler	Beban tekan(P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Estimasi 14 hari	f'_c rata-rata (MPa)
I	Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	63000	280,00	31,82	31,73
II	Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	61500	273,33	31,06	
III	Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	64000	284,44	32,32	

Tabel 4.21: Hasil pengujian kuat tekan beton untuk campuran abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% pada umur 28 hari.

Benda Uji	Filler	Beban tekan(P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)/1$ (MPa)	Estimasi 28 hari	f'_c rata-rata (MPa)
I	Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	76000	337,78	33,78	34,30
II	Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	76500	340,00	34,00	
III	Abu Ampas Tebu 6% + Limbah Marmer 12%	79000	351,11	35,11	

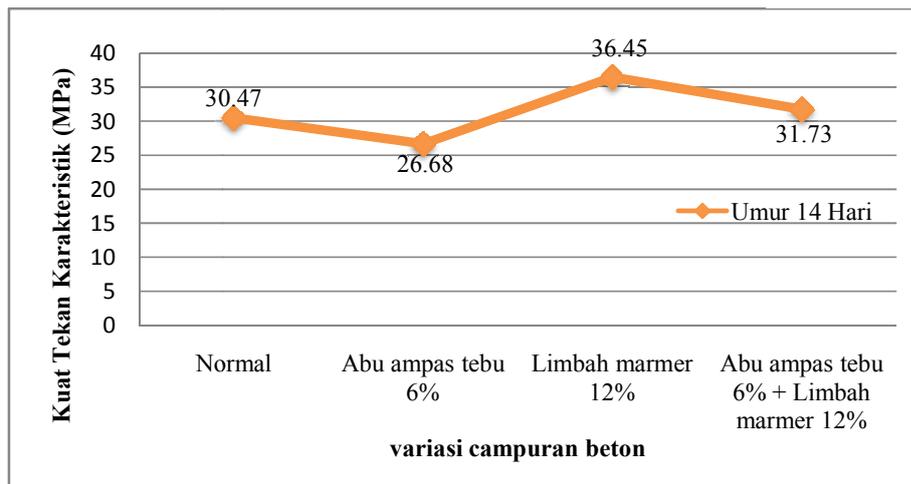
Untuk variasi penambahan persentase pada abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% ini, dapat dilihat kenaikan kuat tekan rata-rata yakni pada saat umur beton 14 hari sebesar 31,73 MPa, sedangkan pada saat umur beton 28 hari kuat tekan rata-rata yang didapat sebesar 34,30 Mpa. Hasil ini sudah melebihi kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa.

4.6 Pembahasan

Apabila kita membandingkan antara nilai kuat tekan akhir beton normal dengan beton yang menggunakan bahan pengisi pada campuran beton, maka dapat kita lihat adanya penurunan dan kenaikan nilai kuat tekan pada beton. Dari tabel di bawah bisa dilihat jika beton dengan campuran limbah marmer 12% dan beton dengan campuran limbah marmer 12% + abu ampas tebu 6% sama-sama mengalami kenaikan terhadap beton normal dan mengalami kenaikan yang signifikan pada campuran limbah marmer 12% pada umur 28 hari. Pada beton campuran abu ampas tebu 6% mengalami penurunan dan bahkan tidak melebihi kuat tekan pada beton normal. Persentase penurunan dan kenaikan beton pada variasi 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada perhitungan Tabel 4.22. di bawah ini:

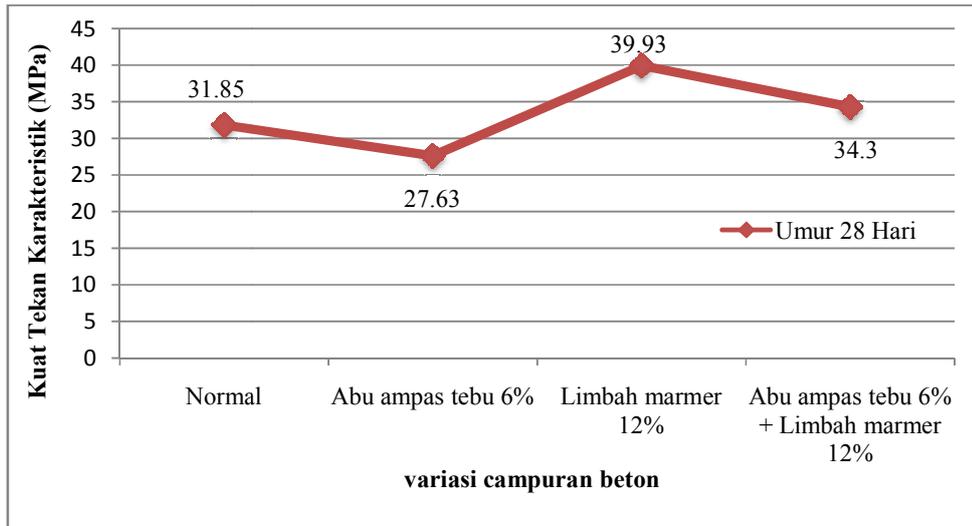
Tabel 4.22: Persentase Kuat Tekan Beton.

Variasi	Kuat Tekan	Umur Hari	Nilai	Keterangan
			$\frac{K.T. Var - K.T. Nor}{K.T. Nor} \times 100\%$	
Normal	31,85	28	0	-
Penambahan abu ampas tebu 6%	27,63	28	-10,58	Penurunan
Penambahan limbah marmer 12%	39,93	28	25,57	Kenaikan
Penambahan abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%	34,30	28	8,68	Kenaikan
Normal	30,47	14	0	-
Penambahan abu ampas tebu 6%	26,68	14	-12,44	Penurunan
Penambahan limbah marmer 12%	36,45	14	19,63	Kenaikan
Penambahan abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12%	31,73	14	4,14	Kenaikan



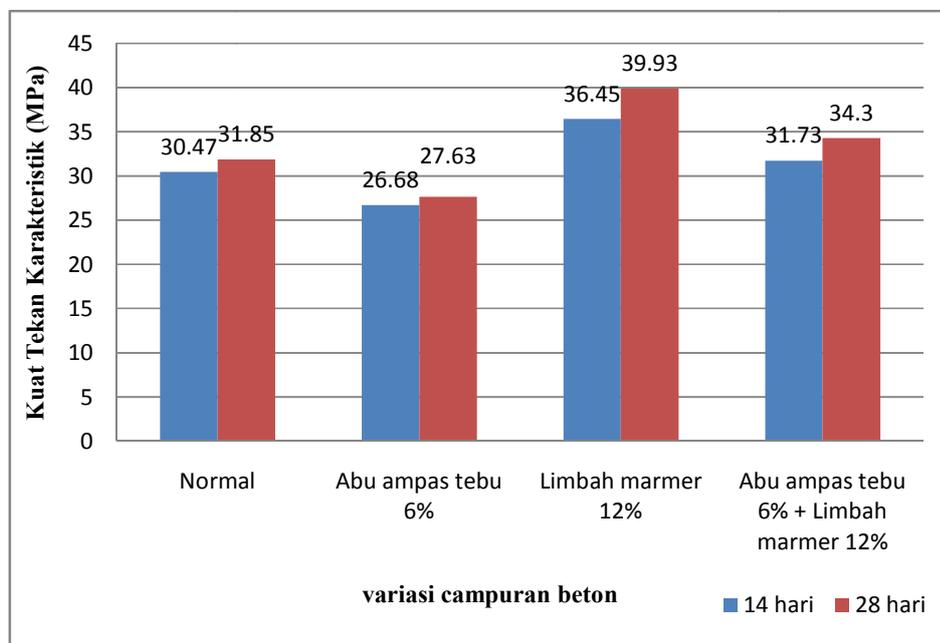
Gambar 4.2: Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata umur 14 hari.

Grafik pada gambar 4.2. diatas menjelaskan kuat tekan beton 14 hari pada beton normal yaitu 30,47 Mpa lalu mengalami penurunan pada campuran abu ampas tebu 6% yaitu 26,68 Mpa. Pada beton campuran limbah marmer 12% mengalami kenaikan 36,45 Mpa yang melebihi kuat tekan beton normal namun pada beton campuran limbah marmer 12% + abu ampas tebu 6% kembali mengalami penurunan tapi tetap diatas kuat tekan yang dihasilkan beton normal.



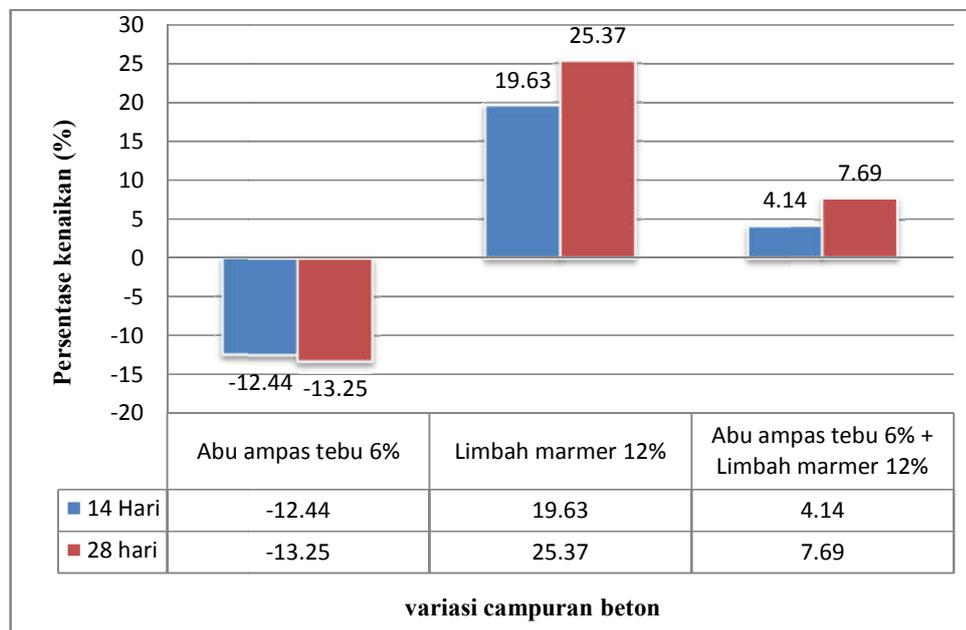
Gambar 4.3: Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata umur 28 hari.

Hasil dari grafik pada gambar 4.3 didapat hasil kenaikan yang signifikan pada beton dengan campuran limbah marmer 12% dengan kenaikan yaitu 39,93 Mpa dan pada campuran abu ampas tebu 6% mengalami penurunan yaitu 27,63 Mpa, hasil dari abu ampas tebu 6% tidak melebihi kuat tekan beton yang dihasilkan beton normal yaitu 31,85 Mpa dan kuat tekan rencana sebesar 30 Mpa.



Gambar 4.4: Grafik perbandingan hasil kuat tekan beton.

Dari hasil pada gambar 4.4 diatas kita dapat melihat bahwa peningkatan dan penurunan kuat tekan beton pada penambahan bahan abu ampas tebu 6%, limbah marmer 12%, dan abu ampas tebu 6% + limbah marmer 12% dan terjadi perbedaan penurunan kuat tekan pada umur 14 hari dan 28 hari. Kenaikan tertinggi terjadi pada beton dengan campuran limbah marmer 12 % pada umur 14 hari yaitu 36,45 Mpa dan 28 hari yaitu 39,93 Mpa sedangkan pada beton abu ampas tebu 6% pada umur 14 hari dan 28 hari mengalami penurunan dikarenakan korosi yang terjadi pada benda uji yang dihasilkan yang diakibatkan hidrasi pada proses pembuatan beton.



Gambar 4.5: persentase perbandingan kuat tekan beton terhadap beton normal.

Persentase kenaikan dan penurunan kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.5 diatas. Gambar diatas menjelaskan bahwa penurunan persentase kuat tekan beton terjadi pada campuran abu ampas tebu 6% yang diakibatkan korosi, namun kenaikan terjadi pada persentase campuran limbah marmer 12% dikarenakan *workability* yang baik.

Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat mengakibatkan cacat atau kurang tepatnya nilai target kuat tekan yang direncanakan. Adapun faktor-faktor yang dapat yang mengakibatkan hal ini terjadi antara lain adalah:

1. Adanya kesalahan pemilihan permukaan yang akan ditekan. Ketidakrataan permukaan, menyebabkan rendahnya kuat tekan yang dicapai.



Gambar 4.6: Ketidakrataan permukaan yang di tekan.

2. Adanya korosi antar butir, menyebabkan rendahnya kuat tekan.
3. Adanya segregasi (pemisahan butir) dan timbulnya gelembung air, menyebabkan kuat tekan beton berkurang.
4. Kemungkinan adanya kekeliruan / kurangnya ketelitian dalam pengerjaan.
5. Keterbatasan alat saat pepadatan sehingga hasil kuat tekan tidak maksimal.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan dari data kuat tekan beton yang dihasilkan bahwa variasi persen limbah marmer dan limbah marmer + abu ampas tebu dapat mempengaruhi mutu kuat tekan beton, yaitu :
 - Beton dengan limbah marmer sebesar 12% untuk 14 hari didapat kuat tekan sebesar 36,45 Mpa.
 - Beton dengan limbah marmer sebesar 12% untuk 28 hari didapat kuat tekan sebesar 39,93 Mpa.
 - Beton dengan abu ampas tebu 6% + limbah marmer sebesar 12% untuk 14 hari didapat kuat tekan sebesar 31,73 Mpa.
 - Beton dengan abu ampas tebu 6% + limbah marmer sebesar 12% untuk 28 hari didapat kuat tekan sebesar 34,30 Mpa.
2. Berdasarkan data pengujian kuat tekan beton yang diperoleh dari tugas akhir ini, kuat tekan dan persentase maksimum terjadi pada beton dengan penambahan limbah marmer 12% sebagai bahan pengisi beton pada umur 14 hari yaitu 36,45 Mpa dan pada umur 28 hari yaitu sebesar 39,93 Mpa atau mengalami kenaikan 25,37 % dari beton normal dikarenakan *workability* yang bagus yang dihasilkan dari campuran limbah marmer 12%.
3. Berdasarkan dari data kuat tekan yang dihasilkan dari abu ampas tebu 6% mengalami penurunan kuat tekan beton pada umur 14 hari yaitu sebesar 26,68 Mpa dan pada umur 28 hari sebesar 27,63 Mpa ditetapkan sebagai penurunan paling rendah jika dibandingkan dengan beton normal, beton dengan variasi limbah marmer 12% dan beton limbah marmer 12% + abu ampas tebu 6% dikarenakan korosi yang terjadi yang diakibatkan hidrasi pada pembuatan benda uji pada campuran abu ampas tebu 6%.

5.2 Saran

1. Penggunaan abu ampas tebu 6% pada campuran beton tidak disarankan karena dapat menurunkan kuat tekan beton.
2. Disarankan melakukan penambahan air jika menggunakan abu ampas tebu 6% untuk menghindari hidrasi yang berakibat terjadinya korosi pada benda uji yang dihasilkan.
3. Dan perlu dilakukan pengujian-pengujian lanjutan untuk uji tarik dan lentur akibat pengaruh pada penambahan abu ampas tebu dan limbah marmer dalam campuran beton.
4. Disarankan menggunakan zat *additive* lain untuk dapat menaikkan kuat tekan beton secara signifikan.
5. Semoga limbah marmer dapat dimanfaatkan dengan baik untuk bahan pengisi pembuatan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- American Standard Testing and Materials. 1982. Standard Specification for Concrete Aggregates. ASTM C33. United States: ASTM.
- Annual Book of ASTM Standards. 1993. ASTM C 109: Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens). ASTM international. West Conshohocken. PA.
- Ashraf, W. B., Noor, M. A., 2011. A Parametric Study For Assessing The Effects Of Coarseness Factor And Workability Factor On Concrete Compressive Strength, International Journal Of Civil And Structural Engineering, Volume 1, No 4.
- ASTM C 128. 2008. Analisa Spesific Gravity Dan Absorpsi Dari Agregat Halus. *Analisa Spesific Gravity Dan Absorpsi Dari Agregat Halus*.
- ASTM, Annual Books of ASTM Standards. 1991 : Concretes And Aggregates, Vol.04.02 Construction, Philadelphia-USA: ASTM,1991,PA19103-1187
- A. M. Neville. 1975. PROPERTIES OF CONCRETE, The English Language Book Society and Pitman Publishing, London.
- Badan Penerbit Universitas Semarang. 1999. Struktur Beton, Universitas Semarang, Semarang.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. ICS. Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. Peraturan Beton Indonesia (PBI), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI), Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Ferguson, P.M. 1991. Dasar-Dasar Beton Bertulang. Erlangga. Jakarta.
- Galińska, A., & Czarnecki, S. 2017. The Effect of Mineral Powders Derived From Industrial Wastes on Selected Mechanical Properties of Concrete. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 245(3), p. 032039). IOP Publishing.
- Istiqamah, & Kurnia, Shanti. 2013. Pengaruh Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengisi Pada Beton (175S). *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7*, 7(Konteks 7), 185–190.
- Kalchuri, B. S., & Chandak, R. 2015. Study on concrete using marble powder waste as partial replacement of sand. International Journal of Engineering Research and Applications, 5(4), 87-89.

- Kardiyono Tjokrodimulyo. 1992. BAHAN BANGUNAN, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Malier, Yves . 1992. High Performance Concrete, From Material to Structure, E & FN Spon, London,.
- Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D., 2003. Concrete, Second Edition, Prentice Hall, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Mulyono, T. 2005. Teknologi Beton. Penerbit Andi.Yogyakarta.
- Murdock, L. J., Brook, K. M., 1986. Bahan dan Praktek Beton, Terjemahan Ir. Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta.
- Neville, A.M., Brooks, J.J., 2010. Concrete Technology, Second Edition, Pearson Education Limited, Essex, England.
- Nugraha, Paul. 2007. Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi. Andi Offset. Yogyakarta
- Rompas, Gerry Phillip, Pangouw, J. D., Pandaleke, R., & Mangare, J. B. 2013. Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Parsial Semen dalam Campuran Beton Ditinjau terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas. Jurnal Sipil Statik Universitas Sam Ratulangi Vol. 1 No. 2 (82 – 89), Manado.
- Siregar, Nuraisyah. 2010. Pemanfaatan Abu Pembakaran Ampas Tebu dan Tanah Liat Pada Pembuatan Batu Bata. Skripsi Program Studi Fisika Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Steven A T M Rajagukguk1 dan Nursyamsi. 2015. Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Semen Terhadap Sifat – Sifat Mekanik Beton Dengan Menggunakan Pasir Siantar. Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara (USU).
- Sutikno. 2003. Panduan Praktek Beton. Universitas Negeri Surabaya.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. Teknologi Beton. Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo. 2007. Teknologi Beton. Biro penerbit: Yogyakarta.
- Wihardi, M. Tjaronge., Parung, Herman., Siswanto, Kenedi., Dalle, Ambo., 2006. Pecahan Marmer Sebagai Pengganti Parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete (SCC), Jurnal Desain Dan Konstruksi, Vol. 5 No.1, , pp, 3.
- Yusuf, Maulana. 2014. Studi Karakteristik Silika Gel Hasil Sintetis Dari Hasil Abu Ampas Tebu Dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida. (*Skripsi*) Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati; Bandung.

LAMPIRAN

Tabel L1: Satu set saringan agregat kasar.

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

Lampiran 2

Tabel L2: Satu set saringan agregat halus.

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

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

Umur Beton	Faktor	Umur Beton	Faktor
3	0,400	23	0,964
4	0,463	24	0,971
5	0,525	25	0,979
6	0,588	26	0,986
7	0,650	27	0,993
8	0,683	28	1,000
9	0,718	35	1,023
10	0,749	36	1,026
11	0,781	45	1,055
12	0,814	46	1,058
13	0,847	50	1,071
14	0,880	51	1,074
15	0,890	55	1,087
16	0,900	56	1,090
17	0,910	65	1,119
18	0,920	66	1,123
19	0,930	90	1.200
20	0,940	350	1,342
21	0,950	360	1,347
22	0,957	365	1,350

Tabel L4: Perbandingan kekuatan beton pada beberapa beberapa benda uji.

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

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



Gambar L5: Pengambilan material agregat yang akan digunakan.



Gambar L6: Proses penyaringan agregat.



Gambar L7: Pemecahan limbah marmer menjadi serbuk marmer.



Gambar L8: Serbuk marmer lolos di saringan no.50 dan tertahan di saringan No.100.



Gambar L9: Abu ampas tebu sebelum dilakukan penyaringan.



Gambar L10: Proses pengujian *slump*.



Gambar L11: Proses perendaman benda uji.



Gambar L12: Proses penjemuran/pengeringan benda uji.



Gambar L13: Proses penimbangan benda uji.



Gambar L14: Proses pengepresan benda uji.



Gambar L15: Proses uji kuat tekan beton.



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

SEVE ANALYSIS OF FINE AGGREGAT FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 136 - 84a)	Lab No : Lab. Beton UMSU
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
9.50 (No 3/8 in)	0	0	0	0	0	100
4.75 (No. 4)	54	83	137	4.98	4.98	95.02
2.36 (No. 8)	85	141	226	8.22	13.20	86.80
1.18 (No.16)	147	197	344	12.51	25.71	74.29
0.60 (No. 30)	250	378	628	22.84	48.55	51.45
0.30 (No. 50)	360	389	749	27.24	75.78	24.22
0.15 (No. 100)	236	214	450	16.36	92.15	7.85
Pan	118	98	216	7.85	100.00	0.00
Total	1250	1500	2750	100		

$$Fines Modulus (FM) = \frac{260.36}{100} = 2.60$$

Good gradation class :

fine $2.2 < FM < 2.6$
medium $2.6 < FM < 2.9$
coarse $2.9 < FM < 3.2$

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



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

SIEVE ANALYSIS OF COARSE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 136 - 84a & ASTM D 448 - 86)	Lab No	: Lab. Beton UMSU
	Sampling Date	: 14 Januari 2019
	Testing Date	: 15 Januari 2019

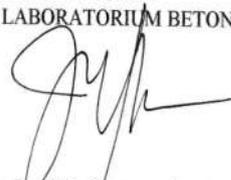
Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
38.1 (1.5 in)	130	145	275	4.44	4.44	95.56
19.0 (3/4 in)	1559	965	2524	40.75	45.19	54.81
9.52 (3/8 in)	749	1110	1859	30.01	75.20	24.80
4.75 (No. 4)	556	980	1536	24.80	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	2994	3200	6194	100		

$$Fines Modulus (FM) = \frac{724.83}{100} = 7.25$$

Good gradation class :
 $5.5 \leq FM \leq 7.5$

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



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

WATER CONTENT TEST FOR CONCRETE MATERIAL ASTM C 566	Lab No : Lab, Beton UMSU
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Wt of SSD sample & mold (<i>berat contoh SSD & berat wadah</i>)	556	556	556
Wt of SSD sample (<i>berat contoh SSD</i>)	500	500	500
Wt of oven dry sample & mold (<i>berat contoh kering oven & wadah</i>)	545	545	545
Wt of mold (<i>berat wadah</i>)	56	56	56
Wt of water (<i>berat air</i>)	11	11	11
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh kering</i>)	489	489	489
Water content	2.25	2.25	2.25

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



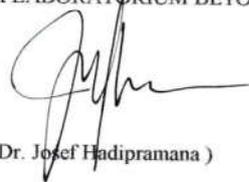
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

WATER CONTENT TEST FOR CONCRETE MATERIAL ASTM C 566	Lab No : Lab. Beton UMSU
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Wt of SSD sample & mold (<i>berat contoh SSD & berat wadah</i>)	1154	1204	1179
Wt of SSD sample (<i>berat contoh SSD</i>)	1000	1050	1025
Wt of oven dry sample & mold (<i>berat contoh kering oven & wadah</i>)	1145	1197	1171
Wt of mold (<i>berat wadah</i>)	154	154	154
Wt of water (<i>berat air</i>)	6	7	7
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh kering</i>)	994	1043	1019
Water content	0.60	0.67	0.64

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



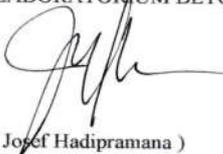
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 128 - 88)	Lab No : Lab. Beton UMSU
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample 1	Sample 2	Average
Wt of SSD sample in air (<i>berat contoh SSD kering permukaan jenuh</i>) B	500	500	500
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh SSD kering oven 110° C sampai konstan</i>) E	491	493	492.0
Wt of flask + water (<i>berat piknometer penuh air</i>) D	685	685	685.0
Wt of flask + water + sample (<i>berat contoh SSD dalam piknometer penuh air</i>) C	985	986	985.5
Bulk sp grafity dry (<i>berat jenis contoh kering</i>) $E/(B+D-C)$	2.46	2.48	2.47
Bulk sp grafity SSD (<i>berat jenis contoh SSD</i>) $B/(B+D-C)$	2.50	2.51	2.51
Apparent sp grafity (<i>berat jenis contoh semu</i>) $E/(E+D-C)$	2.57	2.57	2.57
Absortion (<i>penyerapan</i>) $((B-E)/E) \times 100\%$	1.83	1.42	1.63

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



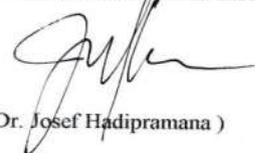
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 127 - 88)	Lab No	: Lab. Beton UMSU
	Sampling Date	: 14 Januari 2019
	Testing Date	: 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I	Sample II	Average
Wt of SSD sample in air (<i>berat contoh SSD kering permukaan jenuh</i>) A	2500	3000	2750
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh SSD kering oven 110° C sampai konstan</i>) C	2485	2973	2729
Wt of SSD sample in water (<i>berat contoh jenuh</i>) B	1570	1901	1735.5
Bulk sp grafitry dry (<i>berat jenis contoh kering</i>) C/(A-B)	2.67	2.71	2.69
Bulk sp grafitry SSD (<i>berat jenis contoh SSD</i>) A/(A-B)	2.69	2.73	2.71
Apparent sp grafitry (<i>berat jenis contoh semu</i>) C/(C-B)	2.72	2.77	2.74
Absortion (<i>penyerapan</i>) ((A-C)/C)x100%	0.60	0.91	0.76

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



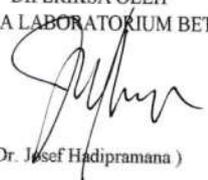
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

UNIT WEIGHT OF FINE AGREGATE TEST FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 29)	Lab No : Lab. Beton UMSU
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe
Diameter & tinggi wadah	d : 24 cm h : 24.2 cm

No	No	Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample I	Sample II	Sample III	Average
1	1	Wt of sample & mold (<i>berat contoh & wadah</i>), gr	17620	19560	21157	19445.66667
2	2	Wt of mold (<i>berat wadah</i>), gr	5400	5400	5400	5400
3	3	Wt of sample (<i>berat contoh</i>), gr	12220	14160	15757	14046
4	4	Vol of mold (<i>volume wadah</i>), cm ³	10851.84	10851.84	10851.84	10851.84
5	5	Unit weight (<i>berat Isi</i>), gr/cm ³	1.126	1.305	1.452	1.294

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



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

UNIT WEIGHT OF COARSE AGREGATE TEST FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 29)	Lab No : Lab. Beton UMSU
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe
Diameter & tinggi wadah	d : 27 cm h : 27 cm

No	Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I	Sample II	Sample III	Average
1	Wt of sample & mold (<i>berat contoh & wadah</i>), gr	28150	29990	30820	29653.33
2	Wt of mold (<i>berat wadah</i>), gr	6500	6500	6500	6500
3	Wt of sample (<i>berat contoh</i>), gr	21650	23490	24320	23153
4	Vol of mold (<i>volume wadah</i>), cm ³	15451.16	15451.16	15451.16	15451.16
5	Unit weight (<i>berat Isi</i>), gr/cm ³	1.401	1.520	1.574	1.498

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



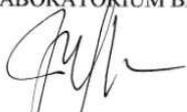
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

RESISTANCE TO DEGRADATION OF COARSE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 131 - 89 & ASTM C 535 - 89)	Lab No : Lab. Beton UMSU
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Diameter	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Gradation Tested (<i>gradasi yang diuji</i>)		
Sieve zize Retained	Wt of sample before test (<i>berat awal</i>) gr	Wt of sample after test (<i>berat akhir</i>) gr
37,5 (1.5 in)	-	-
25 (1 in)	-	-
19.1 (3/4 in)	-	-
12.5 (1/2 in)	2500	960
9.50 (No. 3/8 in)	2500	1367
4.75 (No.4)	-	715
2.36 (No. 8)	-	450
0.30 (No. 50)	-	-
0.15 (No. 100)	-	-
Pan	-	398
Total	5000	3890
<i>Wt of sample passing No. 12 (berat lolos saringan No. 12)</i>		1110
Abrasion (keausan) %		22.200

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



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

MATERIAL FINER THAN 75-mm (No. 200) IN MINERAL AGGREGATE BY WASHING FOR CONCRETE MATERIAL ASTM C 117 - 90	Lab No : Lab. Beton 2019
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Original dry mass of sample, g	500	500	500
Dry mass of sample after washing, g	478	483	480.5
Mass of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, g	22	17	19.5
Percentage of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, %	4.4	3.4	3.9

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadipramana)



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

MATERIAL FINER THAN 75-mm (No. 200) IN MINERAL AGGREGATE BY WASHING FOR CONCRETE MATERIAL ASTM C 117 - 90	Lab No : Lab. Beton UMSU
	Sampling Date : 14 Januari 2019
	Testing Date : 15 Januari 2019

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Alamsyah Putra Munthe

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Original dry mass of sample, g	1000	1000	1000
Dry mass of sample after washing, g	991	991	991.0
Mass of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, g	9	9	9.0
Percentage of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, %	0.9	0.9	0.9

Medan, Februari 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadipramana)



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

Jenis Pengujian : Pengujian Kuat Tekan Beton
Pemilik Benda Uji : Alamsyah Putra Munthe
Proyek : Penelitian Tugas Akhir
Rencana Mutu Beton : 30 Mpa

Jumlah Benda Uji: 3 buah		Jenis Benda Uji: kubus 15 x 15 cm								
No	Benda Uji	Campuran			FAS %	Slump (cm)	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Berat (Kg)	
		P.C	Pasir	Kerikil					Cetak	Uji
1	I	1.30	2.16	4.16	0.57	3.2	22-Jan-19	05-Feb-19	8407	8489
2	II	1.30	2.16	4.16	0.57	3.2	22-Jan-19	05-Feb-19	8340	8412
3	III	1.30	2.16	4.16	0.57	3.2	22-Jan-19	05-Feb-19	8243	8254

No	Benda Uji	Bahan Ganti	Umur Hari	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Saat Pengujian	Estimasi 14 hari (Mpa)	Keterangan
1	I	-	14	59000	262.22	29.80	30.47
2	II	-	14	60500	268.89	30.56	
3	III	-	14	61500	273.33	31.06	

Medan, Agustus 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

(Dr. Josef Hadiprama)



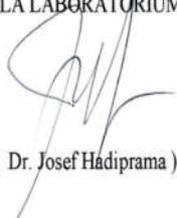
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

Jenis Pengujian : Pengujian Kuat Tekan Beton
Pemilik Benda Uji : Alamsyah Putra Munthe
Proyek : Penelitian Tugas Akhir
Rencana Mutu Beton : 30 MPa

Jumlah Benda Uji: 3 buah			Jenis Benda Uji: kubus 15x15 cm							
No	Benda Uji	Campuran			FAS %	Slump (cm)	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Berat (Kg)	
		P.C	Pasir	Kerikil					Cetak	Uji
1	I	1.222	2.16	4.16	0.57	5	24-Jan-19	07-Feb-19	8015	8063
2	II	1.222	2.16	4.16	0.57	5	24-Jan-19	07-Feb-19	7866	7914
3	III	1.222	2.16	4.16	0.57	5	24-Jan-19	07-Feb-19	7821	7871

No	Benda Uji	Bahan Pengisi	Umur Hari	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Saat Pengujian	Estimasi 14 hari (Mpa)	Keterangan
1	I	Abu Ampas Tebu 6%	14	54000	240.00	27.27	26.68
2	II		14	52500	233.33	26.52	
3	III		14	52000	231.11	26.26	

Medan, Agustus 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadiprama)



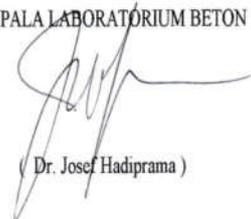
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

Jenis Pengujian : Pengujian Kuat Tekan Beton
Pemilik Benda Uji : Alamsyah Putra Munthe
Proyek : Penelitian Tugas Akhir
Rencana Mutu Beton : 30 Mpa

Jumlah Benda Uji: 4 buah				Jenis Benda Uji: kubus 15x15 cm						
No	Benda Uji	Campuran			FAS %	Slump (cm)	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Berat (Kg)	
		P.C	Pasir	Kerikil					Cetak	Uji
1	I	1.30	1.9	4.16	0.57	3	25-Jan-19	08-Feb-19	8126	8276
2	II	1.30	1.9	4.16	0.57	3	25-Jan-19	08-Feb-19	8214	8412
3	III	1.30	1.9	4.16	0.57	3	25-Jan-19	08-Feb-19	8245	8381

No	Benda Uji	Bahan Pengisi	Umur Hari	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Saat Pengujian	Estimasi 14 hari (Mpa)	Keterangan
1	I	Limbah Marmer 12%	14	72000	320.00	36.36	36.45
2	II		14	71500	317.78	36.11	
3	III		14	73000	324.44	36.87	

Medan, Agustus 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadiprama)



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

Jenis Pengujian : Pengujian Kuat Tekan Beton
Pemilik Benda Uji : Alamsyah Putra Munthe
Proyek : Penelitian Tugas Akhir
Rencana Mutu Beton : 30 MPa

Jumlah Benda Uji: 3 buah			Jenis Benda Uji: kubus 15x15 cm							
No	Benda Uji	Campuran			FAS %	Slump (cm)	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Berat (Kg)	
		P.C	Pasir	Kerikil					Cetak	Uji
1	I	1.222	1.9	4.16	0.57	3.7	26-Jan-19	09-Feb-19	8137	8190
2	II	1.222	1.9	4.16	0.57	3.7	26-Jan-19	09-Feb-19	8142	8206
3	III	1.222	1.9	4.16	0.57	3.7	26-Jan-19	09-Feb-19	8106	8136

No	Benda Uji	Bahan Pengisi	Umur Hari	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Saat Pengujian	Estimasi 14 hari (Mpa)	Keterangan
1	I	Abu Ampas Tebu 6% + limbah marmer 12%	14	63000	280.00	31.82	31.73
2	II		14	61500	273.33	31.06	
3	III		14	64000	284.44	32.32	

Medan, Agustus 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadiprama)



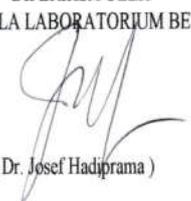
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

Jenis Pengujian : Pengujian Kuat Tekan Beton
Pemilik Benda Uji : Alamsyah Putra Munthe
Proyek : Penelitian Tugas Akhir
Rencana Mutu Beton : 30 MPa

Jumlah Benda Uji: 3 buah			Jenis Benda Uji: kubus 15x15 cm							
No	Benda Uji	Campuran			FAS %	Slump (cm)	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Berat (Kg)	
		P.C	Pasir	Kerikil					Cetak	Uji
1	I	1.30	2.16	4.16	0.57	3.6	17-Jan-19	14-Feb-19	8302	8378
2	II	1.30	2.16	4.16	0.57	3.6	17-Jan-19	14-Feb-19	8456	8541
3	III	1.30	2.16	4.16	0.57	3.6	17-Jan-19	14-Feb-19	8561	8644

No	Benda Uji	Bahan Pengisi	Umur Hari	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Saat Pengujian	Estimasi 28 hari (Mpa)	Keterangan
1	I	-	28	72500	322.22	32.22	31.85
2	II	-	28	70500	313.33	31.33	
3	III	-	28	72000	320.00	32.00	

Medan, Agustus 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadiprama)



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

Jenis Pengujian : Pengujian Kuat Tekan Beton
Pemilik Benda Uji : Alamsyah Putra Munthe
Proyek : Penelitian Tugas Akhir
Rencana Mutu Beton : 30 MPa

Jumlah Benda Uji: 3 buah			Jenis Benda Uji: kubus 15x15 cm							
No	Benda Uji	Campuran			FAS %	Slump (cm)	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Berat (Kg)	
		P.C	Pasir	Kerikil					Cetak	Uji
1	I	1.222	2.16	4.16	0.57	3.9	18-Jan-19	15-Feb-19	8058	8135
2	II	1.222	2.16	4.16	0.57	3.9	18-Jan-19	15-Feb-19	8051	8120
3	III	1.222	2.16	4.16	0.57	3.9	18-Jan-19	15-Feb-19	8084	8159

No	Benda Uji	Bahan Pengisi	Umur Hari	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Saat Pengujian	Estimasi 28 hari (Mpa)	Keterangan
1	I	Abu Ampas Tebu 6%	28	61500	273.33	27.33	27.63
2	II		28	63000	280.00	28.00	
3	III		28	62000	275.56	27.56	

Medan, Agustus 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadiprama)



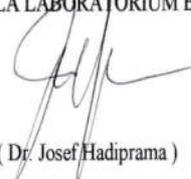
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

Jenis Pengujian : Pengujian Kuat Tekan Beton
Pemilik Benda Uji : Alamsyah Putra Munthe
Proyek : Penelitian Tugas Akhir
Rencana Mutu Beton : 30 MPa

Jumlah Benda Uji: 3 buah		Jenis Benda Uji: kubus 15 x 15 cm								
No	Benda Uji	Campuran			FAS %	Slump (cm)	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Berat (Kg)	
		P.C	Pasir	Kerikil					Cetak	Uji
1	I	1.30	1.9	4.16	0.57	3.5	19-Jan-19	16-Feb-19	8253	8363
2	II	1.30	1.9	4.16	0.57	3.5	19-Jan-19	16-Feb-19	8260	8373
3	III	1.30	1.9	4.16	0.57	3.5	19-Jan-19	16-Feb-19	8364	8497

No	Benda Uji	Bahan Pengisi	Umur Hari	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Saat Pengujian	Estimasi 28 hari (Mpa)	Keterangan
1	I	Limbah Marmer 12%	28	90500	402.22	40.22	39.93
2	II		28	90500	402.22	40.22	
3	III		28	88500	393.33	39.33	

Medan, Agustus 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadiprama)



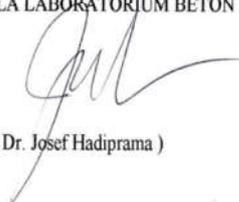
LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 20238

Jenis Pengujian : Pengujian Kuat Tekan Beton
Pemilik Benda Uji : Alamsyah Putra Munthe
Proyek : Penelitian Tugas Akhir
Rencana Mutu Beton : 30 MPa

Jumlah Benda Uji: 3 buah		Jenis Benda Uji: Kubus 15x15 cm								
No	Benda Uji	Campuran			FAS %	Slump (cm)	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Berat (Kg)	
		P.C	Pasir	Kerikil					Cetak	Uji
1	I	1.222	1.9	4.16	0.57	3.5	21-Jan-19	18-Feb-19	8087	8183
2	II	1.222	1.9	4.16	0.57	3.5	21-Jan-19	18-Feb-19	8133	8233
3	III	1.222	1.9	4.16	0.57	3.5	21-Jan-19	18-Feb-19	8060	8152

No	Benda Uji	Bahan Pengisi	Umur hari	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Saat Pengujian	Estimasi 28 hari (Mpa)	Keterangan
1	I	Abu Ampas Tebu 6%	28	79000	351.11	35.11	34.30
2	II	+ Limbah Marmar	28	76000	337.78	33.78	
3	III	12%	28	76500	340.00	34.00	

Medan, Agustus 2019
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON


(Dr. Josef Hadiprama)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mucthar Basri No.3 Medan 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ALAMSYAH PUTRA MUNTHE
NPM : 1507210009
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISA CAMPURAN BETON DENGAN MATERIAL LIMBAH MARMER SEBAGAI PENGISI PASIR DAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI PENGISI SEMEN

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	20/2/2019	<ul style="list-style-type: none">- Tambahkan definisi Mendali pada setiap bagian, khususnya pada bab II.- Tambahkan beberapa uraian tentang proses penyaji pada bab II.	
2.	22/2/2019	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki Rumus tabel dan perbaiki pada masing-masing bab.- Perbaiki uraian perbaiki pada bab 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.- Logaritma pada bab 4.	

PEMBIMBING I

Fahrizal Zulkarnain, S., M.Sc., Ph.D.



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. KaptenMuctharBasri No.3 Medan 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ALAMSYAH PUTRA MUNTHE
NPM : 1507210009
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISA CAMPURAN BETON DENGAN
MATERAL LIMBAH MARMER SEBAGAI
PENGISI PASIR DAN ABU AMPAS TEBU
SEBAGAI PENGISI SEMEN

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
3.	13/3 2019	- Revisi pemboran dengan Hades pada setiap bab. - Grafik kont akan lebih.	Ya
4.	19/6 2019	- Revisi / pelain gambar teknis dengan tiap penyajian	Ya
5.	9/7 2019	Legenda ke Korpall	a
6.	21/7 2019	Acc table demonstrasi	

31/7

PEMBIMBING I

Fahrizal Zulkarnain, S., M.Sc., Ph.D.



**TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. KaptenMuctharBasri No.3 Medan 20238**

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ALAMSYAH PUTRA MUNTHE
NPM : 1507210009
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISA CAMPURAN BETON DENGAN
MATERAL LIMBAH MARMER SEBAGAI
PENGISI PASIR DAN ABU AMPAS TEBU
SEBAGAI PENGISI SEMEN

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	2-3-2019	- Masukkan Jurnal ke dalam referensi utk BAB II dan BAB III . - Perhatikan tulisan sesuai standart penulisan ilmiah - lanjutkan ke Daftar lampiran - Untuk Bagan Alir didalam Bab III metode logi	7f. 7h. 7i. 7j.

PEMBIMBING II

SRI PRAFANTL.ST.M.T.



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mucthar Basri No.3 Medan 20238

LEMBAR ASISTENSI

NAMA : ALAMSYAH PUTRA MUNTHE
NPM : 1507210009
JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISA CAMPURAN BETON DENGAN
MATERAL LIMBAH MARMER SEBAGAI
PENGISI PASIR DAN ABU AMPAS TEBU
SEBAGAI PENGISI SEMEN

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	9-7-2019	- Perbaiki Penulisan Referensi - Perbaiki Bagan Alir, posisi di awal BAB III - lanjutkan	
3	19-7-2019	- jurnal sudah ok. - Perbaiki Erapik lbh jelas & menarik. - lanjutkan.	
4	28-8-2019	- Lanjutkan Seminar ke Ase.	

PEMBIMBING II

SRI PRAFANTLST.M.T.

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

NAMA : Alamsyah Putra Munthe
NPM : 1507210009
Judul T.Akhir : Analisa Campuran beton Dengan material Limbah Marmer
Sebagai Pengisi Pasir Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Peng-
Isi Semen.

Dosen Pembimbing - I : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Sri Prapanti S.,T.M.T
Dosen Pemanding - I : DR.Josef Hadipramana
Dosen Pemanding - II : Tondi Amirsyah.P.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 :
 - perbaikan penempatan balokan Bab II, III dan IV untuk methodology
 - penulisan struktur keada, daftar pustaka, tabel dan gambar
 - penyusunan Gambar dan Tabel
 - referensi penulisan
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

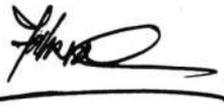
Acc
untuk
sidang

8/9-19

Dr JOSEF HADIPRAMANA

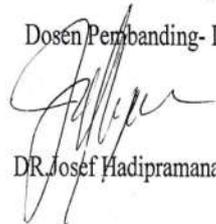
Medan 26 Dzulhijjah 1440H
27 Agustus 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil



Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pemanding- I



DR. Josef Hadipramana

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

NAMA : Alamsyah Putra Munthe
NPM : 1507210009
Judul T.Akhir : Analisa Campuran beton Dengan material Limbah Marmer
Sebagai Pengisi Pasir Dan Abu Ampas Tebu Sebagai Peng-
Isi Semen.

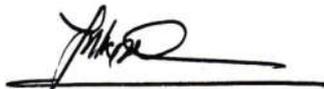
Dosen Pembimbing – I : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing – II : Sri Prapanti S.,T.M.T
Dosen Pembanding - I : DR.Josef Hadipramana
Dosen Pembanding - II : Tondi Amirsyah.P.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - * *Aturan standar isi: penulisan diperbaiki*
 - * *legenda gambar dan keterangan dari gambar*
 - * *tolak diperbaiki*
 - * *Referensi diperbaiki*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

*Aa unmdy Disiplinkan
4/9-2019
Tondi - A.P*

Medan 26 Dzulhijjah 1440H
27 Agustus 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil

Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc

Dosen Pembanding- II

Tondi Amirsyah P.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : ALAMSYAH PUTRA MUNTHE
Panggilan : ALAM
Tempat/Tanggal Lahir : Karo, 01 Juli 1995
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jln. Asim Thahir Dusun II, Kec. Batang kuis
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Ibrahim Munthe
Ibu : Suryani
No. HP : 085760124500
E-mail : alamginting4@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1507210009
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jln.Kaptan Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat
1.	Sekolah Dasar	SD N No.043951 Surbakti
2.	SMP	SMP N 2 SIMPANG IV
3.	SMA	SMK N 1 MERDEKA
4.	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2015	