

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK GIPSUM DAN
CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP
NILAI KUAT TEKAN BETON
(Studi Penelitian)**

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

Disusun oleh:

MUHAMMAD YOGI ISMAYADI

1407210195



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK GIPSUM DAN
CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP
NILAI KUAT TEKAN BETON
(Studi Penelitian)**

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

Disusun oleh:

MUHAMMAD YOGI ISMAYADI

1407210195



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Yogi Ismayadi

NPM : 1407210195

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gypsum Dan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian)

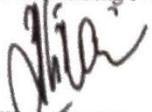
Bidang Ilmu : Struktur

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, 14 Agustus 2018

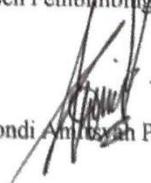
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Ir. Eliza Chairina, M.si

Dosen Pembimbing II/Penguji



Tondi Ambarah P, ST, MT

Dosen Pembanding I / Penguji



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

Dosen Pembanding II/Penguji



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



Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Yogi Ismayadi

Tempat /Tanggal Lahir: Tanjung Balai, 06 Januari 1997

NPM : 1407210195

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gypsum Dan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton”.

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada 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, 14 Agustus 2018

Saya yang menyatakan,

A green official stamp from Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. The stamp contains the text 'UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA' at the top, '6000' in the middle, and a unique ID '201E4AFF481107682' below it. A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

Muhammad Yogi Ismayadi

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK GIPSUM DAN CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BETON

Muhammad Yogi Ismayadi
1407210195
Ir. Ellyza Chairina, MSi
Tondi Amirsyah P, ST, MT

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan atau filler limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit terhadap nilai kuat tekan beton pada beton normal. Pada penelitian ini penambahan yang dilakukan yaitu dengan menggunakan limbah serbuk gypsum dan cangkang kelapa sawit. Metode pengujian beton pada penelitian ini yaitu pembuatan beton normal dan variasi masing-masing 5 benda uji pada umur beton 7 hari dan 28 hari, dan pencampuran beton normal memakai limbah serbuk gipsum 17% + cangkang kelapa sawit 10%, dan limbah serbuk gipsum 20% + cangkang kelapa sawit 10% dengan jumlah semua 30 benda uji. Kemudian dilakukan perendaman dengan umur beton 7 dan 28 hari, setelah itu kemudian dilakukan uji kuat tekan. Hasil pengujian yang diperoleh pada penelitian kali ini adalah di mana beton normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 39,28 MPa pada umur 7 hari dan 34,80 MPa pada umur 28 hari. Pada beton variasi campuran dengan limbah serbuk gipsum 17% + cangkang kelapa sawit 10% memiliki kuat tekan 41,03 MPa pada umur 7 hari dan 35,87 MPa pada umur 28 hari, dengan limbah serbuk gipsum 20% + cangkang kelapa sawit 10% sebesar 42,56 MPa umur 7 hari dan 36,60 MPa umur 28 hari. Didapat dari hasil penelitian yang dilakukan, semakin tinggi pencampuran nilai limbah serbuk gipsum terhadap campuran beton, maka nilai kuat tekan beton semakin naik.

Kata kunci: Beton, *filler*, limbah serbuk gipsum, cangkang kelapa sawit, kuat tekan beton.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDITION OF GYPSUM POWDER AND PALM OIL WASTE ADDITION TO CONCRETE PRESSURE STRENGTH

Muhammad Yogi Ismayadi
1407210195
Ir. Ellyza Chairina, MSi
Tondi Amirsyah P, ST, MT

This final project aims to determine the effect of addition or filler of gypsum powder and oil palm shell waste on the value of concrete compressive strength in normal concrete. In this study the addition was done by using waste gypsum powder and palm oil shells. Concrete testing method in this study is the manufacture of normal concrete and variation of 5 specimens in concrete age 7 days and 28 days, and normal concrete mixing using 17% gypsum powder waste + 10% palm oil shell, and 20% gypsum powder waste + 10% palm oil shell with all 30 test items. Then the immersion with concrete age 7 and 28 days was carried out, after that the compressive strength test was carried out. The test results obtained in this study are where normal concrete has a compressive strength of 39.28 MPa at 7 days and 34.80 MPa at 28 days. Concrete variations in mixture with gypsum powder waste 17% + palm oil shells 10% have a compressive strength of 41.03 MPa at 7 days and 35.87 MPa at 28 days, with 20% gypsum powder waste + 10% palm oil shell 42.56 MPa age 7 days and 36,60 Mpa age 28 days. Obtained from the results of the reseacrh carried out, the higher the mixing value of the gypsum powder waste to the concrete mixture, the higher the compressive Strength of the concrete.

Keywords: Concrete, filler, gypsum powder waste, palm shell, concrete compressive strength.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh penambahan limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit terhadap nilai kuat tekan beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

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

8. Orang tua penulis: Sukiman, S.H dan Hasnah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Rekan seperjuangan penulis: Reza Suhwandi Harahap, Muhammad Iqbal Hanafi, Ridho Noprianto, Yudha Pratama, Retno Sri Ayu Ningsih, Yuwinda Artika, Nirma Rahmadia, Sri Wahyunita, Devita Nanda Safitri, Adisti dan rekan-rekan teknik sipil yang telah memberi semangat dan masukan yang sangat berarti.
11. Teman-teman Ahda Surya Suara yang telah memberikan dukungan serta semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 14 Agustus 2018

Muhammad Yogi Ismayadi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Pembahasan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Pengertian Beton	6
2.2. Semen	7
2.3. Agregat	9
2.3.1. Agregat Halus	9
2.3.2. Agregat Kasar	12
2.4. Air	13
2.5. Limbah Gypsum	15
2.6. Cangkang Kelapa Sawit	16
2.7. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-2000	17
2.8. <i>Slump Test</i>	26
2.9. Perawatan Beton	27

2.10. Pengujian Kuat Tekan	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1. Umum	30
3.1.1. Metodologi Penelitian	30
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.3. Bahan dan Peralatan	32
3.3.1. Bahan	32
3.3.2. Peralatan	33
3.4. Persiapan Penelitian	33
3.5. Pemeriksaan Agregat	33
3.6. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)	34
3.6.1. Kadar Air Agregat Halus	34
3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus	35
3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	35
3.6.4. Berat Isi Agregat Halus	36
3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus	37
3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)	39
3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar	40
3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	40
3.7.3. Berat Jenis Penyerapan Agregat Kasar	41
3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar	42
3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	43
3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	45
3.8. Perencanaan Campuran Beton	46
3.9. Pelaksanaan Penelitian	46
3.9.1. <i>Trial Mix</i>	46
3.9.2. Pembuatan Benda Uji	46
3.9.3. Pengujian <i>Slump</i>	46
3.9.4. Perawatan Beton	46
3.9.4. Pengujian Kuat Tekan	46
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	48

4.1.1. Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	57
4.2. Pembuatan Benda Uji	62
4.3. <i>Slump Test</i>	63
4.4. Kuat Tekan Beton	64
4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal	65
4.4.2 Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Serbuk Gypsum 17% + 10% Cangkang Kelapa Sawit	66
4.4.3. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Serbuk Gypsum 20% + 10% Cangkang Kelapa Sawit	66
4.5. Pembahasan	69
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1. Kesimpulan	72
5.2. Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi bahan pembentuk beton	7
Tabel 2.2	Jenis semen portland	8
Tabel 2.3	Batas gradasi agregat halus	9
Tabel 2.4	Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar	13
Tabel 2.5	Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan	15
Tabel 2.6	Komposisi oksida dari gipsum	16
Tabel 2.7	Karakteristik cangkang kelapa sawit	17
Tabel 2.8	Faktor pengali untuk standart deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia kurang dari 30	17
Tabel 2.9	Tingkat mutu pekerjaan pembetonan	18
Tabel 2.10	Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	19
Tabel 2.11	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	20
Tabel 2.12	Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat	21
Tabel 2.13	Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air	22
Tabel 2.14	Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan	28
Tabel 2.15	Perbandingan kekuatan tekan beton dalam berbagai umur	29
Tabel 3.1	Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus	34
Tabel 3.2	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus	35
Tabel 3.3	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	35
Tabel 3.4	Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus	36
Tabel 3.5	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus	37
Tabel 3.6	Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar	40
Tabel 3.7	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar	40
Tabel 3.8	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan	

	agregat kasar	41
Tabel 3.9	Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar	42
Tabel 3.10	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar	43
Tabel 3.11	Data-data dari hasil pengujian keausan agregat	45
Tabel 4.1	Perencanaan campuran beton	49
Tabel 4.2	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	51
Tabel 4.3	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	52
Tabel 4.4	Banyak bubuk gipsum yang lolos saringan nomor 100 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji	53
Tabel 4.5	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 30 benda uji	55
Tabel 4.6	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 30 benda uji	56
Tabel 4.7	Jumlah kadar air bebas yang ditentukan	59
Tabel 4.8	Hasil pengujian nilai <i>slump</i>	64
Tabel 4.9	Hasil pengujian kuat tekan beton normal	65
Tabel 4.10	Hasil pengujian kuat tekan beton limbah gipsum 17% + 10% cangkang kelapa sawit	66
Tabel 4.11	Hasil pengujian kuat tekan beton limbah gipsum 20% + 10% cangkang kelapa sawit	67
Tabel 4.12	Selisih persentase pada nilai kuat tekan beton	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah gradasi pasir kasar	10
Gambar 2.2	Daerah gradasi pasir sedang	10
Gambar 2.3	Daerah gradasi pasir agak halus	11
Gambar 2.4	Daerah gradasi pasir halus	11
Gambar 2.5	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton	19
Gambar 2.6	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm	23
Gambar 2.7	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	23
Gambar 2.8	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	24
Gambar 2.9	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	25
Gambar 3.1	Bagan metodologi penelitian	31
Gambar 3.2	Grafik gradasi agregat halus	39
Gambar 3.3	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	44
Gambar 4.1	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton	58
Gambar 4.2	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	60
Gambar 4.3	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	61
Gambar 4.4	Beban tekan pada benda uji kubus	64
Gambar 4.5	Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari	67
Gambar 4.6	Grafik kuat tekan beton pada umur 28 hari	68
Gambar 4.7	Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari	68

DAFTAR NOTASI

A	= luas penampang (cm^2)	
B _j	= berat jenis	(gr/mm^3)
B _{jh}	= berat jenis agregat halus	(gr/mm^3)
B _{jk}	= berat jenis agregat kasar	(gr/mm^3)
B _{j_{camp}}	= berat jenis agregat campuran	(gr/mm^3)
FM	= modulus kehalusan	-
f'cr	= kuat tekan rata-rata perlu	(MPa)
f'c	= kuat tekan yang disyaratkan	(MPa)
m	= nilai tambah	(MPa)
n	= jumlah benda uji	(Buah)
P	= beban tekan	(kg)
t	= tinggi benda uji	(cm)
V	= volume	(cm^3)
W	= berat	(kg)
W _{agr.camp}	= kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton	(kg/m^3)
W _{btn}	= berat beton per meter kubik beton	(kg/m^3)
W _{air}	= berat air per meter kubik beton	(kg/m^3)
W _{smn}	= berat semen per meter kubik beton	(kg/m^3)
Kh	= persentasi berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
Kk	= persentasi berat agregat kasar terhadap agregat campuran	(%)
C _a	= absorpsi air pada agregat halus	(%)
C _k	= kadar air pada agregat halus	(%)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, krikil, batu pecah dan agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu, dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan adiktif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan, dan waktu pengerasan (Mc.Cormac, 2004).

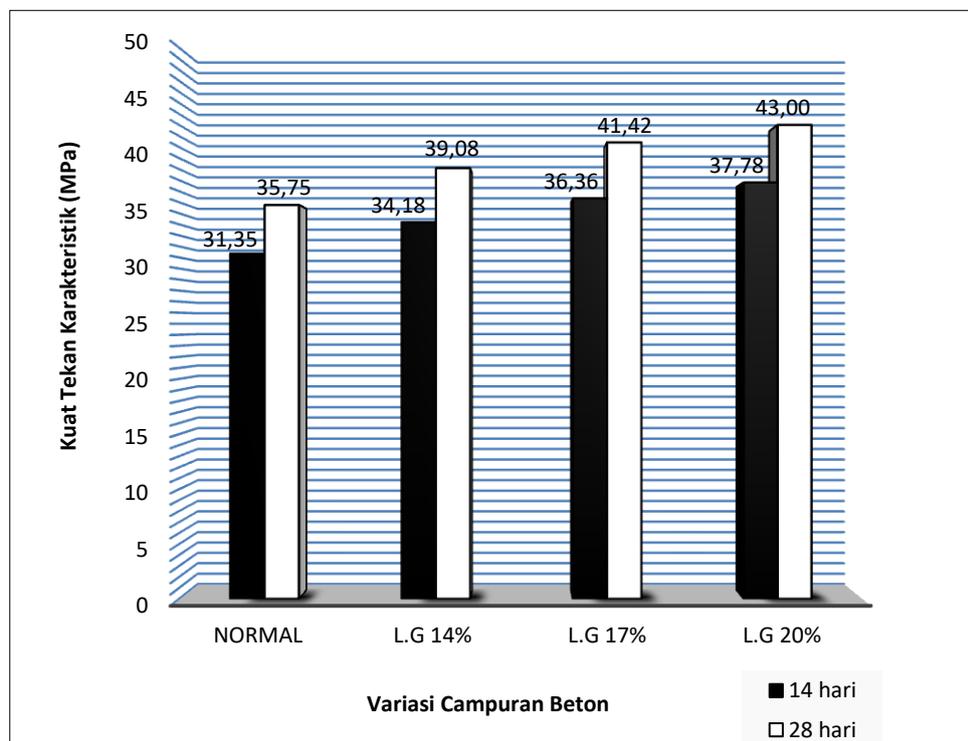
Beton didapat dari pencampuran bahan- bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, dan bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatan pengerasannya (Dipopusodo, 1996).

Gipsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gipsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen, lunak bila murni. Merupakan bahan baku yang dapat diolah menjadi kapur tulis. Dalam dunia perdagangan biasanya gipsum mengandung 90% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Gipsum digunakan untuk membuat asam belerang dengan pemanasan sampai 2000°F (1093°C) dalam permukaan tertentu. Resultan *Calcium Sulfida* bereaksi untuk menghasilkan kapur perekat dan *Sulfuricacid*. Gipsum mentah juga digunakan untuk campuran portland semen. Warna sebenarnya adalah putih, tetapi mungkin saja diwarnai kelabu, warna coklat, atau merah. Berat jenisnya adalah 2.28 - 2.33 dan kekerasan Mohs 1,5 - 2. Gipsum menjadi kering ketika dipanaskan sekitar 374°F (190°C), membentuk *hermihydrate* $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, yang merupakan dasar dari kebanyakan plester gipsum.

Cangkang kelapa sawit merupakan limbah dari pabrik hasil penggilingan kelapa sawit. Sejauh ini sebagian limbah kelapa sawit telah dimanfaatkan namun masih meninggalkan residu yang cukup banyak artinya limbah pengolahan pabrik sawit berupa cangkang sawit belum termanfaatkan secara optimal.

Berdasarkan Hasmudi (2017), melakukan penelitian dengan menggunakan limbah serbuk gipsum yang ditambahkan kedalam campuran beton sebanyak 14%, 17% dan 20% dari berat semen. Pengujian kuat tekan dengan umur 14 hari dan 28 hari. Berdasarkan data dari kuat tekan yang dihasilkan bahwa beton dengan *additive* bubuk limbah gipsum 14% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari sebesar 34,18 MPa dan 39,08 MPa pada 28 hari. Kuat tekan yang dihasilkan dengan bahan tambah bubuk limbah gipsum 17% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari sebesar 36,36 MPa dan 41,42 MPa pada 28 hari dan kuat tekan yang dihasilkan dengan bahan tambah bubuk limbah gipsum 20% didapat kuat tekan rata-rata untuk 14 hari sebesar 37,78 MPa dan 43,00 MPa pada umur 28 hari.



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

Dari hasil Gambar 4.7 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan bubuk limbah gipsum 14%, 17% dan 20% terjadi kenaikan pada umur 14 hari dan 28 hari.

Berdasarkan Serwindah (2013), cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Produk samping dari pengolahan kelapa sawit adalah cangkang sawit yang asalnya dari tempurung kelapa sawit. Dari hasil penelitian, didapat bahwa dengan penambahan cangkang kelapa sawit 0% mendapat kuat tekan sebesar 28,25 MPa, dengan 10% mendapat kuat tekan sebesar 33,89 MPa, 20% mendapat kuat tekan sebesar 24,29 MPa, dan dengan 30% mendapat kuat tekan sebesar 20,06 MPa, dari penambahan cangkang kelapa sawit tersebut makan nilai dengan persentase penambahan sebanyak 10% yang memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi. Maka dari itu kita gunakan campuran cangkang kelapa sawit sebanyak 10% dengan 33,89 MPa.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk menghasilkan konstruksi beton yang baik diperlukan komposisi campuran beton yang baik, demikian pula dalam melaksanakan pekerjaan beton diperlukan ketelitian dan keahlian, sehingga hasilnya bisa menjadi pedoman yang benar. Untuk itu ada beberapa permasalahan di dalam perencanaan dan pengujian sebagai berikut:

1. Apakah *filler* limbah serbuk gipsum dapat berpengaruh pada beton apabila digunakan bersamaan limbah cangkang kelapa sawit?
2. Seberapa besar perbedaan nilai kuat tekan antara beton normal dan beton dengan *filler* limbah serbuk gipsum bersamaan dengan cangkang kelapa sawit?
3. Berapa besar pengaruh variasi persentase *filler* limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Melakukan pengujian nilai kuat tekan dari beton normal dan beton dengan *filler* limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit, yang menggunakan cetakan berbentuk kubus, kemudian membandingkan hasilnya.
2. Melakukan variasi terhadap persen untuk *filler* limbah serbuk gipsum dengan cangkang kelapa sawit sebanyak 17%+10% dan 20%+10% untuk mengetahui pada variasi mana yang memiliki nilai kuat tekan beton yang tinggi.
3. Standarisasi perencanaan campuran adukan beton dalam tugas akhir ini menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).
4. Pengujian kuat tekan beton setelah perendaman 7 hari, dan 28 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir yang dilakukan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui hasil persentase beton normal dengan beton campuran limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit.
3. Untuk mengetahui perbandingan hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan beton inovasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang pada penulisan tugas akhir ini, maka penelitian ini bermanfaat untuk:

1. Sebagai ilmu pengetahuan dan proses pembelajaran mahasiswa serta untuk masukan dan pertimbangan dalam melakukan kajian ilmiah tentang

pengaruh limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit pada kuat tekan beton.

2. Meningkatkan pemahaman serta wawasan dalam menganalisa data untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dari hasil penelitian yang dilakukan.
3. Untuk mengetahui seberapa kuat pengaruh limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit untuk beton.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk penulisan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gipsum Dan Cangkang Kelapa sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton” ini tersusun dari 5 bab, dan tiap-tiap bab terdiri dari beberapa pokok bahasan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir, dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data.

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan dan analisa data yang telah di dapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton adalah pencampuran semen portland, air, dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah (*admixture*) tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang homogen sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Campuran tersebut apabila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya.

Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera atau selama pengadukan beton. Tujuannya ialah mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas, mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Tjokrodimuljo, 1995).

Beton yang paling padat dan kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal. Derajat kepadatan harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan cara pemadatan dan jenis konstruksi, agar terhindar dari kebutuhan akan pekerjaan yang berlebihan dalam mencapai kepadatan maksimal (Murdock dan Brook, 1991).

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar atau kerikil dan agregat halus atau pasir. Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton.

Karakteristik dan kekuatan beton dapat diperkirakan dan ditentukan dari desain atau perencanaan campuran, material penyusun, serta kontrol kualitasnya secara umum, komposisi bahan pembentuk beton berdasarkan jumlah persentase yang biasanya terdapat pada suatu campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.1.

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

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

2.2. Semen

Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker, yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung Silika, Alumina, dan Oksida besi, dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, setelah beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis.

Empat unsur yang paling penting dalam semen adalah:

1. *Trikalsium silikat* (C_3S) atau $3CaO.SiO_3$
2. *Dikalsium silikat* (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$
3. *Trikalsium aluminat* (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$
4. *Tetrakalsium aluminoforit* (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O$

Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga di antara butiran agregat.

Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Dalam campuran beton, semen bersama air sebagai kelompok aktif, sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yaitu yang berfungsi sebagai pengisi (Tjokrodimulyo, 1995).

Jenis-jenis semen portland yang sering digunakan dalam konstruksi serta penggunaannya dicantumkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Jenis semen portland di Indonesia sesuai SII 0013-81 (Tjokrodimuljo, 1996).

Jenis semen	Karakteristik umum
Jenis I	Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti disyaratkan pada jenis-jenis lain.
Jenis II	Semen portland yang didalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
Jenis III	Semen portland yang didalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
Jenis IV	Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan pannaas hidrasi yang rendah.
Jenis V	Semen portland yang didalam penggunaannya menuntut persyaratan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Jika semen portland dicampur dengan air, maka komponen kapur dilepaskan dari senyawanya. Banyaknya kapur yang di lepas ini sekitar 20% dari berat semen. Kondisi terburuknya adalah terjadi pemisahan struktur yang disebabkan oleh lepasnya kapur dari semen. Situasi ini dapat dicegah dengan suatu mineral silika seperti pozzolan. Mineral yang ditambahkan ini bereaksi dengan kapur bila ada uap air membentuk bahan padat yang kuat yaitu Kalsium Silikat (Nawy, 1990).

Pozzolan adalah bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan Kalsium Hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen (SNI 15-0302-2004).

Fungsi pozzolan yaitu memberikan panas hidrasi yang rendah (mengurangi kenaikan temprature) dan meningkatkan ketahanan terhadap sulfat. Panas hidrasi rendah berarti *hardening* atau pengerasan lambat. Dengan perlambatan pengerasan beton, maka bahan tambah berbasis gipsum dan semen akan memberikan ikatan (*bond*) yang lebih kuat, sehingga beton lebih padat (kompak), sehingga kinerja kuat tekan beton lebih tinggi.

2.3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini menempati sebanyak 60%-80% dari volume mortar dan beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton.

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

Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

2.3.1. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm. Karena sangat menentukan dalam hal kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*), dan tingkat keawetan (*durability*) dari beton yang dihasilkan. Pasir sebagai bahan pembentuk mortar bersama semen dan air, berfungsi mengikat agregat kasar menjadi satu kesatuan yang kuat dan padat.

Maksud penggunaan agregat halus didalam adukan beton adalah:

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

Agregat halus dikelompokkan dalam empat *zone* (daerah) seperti dalam Tabel 2.3 tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1 sampai dengan Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 2.3: Batas gradasi agregat halus (SK. SNI T-15-1990-03).

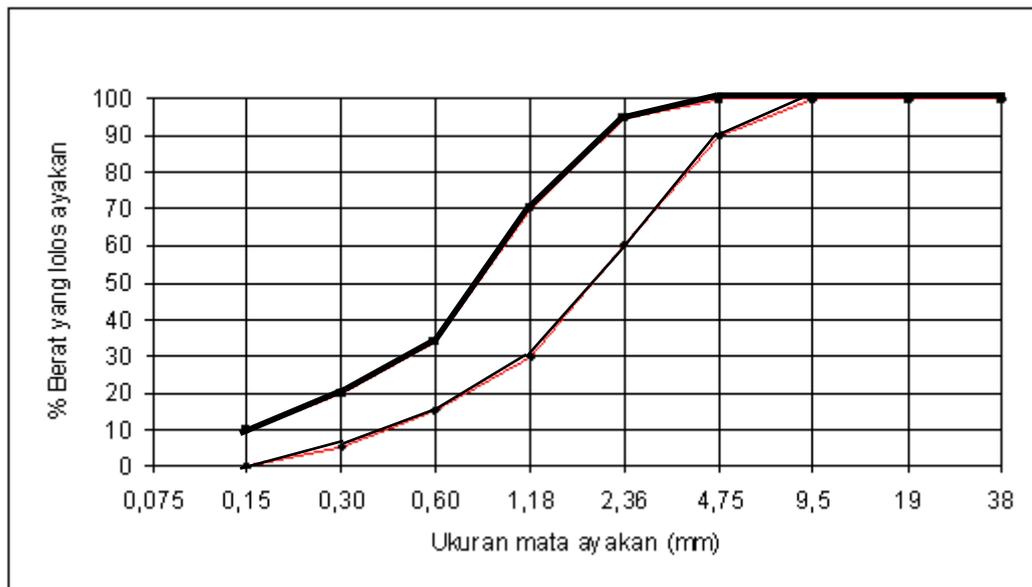
Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100

Tabel 2.3: Lanjutan.

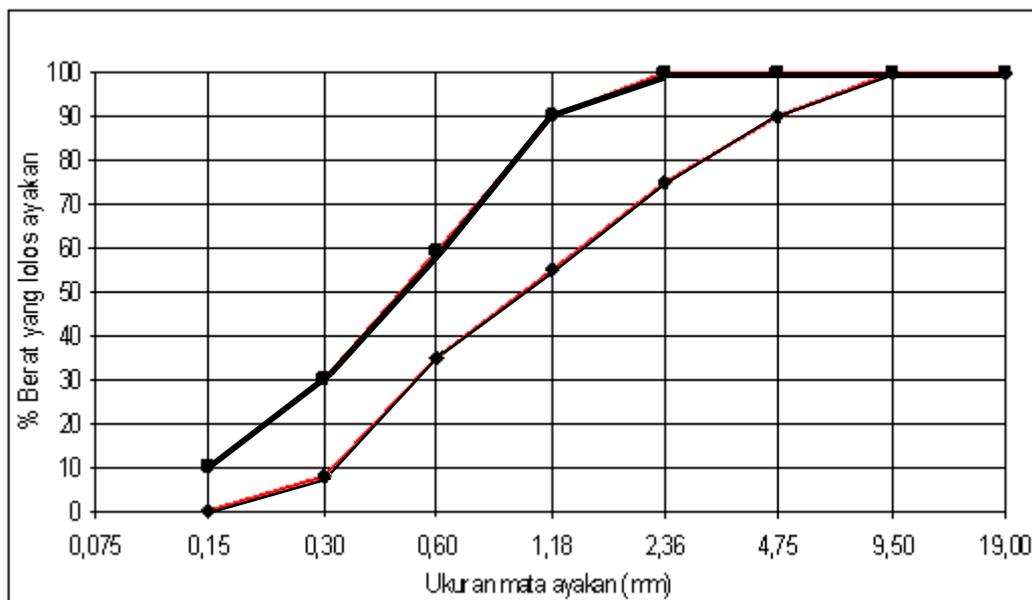
Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

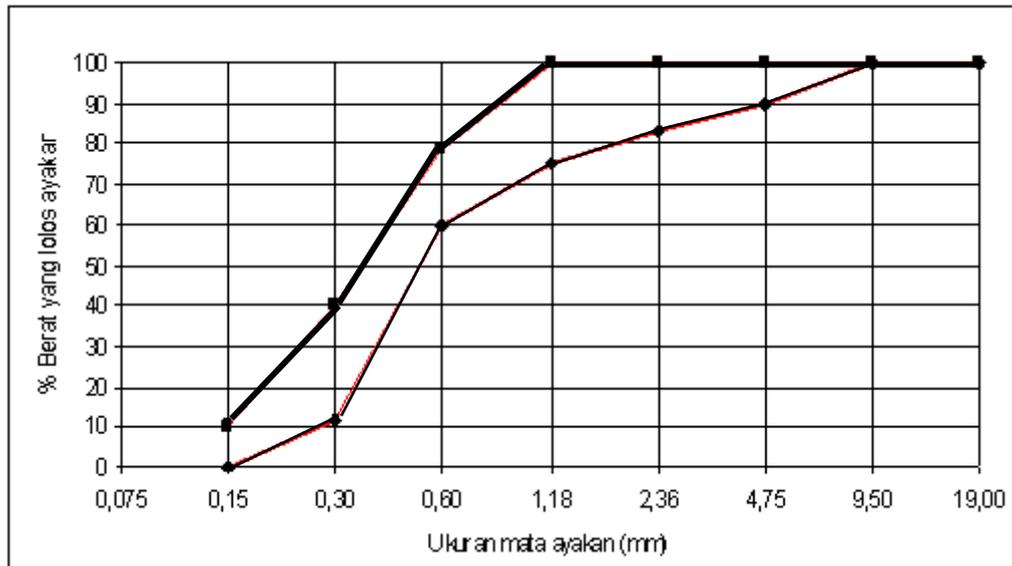
- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir sedang
- Daerah gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus



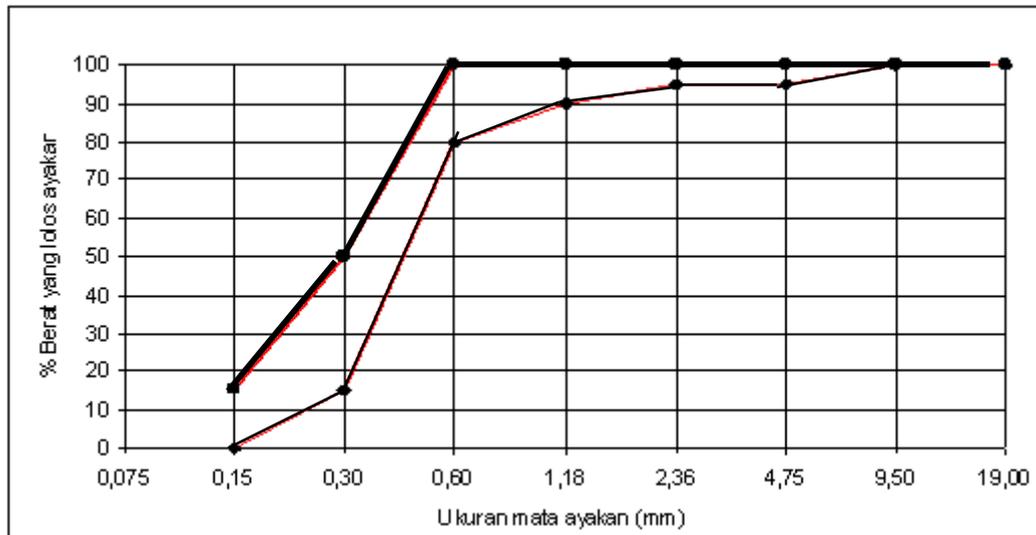
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834-2000).



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



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



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

Pemeriksaan material ini dilaksanakan sesuai dengan standard menurut SNI, agregat halus diteliti terhadap:

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

2.3.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm-40 mm (SNI 03-2834-2000). Sifat dari agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahanya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek merusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.

Sifat-sifat bahan bangunan sangat perlu untuk diketahui, karena dengan mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan tersebut, kita dapat menentukan langkah-langkah yang diambil dalam menangani bahan bangunan tersebut. Sifat-sifat dari agregat kasar yang perlu untuk diketahui antara lain ketahanan (*hardness*), bentuk dan tekstur permukaan (*shape and texture surface*), berat jenis agregat (*specific gravity*), ikatan agregat kasar (*bonding*), modulus halus butir (*finer modulus*), dan gradasi agregat (*grading*).

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

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif Alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90%-98% berat total.
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal plat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

Agregat kasar yang digunakan pada campuran harus memenuhi persyaratan-persyaratan pada Tabel 2.4 tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.5 sampai dengan Gambar 2.7 untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 2.4: Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar (SNI 03-2834-2000).

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38-4.76	19.0-4.76	9.6-4.76
38.1	95-100	100	
19.0	37-70	95-100	100
9.52	10-40	30-60	50-85
4.76	0-5	0-10	0-10

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

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

2.4. Air

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

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

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

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

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak seperti bahan yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton dan tulangan.
- b. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang didalamnya tertanam logam Aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion Klorida dalam jumlah yang membahayakan.
- c. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali

pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C 109).

Berikut adalah Tabel 2.5 yang menjelaskan tentang konsentrasi maksimum kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan:

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

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

2.5. Limbah Gypsum

Limbah adalah suatu zat atau bahan buangan dari suatu proses produksi, baik industri maupun rumah tangga yang kehadirannya tidak dikehendaki, menurunkan kualitas lingkungan sertatidak mempunyai nilai ekonomi. Salah satu dari banyak jenis limbah padat yang ada adalah limbah berbahan baku gipsum. Gypsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gypsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen, lunak bila murni. Merupakan bahan baku yang dapat diolah menjadi kapur tulis. Dalam dunia perdagangan biasanya gipsum mengandung 90% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Gypsum mentah juga digunakan untuk campuran portland semen. Warna sebenarnya adalah putih, tetapi mungkin saja diwarnai kelabu, warna coklat, atau merah. Berat jenisnya adalah 2.28-2.33 dan kekerasan Mohs 1,5-2. Gypsum menjadi kering ketika dipanaskan sekitar 374°F (190°C), membentuk *hemihydrate* $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, yang merupakan dasar dari kebanyakan plester gipsum.

Dari hasil pengujian (Suwarno, 2014), didapatkan kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,47\%$ dan kadar $\text{CaO} = 52,39\%$ pada gipsum . Dari kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 < 70\%$ dan kadar $\text{CaO} > 10\%$

sehingga dapat dikategorikan dalam *pozzolan* kelas C karena memiliki kadar CaO > 10% (*Canadian Standard CSA A-23.5*).

Salah satu solusi menanggulangi jumlah limbah gipsum adalah dengan proses pemanfaatan kembali limbah gipsum. Limbah gipsum memiliki potensi untuk kembali digunakan menjadi berbagai produk dan salah satunya dimanfaatkan untuk beton. Secara umum limbah gipsum memiliki sifat yang tahan terhadap abrasi, tahan panas, dan serangan kimia hal ini disebabkan oleh kadungan silika yang cukup tinggi. Sehingga gipsum juga dapat digunakan sebagai alternatif bahan pembuat beton.

Tabel 2.6: Komposisi oksida dari gipsum (Suwarno, 2014).

Oksida	Komposisi (%)
SiO ₂	2,4
Fe ₂ O ₃	0,07
CaO	52,39
P ₂ O ₅	0,85
SO ₃	43,59
TiO ₂	0,08
CuO	0,03
SrO	0,45
Yb ₂ O ₃	0,14

2.6. Cangkang Kelapa Sawit

Cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Produk samping dari pengolahan kelapa sawit adalah cangkang sawit yang asalnya dari tempurung kelapa sawit, dan merupakan bahan bakar padat kelas tinggi yang dapat diperbarui untuk pembakaran, baik bersama-sama dengan uap batubara atau dibakar di biomassa pembangkit tenaga listrik, yang biasanya dicampur dengan tingkatan lain dari biomassa, seperti potongan kayu. Setelah dikaji lebih dalam ternyata cangkang kelapa sawit termasuk bahan berlignoselulosa yang berkadar karbon tinggi dan mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari pada kayu yang mencapai 1,4 gr/cm³, dimana semakin besar berat jenis bahan baku maka daya serap arang aktif yang dihasilkan akan semakin besar, karakteristik ini memungkinkan bahan tersebut baik untuk dijadikan arang aktif yang dapat meningkatkan kuat tekan beton (Nurmala dan Hartoyo, 1998).

Tabel 2.7: Karakteristik cangkang kelapa sawit.

Parameter	Hasil (%)
Kadar air (<i>moisture in analysis</i>)	7.8
Kadar abu (<i>ash content</i>)	2.2
Kadar yang menguap (<i>volatile matter</i>)	69.5
Karbon aktif murni (<i>fixed carbon</i>)	20.5

Dimana kandungan yang terkandung pada cangkang mempunyai persentase (%) yang berbeda jumlahnya. Antara lain: Kalium (K) sebesar 7,5 %, Natrium (Na) sebesar 1,1, Kalsium (Ca) 1,5 %, Klor (Cl) sebesar 2,8 %, Karbonat (CO₃) sebesar 1,9 %, Nitrogen (N) sebesar 0,05 % Posfat (P) sebesar 0,9 % dan Silika (SiO₂) sebesar 61 %.

2.7. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-2000

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

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

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji 30 atau lebih dapat dilihat pada Tabel 2.8. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.8: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia kurang dari 30 (SNI 03-2834-2000).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'_c + 12$ MPa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Perhitungan nilai tambah (margin) dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.9: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

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

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

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (2.1)$$

dengan:

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata perlu, MPa

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan, MPa

m = nilai tambah, MPa

5. Penetapan jenis semen *portland*

Pada cara ini dipilih semen tipe I.

6. Penetapan jenis agregat

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

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

Nilai faktor air semen bebas dapat diperoleh dari Gambar 2.8.

8. Faktor air semen maksimum.

9. Penetapan nilai *slump*.

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

10. Penetapan besar butir agregat maksimum.

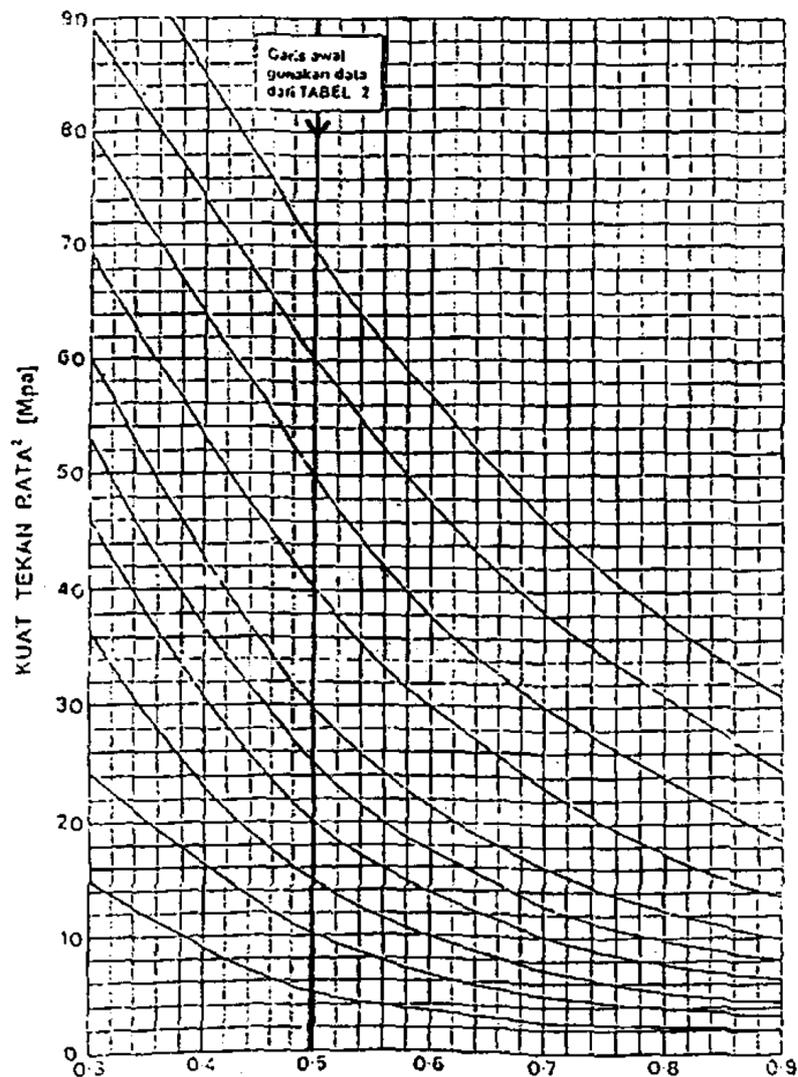
Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu: 10 mm, 20 mm atau 40 mm.

11. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.10: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000).

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



Gambar 2.5: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton (benda uji bentuk kubus 150 x 150 x 150 mm) (SNI 03-2834-2000).

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

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (2.2)$$

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

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

$$W_{s_{mn}} = 1/F_{as} * W_{air} \quad (2.3)$$

F_{as} = Faktor air per meter kubik beton

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

14. Menentukan jumlah semen seminimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.10, 2.11, dan 2.12. Dari ketiga tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 2.11: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembeconan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-2000).

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 2.11
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		Lihat Tabel 2.12
b. Air laut		2.12

Tabel 2.12: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung Sulfat (SNI 03-2834-2000).

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂		SO ₃ dalam air tanah g/l	Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			F.A. S
	Dalam Tanah				Mm	Mm	Mm	
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15 - 40%)	80	300	350	0,5
2.	0,2 - 0,5	1,0 - 0,9	0,3 - 1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15 -40%)	290	330	350	0,5
				Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe V	250	290	340	0,55
3.	0,5 – 1	1,9 - 3,1	1,2 - 2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
4.	1,0 - 2,0	3,1 - 5,6	2,5 - 5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5.	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung	330	370	420	0,45

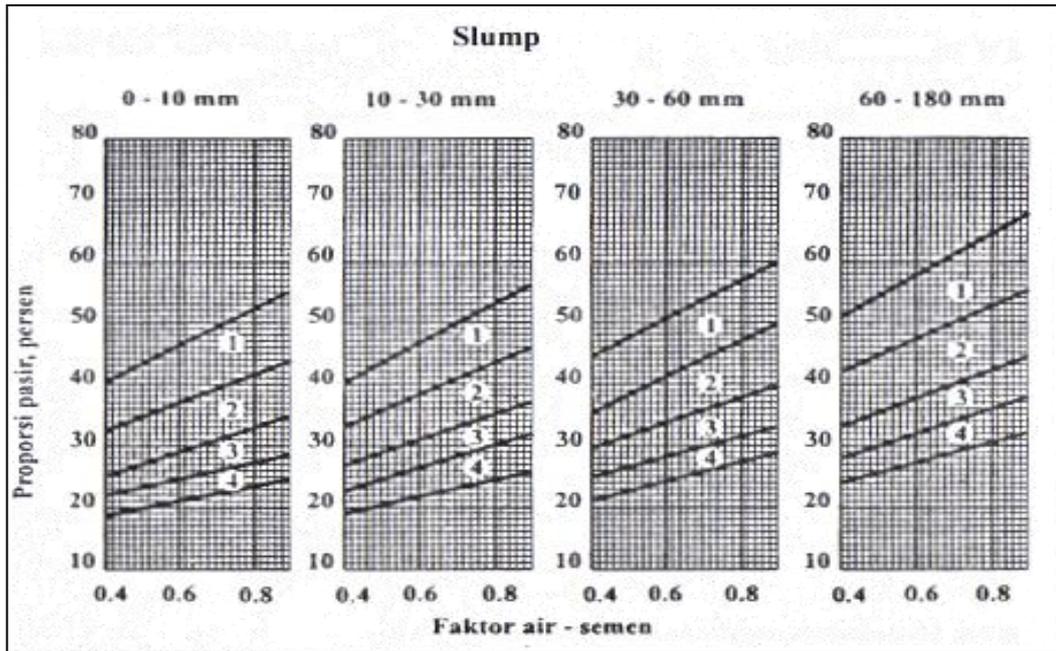
Tabel 2.13: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air (SNI 03-2834-2000).

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

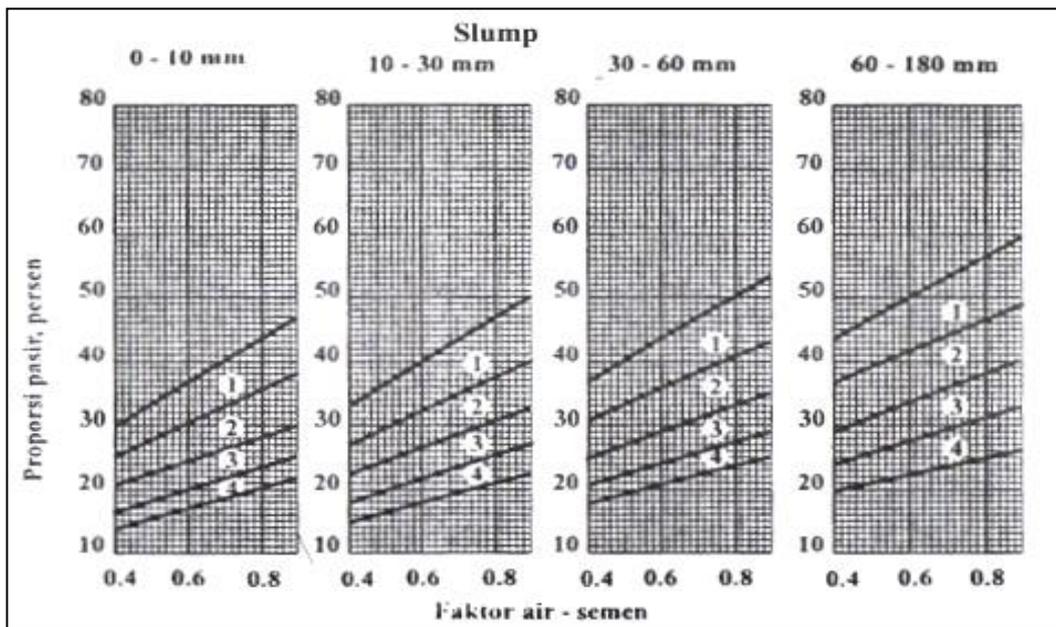
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Penetapan jenis agregat halus:

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.1) , agak kasar (Gambar 2.2), agak halus (Gambar 2.3) dan pasir halus (Gambar 2.4).
17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Tabel 2.4.
18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

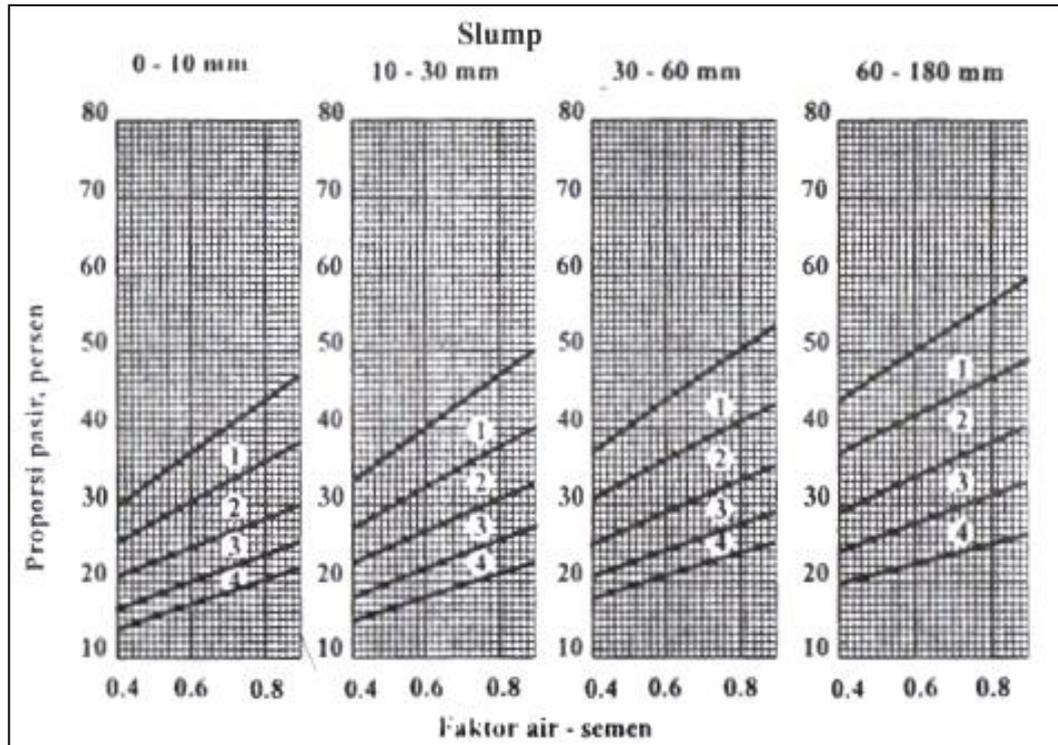
Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.9, Gambar 2.10, dan Gambar 2.11.



Gambar 2.6: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.7: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.8: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

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

Dimana:

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

B_{jh} = berat jenis agregat halus

B_{jk} = berat jenis agregat kasar

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

20. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.12.

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

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

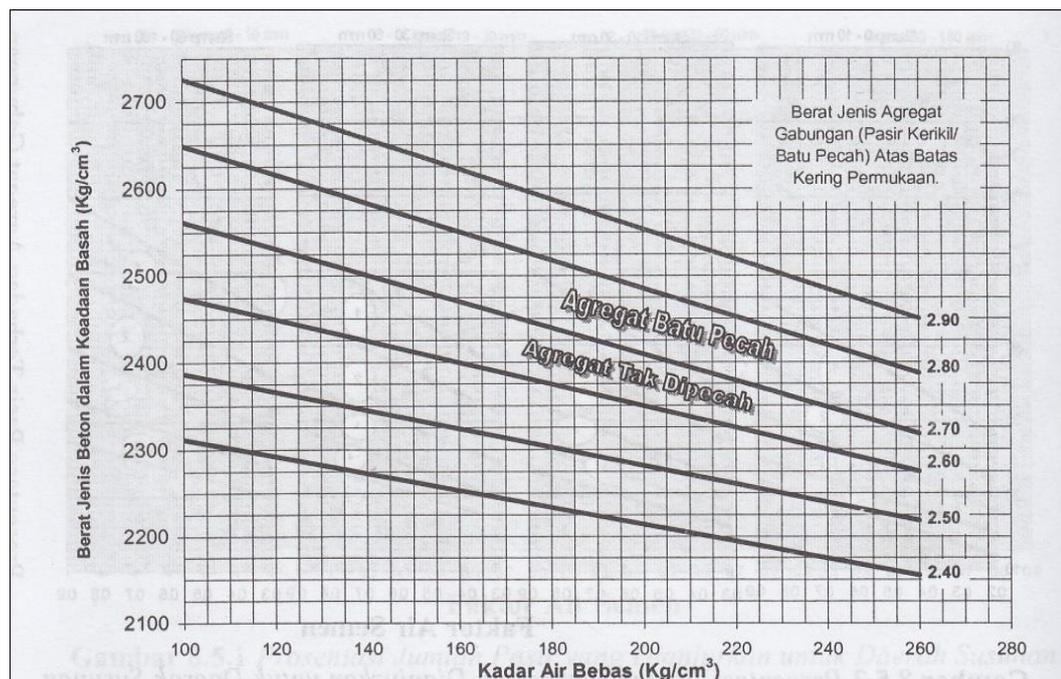
Dengan:

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

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

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

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



Gambar 2.9: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000).

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

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

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

Dengan:

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

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

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

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

Dengan :

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

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

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

25. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

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

$$a. \text{ Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (2.8)$$

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

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

Dengan:

B adalah jumlah air (kg/m^3)

C adalah agregat halus (kg/m^3)

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

C_a adalah absorpsi air pada agregat halus (%)

D_a adalah absorpsi agregat kasar (%)

C_k adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

D_k adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

2.8. Slump Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambah (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti

karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

2.9. Perawatan Beton

Hidrasi pada semen terjadi karena adanya air yang dicampurkan ke dalam adukan beton. Kondisi ini harus dipertahankan agar reaksi hidrasi kimiawi terjadi dengan sempurna. Jika beton terlalu cepat mengering, maka akan terjadi retak pada permukaannya.

Kekuatan beton akan berkurang sebagai akibat retak ini, juga akibat kegagalan mencapai reaksi kimiawi penuh. Kondisi perawatan beton yang baik dapat dicapai dengan melakukan beberapa langkah, yaitu:

1. *Water (Standar Curing)*

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

2. *Exposed Atmosfer*

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

3. *Sealed* atau *wrapping*

Perawatan beton dengan cara ini membalut dan menutupi semua permukaan beton. Beton dilindungi dengan karung basah agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

4. *Steam Curing* (perawatan uap)

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

5. *Autoclave*

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

2.10. Pengujian Kuat Tekan

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

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

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

Dimana:

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

P = Beban tekan (kg)

A = Luas penampang (cm²)

Menurut ASTM C-39 (1993), pengujian kuat tekan beton memiliki toleransi waktu yang telah diatur sedemikian rupa sehingga diharapkan pada saat melakukan pengetesan, tidak melebihi atau kurang dari waktu yang telah ditentukan, sesuai dengan Tabel 2.14.

Tabel 2.14: Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan (ASTM C-39, 1993).

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

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

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

Dimana:

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

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

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.15 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.15: Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodinuljo, 2007).

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

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

3.1.1. Metodologi Penelitian

Dalam suatu penelitian diperlukan adanya metodologi yang berfungsi sebagai panduan kegiatan yang dilaksanakan dalam pengumpulan data-data.

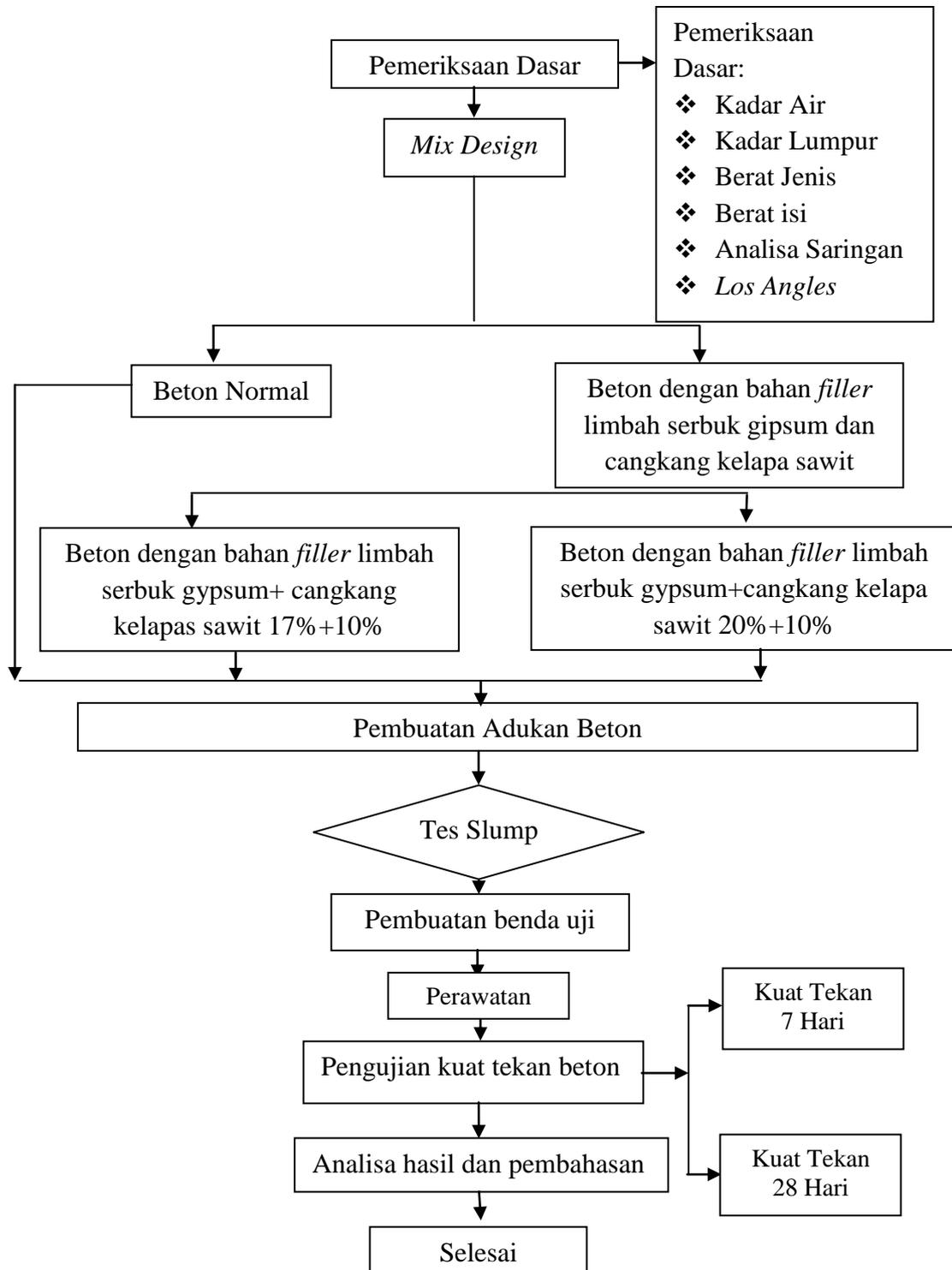
Penelitian ini menggunakan beberapa metode pengumpulan data, diantaranya pengumpulan data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer ini sendiri dilakukan pada agregat yang digunakan, diantaranya adalah pemeriksaan agregat halus berupa pasir alami dan agregat kasar berupa batu pecah. Pemeriksaan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

- a. Kadar air pada agregat halus dan agregat kasar.
- b. Kadar lumpur pada agregat halus dan agregat kasar.
- c. Berat jenis dan penyerapan pada agregat halus dan agregat kasar.
- d. Berat isi pada agregat halus dan agregat kasar
- e. Analisa saringan pada agregat halus dan agregat kasar.
- f. Keausan agregat menggunakan mesin *Los Angeles* pada agregat kasar.

Setelah dilakukan pemeriksaan dasar, langkah selanjutnya adalah membuat perencanaan antara beton normal dan beton inovasi dengan seberapa persen limbah serbuk gypsum dan cangkang kelapa sawit, selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton (*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.

Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan berkonsultasi langsung dengan Pelaksana Laboratorium beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai *additive*, SNI-03-2834 (2000), PBI (Peraturan Beton Indonesia), ASTM C33 (1985) serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang

guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Berikut adalah urutan singkat penelitian yang dilaksanakan:



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada September 2017 hingga Mei 2018. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jln. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

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 Tipe I PCC.

b. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai dengan cara pengerukan dasar sungai.

c. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm yang diperoleh dari daerah Binjai.

d. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang berasal dari PDAM Tirtanadi Medan untuk Campuran Beton.

e. Limbah gipsum

Limbah gipsum yang digunakan dalam penelitian ini adalah sisa dari bahan yang digunakan untuk pembuatan plafond konstruksi perumahan dengan *treatment* di jemur untuk kemudian di blender. Setelah di blender lalu gipsum menjadi bubuk, gipsum yang telah menjadi bubuk di ayak menggunakan saringan nomor 100. Bubuk yang di ambil untuk melakukan pengujian adalah bubuk limbah gipsum yang lolos pada saringan nomor 100.

f. Cangkang kelapa sawit

Cangkang kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini adalah sisa dari pembuatan minyak kelapa sawit yang kemudian dipecahkan hingga terbagi dua bagian. Setelah dipecahkan lalu cangkang tersebut dicuci

hingga bersih, kemudian cangkang kelapa sawit tersebut di ayak menggunakan saringan nomor 3/8 dan saringan nomor 4. Cangkang kelapa sawit yang digunakan adalah cangkang yang tertahan di saringan nomor 4.

3.3.2. Peralatan

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

1. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.
2. Satu set alat untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
3. Satu set alat untuk pemeriksaan kadar air agregat halus dan agregat kasar.
4. Satu set alat untuk pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar.
5. Satu set alat untuk pemeriksaan berat isi agregat halus dan agregat kasar.
6. Timbangan.
7. Alat pengaduk beton (*mixer*).
8. Cetakan benda uji berbentuk kubus
9. Alat kuat tekan (*compression*).
10. Mesin *Los Angeles*.
11. Satu set *Slump Test*.

3.4. Persiapan Penelitian

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

3.5. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU.

3.6. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

Pemeriksaan ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

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

3.6.1. Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan, dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1985) dan Panduan Praktikum Beton Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat halus. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.1.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	1032	741	887
Berat contoh kering oven & berat wadah (W2)	1020	730	875
Berat wadah (W3)	532	241	387
Berat air (W1-W2)	12	11	11,50
Berat contoh kering (W2-W3)	488	489	488,50
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	2,46	2,25	2,35

Berdasarkan Tabel 3.2 pengujian kadar air agregat halus dapat diperoleh nilai kadar air rata-rata sebesar 2,35%. Percobaan ini dilakukan sebanyak 2 kali, pengujian pada contoh pertama kadar air yang diperoleh sebesar 2,46% sedangkan yang kedua diperoleh sebesar 2,25% dari hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 2,0% - 20,0%

3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan, dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1985) dan Panduan Praktikum Beton Fakultas Teknik UMSU tentang kadar lumpur agregat halus. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.2.

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

Agregat halus lolos saringan No.4	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A(gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	478	476	477,0
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C(gr)	22	24	23
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200setelah dicuci (%)	4,4	4,8	4,6

Berdasarkan Tabel 3.2 pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 4,4%, dan sampel kedua sebesar 4,8%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 4,6%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu <5%.

3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan, dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1985) dan Panduan Praktikum Beton Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.3.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (B)	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (E)	492	491	491,5
Berat piknometer penuh air	690	693	691,5

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air (C)	997	996	996,5
Berat jenis contoh kering $E/(B+D-C)$	2,55	2,49	2,52
Berat jenis contoh SSD $B/(B+D-C)$	2,59	2,54	2,56
Berat jenis contoh semu $E/(E+D-C)$	2,66	2,61	2,63
Penyerapan $((B-E)/E) \times 100\%$	1,63	1,83	1,73

Berdasarkan Tabel 3.3 pengujian berat jenis maupun penyerapan, 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 dengan nilai rata-rata $2,52 \text{ gr/cm}^3 < 2,56 \text{ gr/cm}^3 < 2,63 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,73%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.6.4. Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan, dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1985) dan Panduan Praktikum Beton Fakultas Teknik UMSU tentang berat isi agregat halus. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.4.

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

No	Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	19765	19978	19875	19872,67
2	Berat wadah (gr)	5400	5400	5400	5400
3	Berat contoh (gr)	14365	14578	14475	14473
4	Volume wadah (cm^3)	10861,71	10861,71	10861,71	10861,71
5	Berat isi (gr/cm^3)	1,323	1,342	1,333	1,332

Berdasarkan Tabel 3.4 pengujian berat isi agregat halus dengan hasil rata-rata sebesar $1,332 \text{ gr/cm}^3$. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah

yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu $>1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan, dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1985) dan Panduan Praktikum Beton Fakultas Teknik UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.5.

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

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample 1	Sample 2	Total Weight	%	Retained	Passing
	(gr)	(gr)	(gr)			
9.50 (No 3/8 in)	0	0	0	0	0	100
4.75 (No. 4)	11	35	46	1,42	1.42	98,58
2.36 (No. 8)	109	198	307	9,45	10,86	89,14
1.18 (No.16)	171	371	542	16,68	27,54	72,46
0.60 (No. 30)	398	398	796	24,49	52,03	47,97
0.30 (No. 50)	472	321	793	24,40	76,43	23,57
0.15 (No. 100)	492	123	615	18,92	95,35	4,65
Pan	97	54	151	4,65	100,00	0,00
Total	1750	1500	3250	100		

Berdasarkan Tabel 3.5 pengujian analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan ASTM C33 (1985) yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat. Apakah agregat yang dipakai termasuk zona pasir kasar, sedang, agak halus, atau pasir halus. Penjelasan nilai kumulatif agregat didapat dari penjelasan berikut ini:

Total berat pasir = 3250 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{46}{3250} \times 100\% = 1,42 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{307}{3250} \times 100\% = 9,45 \%$$

$$\begin{aligned} \text{No.16} &= \frac{542}{3250} \times 100\% = 16,68 \% \\ \text{No.30} &= \frac{796}{3250} \times 100\% = 24,49 \% \\ \text{No.50} &= \frac{793}{3250} \times 100\% = 24,40 \% \\ \text{No.100} &= \frac{615}{3250} \times 100\% = 18,92 \% \\ \text{Pan} &= \frac{151}{3250} \times 100\% = 4,65 \% \end{aligned}$$

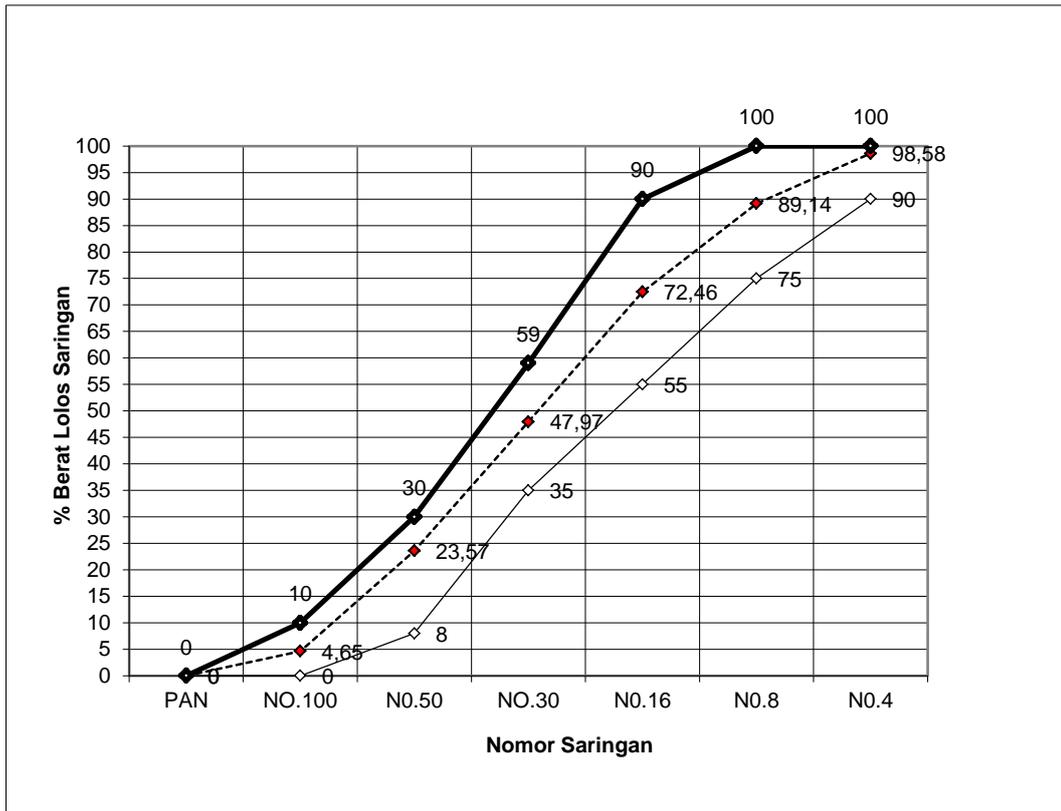
- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 0 + 1,42 = 1,42 \% \\ \text{No.8} &= 1,42 + 9,45 = 10,86 \% \\ \text{No.16} &= 10,86 + 16,68 = 27,54 \% \\ \text{No.30} &= 27,54 + 24,49 = 52,03 \% \\ \text{No.50} &= 52,03 + 24,40 = 76,43 \% \\ \text{No.100} &= 76,43 + 18,92 = 95,35 \% \\ \text{Pan} &= 95,35 + 4,65 = 100,00 \% \end{aligned}$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 263,63 %

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 100 - 1,42 = 98,58 \% \\ \text{No.8} &= 100 - 10,86 = 89,14 \% \\ \text{No.16} &= 100 - 27,54 = 72,46 \% \\ \text{No.30} &= 100 - 52,03 = 47,97 \% \\ \text{No.50} &= 100 - 76,43 = 23,57 \% \\ \text{No.100} &= 100 - 95,35 = 4,65 \% \\ \text{Pan} &= 100 - 100,00 = 0,00 \% \end{aligned}$$



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

Berdasarkan Gambar 3.2 menjelaskan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada Tabel 3.5 diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,63 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang) seperti gambar diatas.

3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar (Batu Pecah)

Pemeriksaan ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

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

3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan, dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1985) dan Panduan Praktikum Beton Fakultas Teknik UMSU tentang kadar air agregat kasar. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.6.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD & berat wadah (W1)	3427	3653	3540
Berat contoh SSD	2900	3100	3000
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	3410	3633	3521,5
Berat wadah (W3)	527	553	540
Berat air (W1-W2)	17	20	18,5
Berat contoh kering (W2-W3)	2883	3080	2981,5
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	0,59	0,65	0,62

Berdasarkan Tabel 3.6 pengujian kadar air agregat kasar dapat diperoleh nilai kadar air rata-rata sebesar 0,62%. Percobaan ini dilakukan sebanyak 2 kali, pengujian pada contoh pertama kadar air yang diperoleh sebesar 0,59% sedangkan yang kedua diperoleh sebesar 0,65% dari hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu 0,5% - 1,5%.

3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C33 (1985) serta mengikuti Buku Panduan Praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa.

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

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40mm	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering: A (gr)	1600	1600	1600
Berat contoh setelah dicuci: B (gr)	1585	1587	1586,5
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci: C(gr)	15	13	14

Tabel 3.7: *Lanjutan*

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40mm	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200setelah dicuci (%)	0,94	0,81	0,88

Berdasarkan Tabel 3.7 pengujian kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,94%, dan sampel kedua sebesar 0,81%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,88%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu <1%.

3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C33 (1985) serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	2900	3000	2950
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C)	2879	2979	2929
Berat contoh jenuh (B)	1809	1885	1847
Berat jenis contoh kering (C/(A-B))	2,64	2,67	2,66
Berat jenis contoh SSD (A/(A-B))	2,66	2,69	2,67
Berat jenis contoh semu (C/(C-B))	2,69	2,72	2,71
Penyerapan ((A-C)/C)x100%	0,73	0,70	0,72

Berdasarkan Tabel 3.8 pengujian berat jenis maupun penyerapan, 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 dengan nilai rata-rata $2,66 \text{ gr/cm}^3 < 2,67 \text{ gr/cm}^3 < 2,71 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 0,73%. Berdasarkan standar ASTM C 127 tentang absorpsi yang baik adalah maksimum 4% dan nilai absorpsi agregat kasar yang diperoleh telah memenuhi syarat.

3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan, dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1985) dan Panduan Praktikum Beton Fakultas Teknik UMSU tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.9.

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

No	Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	31456	32458	31350	31754,67
2	Berat wadah (gr)	6500	6500	6500	6500
3	Berat contoh (gr)	24956	25958	24850	25255
4	Volume wadah (cm)	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	Berat Isi (gr/cm^3)	1,614	1,678	1,607	1,633

Berdasarkan Tabel 3.9 pengujian menghasilkan nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar $1,633 \text{ gr/cm}^3$. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar $1,614 \text{ gr/cm}^3$. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar $1,678 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar $1,607 \text{ gr/cm}^3$ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu $> 1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan, dan cara kerja sesuai ASTM C33 (1985) dan Panduan Praktikum Beton Fakultas Teknik UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil pengujian di dapat data-data yang terdapat pada Tabel 3.10.

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

No Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1	Contoh 2	Total Berat	%	Tertahan	Lolos
	(gr)	(gr)	(gr)			
38,1 (1.5 in)	101	93	194	3,11	3,11	96,89
19.0 (3/4 in)	1317	1333	2650	42,43	45,53	54,47
9.52 (3/8 in)	935	994	1929	30,88	76,42	23,58
4.75 (No. 4)	744	729	1473	23,58	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	3097	3149	6246	100		

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

Total berat pasir = 6247 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{194}{6247} \times 100\% = 3,11 \%$$

$$\frac{3}{4} = \frac{2650}{6247} \times 100\% = 42,43 \%$$

$$\frac{3}{8} = \frac{1929}{6247} \times 100\% = 30,88 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{1473}{6247} \times 100\% = 23,58 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 3,11 = 3,11 \%$$

$$3/4 = 3,11 + 42,43 = 45,53 \%$$

$$3/8 = 45,53 + 30,88 = 76,42 \%$$

$$\text{No.4} = 76,42 + 23,58 = 100,00 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 725,06

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

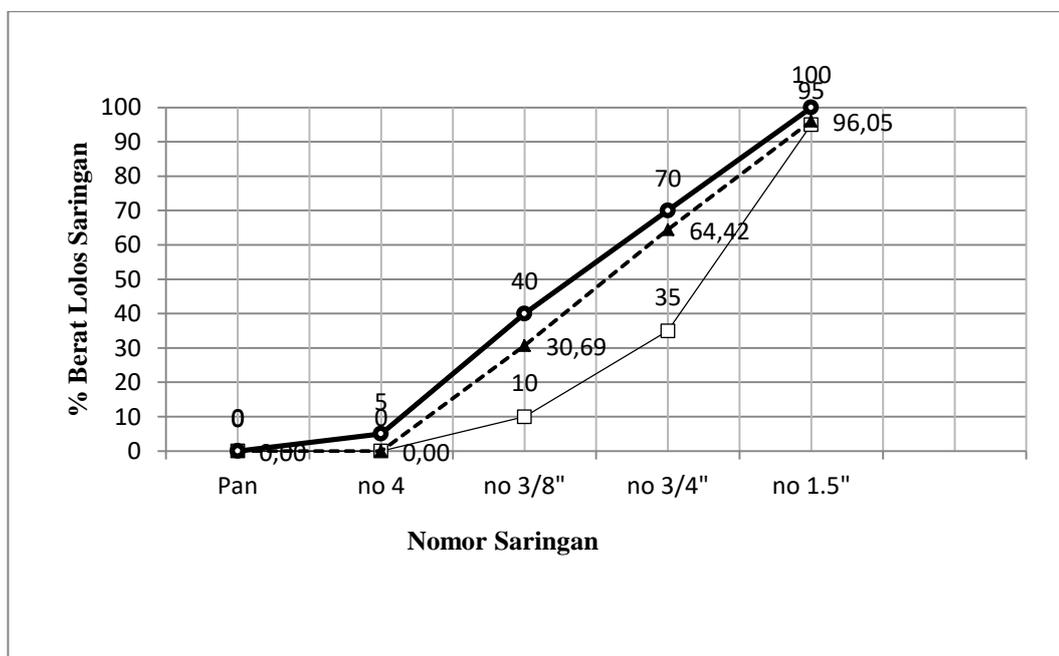
$$1,5 = 100 - 3,11 = 96,89 \%$$

$$3/4 = 100 - 45,53 = 54,47 \%$$

$$3/8 = 100 - 76,42 = 23,58 \%$$

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

Batas gradasi batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan ASTM C33 (1985), dari hasil persentase berat

kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 2147:2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil UMSU tentang kekerasan agregat dengan Mesin *Los Angeles*.

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sampel sebelum pengujian = 5000 gr

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

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

No Saringan	Berat awal (gr)	Berat akhir (gr)
12,5 (1/2 in)	2500	1141
9,50 (3/8 in)	2500	1260
4,75 (No. 4)	-	955
2,36 (No. 8)	-	351
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-
Pan	-	178
Total	5000	3885
	Berat lolos saringan No. 12	1115
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	22,30 %

$$\begin{aligned}
 \textit{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 3885}{5000} \times 100\% = 22,30\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan di dapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 3885 gr dan nilai

abrasion (keausan) sebesar 22,30 %. Nilai tersebut telah memenuhi standar PBI 1971 bahwa nilai keausan agregat tidak lebih dari 50%.

3.8. Perencanaan Campuran Beton

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

3.9. Pelaksanaan Penelitian

3.9.1. Trial Mix

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

3.9.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk kubus dengan sisi berukuran 15 cm yang berjumlah 30 buah dengan 3 variasi yaitu beton normal, beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 20% dicampur dengan 10% cangkang kelapa sawit, dan beton dengan bahan tambah limbah gipsum sebanyak 17% dicampur dengan 10% cangkang kelapa sawit.

3.9.3. Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh ASTM C33 (1985).

3.9.4. Perawatan Beton

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

3.9.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak:

- Beton normal umur 7 hari : 5 buah.
- Beton normal umur 28 Hari : 5 buah.
- Beton variasi 17 % + 10% umur 7 hari : 5 buah.
- Beton variasi 17 % + 10% umur 28 hari : 5 buah.
- Beton variasi 20 % +10% umur 7 hari : 5 buah.
- Beton variasi 20 % + 10% umur 28 hari : 5 buah.
- Total : 30 buah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

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

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = 2,67 gr/cm³
- Berat jenis agregat halus = 2,56 gr/cm³
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,88 %
- Kadar lumpur agregat halus = 4,6 %
- Berat isi agregat kasar = 1,633 gr/cm³
- Berat isi agregat halus = 1,332 gr/cm³
- FM agregat kasar = 7,09
- FM agregat halus = 2,63
- Kadar air agregat kasar = 0,62 %
- Kadar air agregat halus = 2,35 %
- Penyerapan agregat kasar = 0,72 %
- Penyerapan agregat halus = 1,73 %
- Nilai slump rencana = 30-60 mm
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 30 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834-2000.

Tabel 4.1: 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	-		12 MPa		
3	Nilai tambah (margin)	-		5,6 MPa		
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		47,6 MPa		
5	Jenis semen	-		Tipe I		
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai			
7	Faktor air-semen bebas			0,485		
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60		
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm		
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		44,47 mm		
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7		170 kg/m ³		
12	Jumlah semen	11:7		350,51 kg/m ³		
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		350,51 kg/m ³		
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³		
15	Faktor air-semen yang d disesuaikan	-		0,485		
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 2		
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm		
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2		35,5%		
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.63		
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2412,50 kg/m ³		
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1891,99 kg/m ³		
22	Kadar agregat halus	18 x 21		671,65 kg/m ³		
23	Kadar agregat kasar	21-22		1220,34 kg/m ³		
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)		
				Halus	Kasar	
		- Tiap m ³	350,51	170	671,65	1220,34
		- Tiap campuran uji m ³	1	0,440	1,60	3,17
- Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,183	0,574	2,267	4,118		

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
25	Koreksi proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	350,51	164,61	675,81	1219,12
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,43	1,61	3,16
	- Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,183	0,555	2,280	4,094

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

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
350,51	:	675,81	:	1219,12	:	164,61
1	:	1,61	:	3,16	:	0,43

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan kubus dengan ukuran:

$$\begin{aligned}
 \text{Sisi} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Volume Kubus} &= \text{Sisi} \times \text{Sisi} \times \text{Sisi} \\
 &= 15 \times 15 \times 15 \\
 &= 3375 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,003375 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 350,51 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 $= 1,183 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 675,81 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 $= 2,280 \text{ kg}$

- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
 = $1219,12 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 = 4,094 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $164,61 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 = 0,555 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 1,183 : 2,280 : 4,094 : 0,555

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

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,95	$\frac{3,95}{100} \times$	4,156	0,16
$\frac{3}{4}$	31,63	$\frac{31,63}{100} \times$	4,156	1,31
$\frac{3}{8}$	33,72	$\frac{33,72}{100} \times$	4,156	1,40
No. 4	30,69	$\frac{30,69}{100} \times$	4,156	1,27
Total				4,14

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,16 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 1,31 kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar 1,40 kg dan saringan no 4 sebesar 1,27 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 4,14 kg.

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	1,42	$\frac{1,42}{100}$	x 2,108	0,03
No.8	9,45	$\frac{9,45}{100}$	x 2,108	0,19
No.16	16,68	$\frac{16,68}{100}$	x 2,108	0,35
No.30	24,49	$\frac{24,49}{100}$	x 2,108	0,52
No.50	24,40	$\frac{24,40}{100}$	x 2,108	0,51
No.100	18,92	$\frac{18,92}{100}$	x 2,108	0,40
Pan	4,65	$\frac{4,65}{100}$	x 2,108	0,09
Total				2,09

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,03 kg, saringan no 8 sebesar 0,19 kg, saringan no 16 sebesar 0,35 kg, saringan no 30 sebesar 0,52 kg, saringan no 50 sebesar 0,51 kg, saringan no 100 sebesar 0,40 kg, dan pan sebesar 0,09 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,09 kg.

b. Bahan *additive* semen

Untuk penggunaan bahan tambah semen tertahan saringan nomor 100 menggunakan bubuk gipsum sebesar 17% dan 20% dapat dilihat pada Tabel 4.4.

- Bubuk gipsum yang dibutuhkan sebanyak 17% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{17}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{17}{100} \times 1,183 \text{ kg} \\
 &= 0,201 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Bubuk gipsum yang dibutuhkan sebanyak 20% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{20}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{20}{100} \times 1,183 \text{ kg} \\
 &= 0,236 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4: Banyak bubuk gipsum yang lolos saringan nomor 100 yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

Penggunaan Bahan Tambah	Berat Bubuk Gipsum (kg)
17%	0,201
20%	0,236

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah penggunaan bubuk gipsum yang tertahan pada saringan nomor 100 yang digunakan sebagai bahan tambah sebanyak 17% yaitu seberat 0,201 kg, dan untuk bahan tambah yang digunakan sebanyak 20% yaitu seberat 0,236 kg.

c. Bahan *additive* agregat kasar

Untuk penggunaan bahan tambah agregat kasar tertahan saringan nomor 4 menggunakan cangkang kelapa sawit sebesar 10% dan mendapat 1 benda uji sebanyak 0,4094 kg.

- Cangkang kelapa sawit yang dibutuhkan sebanyak 10% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10}{100} \times \text{Berat agregat kasar} \\
 &= \frac{10}{100} \times 4,094 \text{ kg} \\
 &= 0,4094 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 30 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 30 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 30 benda uji
= Banyak semen 1 benda uji x 30 benda uji

$$= 1,183 \times 30$$

$$= 35,49 \text{ kg}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 30 benda uji

$$= \text{Banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 30$$

$$= 2,280 \times 30$$

$$= 68,40 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 30 benda uji

$$= \text{Banyak batu pecah untuk 1 benda uji} \times 30$$

$$= 4,094 \times 30$$

$$= 122,82 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 30 benda uji

$$= \text{Banyak air untuk 1 benda uji} \times 30$$

$$= 0,555 \times 30$$

$$= 16,65 \text{ kg}$$

- Bahan tambah berupa bubuk gipsum yang dibutuhkan keseluruhan pengujian

➤ Untuk beton bahan tambah 17%

$$= \text{banyak semen untuk 1 benda uji} \times 10$$

$$= 0,201 \times 10$$

$$= 2,01 \text{ kg}$$

➤ Untuk beton bahan tambah 20%

$$= \text{banyak semen untuk 1 benda uji} \times 10$$

$$= 0,236 \times 10$$

$$= 2,36 \text{ kg}$$

- Bahan tambah berupa cangkang kelapa sawit yang dibutuhkan keseluruhan pengujian.

Untuk beton bahan tambah 10%

$$= \text{banyak agregat kasar untuk 1 benda uji} \times 20 \text{ (campuran 17\% dan 20\%)}$$

$$= 0,4094 \times 20$$

$$= 8,18 \text{ kg}$$

Maka, jumlah bahan tambah bubuk gipsum yang dibutuhkan untuk keseluruhan pengujian adalah $2,01 + 2,36 = 4,37$ kg, dan jumlah tambah cangkang kelapa sawit yang dibutuhkan untuk keseluruhan pengujian adalah 8,18kg

Perbandingan untuk 30 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 35,49 : 68,40 : 122,82 : 16,65

Berdasarkan analisa saringan untuk 30 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 30 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat batu pecah	
1,5	3,95	$\frac{3,95}{100}$	x 124,68	4,92
$\frac{3}{4}$	31,63	$\frac{31,63}{100}$	x 124,68	39,44
$\frac{3}{8}$	33,72	$\frac{33,72}{100}$	x 124,68	42,04
No. 4	30,69	$\frac{30,69}{100}$	x 124,68	38,26
Total				124,68

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 30 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 4,92 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 39,44 kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar 42,04 kg dan saringan no 4 sebesar 38,26 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 30 benda uji sebesar 124,68 kg.

Tabel 4.6: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 30 benda uji.

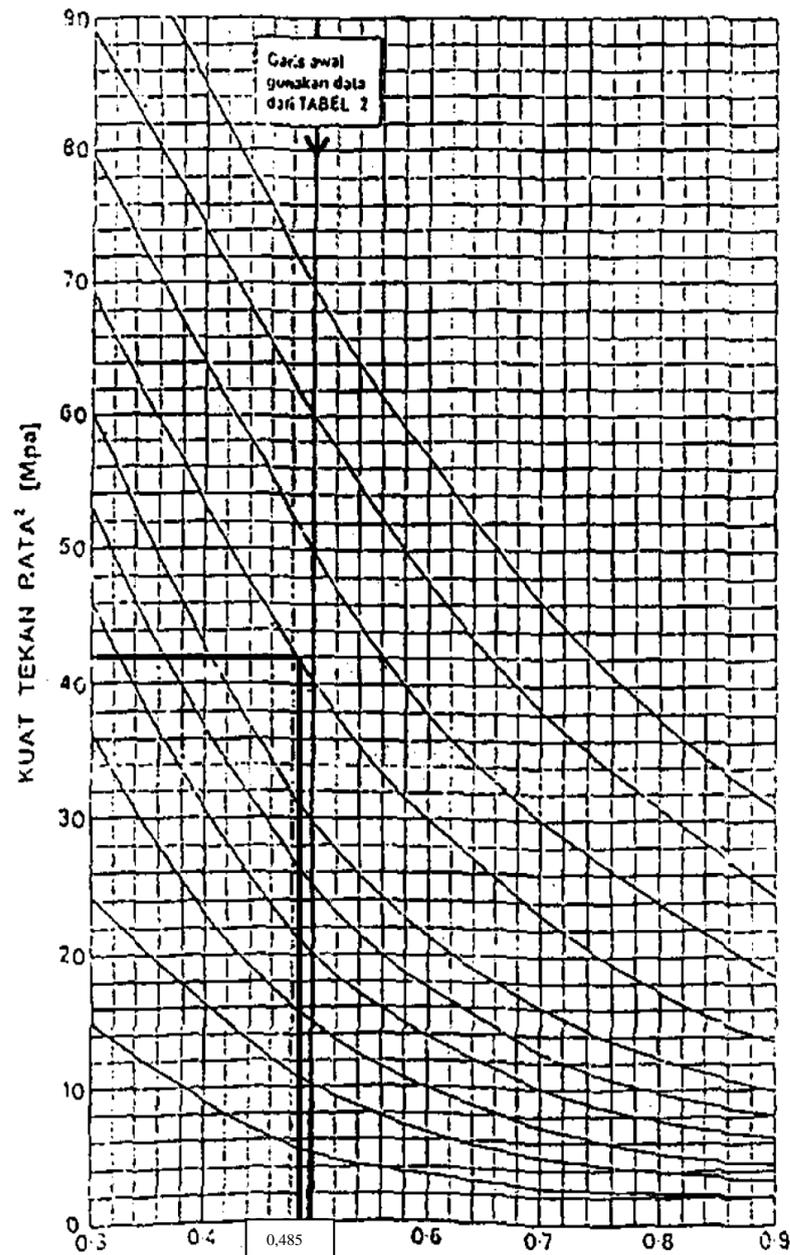
Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	X berat pasir	
No.4	1,42	$\frac{1,42}{100}$	X 63,24	0,89
No.8	9,45	$\frac{9,45}{100}$	X 63,24	5,98
No.16	16,68	$\frac{16,68}{100}$	X 63,24	10,55
No.30	24,49	$\frac{24,49}{100}$	X 63,24	15,49
No.50	24,40	$\frac{24,40}{100}$	X 63,24	15,43
No.100	18,92	$\frac{18,92}{100}$	X 63,24	11,96
Pan	4,65	$\frac{4,65}{100}$	X 63,24	2,94
Total				63,24

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 30 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,89 kg, saringan no 8 sebesar 5,98 kg, saringan no 16 sebesar 10,55 kg, saringan no 30 sebesar 15,49 kg, saringan no 50 sebesar 15,43 kg, saringan no 100 sebesar 11,96 kg, dan pan sebesar 2,94 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 48 benda uji sebesar 63,24 kg.

4.1.1. Metode Pengerjaan *Mix Design*

Pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 30 MPa untuk umur 28 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.7.
3. Nilai tambah (margin) 5,6 MPa berdasarkan Tabel 2.8.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.1.
$$f'_{cr} = f'_c + m$$
$$f'_{cr} = 30 + 17,6$$
$$= 47,6 \text{ MPa}$$
5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
6. Jenis agregat diketahui :
 - agregat kasar = batu pecah
 - agregat halus alami = pasir
7. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 47,6 MPa tarik garis datar menuju zona 28 hari, lalu tarik garis kebawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton (SNI 03-2834-2000).

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60 berdasarkan Tabel 2.10. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.1 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
9. Nilai *slump* ditetapkan setinggi 30-60 mm berdasarkan Gambar 2.11.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 44,47 mm.

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

Tabel 4.7: Jumlah kadar air bebas yang ditentukan.

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

Setelah interpolasi memakai Pers. 4.1.

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

Dengan:

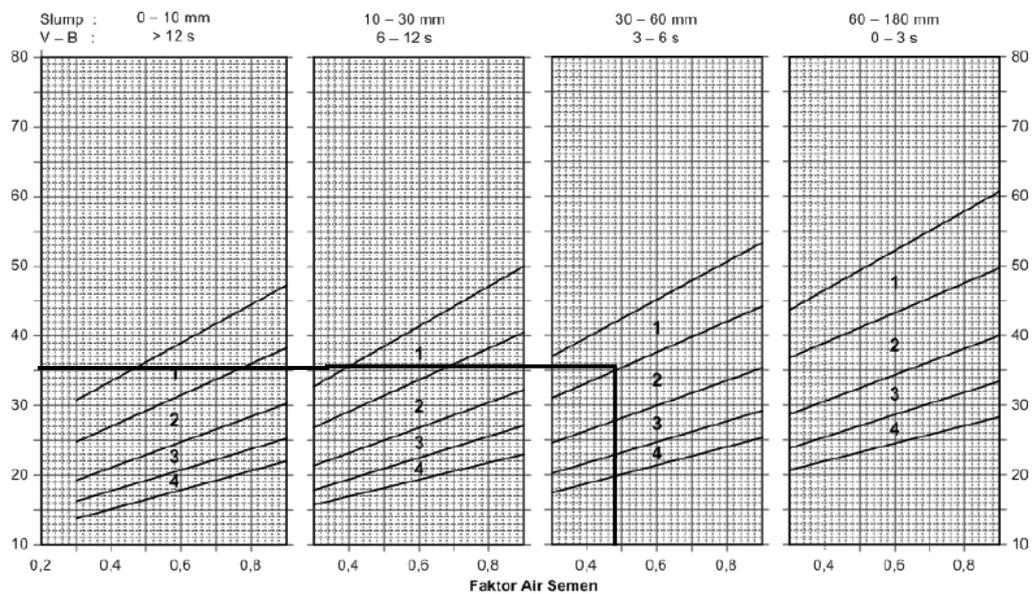
W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

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

12. Jumlah semen, yaitu: $170 : 0.485 = 350,51 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 2.10. Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air-semen yang disesuaikan dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.3.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.7.
18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,8 mm ini dicari dalam Gambar 2.11 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air-semen 0,485. Bagi agregat halus (pasir)

yang termasuk daerah susunan butir no.2 diperoleh harga nilai 35,5%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2.



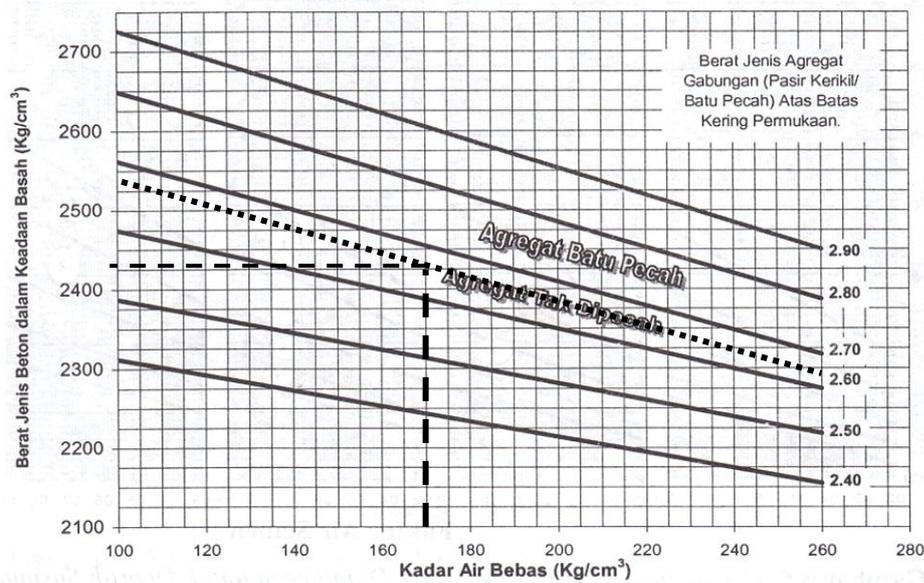
Gambar 4.2: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

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

Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut:

- BJ agregat halus = 2,56
- BJ agregat kasar = 2,67
- BJ agregat gabungan Halus dan kasar = $(0,355 \times 2,56) + (0,645 \times 2,67)$
= $2,63m^3$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,633. Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 170 kg/m^3), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka $2412,5 \text{ kg/m}^3$.



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

$$\begin{aligned}
 21. \text{ Kadar agregat gabungan} &= (\text{Berat isi beton}) - (\text{Jumlah kadar semen} + \\
 &\quad \text{kadar air}) \\
 &= 2412,5 - (350,51 + 170) = 1891,99 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 22. \text{ Kadar agregat halus} &= (\text{Persen agregat halus}) \times (\text{Kadar agregat} \\
 &\quad \text{gabungan}) \\
 &= \frac{35,5}{100} \times 1891,99 = 671,65 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 23. \text{ Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{Kadar agregat} \\
 &\quad \text{halus} \\
 &= 1891,99 - 671,65 \\
 &= 1220,34 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

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

untuk tiap m^3 sebagai berikut:

- Semen = 350,51 kg
- Air = 170 kg/lt
- Agregat halus = 671,65 kg
- Agregat kasar = 1220,34 kg

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

$$\begin{aligned}
 &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 170 - (2,35 - 1,73) \times \frac{671,65}{100} - (0,62 - 0,72) \times \frac{1220,34}{100} \\
 &= 164,61 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\
 &= 671,65 + (2,35 - 1,73) \times \frac{671,65}{100} \\
 &= 675,81 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned}
 &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 1220,34 + (0,62 - 0,72) \times \frac{1220,34}{100} \\
 &= 1219,12 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

4.2. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan kubus sebagai benda uji dengan ukuran sisi 15 cm, jumlah benda uji yang di buat adalah sebanyak 30 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton

Beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula sebagian air (kira-kira 75 % dari jumlah air yang ditetapkan) dimasukkan kedalam bejana pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus, dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak

rata, dan campuran tampak homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan

Sebelum beton di masukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilalakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukuan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk menggunakan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton

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

4.3. *Slump Test*

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

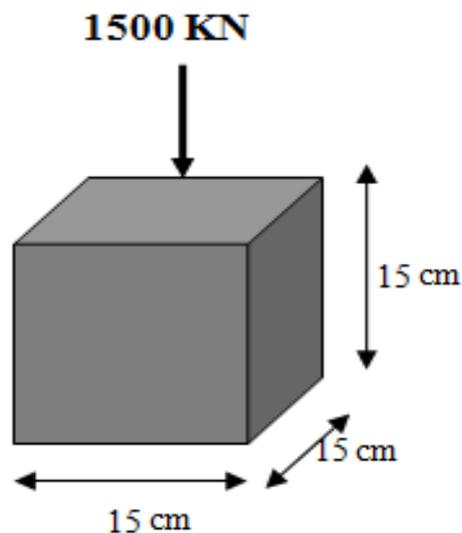
Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal		Beton dengan Bahan Tambah Bubuk Limbah Gypsum 17% + 10% Cangkang Kelapa sawit		Beton dengan Bahan Tambah Bubuk Limbah Gypsum 20% + 10% Cangkang Kelapa sawit	
Hari	7	28	7	28	7	28
<i>Slump</i> (cm)	4	4,5	5	4	4	4,5
	4,5	4,5	5	4	4	4,5

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan hasil *slump test* beton normal, beton dengan *filler* limbah serbuk gipsum 17%, dan 20% dan cangkang kelapa sawit 10% sebesar 4,5 sampai dengan 5 cm.

4.4. Kuat Tekan Beton

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



Gambar.4.4: Beban tekan pada benda uji kubus.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah kubus dengan sisi 15 cm yang digunakan didalam penelitian ini. Kubus memiliki perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang didapat setelah diuji. Yakni faktor untuk kubus adalah 1.

4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 5 buah. Hasil kuat tekan beton normal 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	58500	260,00	40,00	39,28
2	57750	256,67	39,49	
3	58500	260,00	40,00	
4	57000	253,33	38,97	
5	55500	246,67	37,95	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 225cm ² $f'_c = (P/A)$ (MPa)	28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	78000	346,67	34,67	34,80
2	78000	346,67	34,67	
3	79500	353,33	35,33	
4	78750	350,00	35,00	
5	77250	343,33	34,33	

Berdasarkan Tabel 4.9 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 7 dan 28 hari. Dari 5 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 39,28 MPa pada umur beton 7 hari yang telah di estimasi ke umur 28 hari, dan 34,80 MPa untuk umur beton 28 hari.

4.4.2. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Gypsum 17% + 10% Cangkang Kelapa sawit

Pengujian beton dengan variasi bahan tambah bubuk limbah gypsum sebesar 17% + 10% cangkang kelapa sawit dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 5 buah. Hasil kuat tekan beton bubuk limbah gypsum 7 hari, dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kuat tekan beton limbah gypsum 17% + 10% Cangkang Kelapa Sawit.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 225cm ² f _c = (P/A) (MPa)	Estimasi 28 hari f _c /0,65 (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	58500	260,00	40,00	41,03
2	60000	266,67	41,03	
3	61500	273,33	42,05	
4	58500	260,00	40,00	
5	61500	273,33	42,05	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	A= 225cm ² f _c = (P/A) (MPa)	28 hari f _c /1,00 (MPa)	f _c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	81750	363,33	36,33	35,87
2	81000	360,00	36,00	
3	79500	353,33	35,33	
4	81750	363,33	36,33	
5	79500	353,33	35,33	

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah bubuk limbah gypsum sebesar 17% + 10% cangkang kelapa sawit didapat nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 41,03 MPa pada umur beton 7 hari, dan 35,87 MPa untuk umur beton 28 hari.

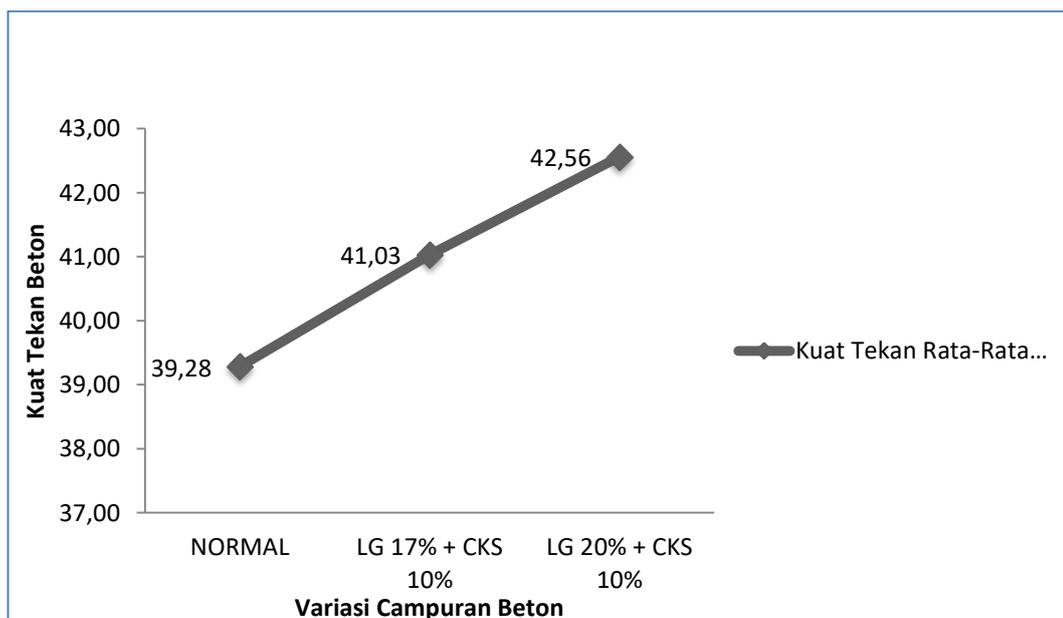
4.4.3. Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Gypsum 20% + 10% Cangkang Kelapa Sawit

Pengujian beton dengan variasi bahan tambah bubuk limbah gypsum sebesar 20% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 5 buah. Hasil kuat tekan beton bubuk limbah gypsum 7 hari, dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.11.

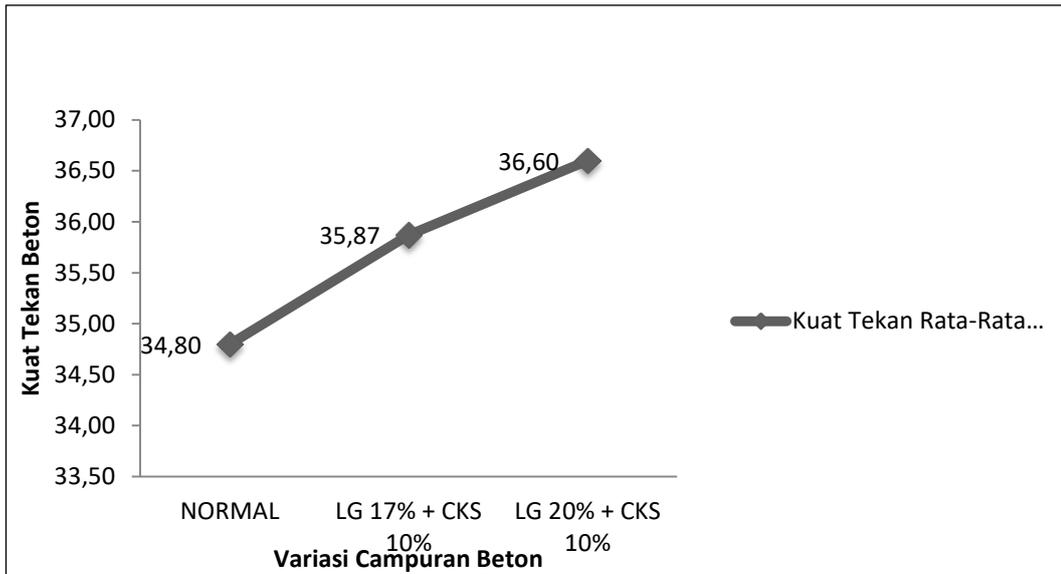
Tabel 4.11: Hasil pengujian kuat tekan beton limbah gipsum 20% + 10% cangkang kelapa sawit.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A= 225\text{cm}^2$ $f'_c= (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	61500	273,33	42,05	42,56
2	62250	276,67	42,56	
3	63000	280,00	43,08	
4	63000	280,00	43,08	
5	61500	273,33	42,05	
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A= 225\text{cm}^2$ $f'_c= (P/A)$ (MPa)	28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	83250	370,00	37,00	36,60
2	83250	370,00	37,00	
3	82500	366,67	36,67	
4	81750	363,33	36,33	
5	81000	360,00	36,00	

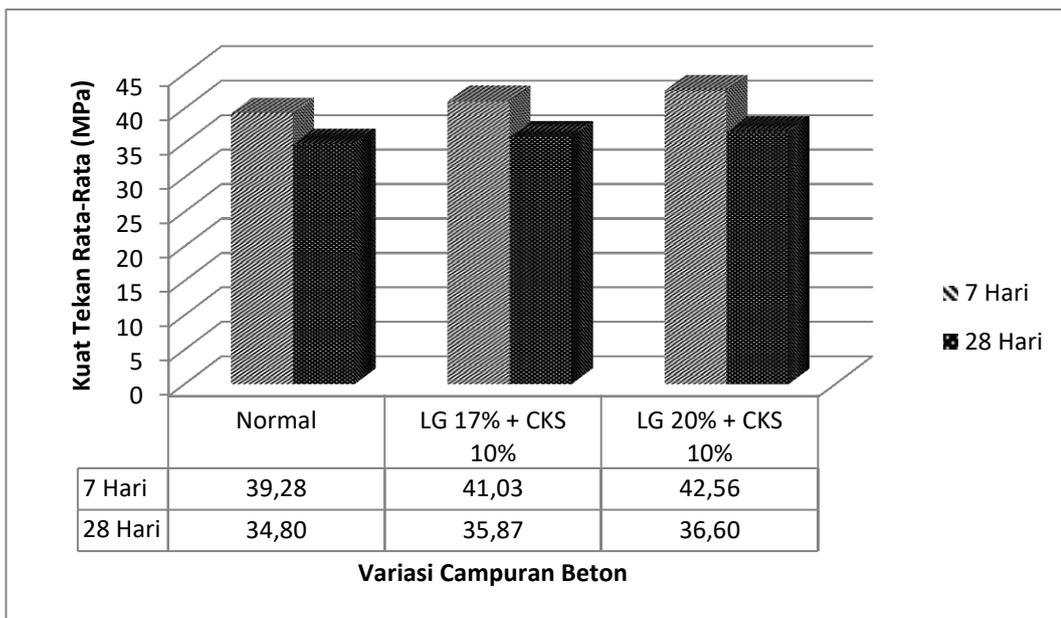
Berdasarkan Tabel 4.11 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah bubuk limbah gipsum sebesar 20% + 10% cangkang kelapa sawit didapat nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 42,56 MPa pada umur beton 7 hari, dan 36,60 MPa untuk umur beton 28 hari.



Gambar 4.5: Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari.



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



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

Dari hasil Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan bubuk limbah gipsum 17% + 10% cangkang kelapa sawit dan 20% bubuk limbah gipsum + 10% cangkang kelapa sawit terjadi kenaikan pada umur 7 hari dan 28 hari.

4.5. Pembahasan

Penggunaan limbah serbuk gipsum ditambah dengan cangkang kelapa sawit sebagai *filler* dapat mempengaruhi nilai kuat tekan pada beton, terlihat pada campuran 17% limbah serbuk gipsum + 10% cangkang kelapa sawit nilai kuat tekan rata-ratanya yaitu 41,03 MPa dan 20% limbah serbuk gipsum + 10% cangkang kelapa sawit kuat tekan rata-ratanya yaitu 42,56 MPa disini kuat tekan pada beton variasi mengalami kenaikan sebesar 1,53 MPa pada umur beton 7 hari.

Sedangkan pada umur 28 hari campuran 17% limbah serbuk gipsum + 10% cangkang kelapa sawit nilai kuat tekan rata-ratanya yaitu 35,87 MPa dan 20% limbah serbuk gipsum + 10% cangkang kelapa sawit kuat tekan rata-ratanya yaitu 36,60 MPa disini kuat tekan pada beton variasi mengalami kenaikan sebesar 0,73 MPa, sehingga di umur beton 7 hari kuat tekannya lebih besar dibandingkan dengan kuat tekan yang umur 28 hari.

Perbandingan nilai kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan limbah serbuk gipsum sebanyak 17% + Cangkang kelapa sawit 10% dan 20% limbah serbuk gipsum + 10% cangkang kelapa sawit mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Pengisian limbah serbuk gipsum 17% + 10% cangkang kelapa sawit

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 7 hari)} = \frac{41,03 - 39,28}{39,28} \times 100$$

$$= 4,45\%$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{35,87 - 34,80}{34,80} \times 100$$

$$= 3,07\%$$

- Pengisian limbah serbuk gipsum 20% + 10% cangkang kelapa sawit

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 7 hari)} = \frac{42,56 - 39,28}{39,28} \times 100$$

$$= 8,35\%$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{36,60 - 34,80}{34,80} \times 100$$

$$= 5,17\%$$

Dapat kita ketahui bahwa semakin banyak jumlah bahan tambah limbah serbuk gipsum yang tercampur pada campuran beton, maka selisih nilai kuat tekan beton juga semakin menaik, hal ini menunjukkan bahwa dalam penambahan limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit juga memiliki batas maksimum dalam penambahannya. Apabila terlalu berlebihan dalam penggunaan limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit kedalam campuran beton tersebut maka bukan tidak mungkin malah akan menurunkan nilai kuat tekan beton itu sendiri

Tabel 4.12: Selisih persentase pada nilai kuat tekan beton.

Umur 7 hari	
Banyak bahan tambah LG + CKS (%)	17 - 20
Presentase kenaikan nilai kuat tekan beton (%)	4,45 - 8,35
ilai selisih persentase kuat tekan beton (%)	3,90
Umur 28 hari	
Banyak bahan tambah LG + CKS (%)	17 - 20
Presentase kenaikan nilai kuat tekan beton (%)	3,07 - 5,17
Nilai selisih persentase kuat tekan beton (%)	2,1

Adapun persentase perbandingan antara beton normal dengan beton inovasi adalah sbb :

- Perbandingan beton normal dengan limbah serbuk gipsum 17% + 10% cangkang kelapa sawit.

$$\text{Perbandingan (umur 7 hari)} = \frac{41,03}{39,28} = 1,04$$

Sehingga perbandingannya yaitu 1 : 1,04

$$\text{Perbandingan (umur 28 hari)} = \frac{35,87}{34,80} = 1,03$$

Sehingga perbandingannya yaitu 1 : 1,03

- Perbandingan beton normal dengan limbah serbuk gipsum 20% + 10% cangkang kelapa sawit.

$$\text{Perbandingan (umur 7 hari)} = \frac{42,56}{39,28} = 1,08$$

Sehingga perbandingannya yaitu 1 : 1,08

$$\text{Perbandingan (umur 28 hari)} = \frac{36,60}{34,80} = 1,05$$

Sehingga perbandingannya yaitu 1 : 1,05

Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat menaikkan kuat tekan. Adapun faktor yang dapat yang mengakibatkan hal ini terjadi adalah karena persentase kimia silika yang ada pada bubuk limbah gipsum dan persentase karbon aktif yang ada pada cangkang kelapa sawit.

Kegagalan didalam pengujian juga bisa terjadi, hal tersebut dapat terjadi dikarenakan banyak faktor, dari mulai ketelitian pada saat melakukan pengujian hingga perawatan, baik dari penelitian dasar pada bahan yang digunakan, maupun pada saat melakukan pengujian pencampuran seluruh komponen pembentuk beton, faktor lainnya yaitu berkenaan dengan suhu dan cuaca pada saat pengujian. Yang semua faktor yang dapat menjadikan kegagalan pada kuat tekan beton tersebut harus ditanggulangi sebisa mungkin untuk memaksimalkan hasil nilai kuat tekan beton yang didapat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan data dari kuat tekan yang dihasilkan bahwa beton dengan *filler* limbah serbuk gipsum 17% ditambah cangkang kelapa sawit 10% didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 41,03 MPa dan 35,87 MPa pada 28 hari. Kuat tekan yang dihasilkan dengan bahan tambah limbah serbuk gipsum 20% ditambah cangkang kelapa sawit 10% didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 42,56 MPa dan 36,60 MPa pada 28 hari.
2. Berdasarkan dari data kuat tekan yang dihasilkan bahwa kenaikan kuat tekan antara beton normal dengan beton variasi untuk *filler* limbah serbuk gipsum 17% ditambah cangkang kelapa sawit 10% didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 1,75 MPa dan untuk 28 hari sebesar 1,07 MPa, sedangkan untuk *filler* limbah serbuk gipsum 20% ditambah cangkang kelapa sawit 10% didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 3,28 Mpa dan untuk 28 hari sebesar 1,8 Mpa.
3. Berdasarkan data dari kuat tekan beton yang di dapat, bahwa beton diberi tambah (*filler*) dengan limbah serbuk gipsum dan cangkang kelapa sawit mempunyai kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan beton normal tanpa bahan tambah (*filler*). Perbandingan hasil pengujian kuat tekan beton normal dengan beton inovasi adalah sebagai berikut:
 - Perbandingan beton normal dengan limbah serbuk gipsum 17% + 10% cangkang kelapa sawit (umur 7 hari) yaitu : 1 : 1,04
 - Perbandingan beton normal dengan limbah serbuk gipsum 17% + 10% cangkang kelapa sawit (umur 28 hari) yaitu : 1 : 1,03
 - Perbandingan beton normal dengan limbah serbuk gipsum 20% + 10% cangkang kelapa sawit (umur 7 hari) yaitu : 1 : 1,08

- Perbandingan beton normal dengan limbah serbuk gipsum 20% + 10% cangkang kelapa sawit (umur 28 hari) yaitu : 1 : 1,05

5.2. Saran

1. Disarankan untuk memakai limbah serbuk gipsum 20% dan cangkang kelapa sawit 10%, karena dapat meningkatkan kuat tekan beton.
2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk kuat tarik dan lentur akibat pengaruh pada penambahan limbah gipsum dan cangkang kelapa sawit pada campuran beton.
3. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk batas maksimum penambahan limbah serbuk gipsum pada campuran beton.
4. Perlu dilakukan penelitian ulang menggunakan peraturan SNI terbaru untuk menyesuaikan dengan peraturan, dan yang terpenting adalah untuk mengetahui masing-masing keistimewaan peraturan SNI dari yang terlama hingga yang terbaru atau metode lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Pekerjaan Umum (1971) *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1990) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SK SNI T-15-1990-03)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Metode Pengujian Kadar Air Agregat (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1993) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2002) *Tata cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. (SNI 03-2847-2002)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1996) *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm) (SNI 03-4142-1996)*. Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 1969:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat halus (SNI 1969:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Slump Beton (SNI 1972:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SNI 2147:2008)*. Pusjatan-Balitbang PU.
- Edward, G. N. (1990) *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*, Bandung: PT. Eresco
- Hasmudi, A. (2017) *Pemeriksaan Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Istimawan, D. (1994) *Struktur beton bertulang*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- Laboratorium Beton Teknik Sipil. Buku Pedoman Praktikum Beton. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Mc. Cormac, J. C. (2004) *Desain Beton Bertulang-Edisi Kelima-jilid 2*. Jakarta: Erlangga

Murdock, L. J. dan Brook, K. M, (alih bahasa : Stepanus Hendarko), 1991, Bahan dan Praktek Beton, Jakarta: Erlangga.

Nurmala dan Hartoyo (1998) Pembuatan arang aktif dari tempurung arang biji-bijian asal tanaman hutan dan perkebunan hasil hutan.

Serwindah (2013) *Pengaruh Penambahan Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton fc 25MPa*. Universitas Pasir Pangaraian.

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

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Tabel L1: Satu set saringan agregat kasar.

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

Tabel L2: Satu set saringan agregat halus.

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

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

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

Tabel L3: *Lanjutan.*

Umur Beton	Faktor	Umur Beton	Faktor
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

FOTO DOKUMENTASI SAAT PROSES PEMBUATAN BETON DI
LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA



Gambar L1: Proses pengambilan bahan agregat kasar untuk melakukan tes dasar.



Gambar L2: Proses pengambilan bahan agregat halus untuk melakukan tes dasar.



Gambar L3: Limbah gipsum.



Gambar L4: Limbah cangkang kelapa sawit.



Gambar L5: Proses perlakuan slump test untuk pencetakan beton.



Gambar L6: Menimbang berat beton setelah dibuka dari cetakan.



Gambar L7: Proses berlangsungnya kuat tekan.



Gambar L8: Melakukan tes kuat tekan terhadap beton.

(Dr. ELLIYAZ ÇARLIYUZ' M.21)



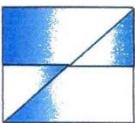
Dr. Yazarın Muhtasat Sayısı No: 3
ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK BİLİMLER FAKÜLTESİ
TEKNİK BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
KEPİLİME LABORATUVARINDA
DİĞERLENDİRİLMİŞTİR
 Mevsim: 11 Mei 2018

No	Üji Bende	Beyan Tamyat	Kırtı, Tekan Kırtı-Kırtı		Hırtı Ümır	(Kf) Tekan Beyan	Beyan Kırtı Tekan	(Mps) 58 hırtı Estımsazı	Kırtı Beyan
			İrtımsal	İrtımsal					
2	IV		İrtımsal	58	11520	343.33	34.33		
4	IV		İrtımsal	58	18120	320.00	32.00		
3	III		İrtımsal	58	10200	323.33	32.33		
5	II		İrtımsal	58	18000	340.00	34.00		
1	I		İrtımsal	58	18000	340.00	34.00		

İrtımsal Kırtı, Tekan

No	Üji Bende	Beyan Tamyat	Kırtı, Tekan Kırtı-Kırtı		Hırtı Ümır	(Kf) Tekan Beyan	Beyan Kırtı Tekan	(Mps) 58 hırtı Estımsazı	Kırtı Beyan	
			İrtımsal	İrtımsal						
2	A	I	İrtı	3.10	0.431	4.2	12000	10000	1802	1813
4	IV	I	İrtı	3.10	0.431	4.2	12000	10000	1888	1901
3	III	I	İrtı	3.10	0.431	4.2	14000	12000	1808	1902
5	II	I	İrtı	3.10	0.431	4.2	14000	12000	8104	8115
1	I	I	İrtı	3.10	0.431	4.2	14000	12000	8008	8021

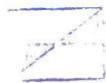
İrtımsal beyan 12cm x 12cm x 12cm
 Üji 2 prıstı



Dr. KAYTEN MUKHTAR BAZRİ NO.3 MEDVA 50538
 ÜNİVERSİTESİ MUHAMMADİYAH SUMATERA UTARA
TEKNİK BİLİMLER FAKÜLTESİ
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM BETON



(Dr. Ellyas Charkus, M. Sc.)



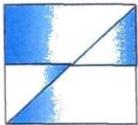
Dr. Ellyas Charkus, M. Sc.
 FAKULTAS TEKNIK
 BINA BANGUNAN
 UNIVERSITAS MERBUHA
 04013
 P. O. BOX 1001
 MERBUHA, KANTON MERBUHA
 DISTRIK MERBUHA
 NEGERI SEMBILANG, JAWA BARU
 50452
 11 Mei 2018

No	Benda Uji	Bahan Tumpang	Hari Jumlah	Tekan Bepan (Kg)	Berdahan Saat Ktrial	Tahanan (Mpa)	5% hari Estimasi	Keterangan
2	A	Gibranu 1,0%+Caukkanu 10,0%	58	10200	323.33	32.33		
4	IA	Gibranu 1,0%+Caukkanu 10,0%	58	8120	303.33	30.33		
3	III	Gibranu 1,0%+Caukkanu 10,0%	58	10200	323.33	32.33		
5	II	Gibranu 1,0%+Caukkanu 10,0%	58	81000	300.00	30.00		
1	I	Gibranu 1,0%+Caukkanu 10,0%	58	8120	303.33	30.33		

Milai Ktrial, Tekan

No	Benda Uji	Bahan Tumpang	Hari Jumlah	Tekan Bepan (kg)	Berdahan Saat Ktrial	Tahanan (Mpa)	5% hari Estimasi	Keterangan			
									Ktrial	Tahanan	
2	A	I	1'01	0'333	0'412	0'432	4	51\3\5018	8101	8112	
4	IA	I	1'01	0'333	0'412	0'432	4	51\3\5018	51\3\5018	8000	8013
3	III	I	1'01	0'333	0'412	0'432	4	51\3\5018	51\3\5018	8115	8151
5	II	I	1'01	0'333	0'412	0'432	4	51\3\5018	51\3\5018	8104	8111
1	I	I	1'01	0'333	0'412	0'432	4	51\3\5018	51\3\5018	8100	8114

jenis benda uji kabus 12cm x 12cm x 12cm
 jumlah Benda Uji 2 prisi



UNIVERSITAS MERBUHA
 FAKULTAS TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 LABORATORIUM BETON



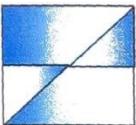
(Dr. Ellyzza Chastina, M.Si)
 Jl. Kebel. M. (Jalan Besar) No. 3 Medan
 SUMATERA
 FAKULTAS TEKNIK
 FISIKA SIBIL
 LABORATORIUM BETAOL
 KEPAL A LABORATORIUM BETON
 DIPERIKSA OLEH
 Medan, 11 Mei 2018

Kuat Tekan Rata-Rata									
No	Uji Benda	Bahan Sampah	Umrut	Hasil Tekan Bahan	Berdasarkan luas Kuat Tekan	(Mpa) 58 hari Estimasi	Ketentuan lain		
2	IV	Gibranu 1,0%+Caukran 10,0%	1	91200	51333	41,03			
4	IV	Gibranu 1,0%+Caukran 10,0%	1	28200	59000	40,00			
3	III	Gibranu 1,0%+Caukran 10,0%	1	91200	51333	45,02			
5	II	Gibranu 1,0%+Caukran 10,0%	1	90000	59997	41,03			
1	I	Gibranu 1,0%+Caukran 10,0%	1	28200	59000	40,00			

Nilai Kuat Tekan

No	Uji Benda	BC	Pasar	Kedipki	Gibranu Gepuk	OKS	Fas ($^{\circ}$)	Jumlah (cm)	Cetak Tandem	Uji Tandem	Cetak Uji	
											Tandem	Uji
2	IV	I	1'91	3'19	0'553	0'412	0'431	2	13\3\5018	14\3\5018	8109	8119
4	IV	I	1'91	3'19	0'553	0'412	0'431	2	13\3\5018	14\3\5018	8119	8151
3	III	I	1'91	3'19	0'553	0'412	0'431	2	9\3\5018	13\3\5018	8002	8014
5	II	I	1'91	3'19	0'553	0'412	0'431	2	9\3\5018	13\3\5018	8105	8115
1	I	I	1'91	3'19	0'553	0'412	0'431	2	9\3\5018	13\3\5018	8115	8151

jenis benda uji krus 12cm x 12cm x 12cm
 jumlah Benda Uji 2 buah



Jl. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 50538
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
 FAKULTAS TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 LABORATORIUM BETON



(Dr. Ellyza Chandra, M.Si)

REKOR MINGGUAN
FAKULTAS TEKNIK
KEBIVAKSANAAN
LABORATORIUM BETON
DIPERIKSA OLEH
Medan, 11 Mei 2018

No	Uji	Bahan Tempas	Umm	Hasi (Kg)	Beban Tekan	Penjajisan saat	Kuat Tekan	Esimulasi	Ketertarikan
2	A	Gibaru 50%+Caukang 10%	58	81000	300.00	30.00			
4	IA	Gibaru 50%+Caukang 10%	58	81120	303.33	30.33			
3	III	Gibaru 50%+Caukang 10%	58	85200	300.00	30.00			
5	II	Gibaru 50%+Caukang 10%	58	83520	320.00	32.00			
1	I	Gibaru 50%+Caukang 10%	58	83520	320.00	32.00			

Nilai Kuat Tekan

No	Uji	Bahan Tempas	Umm	Hasi (Kg)	Beban Tekan	Penjajisan saat	Kuat Tekan	Esimulasi	Ketertarikan			
2	A	I	I'01	3'10	0'505	0'412	0'432	4'2	10'3'5018	14'4'5018	8000	8010
4	IA	I	I'01	3'10	0'505	0'412	0'432	4'2	10'3'5018	14'4'5018	8115	8152
3	III	I	I'01	3'10	0'505	0'412	0'432	4'2	12'3'5018	15'4'5018	8100	8118
5	II	I	I'01	3'10	0'505	0'412	0'432	4'2	12'3'5018	15'4'5018	8110	8153
1	I	I	I'01	3'10	0'505	0'412	0'432	4'2	12'3'5018	15'4'5018	8007	8010

jenis benda uji kubus 15cm x 15cm x 15cm
jenis benda uji 2 prisi



JL. KAYUTAN MUKHTAR BARU NO.3 MEDIAN 50538
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIVIL
LABORATORIUM BETON



(P. Elyzza Chastina, M. Si)



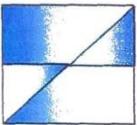
FAKULTAS TEKNIK
 FLOPPING 2018
 FENOLISOLUBILITAS BAHAN
 KEPALA LABORATORIUM BETON
 DIPERIKSA OLEH
 Medan, 11 Mei 2018

No	Uji Benda	Bahan Tampung	Hari Umur	(Kg) Tekan Beban	Perubahan Sifat	Kuat. Tekan	(Mpa) 58 hari Estimasi	Ketelaahan
2	A	Gibranu 50 ^o +Caukkan 10 ^o	7	91200	51333	45.02		
4	IV	Gibranu 50 ^o +Caukkan 10 ^o	7	93000	58000	43.08		
3	III	Gibranu 50 ^o +Caukkan 10 ^o	7	93000	58000	43.08		
5	II	Gibranu 50 ^o +Caukkan 10 ^o	7	95200	51997	45.29		
1	I	Gibranu 50 ^o +Caukkan 10 ^o	7	91200	51333	45.02		

Nilai Kuat. Tekan

No	Uji Benda	BC basah Cambahan	Ketukil	Gibranu Zerpuk	OKS	Fas (%)	Zimmb (cm)	Cetak Tambal	Uji Tambal	Betal (Fu)	
										Cetak	Uji
2	A	I	3'19	0'553	0'412	0'437	4	51333018	3033018	8109	8119
4	IV	I	3'19	0'553	0'412	0'437	4	51333018	3033018	8104	8114
3	III	I	3'19	0'553	0'412	0'437	4	51333018	3033018	8009	8012
5	II	I	3'19	0'553	0'412	0'437	4	51333018	3033018	8104	8118
1	I	I	3'19	0'553	0'412	0'437	4	51333018	3033018	8009	8051

jenis benda uji kupa 12cm x 12cm x 12cm
 jumlah Benda Uji 2 buah



JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO.3 MEDAN 50238
 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
 FAKULTAS TEKNIK
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 LABORATORIUM BETON





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 : _____
	Sampling Date : 15/1/2018
	Testing Date : 17/1/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Diameter	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi

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	1141
9.50 (No. 3/8 in)	2500	1260
4.75 (No.4)	-	955
2.36 (No. 8)	-	351
0.50 (No. 50)	-	-
0.15 (No. 100)	-	-
Pan	-	178
Total	5000	3885
<i>Wt of sample passing No. 12 (berat lolos saringan No. 12)</i>		1115
<i>Abrasion (keausan) %</i>		22,300

Medan, 18 Januari 2018

DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

Laboratorium Beton
Prodi Sipil
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

(Ir. Ellyza Chairina, M.Si)



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 : _____ Sampling Date : 15/01/2018 Testing Date : 17/01/2018
---	---

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi

Sieve Size	Individu Ret (Berat Tertahan)			% Berat Tertahan	% kum. Berat Tertahan	% Berat Lolos	Grading Limit	
	sampel 1	sampel 2	Total				Min	Max
	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)		
NO 4	11	35	46	1,42	1,42	98,58	95	100
NO 8	109	198	307	9,45	10,86	89,14	75	100
NO 16	171	371	542	16,68	27,54	72,46	55	90
NO 30	398	398	796	24,49	52,03	47,97	35	59
NO 50	472	321	793	24,40	76,43	23,57	8	30
NO 100	492	123	615	18,92	95,35	4,65	0	10
PAN	97	54	151	4,65	100	0	0	5
TOTAL	1750	1500	3250	100	263,63			

$$\text{Fines Modulus (FM)} = \frac{263,63}{100} = 2,636$$

Good gradation class :
 $2.2 \leq FM \leq 2.6$
 medium
 coarse

Medan, 18 Januari 2018
 DIPERIKSA OLEH
 KEPALA LABORATORIUM BETON


Laboratorium Beton
 Prodi Sipil
 FAKULTAS TEKNIK
 UMSU
 Jl. Kapt. Mukhtar Basri No. 3 Medan

(Ir. Ellyza Chairina, M.Si)



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)	Lab No
	Sampling Date : 15/01/2018
	Testing Date : 17/01/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi

Sieve Size	Individu Ret (Berat Tertahan)			% Berat	% kum. Berat	% Berat yang Lolos	Grading Limit	
	sampel 1	sampel 2	total	Tertahan	Tertahan	Lolos	Min	Max
				(gr)	(gr)	(gr)		
no 1.5"	145	112	257	3,95	3,95	96,05	95	100
no 3.4"	965	1091	2056	31,63	35,58	64,42	35	70
no 3.8"	1110	1082	2192	33,72	69,31	30,69	10	40
no 4	980	1015	1995	30,69	100,00	0,00	0	5
no 8	0	0	0	0,00	100,00	0,00	0	0
no 16	0	0	0	0,00	100,00	0,00	0	0
no 30	0	0	0	0,00	100,00	0,00	0	0
no 50	0	0	0	0,00	100,00	0,00	0	0
no 100	0	0	0	0,00	100,00	0,00	0	0
pan	0	0	0	0,00	100,00	0,00	0	0
total	3200	3300	6500	100,00	708,85			

Coarse Modulus (FM) = $\frac{708,85}{100} = 7,09$

Good gradation class :
 Coarse 5.5 < FM < 7.5

Medan, 18 Januari 2018
 DIPERIKSA OLEH
 KEPALA LABORATORIUM BETON


 Laboratorium Beton
 Prodi Sipil
 FAKULTAS TEKNIK
 201821
 Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan

(Ir. Ellyza Chairina, M.Si)



LABORATORIUM BETON
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
JL. KAPTEN MUKHTAR BASRI NO. 3 MEDAN 20218

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF FINE AGGREGATE FOR CONCRETE MATERIAL (ASTM C 128 - 88)	Lab No	
	Sampling Date	15/01/2018
	Testing Date	17/01/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi

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	492	491	491,50
Wt of flask + water (<i>berat piknometer penuh air</i>) D	690	693	691,50
Wt of flask + water + sample (<i>berat contoh SSD dalam piknometer penuh air</i>) C	997	996	996,50
Bulk sp gravity dry (<i>berat jenis contoh kering</i>) $E (B + D - C)$	2,55	2,49	2,52
Bulk sp gravity SSD (<i>berat jenis contoh SSD</i>) $B (B + D - C)$	2,59	2,54	2,56
Apparent sp gravity (<i>berat jenis contoh semu</i>) $E (E + D - C)$	2,66	2,61	2,50
Absortion (<i>penyerapan</i>) $((B - E) / E) \times 100\%$	1,63	1,83	1,73

Medan, 18 Januari 2018
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

LABORATORIUM BETON
Prodi Sipil
FAKULTAS TEKNIK
UMSU
Jl. Kapt. Mochtar Basri No. 3 Medan

(Ir. Ellyza Chairina, M.Si)



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	:
	Sampling Date	: 15/01/2018
	Testing Date	: 17/01/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi

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>)	3427	3653	3540,0
Wt of SSD sample (<i>berat contoh SSD</i>)	2900	3100	3000,0
Wt of oven dry sample & mold (<i>berat contoh kering oven & wadah</i>)	3410	3633	3521,5
Wt of mold (<i>berat wadah</i>)	527	553	540,0
Wt of water (<i>berat air</i>)	17	20	18,5
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh kering</i>)	2883	3080	2981,5
Water content	0,59	0,65	0,62

Medan, 18 Januari 2018
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

LABORATORIUM Beton
Fakultas Sipil
FAKULTAS TEKNIK
UMSU
Jl. Kept. Mochtar Basri No. 3 Medan

(Ir. Ellyza Chairina, M.Si)



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	:	
	Sampling Date	:	15/01/2018
	Testing Date	:	17/01/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample 1	sample 2	Average
Wt of SSD sample in air (<i>berat contoh SSD kering permukaan jenuh</i>) A	2900	3000	2950
Wt of oven dry sample (<i>berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan</i>) C	2879	2979	2929
Wt of SSD sample in water (<i>berat contoh jenuh</i>) B	1809	1885	1847
Bulk sp grafiy dry (<i>berat jenis contoh kering</i>) C (A-B)	2.64	2.67	2.66
Bulk sp grafiy SSD (<i>berat jenis contoh SSD</i>) A (A-B)	2.66	2.69	2.67
Apparent sp grafiy (<i>berat jenis contoh semu</i>) C (C-B)	2.69	2.72	2.71
Absortion (<i>penyerapan</i>) ((A-C) C) x 100%	0.73	0.70	0.72

Medan, 17 Januari 2018
DIPERIKSA OLEH
LABORATORIUM BETON
Prati Sipil
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan
(Ir. Ellyza Chairina, M.si)



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
	Sampling Date : 15/1/2018
	Testing Date : 17/1/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi
Diameter & tinggi wadah	d 27 cm h 27 cm

No	Fine Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I	Sample II	Sample III	Average
1	Wt of sample & mold (<i>berat contoh & wadah</i>), gr	31456	32458	31350	31754,67
2	Wt of mold (<i>berat wadah</i>), gr	6500	6500	6500	6500
3	Wt of sample (<i>berat contoh</i>), gr	24956	25958	24850	25255
4	Vol of mold (<i>volume wadah</i>), cm ³	15456,21	15456,21	15456,21	15456,21
5	Unit weight (<i>berat isi</i>), gr/cm ³	1,61	1,68	1,61	1,63

Medan, 18 Januari 2018

DIPERIKSA OLEH

KEPALA LABORATORIUM BETON

Laboratorium Beton
Prati Sigit
FAKULTAS TEKNIK
UMSU
Jl. Kapt. M. Mukhtar Basri No. 3

(Ir. Ellyza Chainna, M. Si)



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	:	
	Sampling Date	:	15/1/2018
	Testing Date	:	17/1/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4.75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi
Diameter & tinggi wadah	d : 24 cm h : 24,2 cm

No	Fine Agregate Passing No. 9.5 mm	Sample I	Sample II	Sample III	Average
1	Wt of sample & mold (<i>berat contoh & wadah</i>), gr	19765	19978	19875	19872,67
2	Wt of mold (<i>berat wadah</i>), gr	5400	5400	5400	5400
3	Wt of sample (<i>berat contoh</i>), gr	14365	14578	14475	14473
4	Vol of mold (<i>volume wadah</i>), cm ³	10861,71	10861,71	10861,71	10861,71
5	Unit weight (<i>berat Isi</i>), gr/cm ³	1,32	1,34	1,33	1,33

Medan, 18 Januari 2018
DIPERIKSA OLEH
KEPALA LABORATORIUM BETON

Laboratorium Beton
Program Studi
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten M. Mukhtar Basri No. 3 Medan

(Ir. Ellyza Chairina, M.Si)



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
	Sampling Date : 15/1/2018
	Testing Date : 17/1/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4 75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismavadi

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	476	477
Mass of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, g	22	24	23.00
Percentage of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, %	4.40	4.80	4.60

Medan, 18 Januari 2018

DIPERIKSA OLEH

KEPALA LABORATORIUM BETON



Laboratorium Beton

Prodi Sipil

FAKULTAS TEKNIK

UMSU

Jl. Kapt. Mochtar Basri No. 3 Medan

(Ir. Ellyza Chairna, M.Si)



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
	Sampling Date : 15/1/2018
	Testing Date : 17/1/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	4 75 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi

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	476	477
Mass of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, g	22	24	23,00
Percentage of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, %	4,40	4,80	4,60

Medan, 18 Januari 2018

DIPERIKSA OLEH

KEPALA LABORATORIUM BETON



Laboratorium Beton

Prodi Sipil

FAKULTAS TEKNIK

UNUSU

Jl. Kapt. Mukhtar Basri No. 3 Medan

(Ir. Ellyza Chairna, M.Si)



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	:
	Sampling Date	: 15/1/2018
	Testing Date	: 17/1/2018

Sources Of Sample	Binjai
Max Dia	38.1 mm
Project	Penelitian Tugas Akhir
Tested By	Muhammad Yogi Ismayadi

Course Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Average
Original dry mass of sample, g	1600	1600	1600
Dry mass of sample after washing, g	1585	1587	1586,0
Mass of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, g	15	13	14,0
Percentage of material finer than 75-mm (No. 200) sieve by washing, %	0,94	0,81	0,88

Medan, 18 Januari 2018

DIPERIKSA OLEH

KEPALA LABORATORIUM BETON



Laboratorium Beton
Prodi Sipil
FAKULTAS TEKNIK
UMSU
Jl. KapL. Muchtar Basri No. 3 Medan

(Ir. Ellyza Chairina, M.Si)