

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PEMAKAIAN SERBUK ARANG KAYU SEBAGAI *FILLER*
SEMEN DAN ZAT *RETARDER* TERHADAP PENYERAPAN AIR DAN
KUAT TEKAN BETON
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD IQBAL HANAFI

1407210060



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

2018

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Iqbal Hanafi

NPM : 1407210060

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Pemakaian Serbuk Arang Kayu Sebagai *Filler*
Semen Dan Zat *Retarder* Terhadap Penyerapan Air Dan Kuat
Tekan Beton)

Bidang Ilmu : Struktur.

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

Medan, Agustus 2018

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



Ir. Ellyza Chairina, M.si

Dosen Pembimbing II/Penguji



Irma Dewi, S.T, M.Si

Dosen Pembanding I / Penguji



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

Dosen Pembanding II/Penguji



Rhini Wulan Dary, S.T, M.T

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



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

LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Muhamad Iqbal Hanafi
Tempat/Tanggal Lahir : Tanjung Uban/21 Oktober 1996
NPM : 1407210060
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Pemakaian Serbuk Arang Kayu Sebagai *Filler* Semen Dan Zat *Retarder* Terhadap Penyerapan Air Dan 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 dan 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 akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2018

Saya yang menyatakan,



Muhamad Iqbal Hanafi

ABSTRAK

PENGARUH PEMAKAIAN SERBUK ARANG KAYU SEBAGAI *FILLER* SEMEN DAN ZAT *RETARDER* TERHADAP PENYERAPAN AIR DAN KUAT TEKAN BETON

Muhamad Iqbal Hanafi
1407210060

Ir. Ellyza Chairina, M.Si.

Irma Dewi, ST,M.Si

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang banyak dikembangkan dalam teknologi bahan konstruksi yang tersusun dari campuran homogen yang terdiri dari semen, air, agregat, zat *additive* dan jika diperlukan bahan tambah atau pengganti, sangat diperlukan suatu teknologi konstruksi yang dapat mengurangi eksploitasi alam dan dapat memanfaatkan limbah-limbah alam. Untuk mengetahui pengaruh *filler* limbah alam terhadap kuat tekan beton maka dilakukan penelitian dengan menggunakan bahan pengganti berupa serbuk arang kayu yang bersumber dari pembongkaran rumah kayu dan penggunaan zat *retarder*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dengan menggunakan metode dan langkah-langkah yang dilakukan seperti saat praktikum beton. Setelah penelitian, diketahui kuat tekan beton normal 23,30 MPa, beton normal ditambah serbuk arang kayu 10% didapat kuat tekan 23,96 MPa, beton normal ditambah serbuk arang kayu 15% didapat kuat tekan 24,93 MPa, beton normal ditambah serbuk arang kayu 10% + *retarder* 0,4% didapat kuat tekan 25,89 MPa, beton normal ditambah serbuk arang kayu 15% + *retarder* didapat kuat tekan 27,29 MPa. Sedangkan untuk penyerapan air terjadi kenaikan pada 15% yang didapat sebesar 0,86% dan terjadi penurunan pada 15% + *retarder* 0,4% didapat sebesar 0,34%. Dari hasil penelitian didapat kesimpulan bahwa penggunaan *filler* limbah arang kayu dapat mempengaruhi kuat tekan beton, terjadi kenaikan pada penyerapan air dan penurunan nilai slump pada penambahan serbuk arang kayu 15%, *retarder* dapat mengurangi penyerapan air pada beton normal ditambah serbuk arang kayu.

Kata Kunci: Beton, Serbuk Arang Kayu, Kuat Tekan Beton

ABSTRACT

EFFECT OF USING WOOD CHARCOAL POWDER AS CEMENT FILLER AND RETARDER SUBSTANCE ON WATER ABSORPTION AND CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

Muhamad Iqbal Hanafi
1407210060

Ir. Ellyza Chairina, M.Si.

Irma Dewi, ST,M.Si

Concrete is one of the most widely developed construction materials in construction material technology composed of homogeneous mixtures consisting of cement, water, aggregate, additive or substitute if it is needed, it is necessary a construction technology that can reduce natural exploitation and can utilize natural waste . To find out the effect of natural waste filler on concrete compressive strength, the research was done by using a substitute of wood charcoal powder which was sourced from demolition of wooden house and the use of retarder substance. This research was conducted at Civil Engineering Laboratory of University Muhammadiyah North Sumatra. By using methods and steps taken as during concrete laboratory work. After the research, it is known that normal concrete compressive strength 23,30 MPa, normal concrete plus 10% charcoal powder of wood obtained by compressive strength 23,96 MPa, normal concrete plus 15% charcoal powder of wood obtained with compressive strength 24,93 MPa, plus 10% wood charcoal powder + 0.4% retarder got compressive strength 25,89 MPa, normal concrete plus 15% wood charcoal + retarder got compressive strength 27,29 MPa. As for the absorption of water occurs a 15% increase obtained by 0.86% and a decrease of 15% + 0.4% retarder obtained by 0.34%. From the result of the research, it can be concluded that the use of wood charcoal waste filler can influence the compressive strength of concrete, there is an increase of water absorption and slump value decrease in the addition of 15% wood charcoal powder, retarder can reduce water absorption in normal concrete plus wood charcoal powder.

Keywords: Concrete, Wood Charcoal Powder, Strong Concrete Press

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillahirabil'alamin, segala puji atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga atas barokah dan ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagaimana yang diharapkan.

Adapun judul dari Tugas Akhir ini adalah “**PENGARUH PEMAKAIAN SERBUK ARANG KAYU SEBAGAI FILLER SEMEN DAN ZAT RETARDER TERHADAP PENYERAPAN AIR DAN KUAT TEKAN BETON**” yang diselesaikan selama kurang lebih 10 bulan. Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi syarat menyelesaikan jenjang kesarjanaan Strata 1 pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Ibu Ir. Ellyza Chairani, M.Si. selaku Dosen Pembimbing – I dalam penulisan Tugas Akhir ini dan juga pelaksana Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibu Irma Dewi, S.T, M.Si. selaku Dosen Pembimbing – II dalam penulisan Tugas Akhir ini dan juga selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing – I dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rhini Wulan Dary S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing – II dalam penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Pengaruh Bahan Tambah	6
2.3. Pengertian Beton Normal	7
2.4. Material Penyusun Campuran Beton	7
2.4.1. Semen	7
2.4.2. Agregat	9
2.4.3. Air	15
2.4.4. Serbuk Arang Kayu	16
2.5. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03- 2834-1993	17
2.6. <i>Slump Test</i>	27
2.7. Perawatan Beton	28
2.8. Pengujian Kuat Tekan	29

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian	31
3.2. Tempat Dan Waktu Penelitian	33
3.3. Bahan Dan Peralatan	33
3.3.1. Bahan	33
3.3.2. Peralatan	33
3.4. Persiapan Penelitian	34
3.5. Pemeriksaan Agregat	34
3.6. Pemeriksaan Agregat Halus	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	36
3.6.4. Berat Isi Agregat Halus	37
3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus	38
3.7. Pemeriksaan Agregat Kasar	41
3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar	41
3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	42
3.7.3. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	43
3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar	44
3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	45
3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	48
3.8. Perencanaan Campuran Beton	49
3.9. Pelaksanaan Penelitian	50
3.9.1. <i>Trial Mix</i>	50
3.9.2. Pembuatan Benda Uji	50
3.9.3. Pengujian Slump	50
3.9.4. Perawatan Beton	50
3.9.5. Pengujian Kuat Tekan	50

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data-data Campuran Beton	51
4.2. Pembuatan Benda Uji	60
4.3. <i>Slump Test</i>	61

4.4. Penyerapan Air Pada Beton	62
4.4.1. Penyerapan Air Pada Beton Normal	62
4.4.2. Penyerapan Air Pada Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 10%	63
4.4.3. Penyerapan Air Pada Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 15%	64
4.4.4. Penyerapan Air Pada Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 10% + <i>Retarder</i> 0,4%	66
4.4.5. Penyerapan Air Pada Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 15% + <i>Retarder</i> 0,4%	67
4.5. Kuat Tekan Beton	69
4.5.1. Kuat Tekan Normal	69
4.5.2. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 10%	70
4.5.3. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 15%	71
4.5.4. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 10% + <i>Retarder</i> 0,4%	72
4.5.5. Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 15% + <i>Retarder</i> 0,4%	73
4.6. Pembahasan	75
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	78
5.2. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Bahan Pembentuk Beton	5
Tabel 2.2	Batas Gradasi Agregat Halus	10
Tabel 2.3	Batas Gradasi Agregat Kasar	13
Tabel 2.4	Kandungan Zat Kimia Dalam Air Yang Diizinkan	16
Tabel 2.5	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia kurang dari 30 (SNI 03-2834-1993)	18
Tabel 2.6	Tingkat Mutu Pekerjaan Pembetonan	18
Tabel 2.7	Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/M ³) Yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton (SNI 03-2834, 1993)	20
Tabel 2.8	Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus (SNI 03-2834-1993)	21
Tabel 2.9	Ketentuan Untuk Beton Yang Berhubungan Dengan Air Tanah Mengandung Sulfat (SNI 03-2834-1993)	22
Tabel 2.10	Ketentuan Minimum Untuk Beton Bertulang Kedap Air (SNI 03-2834- 1993)	23
Tabel 2.11	Toleransi Waktu Agar Pengujian Kuat Tekan Tidak Keluar Dari Batasan Waktu Yang Telah Ditoleransikan (ASTM C-39, 1993)	30
Tabel 2.12	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Umur	30
Tabel 3.1	Data-Data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Halus	35
Tabel 3.2	Data-Data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Halus	36
Tabel 3.3	Data-Data Hasil Penelitian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	37
Tabel 3.4	Data-Data Hasil Penelitian Berat Isi Agregat Halus	38
Tabel 3.5	Data-Data Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Halus	38
Tabel 3.6	Data-Data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Kasar	42
Tabel 3.7	Data-Data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Kasar	42

Tabel 3.8	Data-Data Hasil Penelitian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	43
Tabel 3.9	Data-Data Hasil Penelitian Berat Isi Agregat Kasar	45
Tabel 3.10	Data-Data Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Kasar	45
Tabel 3.11	Data-Data Dari Hasil Pengujian Keausan Agregat	48
Tabel 4.1	Data-Data Campuran Beton	51
Tabel 4.2	Perencanaan Campuran Beton (SNI 03-2834-1993)	52
Tabel 4.3	Banyak Agregat Kasar Yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 1 Benda Uji	54
Tabel 4.4	Banyak Agregat Halus Yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 1 Benda Uji	55
Tabel 4.5	Banyak Serbuk Arang Kayu Dan Semen Yang Dibutuhkan Untuk 1 Benda Uji	56
Tabel 4.6	Banyak Agregat Kasar Yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 50 Benda Uji	59
Tabel 4.7	Banyak Agregat Halus Yang Dibutuhkan Untuk Tiap Saringan Dalam 50 Benda Uji	59
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	62
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Normal	63
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 10%.	64
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 15%.	65
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 10% + <i>Retarder</i> 0,4%.	66
Tabel 4.13	Hasil Pengujian Penyerapan Air Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 15% + <i>Retarder</i> 0,4%.	68
Tabel 4.14	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal	70
Tabel 4.15	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Arang Kayu 10%	71
Tabel 4.16	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Arang Kayu 15%	72
Tabel 4.17	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Arang Kayu 10% + <i>Retarder</i> 0,4%.	73
Tabel 4.18	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Serbuk Arang Kayu 10% + <i>Retarder</i> 0,4%.	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik daerah gradasi pasir kasar	11
Gambar 2.2	Grafik daerah gradasi pasir sedang	11
Gambar 2.3	Grafik daerah gradasi pasir agak halus	12
Gambar 2.4	Grafik daerah gradasi pasir halus	12
Gambar 2.5	Grafik Batas gradasi agregat kasar	14
Gambar 2.6	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan kubus beton	19
Gambar 2.7	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk butir maksimum 10 mm	24
Gambar 2.8	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk butir maksimum 20 mm	24
Gambar 2.9	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk butir maksimum 40 mm	25
Gambar 2.10	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	26
Gambar 3.1	Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	32
Gambar 3.2	Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	41
Gambar 3.3	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	48
Gambar 4.1	Beban tekan pada benda uji kubus	70
Gambar 4.2	Grafik kuat tekan beton umur 28 hari	75
Gambar 4.3	Grafik kuat tekan beton umur 7 hari	75
Gambar 4.4	Grafik kuat tekan beton umur 7 hari dan 28 hari	76

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,k}	= 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	(%)
D _a	= Absorpsi Agregat Kasar	(%)
C _k	= Kadar Air Pada Agregat Halus	(%)
D _k	= Kandungan Air Agregat Kasar	(%)
K.T.Var	= Kuat Tekan Variasi	(MPa)
K.T.Nor	= Kuat Tekan Normal	(MPa)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang banyak dikembangkan dalam teknologi bahan konstruksi. Beton merupakan campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, yaitu agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847-2000, Pasal 3.12, tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung). Beton memiliki keunggulan pada kuat tekan yang baik sehingga beton digunakan sebagai pembentuk struktur utama konstruksi dan peningkatan kualitas beton akan terus-menerus dilakukan dalam berbagai penelitian.

Selain kekuatan, berat jenis beton juga mempengaruhi suatu konstruksi. Untuk mengurangi berat total dari suatu konstruksi dan beban yang disalurkan kepondasi dapat menggunakan material ringan sebagai bahan campuran beton yang digunakan dalam struktur. Berat jenis beton normal antara 2200-2500 kg/m³ yang dibuat menggunakan agregat alam pecah atau tidak pecah, sedangkan berat jenis beton ringan dibawah 1900 kg/m³ (SNI 03-2834-2000, Pasal 3.14 dan 3.18, tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung). Berat jenis beton yang besar mempengaruhi ukuran atau dimensi dari struktur beton sehingga hal ini mengakibatkan biaya konstruksi yang mahal juga. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian jenis material ringan yang sesuai untuk beton.

Material alternatif yang dapat mengurangi biaya konstruksi yaitu dengan menggunakan limbah, Indonesia sebagai negara berkembang dengan penduduk terbanyak nomor 3 didunia membuat masyarakat Indonesia sangat aktif dalam prokduktivitas sehingga menimbulkan limbah yang besar yang terbuang.

Sifat kimia arang terdiri dari unsur C, H, O dan komponen non organis (mineral). Komposisi unsur tersebut didalam arang tergantung dari proses karbonisasi, suhu dan metode karbonisasi. Dibandingkan dengan kayu nilai kalor arang menjadi lebih tinggi yaitu berkisar 6.760 – 7.860 kal/gr untuk kadar air 5-6% variasi nilai kalor banyak disebabkan oleh komposisi kimia dari kayu dan

proses karbonisasi. Kayu yang berat jenis tinggi umumnya menghasilkan arang dengan nilai kalor yang tinggi. Arang juga mempunyai kadar serap air 16% tergantung dari jenis larutannya. Sifat higroskopis menurun dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Kadar kering udara arang berkisar antara 5-7% kadar air dipengaruhi oleh proses karbonisasi, yaitu jumlah udara, suhu maupun lamanya proses pengarangan. Tidak dipengaruhi oleh berat jenis bahan baku. Arang juga memiliki kadar abu yang terjadi dari pembakaran sempurna arang, kadar abu dipengaruhi proses karbonisasi terutama suhu maksimum dan lamanya pengarangan. Kadar abu bervariasi antara 1-4% tetapi kadang bisa lebih misalnya arang dari kulit kayu.

Retarder digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton saat cuaca panas atau pada keadaan yang memerlukan penundaan penempatan beton. Walaupun demikian, *retarder* tidak mengakibatkan penurunan kekuatan beton, bahkan kekuatan dapat sedikit meningkat. Ada jenis *retarder* yang berupa zat kandungan kimiawi seperti '*ligno-sulphonates*' dengan kandungan gula yang tinggi. *Retarder* juga memiliki akibat sampingan yang dapat menimbulkan kerugian yaitu berupa perlambatan yang berlebihan (*excessive retardation*) bila memakai kadar yang melampaui batas normal yang diijinkan (*over dosage*). Bahan adiktif *retarder* umumnya merupakan senyawa polihidroksil, dimana polihidroksil ini bisa didapat dari uraian monosakarida.

Penelitian ini menggunakan serbuk arang kayu dengan persentase 10% dan 15% sebagai pengganti semen dan variasi serbuk arang kayu dan *retarder* dengan persentase 10% serbuk arang kayu + 0,4% *retarder* dan 15% serbuk arang kayu + 0,4% *retarder*.

Peneliti menggunakan arang kayu dikarenakan mengandung silika yang dibutuhkan beton, pada penelitian sebelumnya digunakan arang kayu dengan persentase 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dengan peningkatan paling optimal pada 15%.

Penggunaan *retarder* digunakan untuk mengetahui pengaruh zat karbon yang terkandung dalam serbuk arang kayu terhadap zat additive *retarder* yang digunakan sebagai memperlama pengerasan.

1.2. Rumusan Masalah

Penggunaan arang kayu terhadap campuran beton sebagai pengganti semen dapat meningkatkan kuat tekan beton, oleh sebab itu diperlukan penelitian untuk mengetahui berapa kenaikan kuat tekan beton bila menggunakan arang balok kayu sebagai substitusi semen. Maka muncul beberapa permasalahan, antara lain:

1. Dapatkah limbah serbuk arang kayu sebagai *filler* semen dipakai sebagai bahan campuran beton untuk meningkatkan kuat tekan beton?
2. Bagaimana perubahan sifat campuran beton yang terjadi setelah penambahan zat *retarder*?
3. Apakah zat *retarder* mempengaruhi penyerapan air pada beton?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kemampuan yang dihasilkan limbah arang kayu sebagai *filler* semen terhadap campuran beton.
2. Untuk mengetahui perubahan kuat tekan campuran beton akibat limbah serbuk arang kayu terhadap campuran beton awal.
3. Untuk mengetahui penyerapan air pada variasi serbuk arang kayu dan *retarder* terhadap terhadap tiap penambahan limbah.

1.4. Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan masalah penelitian, maka terdapat pembatasan lingkup masalah. Permasalahan yang akan dilingkup adalah sebagai berikut:

1. Pengujian kuat tekan beton normal yang diberi campuran limbah arang kayu sebagai *filler* semen untuk membandingkan hasilnya.
2. Penggunaan serbuk arang kayu yaitu, 10%, 15%, 10% + 0,4% *retarder* dan 15% + 0,4% *retarder* dalam pembuatan beton untuk mengetahui nilai pada slump dan kekuatan tekan beton.
3. Metode untuk perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000)

1.5. Manfaat Penelitian

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

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton berasal dari kata “*concretus*“, yang artinya “tumbuh bersama“. Ini berarti gambaran mengenai penggabungan partikel-partikel lepas menjadi suatu massa yang utuh (Raina,1988).

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000).

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

Tabel 2.1: Komposisi bahan pembentuk beton (Murdock dan Brook, 1999).

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

2.2. Pengaruh Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu pengikatan), kemudahan pengerjaan, dan kedekatan terhadap air. Menurut SK SNI S-18-1990-03 (Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton, 1990), bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu:

1. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
3. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
4. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
5. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

2.3. Pengertian Beton Mutu Normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200 – 2500 kg/m³, menggunakan agregat alam yang dipecahkan atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan.

Kuat tekan beton yang disyaratkan ($f'c$) adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencanaan struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm atau kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm) dipakai dalam percobaan struktur beton, dinyatakan dalam Mega Paskal (MPa).

2.4. Material Penyusun Campuran Beton

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

2.4.1. Semen

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat. Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat bereaksi secara kimia dengan air hal ini disebut dengan hidrasi, sehingga terjadi proses pembekuan yang membentuk material batu padat dan setelah pembekuan material tersebut akan mempertahankan kekuatan dan stabilitas bahkan didalam air. Salah satu jenis semen yang biasa dipakai dalam pembuatan beton ialah semen *portland*, terbuat dari campuran Kalsium (Ca), Silika (SiO₂), Alumunia (Al₂O₃) dan Oksida Besi (Fe₂O₃). Kalsium bisa didapatkan dari setiap bahan yang mengandung kapur.

Menurut ASTM C150 (1985), semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari Kalsium, Sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan

utamanya. Semen *portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986 atau SII.0013-81 yang diadopsi dari ASTM C150 (1985).

Semen terbagi dalam beberapa jenis yaitu:

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

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

1. Semen *Portland* Tipe I adalah semen *portland* umum (*normal portland cement*) yang digunakan dalam konstruksi beton secara umum dan tidak memerlukan sifat-sifat khusus.
2. Semen *Portland* Tipe II adalah semen *portland* yang mempunyai panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat dari pada semen jenis I. Semen ini digunakan pada bangunan drainase dengan sulfat agak tinggi, dinding penahan tanah tebal yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang.

3. Semen *Portland* Tipe III adalah semen *portland* dengan kekuatan awal yang tinggi (*high early strenght portland cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan serta dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *Portland* Tipe IV adalah semen *portland* dengan panas hidrasi yang rendah (*low heat portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Pertumbuhan kekuatannya lambat. Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi tinggi.
5. Semen *Portland* Tipe V adalah semen portland yang tahan Sulfat (*sulfat resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang digunakan hanya untuk bangunan yang terkena Sulfat, seperti di tanah/air yang kadar Alkalinya tinggi.

2.4.2. Agregat

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

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

Agregat didefinisikan sebagai material *granular*, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk semen hidrolik atau adukan (SNI 03-2834-2000).

Berdasarkan ukurannya, agregat ini dapat dibedakan menjadi:

- a. Agregat Halus

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

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

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

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

Maksud penggunaan agregat halus didalam adukan beton adalah:

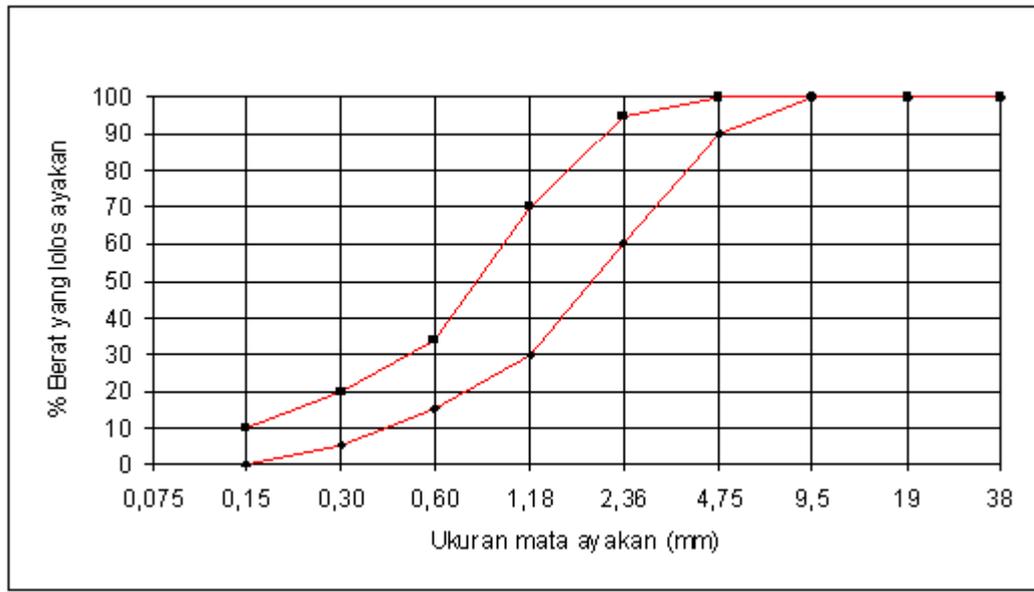
1. Menghemat pemakaian semen.
2. Menambah kekuatan beton.
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.

SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat *zone* (daerah) seperti dalam Tabel 2.2. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1 sampai Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

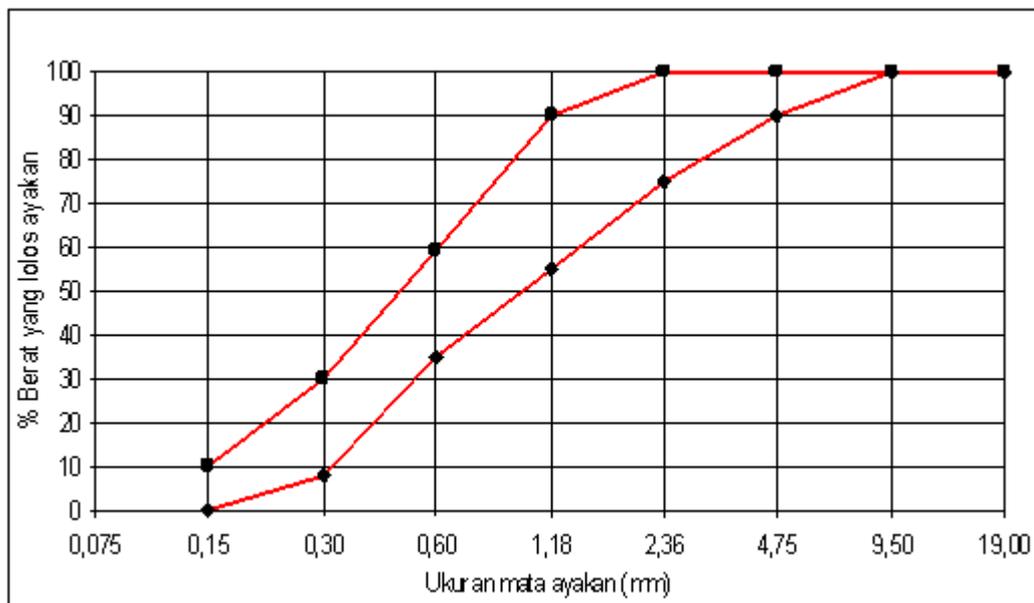
Tabel 2.2: Batas gradasi agregat halus SNI 03-2834-2000).

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

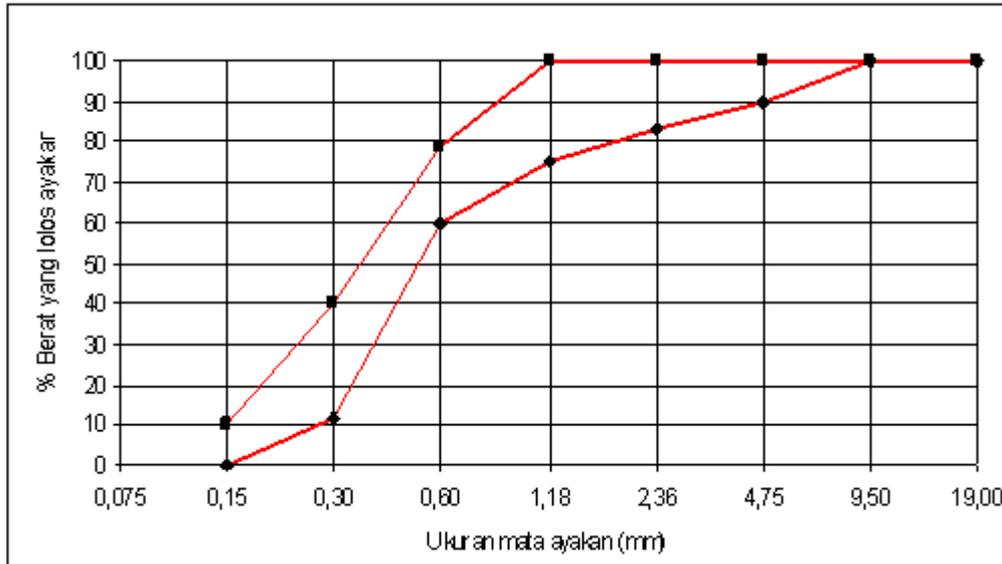
- Keterangan:- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 - Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
 - Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
 - Daerah Gradasi IV = Pasir Halus.



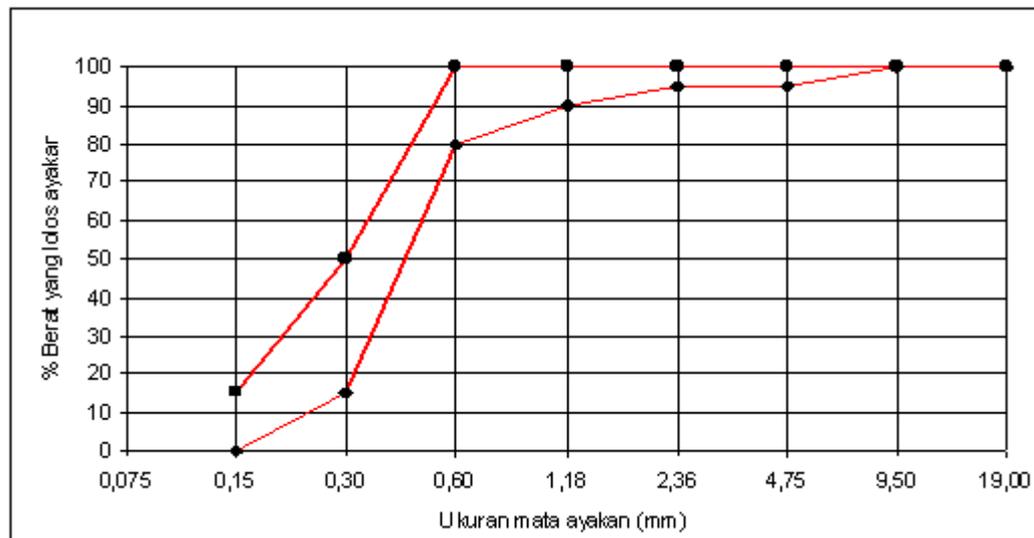
Gambar 2.1: Grafik daerah gradasi pasir kasar (SNI 03-2834-2000).



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



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



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

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

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

6. Berat isi.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (ASTM C33, 1982), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu. Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.

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

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

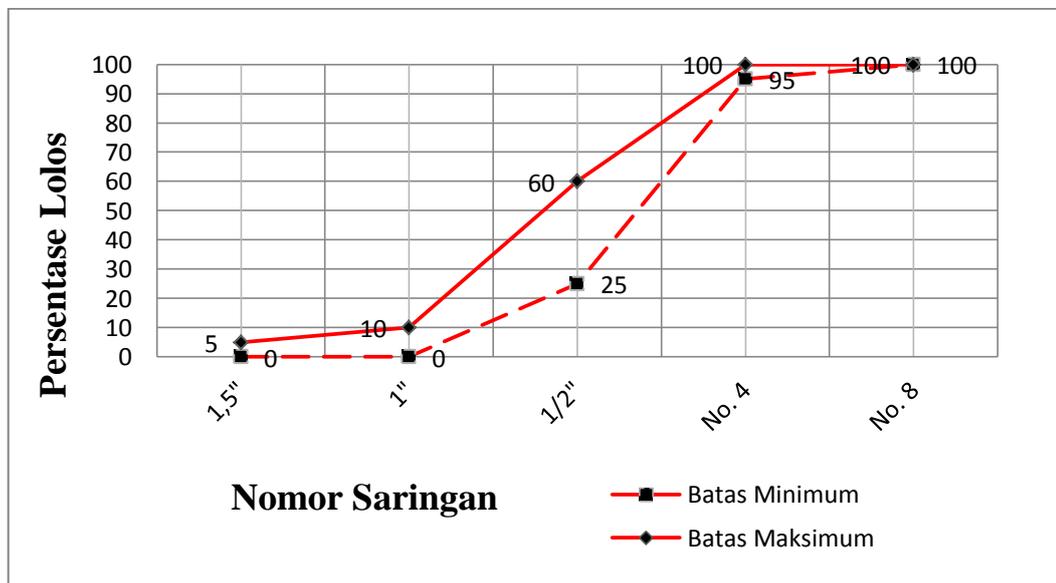
Menurut ASTM C33 (1986), batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.3. dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.3: Batas gradasi agregat kasar (ASTM C33, 1986).

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

Tabel 2.3: *Lanjutan*

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



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

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.

2.4.3. Air

Air juga tidak kalah penting dalam pelaksanaan pembuatan campuran beton. Pastinya air merupakan pemersatu proses pencampuran dari agregat dan semen, atau bahkan bahan tambah maupun zat *additive*. Air digunakan pada campuran beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah dalam pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton 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 kelecekan 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 03-2834-2000, 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 2.4 yang menjelaskan tentang konsentrasi maksimum kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan:

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

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

2.4.4. Serbuk Arang Kayu

Sifat kimia arang terdiri dari unsur C, H, O dan komponen non organis (mineral). Komposisi unsur tersebut didalam arang tergantung dari proses karbonisasi, suhu dan metode karbonisasi. Dibandingkan dengan kayu nilai kalor arang menjadi lebih tinggi yaitu berkisar 6.760 – 7.860 kal/gr untuk kadar air 5-6% variasi nilai kalor banyak disebabkan oleh komposisi kimia dari kayu dan proses karbonisasi. Dibandingkan dengan kayu nilai kalor arang menjadi lebih

tinggi yaitu berkisar 6.760 – 7.860 kal/gr untuk kadar air 5-6% variasi nilai kalor banyak disebabkan oleh komposisi kimia dari kayu dan proses karbonisasi. Kayu yang berat jenis tinggi umumnya menghasilkan arang dengan nilai kalor yang tinggi. Arang juga mempunyai kadar serap air 16% tergantung dari jenis larutannya. Sifat higroskopis menurun dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Kadar kering udara arang berkisar antara 5-7% kadar air dipengaruhi oleh proses karbonisasi, yaitu jumlah udara, suhu maupun lamanya proses pengarangan. Tidak dipengaruhi oleh berat jenis bahan baku. Arang juga memiliki kadar abu yang terjadi dari pembakaran sempurna arang, kadar abu dipengaruhi proses karbonisasi terutama suhu maksimum dan lamanya pengarangan. Kadar abu bervariasi antara 1-4% tetapi kadang bisa lebih misalnya arang dari kulit kayu (Ahdiansyah,2013).

2.4.5. Zat Retarder

Retarder digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton saat cuaca panas atau pada keadaan yang memerlukan penundaan penempatan beton. Walaupun demikian, *retarder* tidak mengakibatkan penurunan kekuatan beton, bahkan kekuatan dapat sedikit meningkat. Ada jenis *retarder* yang berupa zat kandungan kimiawi seperti '*ligno-sulphonates*' dengan kandungan gula yang tinggi. *Retarder* juga memiliki akibat sampingan yang dapat menimbulkan kerugian yaitu berupa perlambatan yang berlebihan (*excessive retardation*) bila memakai kadar yang melampaui batas normal yang diijinkan (*over dosage*). Bahan adiktif *retarder* umumnya merupakan senyawa polihidroksil, dimana polihidroksil ini bisa didapat dari uraian monosakarida.

Berdasarkan kutipan hasil penelitian Muh. Ishak (2012). Pada penelitian ini menggunakan campuran *Mix Design K 175* tanpa bahan tambahan *retarder* dan dengan bahan tambahan *retarder* pada dosis 1%, 2% dan 4% dari berat semen. Setiap kelompok campuran dilakukan uji slump test dan membuat benda uji kubus pada waktu tertentu yaitu pada saat dituang 0 menit, 10 menit, 15 menit dan 20 menit setelah dituang, dengan perendaman selama 7, 14, 21 dan 28 hari. Setiap umur perendaman dilakukan pengujian tekan dengan menggunakan alat *compressive strength* test lalu dianalisis dengan metode deskripsif. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa semakin tinggi persentasi zat *additive Retarder* menunjukkan semakin tinggi nilai slump, sebaliknya semakin tinggi persentase zat *additive* semakin rendah kuat tekannya.

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

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

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

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

Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar dengan bahan uji coba kurang dari 15, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari $(f'_c + 12 \text{ MPa})$.

Tabel 2.5: 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	$f'_c + 12 \text{ MPa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Perhitungan nilai tambah (margin) dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

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

Tabel 2.6: *Lanjutan.*

Tingkat mutu pekerjaan	S (Mpa)
Kurang	7,0

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 2.6.

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.

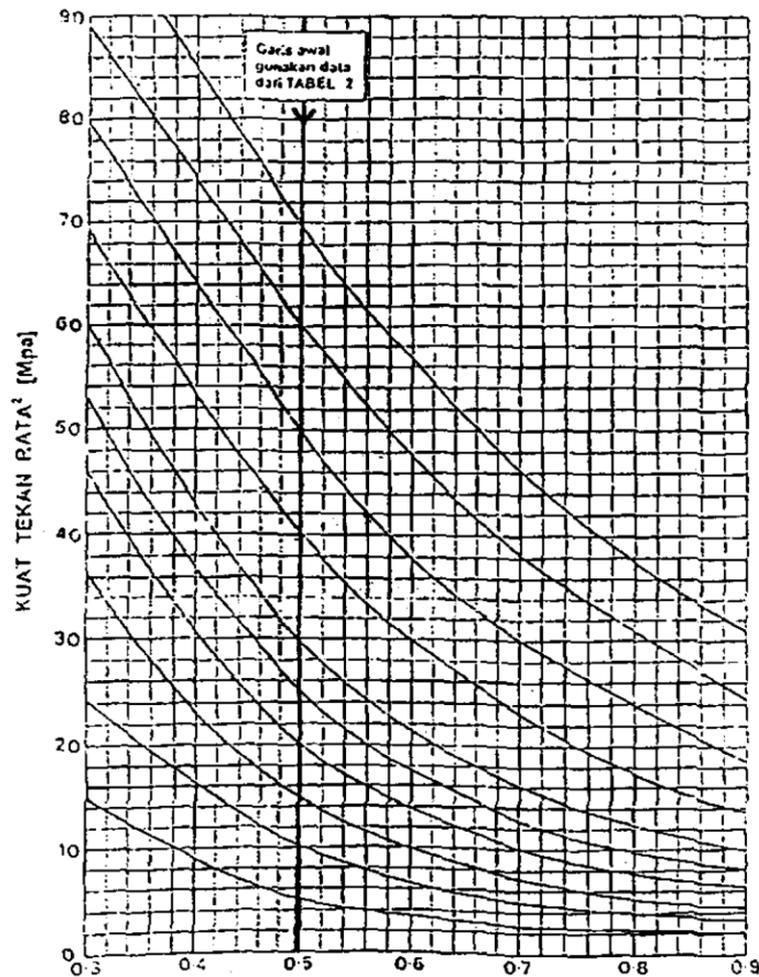
Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu 10 mm, 20 mm atau 40 mm.

11. Jumlah kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: 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 2.6: 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 Pers 2.2

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

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 Pers 2.3.

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

F_{as} = Faktor air per meter kubik beton

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin. Dapat dilihat pada Tabel 2.8, 2.9, dan 2.10. Dari ketiga tabel tersebut kita dapat mengambil jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

Tabel 2.8: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus (SNI 03-2834-2000).

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 2.10
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		Lihat Tabel 2.11
b. Air laut		

Tabel 2.9: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat (SNI 03-2834-2000).

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			F.A. S
	Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah g/l		Mm	Mm	Mm	
1.	Kurang 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

Tabel 2.9: Lanjutan.

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₂			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m ³)			F.A. S
	Dalam Tanah		SO ₃ dalam air tanah g/l		Mm	Mm	Mm	
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

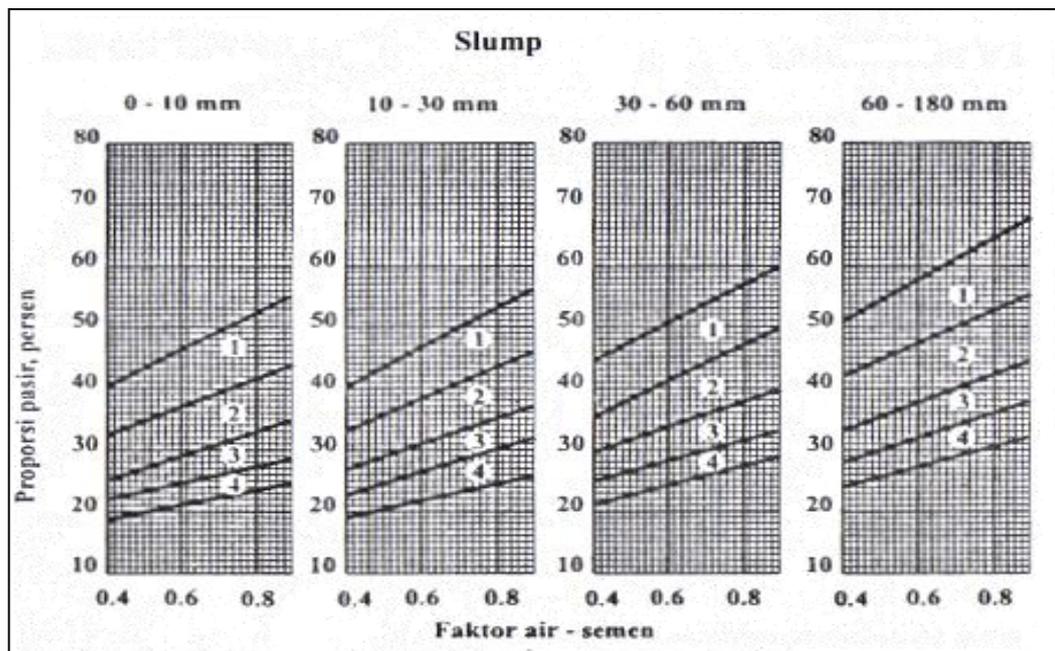
Tabel 2.10: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air (SNI 03-2834-2000).

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air maks.	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran nominal Maksimum agregat	
				40 mm	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	0,45	Tipe II atau Tipe V		

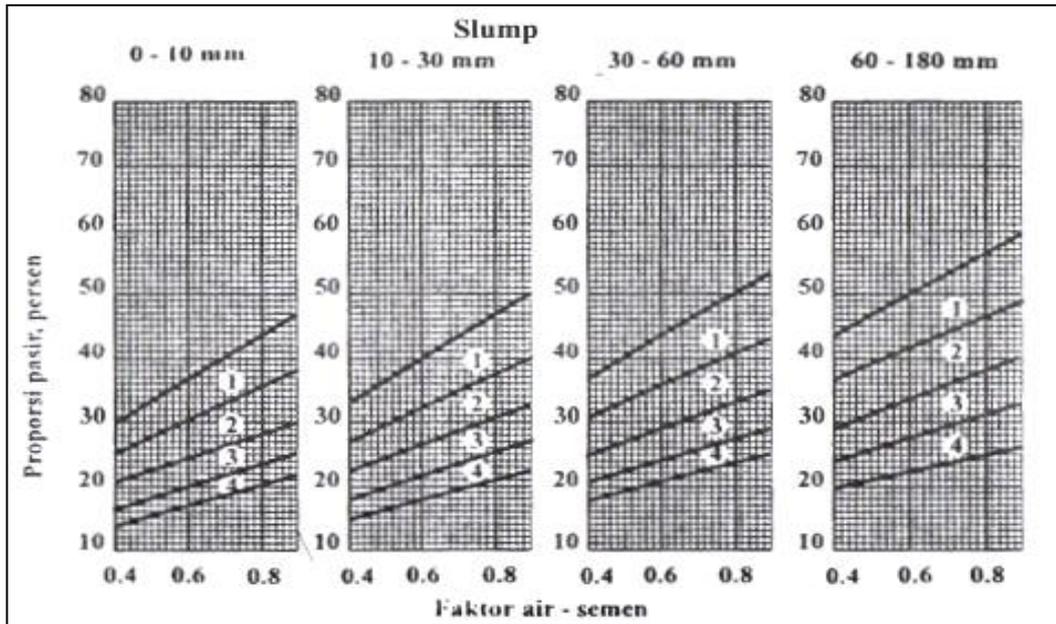
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Penetapan jenis agregat halus:

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 Gambar 2.5.
18. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

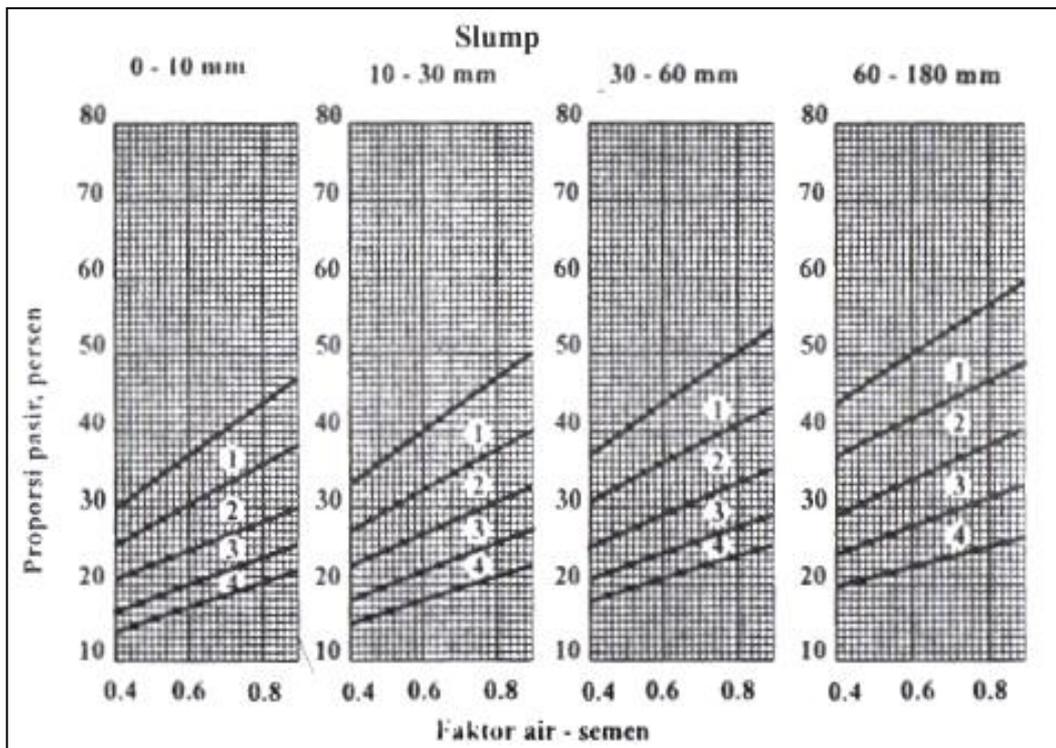
Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan yang dapat dilihat pada Gambar 2.7, Gambar 2.8, dan Gambar 2.9.



Gambar 2.7: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.8: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.9: 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 pada Pers 2.4.

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

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 2.10.

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung pada Pers 2.5.

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

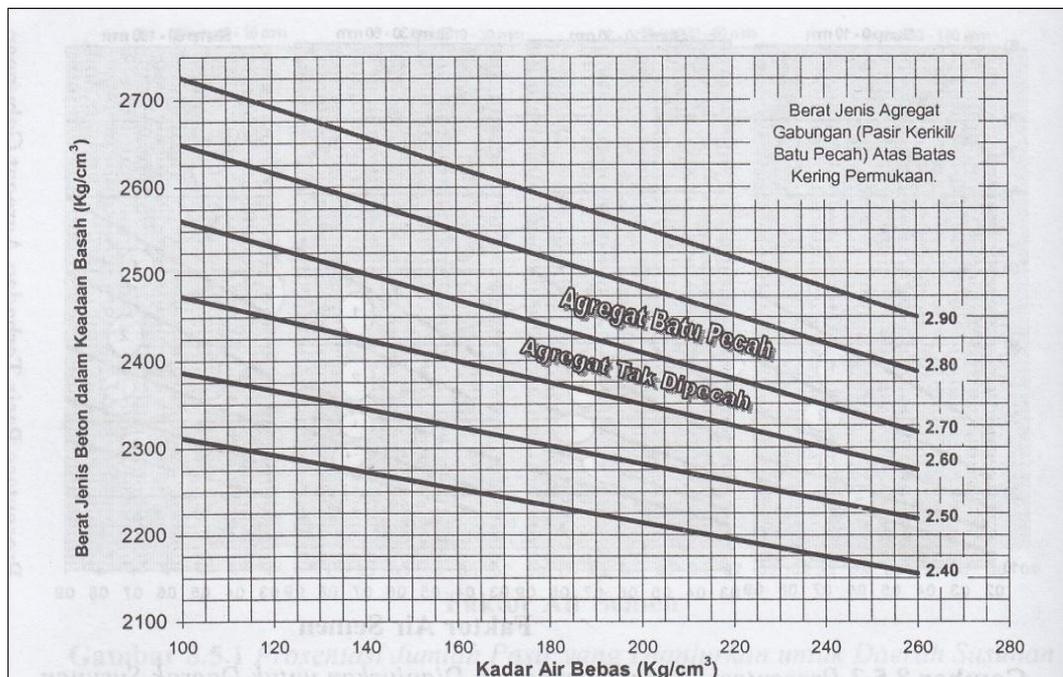
Dengan:

$W_{agr,camp}$ = 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 2.10: 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 pada Pers 2.6.

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

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 pada Pers 2.7.

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

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 pada Pers 2.8, 2.9 dan 2.10.

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

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

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

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 (%)

Dk adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

2.6. Slump Test

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

2.7. Perawatan Beton

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

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

1. Water (Standar Curing)

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

2. Exposed Atmosfer

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

3. Sealed atau wropping

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.

2.8. 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 dengan Pers 2.11:

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

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 2.11.

Tabel 2.11: 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 koefisien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari pada Pers 2.12.

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

Dimana:

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

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

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.12 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.12: Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodumuljo, 2007).

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

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir Penelitian

Metodologi penelitian merupakan suatu proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang digunakan untuk keperluan penelitian. Metodologi juga merupakan suatu penyelidikan yang sistematis untuk meningkatkan sejumlah penelitian serta dapat memperoleh data dari hal yang kita teliti.

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

1. Data primer

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

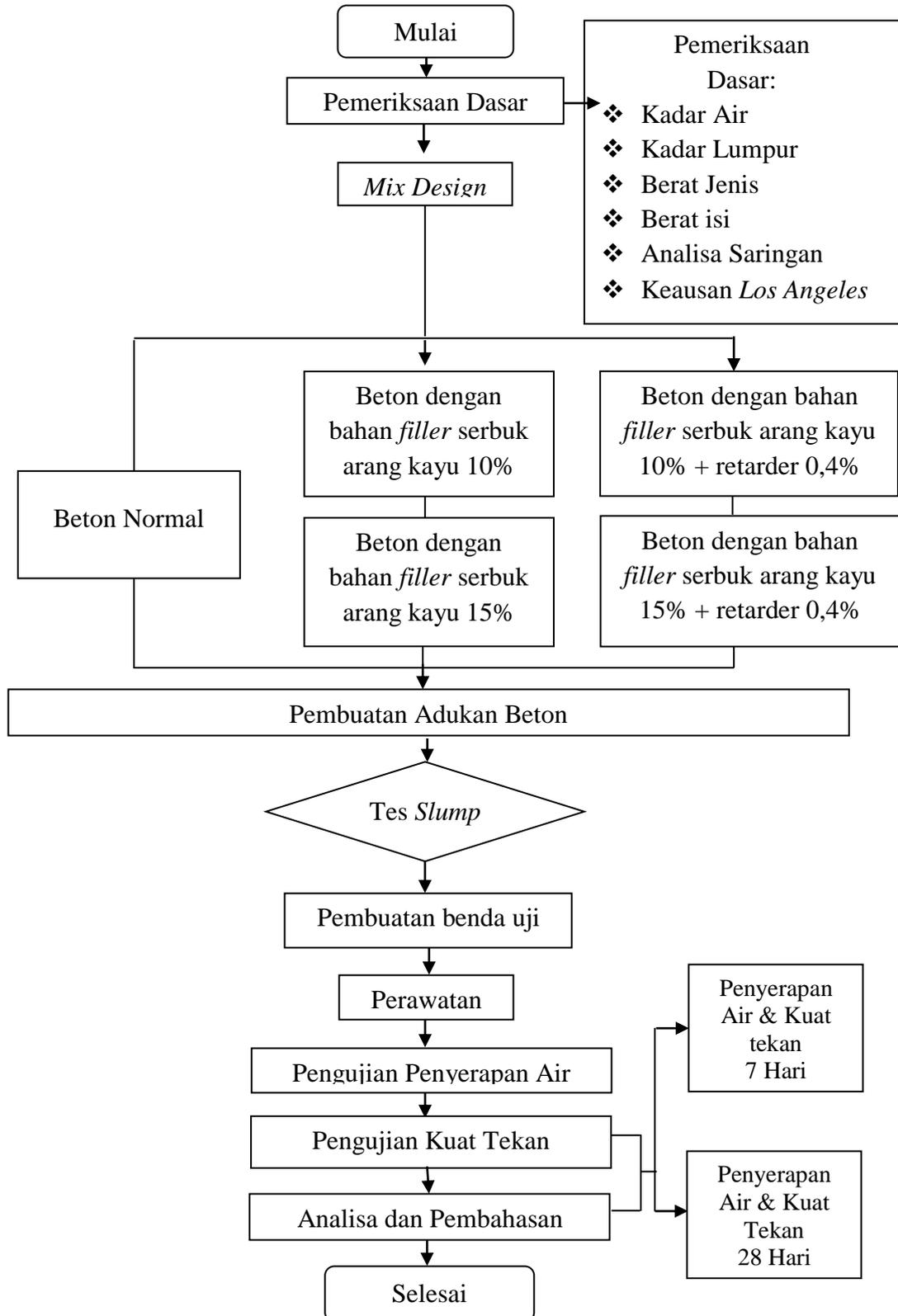
- a. Analisa saringan pada agregat halus dan agregat kasar.
- b. Berat jenis dan penyerapan pada agregat halus dan agregat kasar.
- c. Pemeriksaan berat isi pada agregat halus dan agregat kasar.
- d. Pemeriksaan kadar air pada agregat halus dan agregat kasar.
- e. Pengujian keausan agregat menggunakan mesin *Los Angeles* pada agregat kasar.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai SNI-03-2834 (2000), PBI (Peraturan Beton Indonesia), ASTM C33 (1985) serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

Adapun penelitian ini dilaksanakan secara terstruktur dengan langkah-langkah yang telah disusun sehingga dapat mempermudah pengerjaan penelitian dari pemeriksaan dasar hingga pembuatan benda uji.

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



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada tanggal 6 Februari 2018 hingga 6 Juni 2018. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

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

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

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

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Serbuk Arang Kayu

Hasil dari penumbukan arang kayu. Didapat dari limbah pembongkaran rumah kemudian dibakar hingga menjadi arang.

f. *Retarder*

Retarder yang digunakan berasal dari *Batching Plant* PT. Kreasi Beton (keraton)

3.3.2. Peralatan

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

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

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

Agregat Kasar: 1,5", 3/4", 3/8", No.4

2. Satu set alat untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus dan kasar.
3. Timbangan.
4. Alat pengaduk beton (*Mixer*).
5. Cetakan benda uji berbentuk kubus ukuran 15x15x15 Cm.
6. Alat kuat tekan (*Compression*).
7. Mesin Los Angeles.

3.4. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material sampai di lokasi penelitian, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian yang akan dilaksanakan dan juga mempermudah dalam penyesuaian penyusunan agregat yang berbeda sesuai data yang telah dibuat.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.6. Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan / pemeriksaan diantaranya:

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

3.6.1. Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

UMSU tentang kadar air agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.1 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa.

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

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan berat wadah (W1)	669	663	666
Berat contoh SSD	500	500	500
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	658	652	655
Berat wadah (W3)	163	163	163
Berat air (W1-W2)	11	11	11
Berat contoh kering (W2-W3)	489	489	489
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	2,24	2,25	2,245

Berdasarkan Tabel 3.1 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat halus yang telah diteliti di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU, didapat rata-rata kadar air sebesar 2,245%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 2,24%, sedangkan contoh kedua didapat kadar air sebesar 2,2%.

3.6.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

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

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering (gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci (gr)	478	480	477
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setekah dicuci (gr)	22	20	21,5
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (gr)	4,4%	4%	4,2%

Berdasarkan Tabel 3.2 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal 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%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 4.2%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 4,2%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu $< 5\%$.

3.6.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa.

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

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	492
Wt of flask + water (<i>berat piknometer penuh air</i>) D	694,5	658	676
Wt of flask + water + sample (<i>berat contoh SSD dalam piknometer penuh air</i>) C	980	978	979
Bulk sp grafiti dry (<i>berat jenis contoh kering</i>) $E/(B+D-C)$	2,294	2,728	2,511
Bulk sp grafiti SSD (<i>berat jenis contoh SSD</i>) $B/(B+D-C)$	2,331	2,778	2,554
Apparent sp grafiti (<i>berat jenis contoh semu</i>) $E/(E+D-C)$	2,383	2,871	2,627
Absortion (<i>penyerapan</i>) $((B-E)/E) \times 100\%$	1,626	1,833	1,730

Berdasarkan Tabel 3.3 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU sehingga dapat diketahui nilai 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 $2,511 \text{ gr/cm}^3 < 2,554 \text{ gr/cm}^3 < 2,627 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,730%. 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 dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

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

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

No	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 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik UMSU didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar 1,907 gr/cm³. Hasil ini didapat dari rata-rata kedua 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 gr/cm³

3.6.5. Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.5 dan batas gradasi agregat halus pada Gambar 3.2, sehingga diketahui modulus kehalusan agregat halus yang diperiksa.

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

No. Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
9.50 (No 3/8 in)	0	0	0	0	0	100

Tabel 3.5: *Lanjutan*

No. Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
4.75 (No. 4)	53	86	139	6,78	6,78	93,22
2.36 (No. 8)	36	32	68	3,32	10,10	89,90
1.18 (No.16)	98	78	176	8,59	18,68	81,32
0.60 (No. 30)	349	328	707	34,49	53,17	46,83
0.30 (No. 50)	321	321	672	32,29	85,46	14,54
0.15 (No. 100)	67	84	151	7,37	92,83	7,17
Pan	76	71	147	7,17	100,00	0,00
Total	1000	1000	2000	100		

Berdasarkan Tabel 3.5 menjelaskan pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat. Apakah agregat yang dipakai termasuk zona pasir kasar, sedang, agak halus, atau pasir halus. Penjelasan nilai kumulatif agregat didapat dari penjelasan berikut ini:

Total berat pasir = 2000 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{139}{2000} \times 100\% = 6,75 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{68}{2000} \times 100\% = 3,30 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{176}{2000} \times 100\% = 8,54 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{707}{2000} \times 100\% = 34,32 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{672}{2000} \times 100\% = 32,62 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{151}{2000} \times 100\% = 7,33 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{147}{2000} \times 100\% = 12,05 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

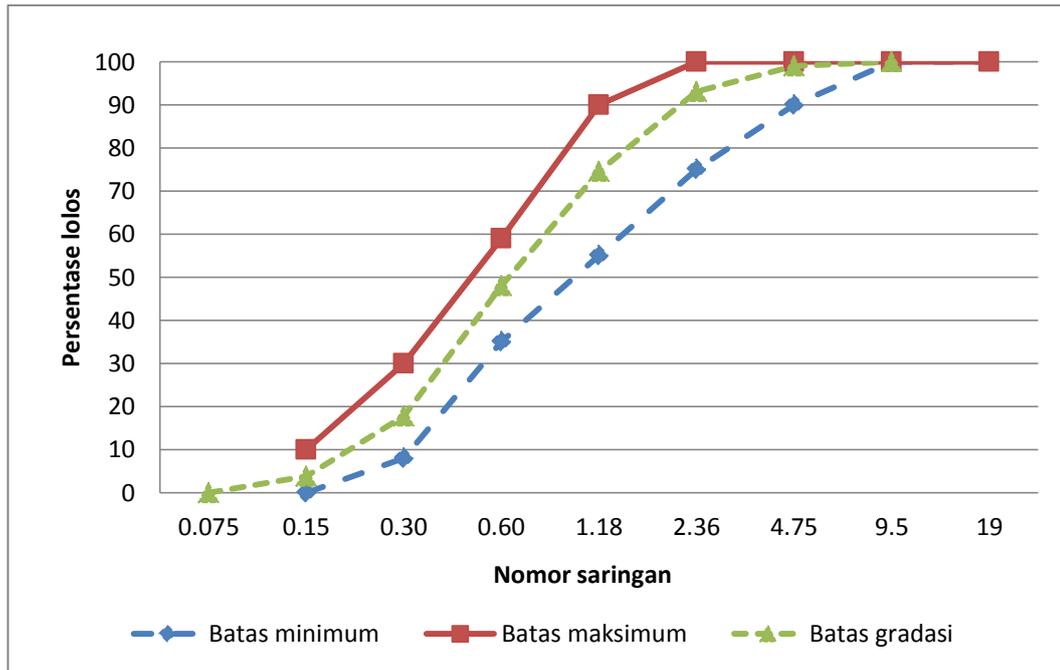
No.4	=	0	+	6,75	=	6,75	%
No.8	=	6,75	+	3,30	=	10,03	%
No.16	=	10,08	+	8,54	=	18,59	%
No.30	=	18,54	+	34,32	=	52,91	%
No.50	=	52,91	+	32,62	=	85,53	%
No.100	=	85,53	+	7,33	=	97,86	%
Pan	=	97,86	+	12,05	=	100,00	%

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 263,75 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{267,20}{100} \\ \text{FM} &= 2,67 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	6,75	=	93,25	%
No.8	=	100	-	10,08	=	89,92	%
No.16	=	100	-	18,59	=	81,41	%
No.30	=	100	-	52,91	=	47,09	%
No.50	=	100	-	85,53	=	19,47	%
No.100	=	100	-	92,86	=	7,14	%
Pan	=	100	-	100,00	=	0,00	%



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 2,64 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

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan / pemeriksaan diantaranya:

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

3.7.1. Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

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

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

Pengujian	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD & berat wadah (W1)	3027	3220	3123,5
Berat contoh SSD	2500	2700	2600
Berat contoh kering oven & wadah (W2)	3012	3202	3107
Berat wadah (W3)	527	520	523,5
Berat air (W1-W2)	15	18	16,5
Berat contoh kering (W2-W3)	2485	2682	2583,5
Kadar air $((W1-W2)/(W2-W3)) \times 100\%$	0,604	0,671	0,637

Berdasarkan Tabel 3.6 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar yang menggunakan dua sampel yang kemudian dirata-ratakan. Dari hasil pengujian didapat nilai kadar air agregat kasar pada contoh pertama sebesar 0,604%, pada contoh kedua sebesar 0,671%. Sedangkan nilai rata-rata kadar air pada agregat kasar yang diteliti adalah sebesar 0,637% dan hasil tersebut telah memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu 0,5% - 1,5%.

3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 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 40 mm	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering (gr)	1600	1600	1600

Tabel 3.7: *Lanjutan*

Agregat Kasar Diameter Maksimum 40 mm	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Rata-rata
Berat contoh setelah dicuci (gr)	1585	1587	1586
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (gr)	15	13	14
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,94	0,81	0,88

Berdasarkan Tabel 3.7 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel yang 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, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. 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%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur diatas telah memenuhi syarat yaitu $< 1\%$

3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 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)	3100	3200	3150

Tabel 3.8: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering oven 110oC sampai konstan (C)	3078	3175	3126,5
Berat contoh jenuh (B)	1973	1972	1972,5
Berat jenis contoh kering (C/(A-B))	2,73	2,59	2,66
Berat jenis contoh SSD (A/(A-B))	2,75	2,61	2,68
Berat jenis contoh semu (C/(C-B))	2,79	2,64	2,71
Penyerapan ((A-C)/C) x 100%	0,71	0,79	0,75

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorbtion*) pada agregat halus yang diteliti. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,66 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,68 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,71 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,75% dan berdasarkan ASTM C 127 nilai ini berada di bawah nilai absorpsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

3.7.4. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa

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

No	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)	10861,71	10861,71	10861,71	10861,71
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,614	1,678	1,607	1,633

Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,907 gr/cm³. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,791 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,851 gr/cm³. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 2,081 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.7.5. Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

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

No Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1	Contoh 2	Total Berat	%	Tertahan	Lolos
	(gr)	(gr)	(gr)			
38,1 (1.5 in)	86	73	159	2,57	2,57	97,44
19.0 (3/4 in)	1050	1243	2293	36,98	39,55	44,32

Tabel 3.10: *Lanjutan.*

No Saringan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh 1 (gr)	Contoh 2 (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
9.52 (3/8 in)	929	925	1854	29,90	69,45	14,92
4.75 (No. 4)	935	959	1894	30,55	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	3000	3200	6200	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 *Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tata cara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-2000. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 6200 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{159}{6200} \times 100\% = 2,57 \%$$

$$\frac{3}{4} = \frac{2293}{6200} \times 100\% = 36,98 \%$$

$$\frac{3}{8} = \frac{1894}{6200} \times 100\% = 30,55 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{1854}{6200} \times 100\% = 29,90 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 2,57 = 2,57 \%$$

$$\frac{3}{4} = 2,57 + 36,98 = 39,55 \%$$

$$\begin{aligned} 3/8 &= 39,55 + 30,55 = 70,10 \% \\ \text{No.4} &= 70,10 + 29,90 = 100,00 \% \end{aligned}$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 714,13

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{714,13}{100} \\ \text{FM} &= 7,14 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

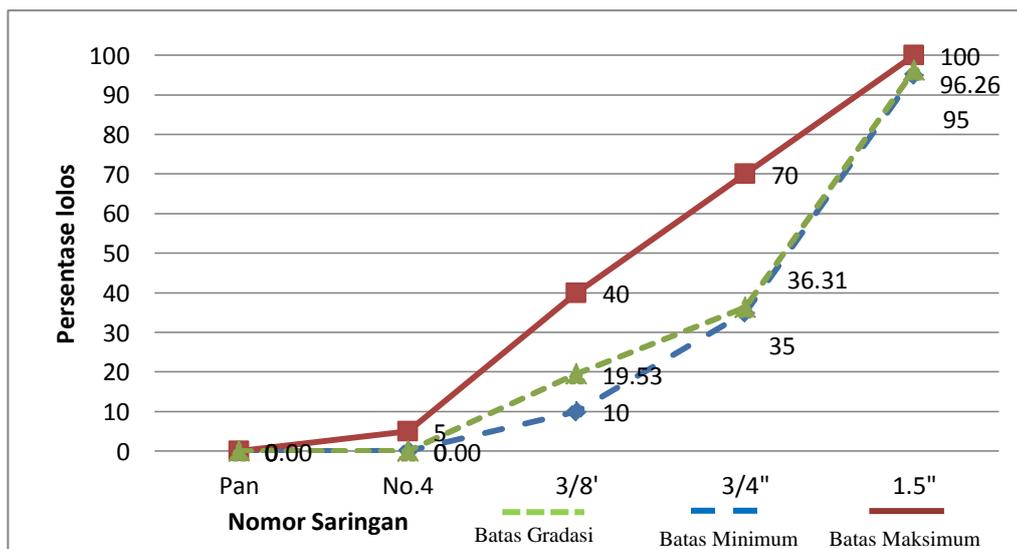
$$1,5 = 100 - 2,57 = 97,43 \%$$

$$3/4 = 100 - 39,55 = 60,45 \%$$

$$3/8 = 100 - 69,45 = 30,55 \%$$

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

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



Gambar 3.3: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm

Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan maka pasir tersebut masih dalam *range* kerikil maksimum 40 mm.

3.7.6. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 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

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

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 50 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.9.3. Pengujian Slump

Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2834-2000.

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 serbuk arang kayu 10 % umur 7 hari : 5 buah.
- Beton variasi serbuk arang kayu 10 % umur 28 hari : 5 buah.
- Beton variasi serbuk arang kayu 15 % umur 7 hari : 5 buah.
- Beton variasi serbuk arang kayu 15 % umur 28 hari : 5 buah.
- Beton variasi serbuk arang kayu 10 %
+ 0,4% *Retarder* umur 7 hari : 5 buah.
- Beton variasi serbuk arang kayu 10 %
+ 0,4% *Retarder* umur 28 hari : 5 buah.
- Beton variasi serbuk arang kayu 15 %
+ 0,4% *Retarder* umur 7 hari : 5 buah.
- Beton variasi serbuk arang kayu 15 %
+ 0,4% *Retarder* umur 28 hari : 5 buah.

Total : 50 buah.

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data-Data Campuran Beton

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

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

Tabel 4.1: Data-data campuran beton.

No.	Uraian	Nilai
1	Berat jenis agregat kasar	2,680 gr/cm ³
2	Berat jenis agregat halus	2,554 gr/cm ³
3	Kadar lumpur agregat kasar	0.88 %
4	Kadar lumpur agregat halus	4,2 %
5	Berat isi agregat kasar	1,633 gr/cm ³
6	Berat isi agregat halus	1,332 gr/cm ³
7	FM agregat kasar	7,11
8	FM agregat halus	2,71
9	Kadar air agregat kasar	0,637 %
10	Kadar air agregat halus	2,245 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,750 %
12	Penyerapan agregat halus	1,730 %
13	Nilai slump rencana	60 – 180
14	Ukuran agregat maksimum	40 mm
15	Keausan <i>Los Angeles</i>	22,30 %

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 20 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834-2000.

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

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus)	Ditetapkan		20 MPa	
2	Deviasi Standar	-		12 MPa	
3	Nilai tambah (margin)	-		5,6 MPa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		37,6 MPa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat:	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
	- kasar - halus	Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas			0,57	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		60-180 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7		185 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11:7		355,76 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		355,76 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,57	
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		42%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.63	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2383 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20 - 12 - 11		1842,24 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		773,74 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21 - 22		1068,49 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	355,76	185	773,74	1068,49
- Tiap campuran uji m ³	1	0,52	2,174	3,003	

Tabel 4.2: Lanjutan.

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
24	- Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,639	0,573	1,937	4,117
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	485,71	168,88	576,78	1218,61
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,348	1,187	2,509
	- Tiap campuran uji 0,003375 m ³ (1 kubus)	1,639	0,570	1,947	4,113

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

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
355,76	:	777,71	:	1067,29	:	182,23
1	:	1,187	:	2,509	:	0,348

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
 $= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 355,76 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$
 $= 1,201 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 777,71 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$

$$= 2,625 \text{ kg}$$

- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$= \text{Banyak kerikil} \times \text{Volume 1 benda uji}$$

$$= 1068,29 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$$

$$= 3,605 \text{ kg}$$
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

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

$$= 183,27 \text{ kg/m}^3 \times 0,003375 \text{ m}^3$$

$$= 0,618 \text{ kg}$$

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{Semen} & : & & \text{Pasir} & : & & \text{Batu pecah} & : & & \text{Air} \\ 1,201 & : & & 2,625 & : & & 3,605 & : & & 0,618 \end{array}$$

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

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat kerikil	
1,5	2,56	$\frac{2,56}{100}$	x 3,605	0,094
¾	36,98	$\frac{36,98}{100}$	x 3,605	1,333
3/8	30,55	$\frac{30,55}{100}$	x 3,605	1,101
No. 4	29,90	$\frac{29,90}{100}$	x 3,605	1,077
Total				3,605

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,094 kg, saringan ¾ sebesar 1,333 kg, saringan 3/8 sebesar 1,101 kg dan

saringan no 4 sebesar 1,077 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 3,605 kg.

Tabel 4.4: 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	6,75	$\frac{6,75}{100}$	x 2,625	0,177
No.8	3,30	$\frac{3,30}{100}$	x 2,625	0,086
No.16	8,54	$\frac{8,54}{100}$	x 2,625	0,224
No.30	34,32	$\frac{34,32}{100}$	x 2,625	0,900
No.50	32,36	$\frac{32,36}{100}$	x 2,625	0,849
No.100	7,33	$\frac{7,33}{100}$	x 2,625	0,192
Pan	12,05	$\frac{12,05}{100}$	x 2,625	0,316
Total				2,625

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,177 kg, saringan no 8 sebesar 0,086 kg, saringan no 16 sebesar 0,224 kg, saringan no 30 sebesar 0,900 kg, saringan no 50 sebesar 0,849 kg, saringan no 100 sebesar 0,192 kg, dan pan sebesar 0,316 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,625 kg.

b. Bahan *filler* semen

Untuk penggunaan bahan *filler* semen lolos saringan 100 menggunakan serbuk arang kayu sebesar 10%, 15%, serbuk arang kayu 10% + retarder 0,4% dan serbuk arang kayu 15% + ret 0,4% dapat dilihat pada Tabel 4.5.

- Serbuk arang yang dibutuhkan sebanyak 10% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen}$$

$$= \frac{10}{100} \times 1,201 \text{ kg}$$

$$= 0,120 \text{ kg}$$

Maka, semen yang digunakan

adalah $= 1,201 - 0,120$

$$= 1,081 \text{ kg}$$

- Serbuk arang yang dibutuhkan sebanyak 15% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{15}{100} \times \text{Berat semen}$$

$$= \frac{15}{100} \times 1,201 \text{ kg}$$

$$= 0,180 \text{ kg}$$

Maka, semen yang digunakan

adalah $= 1,201 - 0,180$

$$= 1,021 \text{ kg}$$

- Retarder yang dibutuhkan sebanyak 0,4% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{0,4}{100} \times \text{Berat semen}$$

$$= \frac{0,4}{100} \times 1,201 \text{ kg}$$

$$= 0,005 \text{ kg}$$

Tabel 4.5: Banyak serbuk arang kayu dan semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji.

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Serbuk Arang Kayu (kg)	Berat Semen (kg)
10%	0,120	1,081
15%	0,180	1,021
10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,120	1,081
15% + <i>retarder</i> 0,4%	0,180	1,021

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah penggunaan *filler* dan semen sebesar 10% adalah 0,120 kg untuk berat serbuk arang kayu dan 1,081 kg untuk berat semen, jumlah bahan *filler* dan semen sebesar 15% adalah 0,180 kg untuk berat serbuk arang kayu dan 1,021 kg untuk berat semen, jumlah bahan *filler*, semen dan retarder sebesar 10% adalah 0,120 kg, 1,081 kg untuk berat semen, dan 0,005 kg untuk berat *retarder*, jumlah bahan *filler*, semen dan *retarder* sebesar 15% adalah 0,180 kg, 1,021 kg untuk berat semen, dan 0,005 kg untuk berat *retarder*.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 50 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 50 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 50 benda uji
 - = Banyak semen 1 benda uji x 50 benda uji
 - = 1,201 x 50
 - = 60,050 kg
- Semen yang dibutuhkan untuk 50 benda uji
 - Untuk beton normal
 - = banyak semen untuk 1 benda uji x 10
 - = 1,201 x 10
 - = 12,010 kg
 - Untuk beton bahan *filler* 10%
 - = banyak semen untuk 1 benda uji x 10
 - = 1,081 x 10
 - = 10,810kg
 - Untuk beton bahan *filler* 15%
 - = banyak semen untuk 1 benda uji x 10
 - = 1,021 x 10
 - = 10,210 kg
 - Untuk beton bahan *filler* 10% + *retarder* 0,4%
 - = banyak semen untuk 1 benda uji x 10
 - = 1,081 x 10
 - = 10,810 kg
 - Untuk beton bahan *filler* 15% + *retarder* 0,4%

$$\begin{aligned}
&= \text{banyak semen untuk 1 benda uji} \times 10 \\
&= 1,021 \times 10 \\
&= 10,210 \text{ kg}
\end{aligned}$$

- Untuk beton bahan *filler retarder* 0,4%
$$\begin{aligned}
&= \text{banyak semen untuk 1 benda uji} \times 10 \\
&= 1,201 \times 10 \\
&= 12,010 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Maka, jumlah semen yang dibutuhkan untuk 50 benda uji adalah: $12,010 + 10,810 + 10,210 + 10,810 + 10,210 = 54,04 \text{ kg}$

Sedangkan untuk jumlah tiap ayakan secara keseluruhan pasir yang dibutuhkan untuk 50 benda uji

- Pasir yang dibutuhkan untuk 50 benda uji
$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 50 \\
&= 2,625 \times 50 \\
&= 131,250 \text{ kg}
\end{aligned}$$
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 48 benda uji
$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak batu pecah untuk 1 benda uji} \times 50 \\
&= 3,605 \times 50 \\
&= 180,250 \text{ kg}
\end{aligned}$$
- Air yang dibutuhkan untuk 50 benda uji
$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak air untuk 1 benda uji} \times 50 \\
&= 0,618 \times 50 \\
&= 30,900 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Perbandingan untuk 50 benda uji dalam satuan kg adalah:

$$\begin{array}{cccccc}
\text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
54,04 & : & 131,250 & : & 180,250 & : & 30,900
\end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan untuk 50 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.6: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 50 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat batu pecah	
1,5	2,56	$\frac{2,56}{100}$	x 180,250	4,614
$\frac{3}{4}$	36,98	$\frac{36,98}{100}$	x 180,250	66,656
3/8	30,55	$\frac{30,55}{100}$	x 180,250	55,066
No. 4	29,90	$\frac{29,90}{100}$	x 180,250	53,895
Total				180,250

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 50 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 4,614 kg, saringan $\frac{3}{4}$ sebesar 66,656 kg, saringan $\frac{3}{8}$ sebesar 55,066 kg dan saringan no 4 sebesar 53,895 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 50 benda uji sebesar 180,250 kg.

Tabel 4.7: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 50 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	6,75	$\frac{6,75}{100}$	x 131,250	8,859
No.8	3,30	$\frac{3,30}{100}$	x 131,250	4,331
No.16	8,54	$\frac{8,54}{100}$	x 131,250	11,208
No.30	34,32	$\frac{34,32}{100}$	x 131,250	45,045

Tabel 4.7: *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.50	32,36	$\frac{32,36}{100}$	x 131,250	42,472
No.100	7,33	$\frac{7,33}{100}$	x 131,250	9,620
Pan	12,05	$\frac{12,05}{100}$	x 131,250	15,816
Total				131,250

Berdasarkan Tabel 4.7 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 50 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 8,859 kg, saringan no 8 sebesar 4,331 kg, saringan no 16 sebesar 11,208 kg, saringan no 30 sebesar 45,045 kg, saringan no 50 sebesar 42,472 kg, saringan no 100 sebesar 9,620 kg, dan pan sebesar 15,816 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 50 benda uji sebesar 131,250 kg.

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 50 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton

Beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula 1/3 air dimasukkan kedalam bejana pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus mulai dari agregat tertahan saringan terbesar dan kemudian semen. Setelah diaduk rata, kemudian masukan kembali 1/3 air yang kedua kali kedalam bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan kemudian masukan kembali 1/3 sisa air hingga 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 dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk 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 tunggu 30 detik kemudian 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 dan <i>filler</i> Serbuk Arang Briket			
			10		15	
	Hari	7	28	7	28	7
<i>Slump</i> (cm)	9	8	8	8,5	6,5	8
	9	8,5	8	8,5	6,5	8

	Beton dan <i>filler</i> Serbuk Arang Briket + Retarder			
	10 + 0,4	10 + 0,4	15 + 0,4	10 + 0,4
Hari	7	28	7	28
<i>Slump</i> (cm)	8,5	9	9	9
	9	8,5	9	8,5

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan hasil slump test beton normal, beton dengan *filler* serbuk arang kayu 10%, 15%, dan penambahan 0,4% retarder sebesar 6,5 sampai dengan 9 cm.

4.4. Penyerapan Air Pada Beton

Pengujian penyerapan air dilakukan saat beton berumur 7 hari dan 28 hari dengan benda uji yang akan dites berupa kubus dengan sisi 15 cm dan jumlah benda uji 50 buah dan sesuai pengelompokan variasi campurannya. Pengujian penyerapan air dilakukan agar dapat gambaran penyerapan air yang terjadi pada beton.

4.4.1. Penyerapan Air Pada Beton Normal

Pengujian penyerapan air beton normal dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah pencetakan. Hasil penyerapan air beton normal dapat di lihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian penyerapan air beton normal.

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton normal 7 hari			
1	Beton normal	0,00280	0,28
2	Beton normal	0,00103	0,10
3	Beton normal	0,00191	0,19
4	Beton normal	0,00178	0,18
5	Beton normal	0,00278	0,28
Rata-rata			0,21
Penyerapan air pada beton normal 28 hari			
1	Beton normal	0,00152	0,15
2	Beton normal	0,00391	0,39
3	Beton normal	0,00290	0,29
4	Beton normal	0,00318	0,32
5	Beton normal	0,00076	0,08
Rata-rata			0,25

Berdasarkan hasil penyerapan air beton normal, didapat nilai penyerapan air untuk umur beton 7 hari rata-rata sebesar 0,21%. Sedangkan nilai penyerapan air pada beton umur 28 hari didapat rata-rata sebesar 0,25%.

4.4.2. Penyerapan Air Pada Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 10%

Hasil penyerapan air beton normal dapat di lihat pada Tabel 4.10. Hasil dari penyelidikan penyerapan air pada beton campuran serbuk arang kayu 10% dapat dilihat pada Tabel 4.10. Dari hasil penelitian didapat penyerapan pada saat umur

beton 7 hari rata-rata adalah 0,41%. Sedangkan pada pengujian penyerapan air pada umur beton 28 hari rata-rata didapat sebesar 0,60%. Dari kesimpulan di atas di dapat bahwasanya penyerapan air pada beton 28 hari lebih besar dari pada penyerapan air pada beton normal. sedangkan untuk penyerapan air pada beton 7 hari lebih besar dari beton normal.

4.10: Hasil pengujian penyerapan air beton campuran serbuk arang kayu 10%.

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton serbuk arang kayu 10% pada umur 7 hari			
1	serbuk arang kayu 10%	0,00833	0,83
2	serbuk arang kayu 10%	0,00266	0,27
3	serbuk arang kayu 10%	0,00164	0,16
4	serbuk arang kayu 10%	0,00378	0,38
5	serbuk arang kayu 10%	0,00415	0,42
Rata-rata			0,41
Penyerapan air pada beton serbuk kayu 10% pada umur 28 hari			
1	serbuk arang kayu 10%	0,00458	0,46
2	serbuk arang kayu 10%	0,00816	0,82
3	serbuk arang kayu 10%	0,00251	0,25
4	serbuk arang kayu 10%	0,00664	0,66
5	serbuk arang kayu 10%	0,00803	0,80
Rata-rata			0,60

4.4.3. Penyerapan Air Pada Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 15%

Hasil penyerapan air beton normal dapat di lihat pada Tabel 4.9. Hasil dari penyelidikan penyerapan air pada beton campuran serbuk arang kayu 15% dapat

dilihat pada Tabel 4.11. Dari hasil penelitian didapat penyerapan pada saat umur beton 7 hari rata-rata adalah 0,74%. Sedangkan pada pengujian penyerapan air pada umur beton 28 hari rata-rata didapat sebesar 0,86%. Dari kesimpulan di atas di dapat bahwasanya penyerapan air pada beton 28 hari lebih besar dari pada penyerapan air pada beton normal. sedangkan untuk penyerapan air pada beton 7 hari lebih besar dari beton normal.

Tabel 4.11: Hasil pengujian penyerapan air beton campuran serbuk arang kayu 15%.

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton serbuk arang kayu 15% pada umur 7 hari			
1	serbuk arang kayu 15%	0,00668	0,67
2	serbuk arang kayu 15%	0,00949	0,95
3	serbuk arang kayu 15%	0,00863	0,86
4	serbuk arang kayu 15%	0,00949	0,95
5	serbuk arang kayu 15%	0,00259	0,26
Rata-rata			0,74
Penyerapan air pada beton serbuk arang kayu 15% pada umur 28 hari			
1	serbuk arang kayu 15%	0,00349	0,35
2	serbuk arang kayu 15%	0,00592	0,59
3	serbuk arang kayu 15%	0,00632	0,63
4	serbuk arang kayu 15%	0,01232	1,23
5	serbuk arang kayu 15%	0,01486	1,49
Rata-rata			0,86

4.4.4. Penyerapan Air Pada Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 10% + Retarder 0,4%

Hasil penyerapan air beton normal dapat di lihat pada Tabel 4.12. Hasil dari penyelidikan penyerapan air pada beton campuran serbuk arang kayu 10% + *retarder* 0,4% dapat dilihat pada Tabel 4.12. Dari hasil penelitian didapat penyerapan pada saat umur beton 7 hari rata-rata adalah 30%. Sedangkan pada pengujian penyerapan air pada umur beton 28 hari rata-rata didapat sebesar 0,34%. Dari kesimpulan di atas di dapat bahwasanya penyerapan air pada beton 28 hari lebih besar dari pada penyerapan air pada beton normal.sedangkan untuk penyerapan air pada beton 7 hari lebih besar dari beton normal.

Tabel 4.12: Hasil pengujian penyerapan air beton campuran serbuk arang kayu 10% + *retarder* 0,4%.

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4% pada umur 7 hari			
1	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00715	0,71
2	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00155	0,16
3	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00220	0,22
4	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00156	0,16
5	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00232	0,23
Rata-rata			0,30

Tabel 4.12: *Lanjutan.*

Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air beton serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4% pada umur 28 hari			
1	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00310	0,31
2	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00246	0,25
3	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00245	0,25
4	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00507	0,51
5	serbuk arang kayu 10% + <i>retarder</i> 0,4%	0,00402	0,40
Rata-rata			0,34

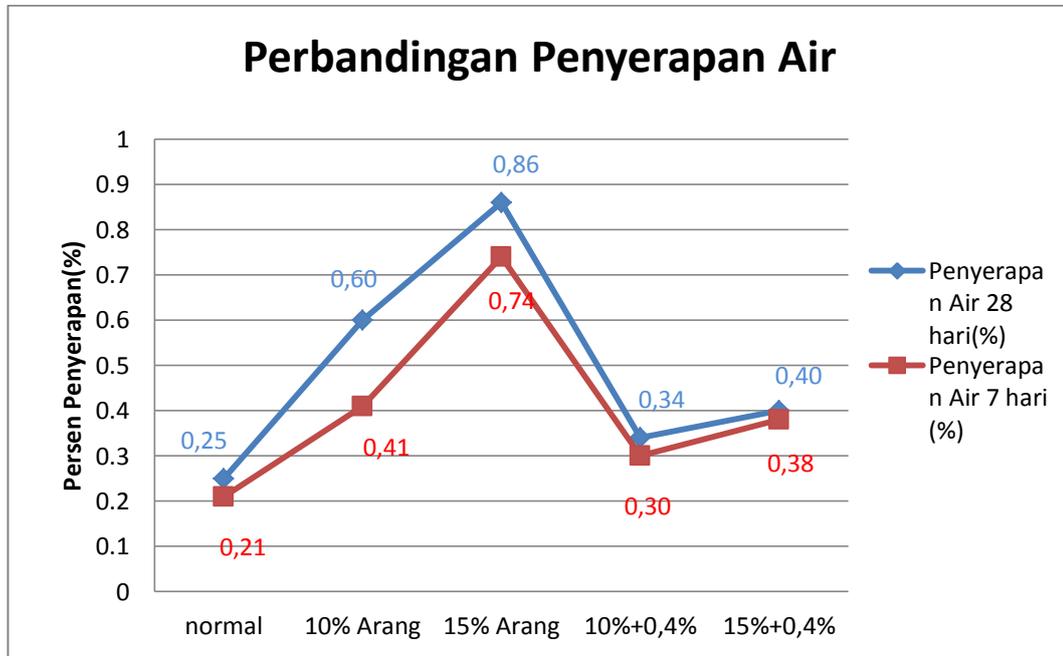
4.4.5. Penyerapan Air Pada Beton Campuran Serbuk Arang Kayu 15% + *Retarder* 0,4%.

Hasil penyerapan air beton normal dapat di lihat pada Tabel 4.11. Hasil dari penyelidikan penyerapan air pada beton campuran serbuk arang kayu 15% + *retarder* 0,4% dapat dilihat pada Tabel 4.13. Dari hasil penelitian didapat penyerapan pada saat umur beton 7 hari rata-rata adalah 0,38%. Sedangkan pada pengujian penyerapan air pada umur beton 28 hari rata-rata didapat sebesar 0,4%. Dari kesimpulan di atas di dapat bahwasanya penyerapan air pada beton 28 dan 7 hari lebih besar dari pada penyerapan air pada beton normal.

Tabel 4.13. Hasil pengujian penyerapan air beton campuran serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%.

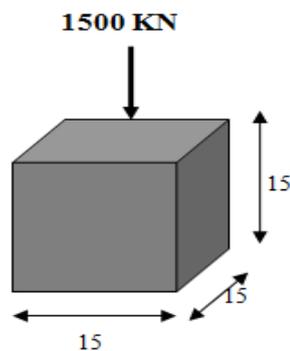
Benda uji	Bahan tambah	Jumlah air yang di serap beton (Kg)	Penyerapan air pada beton (%)
Penyerapan air pada beton campuran serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4% pada umur 7 hari			
1	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0.00294	0.29
2	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0.00563	0.56
3	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0.00321	0.32
4	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0.00194	0.19
5	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0.00503	0.50
Rata-rata			0,38
Penyerapan air pada beton campuran serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4% pada umur 28 hari			
1	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0,00382	0,38
2	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0,00358	0,36
3	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0,00509	0,51
4	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0,00396	0,40
5	serbuk arang kayu 15% + retarder 0,4%	0,00346	0,35
Rata-rata			0,40

Dari hasil data yang didapat bahwa penyerapan air meningkat pada penggunaan arang dan zat retarder berpengaruh sebagai penurun penyerapan air, seperti Gambar 4.1.



4.5 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 50 buah, seperti pada gambar 4.2, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar.4.2: Beban tekan pada benda uji kubus

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

4.5.1. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 50 buah. Hasil kuat tekan beton normal 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	7 hari	Estimasi 28 hari	f'_c rata-rata (MPa)
		$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	$f'_c/0,65$ (MPa)	
1	48000	21,33	32,82	33,13
2	48000	21,33	32,82	
3	48750	21,66	33,33	
4	48000	21,33	32,82	
5	49500	22,00	33,85	
28 hari				
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$	Estimasi 28 hari	f'_c rata-rata (MPa)
		$f'_c = (P/A)$ (MPa)	$f'_c/1,00$ (MPa)	
1	52500	23,33	23,33	23,20
2	53250	23,67	23,67	
3	52500	23,33	23,33	
4	51000	22,67	22,67	
5	51750	23,00	23,00	

Berdasarkan Tabel 4.14 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 14 dan 28 hari. Dari 5 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh

nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 33,13 MPa pada umur beton 7 hari dan 23,20 MPa untuk umur beton 28 hari.

4.5.2. Kuat Tekan Beton Serbuk Arang Kayu 10%

Pengujian beton dengan variasi *filler* serbuk arang balok kayu sebesar 10% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 32 hari dengan jumlah benda uji 5 buah. Hasil kuat tekan beton serbuk arang kayu 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Hasil pengujian kuat tekan beton arang kayu 10%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	7 hari		f'_C rata-rata (MPa)
		$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 7 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	
1	51000	22,67	34,87	35,08
2	51000	22,67	34,87	
3	51000	22,67	34,87	
4	51750	23,00	35,38	
5	51750	23,00	35,38	
28 hari				
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	7 hari		f'_C rata-rata (MPa)
		$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	
1	53250	23,67	23,67	23,96
2	53250	23,67	23,67	
3	55750	24,78	24,78	
4	55500	24,67	24,67	
5	51750	23,00	23,00	

Berdasarkan Tabel 4.15 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *filler* serbuk arang kayu sebesar 10% didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 35,08 MPa dan 23,96 MPa pada estimasi 28 hari.

4.5.3. Kuat Tekan Beton Serbuk Arang Kayu 15%

Pengujian beton dengan variasi *filler* serbuk arang kayu 15% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 5 buah. Hasil kuat tekan beton serbuk arang balok kayu 7 hari dan estimasi 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Hasil pengujian kuat tekan beton arang kayu 15%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	7 hari	Estimasi 7 hari	f_c rata-rata (MPa)
		$A = 225\text{cm}^2$ $f_c = (P/A)$ (MPa)	$f_c/0,65$ (MPa)	
1	54000	22,67	34,87	36,10
2	53250	23,67	34,87	
3	53250	23,67	34,87	
4	52500	23,33	35,38	
5	51000	22,67	35,38	
28 hari				
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$	Estimasi 28 hari	f_c rata-rata (MPa)
		$f_c = (P/A)$ (MPa)	$f_c/1,00$ (MPa)	
1	54000	24,00	24,00	24,93
2	55500	24,67	24,67	
3	57000	25,33	25,33	
4	52500	23,33	23,33	
5	51000	22,67	22,67	

Berdasarkan Tabel 4.16 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *filler* serbuk arang kayu sebesar 15% didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 36,10 MPa dan 24,93 MPa pada estimasi 28 hari.

4.5.4. Kuat Tekan Beton Serbuk Arang Kayu 10% dan Retarder 0,4%

Pengujian beton dengan variasi *filler* serbuk arang kayu sebesar 10% dan *retarder* 0,4% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah

benda uji 5 buah. Hasil kuat tekan beton serbuk arang kayu 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat tekan beton arang 10% + *retarder* 0,4%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 7 hari $f'_c/0,65$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
1	54000	24,00	36,92	37,85
2	54000	24,00	36,92	
3	60000	26,67	41,03	
4	55500	24,67	37,95	
5	53250	23,67	36,41	
28 hari				
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = 225\text{cm}^2$ $f'_c = (P/A)$ (MPa)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
1	54000	24,00	24,00	25,89
2	55500	24,67	24,67	
3	57000	25,33	25,33	
4	52500	23,33	23,33	
5	51000	22,67	22,67	

Berdasarkan Tabel 4.17 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *filler* serbuk arang kayu sebesar 10% dan *retarder* 0,4% didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 37,85 MPa dan 25,89 MPa pada umur 28 hari.

4.5.5. Kuat Tekan Beton Serbuk Arang Kayu 15% dan *Retarder* 0,4

Pengujian beton dengan variasi *filler* serbuk arang kayu sebesar 15% dan *retarder* 0,4% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan jumlah benda uji 5 buah. Hasil kuat tekan beton serbuk arang kayu 7 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.18.

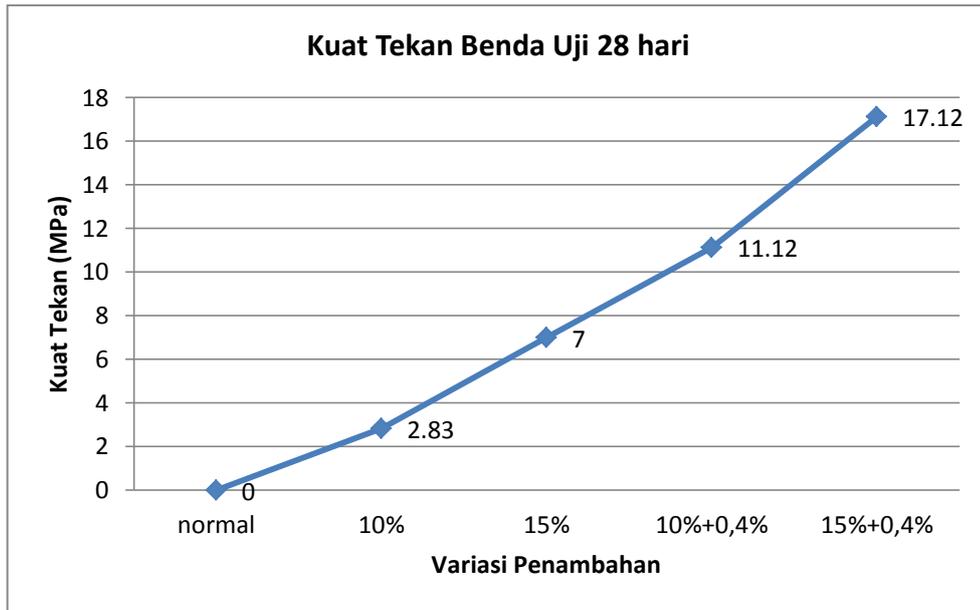
Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat tekan beton arang 15% + *retarder* 0,4%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	7 hari	Estimasi 7 hari	f_c rata-rata (MPa)
		$A = 225\text{cm}^2$ $f_c = (P/A)$ (MPa)	$f_c/0,65$ (MPa)	
1	55500	24,67	37,95	40,31
2	57000	25,33	38,97	
3	61500	27,33	42,05	
4	61500	27,33	42,05	
5	59250	26,33	40,51	
28 hari				
Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	7 hari	Estimasi 28 hari	f_c rata-rata (MPa)
		$A = 225\text{cm}^2$ $f_c = (P/A)$ (MPa)	$f_c/1,00$ (MPa)	
1	61000	271.11	27.11	27,29
2	61000	271.11	27.11	
3	59250	263.33	26.33	
4	61750	274.44	27.44	
5	64000	284.44	28.44	

Berdasarkan Tabel 4.18 menjelaskan hasil kuat tekan beton yang telah diberi *filler* serbuk arang kayu sebesar 15% dan *retarder* 0,4% didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 40,31 MPa dan 227,29 MPa pada umur 28 hari.

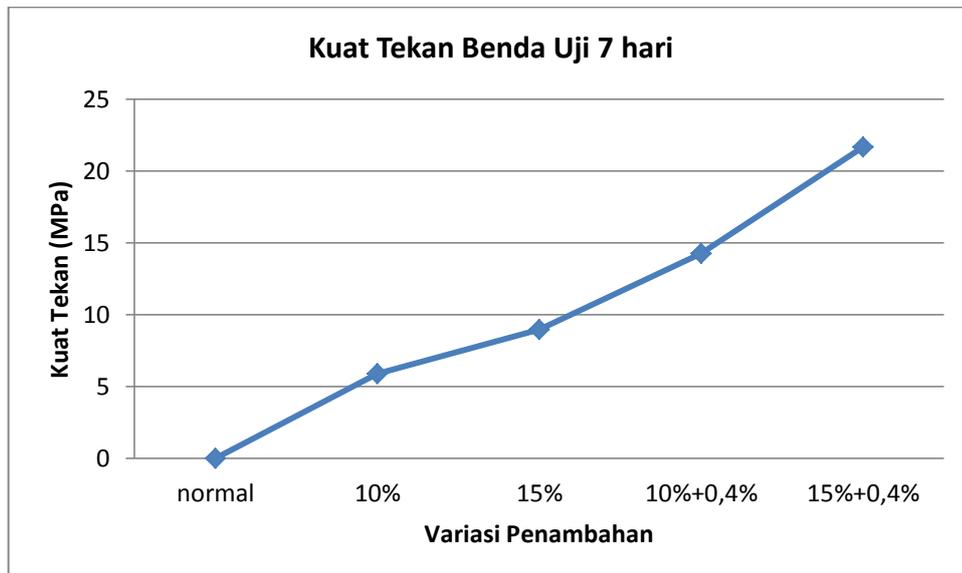
Dari hasil data yang didapat maka dapat disimpulkan kedalam bentuk grafik pada Gambar 4.2, Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.

Dari hasil Gambar 4.3 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan serbuk arang kayu 10%, 15%, 10% + 0,4% dan 15% + 0,4% terjadi kenaikan pada umur 28 hari.



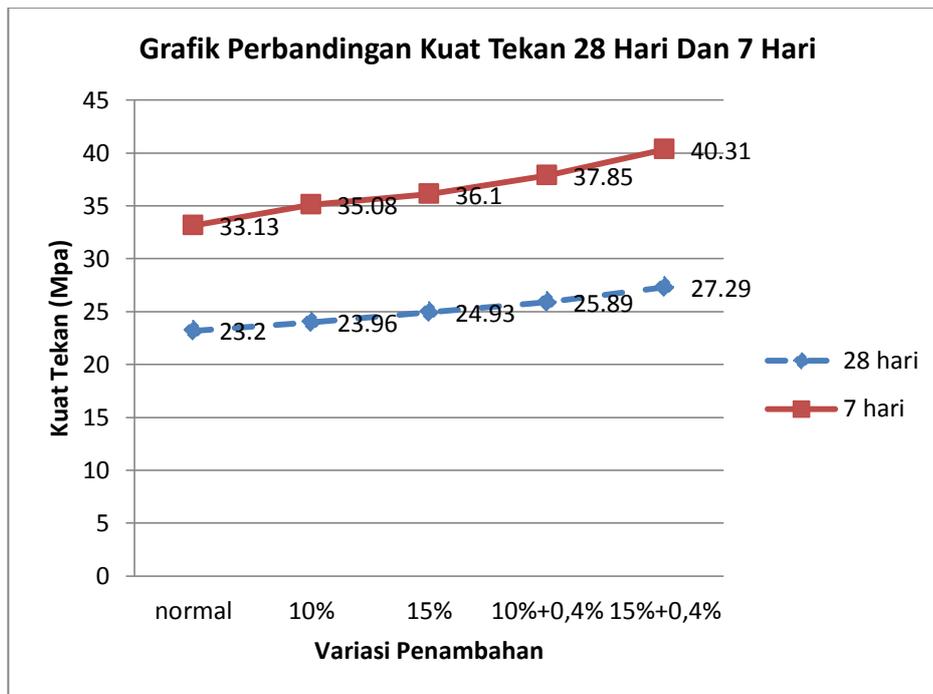
Gambar 4.3: Grafik kuat tekan beton umur 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.4 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan serbuk arang kayu 10%, 15%, 10% + 0,4% dan 15% + 0,4% terjadi kenaikan pada umur 7 hari.



Gambar 4.4: Grafik kuat tekan beton umur 7 hari.

Dari hasil Gambar 4.5 bahwa persentase kenaikan kuat tekan beton pada penambahan serbuk arang kayu 10%, 15%, 10% + 0,4% dan 15% + 0,4% sama-sama terjadi kenaikan pada umur 7 hari dan 28 hari, namun kuat tekan pada 7 hari lebih tinggi dari 28 hari.



Gambar 4.5: Grafik perbandingan kuat tekan beton umur 7 dan 28 hari.

4.6. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan arang briket dan retarder, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan arang briket sebanyak 10%, 15% dan retarder sebanyak 0,4% mengalami kenaikan. Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Pengisian serbuk arang kayu 10%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{35,08 - 33,13}{33,13} \times 100\% \\ &= 5,88\% \text{ (Kenaikan)} \end{aligned}$$

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{23,96 - 23,30}{23,30} \times 100\%$$

$$= 2,83\% \text{ (Kenaikan)}$$

- Pengisian serbuk arang kayu 15%

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} = \frac{36,10 - 33,13}{33,13} \times 100\%$$

$$= 8,96\% \text{ (Kenaikan)}$$

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{24,93 - 23,30}{23,30} \times 100\%$$

$$= 7,00\% \text{ (Kenaikan)}$$

- Pengisian serbuk arang kayu 10% + *retarder* 0,4%

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} = \frac{37,85 - 33,13}{33,13} \times 100\%$$

$$= 14,25\% \text{ (Kenaikan)}$$

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{25,89 - 23,30}{23,30} \times 100\%$$

$$= 11,12\% \text{ (Kenaikan)}$$

- Pengisian serbuk arang kayu 15% + *retarder* 0,4%

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} = \frac{40,31 - 33,13}{33,13} \times 100\%$$

$$= 21,67\% \text{ (Kenaikan)}$$

$$\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} = \frac{27,29 - 23,30}{23,30} \times 100\%$$

$$= 17,12\% \text{ (Kenaikan)}$$

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials C33 (1985,1986). *Standards Specification For Agregates*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C109/C109M (2002). *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or 50- mm Cube Specimens)*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- American Society for Testing and Materials C150 (1986). *Standards Specification For Portland Cement*, Philadelphia: ASTM.
- Dinas Pekerjaan Umum (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1990). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SK SNI T-15-1990-03)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (1993). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-1993)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI-03-2847-2000)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Paul Nugraha & Antoni, (2007). *Teknologi Beton Dari Material Pembuatan*.
- Laboratorium Beton Teknik Sipil. *Buku Pedoman Praktikum Beton*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Raina, V. K, (1993). *Concrete for Construction*, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Ahdiansyah. (2013). *Sifat Fisika/Kimia Arang*. Banjarbaru.
- Ishak, Muh. (2012). *Analisis Penggunaan Zat Additive Jenis Retarder Terhadap Sifat Beton*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- L. J Murduck and K. M. Brook, (1999). *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro.

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	<p>Satu set saringan untuk agregat halus (pasir) Berat minimum: 500 gram</p>
No.4	4,76	-	
No.8	2,38	-	
No.16	1,19	-	
No.30	0,59	-	
No.50	0,297	-	
No.100	0,149	-	
No.200	0,075	-	

Tabel L3: Perbandingan kekuatan beton berbagai umur (hari)

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

Tabel L4: Perbandingan kekuatan beton pada beberapa beberapa benda uji

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

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



Gambar L1: Material agregat kasar yang akan digunakan.



Gambar L2: Material agregat halus yang akan digunakan.



Gambar L3: Semen Padang PPC.



Gambar L4: Limbah arang kayu sebelum dihaluskan.



Gambar L5: Zat Additive *Retarder*



Gambar L6: Pengambilan *Slump*



Gambar L7: Perendaman Benda Uji



Gambar L8: Persiapan sebelum pengujian kuat tekan.



Gambar L9: Uji kuat tekan beton normal 28 hari



Gambar L10: Uji kuat tekan beton campuran serbuk arang kayu 10%



Gambar L11: Uji kuat tekan beton campuran serbuk arang kayu 15%



Gambar L12: Uji kuat tekan beton campuran serbuk arang kayu 10% + *retarder* 0,4%



Gambar L13: Uji kuat tekan beton campuran serbuk arang kayu 15% + *retarder* 0,4%

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

NAMA : Muhammad Iqbal Hanafi
NPM : 1407210060
Judul T.Akhir : Pengaruh Pemakaian Serbuk Arang Kayu Filler Semen Dan Zat Retarder Terhadap Penyerapan Air Dan Kuat Tekan Beton.

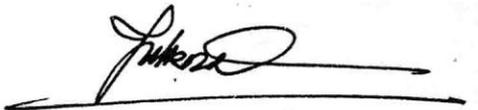
Dosen Pembimbing – I : Ir.Ellyza Chairina.M.Si
Dosen Pembimbing – II : Hj.Irma Dewi.S.T.M.Si
Dosen Pembanding - I : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Rhini Wulan Dary.S.T.M.T

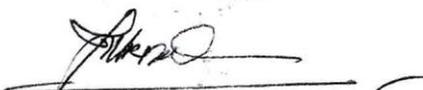
KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - ISTILAH ASING
 - MASALAH SPASI PARAGRAF
 - MARGIN
 - PENULISAN TABEL, GRAFIK, PERSAMAAN
 - HINDARI HAL: KOSONG
 - METODOLOGI PENELITIAN
 - IKUT PEDOMAN PENULISAN UPTSU
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 17 Dzulkaedah 1439H
30 Juli 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil


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

Dosen Pembanding- **II**

Dr. Fahrizal Zulkarnain

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

NAMA : Muhammad Iqbal Hanafi
NPM : 1407210060
Judul T.Akhir : Pengaruh Pemakaian Serbuk Arang Kayu Filler Semen Dan Zat Retarder Terhadap Penyerapan Air Dan Kuat Tekan Beton.

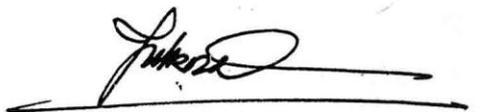
Dosen Pembimbing – I : Ir.Ellyza Chairina.M.Si
Dosen Pembimbing – II : Hj.Irma Dewi.S.T.M.Si
Dosen Pembanding - I : DR.Fahrizal Zulkarnain.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Rhini Wulan Dary.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - ISTILAH HINGG .
 - MASALAH SPASI PARAGRAF .
 - MARGIN .
 - PENULISAN TABEL, GRAFIK , PERSAMAAN .
 - HINDARI HAL. KOSONG .
 - METODOLOGI PENELITIAN .
 - KECUKUPAN PEDOMAN PENULISAN UPTSU .
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 17 Dzulkaedah 1439H
30 Juli 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Sipil


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

Dosen Pembanding- II


Hj.Irma Dewi.S.T.M.Si
RHINI WULAN DARY