

TUGAS AKHIR

**PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DAN SERAPAN
AIR DENGAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI FILLER
(Studi Literatur)**

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

Disusun Oleh:

**NURUL ANNISA
1307210240**



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Nurul Annisa

NPM : 1307210240

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pemeriksaan Kuat Tekan Beton dan Serapan Air dengan Limbah Keramik Sebagai *Filler* (Studi Literatur)

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, Oktober 2017

Mengetahui dan menyetujui:

Pembimbing I / Penguji

Pembimbing II / Penguji

Ir. Ellyza Charina, M.Si.

Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T.

Pembanding I / Penguji

Pembanding II / Penguji

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

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

Program Studi Teknik Sipil
Ketua Prodi,

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Nurul Annisa
Tempat/tgl. Lahir : Kuala Lumpur/30 Agustus 1995
NPM : 1307210240
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

"Pemeriksaan Kuat Tekan Beton dan Serapan Air dengan Limbah Keramik Sebagai *Filler* (Studi Literatur)",

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

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

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

Medan, September 2017

Saya yang menyatakan,

Materai

Rp 6000

(Nurul Annisa)

ABSTRAK

PEMERIKSAAN KUAT TEKAN BETON DAN SERAPAN AIR DENGAN LIMBAH KERAMIK SEBAGAI FILLER (*Studi Literatur*)

Nurul Annisa

1307210240

Ir. Ellyza Chairina, M.Si.

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

Limbah keramik lantai adalah salah satu contoh limbah yang dihasilkan dari pabrik keramik atau hasil pekerjaan renovasi bangunan yang bila tidak dimanfaatkan dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif. Dalam penelitian ini, limbah keramik lantai yang dijadikan serbuk akan digunakan sebagai bahan pengisi agregat halus dalam campuran beton. Penelitian ini menggunakan standarisasi SNI 03-2834-2000 sebagai metode dalam perencanaan campuran (*mix design*). Persentase serbuk keramik dibuat bervariasi sebesar 13%, 18%, 23% dari volume agregat halus. Digunakan benda uji silinder tinggi 300 mm dan diameter 150 mm untuk uji kuat tekan dan serapan air. Semua pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari dan 28 hari. Beton dengan campuran serbuk keramik memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dan serapan air yang lebih besar dibanding beton normal. Beton mengalami kenaikan kuat tekan dan serapan air sesuai dengan penambahan variasi serbuk keramik. Hasil kuat tekan dan serapan air terbesar yaitu pada campuran serbuk keramik 23%, dengan kuat tekan sebesar 52,69 MPa untuk umur beton 7 hari dan 53,67 MPa untuk umur 28 hari serta hasil serapan air sebesar 2,53% untuk umur beton 7 hari dan 2,38% untuk umur 28 hari. Beton normal didapat kuat tekan 44,43 MPa untuk umur 7 hari dan 45,49 MPa untuk umur 28 hari, beton normal didapat serapan air 1,26% untuk umur 7 hari dan 1,17% untuk umur 28 hari. Berdasarkan hasil tersebut, diambil kesimpulan bahwa penggunaan serbuk keramik berpengaruh terhadap kuat tekan beton dan serapan air.

Kata kunci: Beton, Limbah Keramik, Kuat Tekan, Serapan Air

ABSTRACT

COMPRESSIVE STRENGTH TEST OF CONCRETE AND WATER ABSORPTION WITH CERAMIC WASTE AS FILLER (Study of Literature)

Nurul Annisa

1307210240

Ir. Ellyza Chairina, M.Si.

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

Floor ceramic waste is one example of waste generated from a ceramic factory or the result of building renovation works that when not properly utilized can have a negative impact. In this study, the powdered floor ceramic waste will be used as a fine aggregate filler in a concrete mixture. This research uses SNI 03-2834-2000 standardization as a method of mix design. The percentage of ceramic powder made varies by 13%, 18%, 23% of the fine aggregate volume. Used 300 mm high cylinder test object and 150 mm diameter for compressive strength and water absorption test. All tests were performed on 7 days and 28 days of concrete. Concrete with ceramic powder mixture has higher compressive strength and higher water absorption than normal concrete. Concrete has increased the compressive strength and water absorption in accordance with the addition of ceramic powder variation. The highest compressive strength and water absorption result was a 23% powdered ceramic powder mixture, with a compressive strength of 52.69 MPa for 7 days concrete and 53.67 MPa for 28 days and water absorption of 2.53% for concrete age 7 day and 2.38% for 28 days. Normal concrete obtained strong press 44.43 MPa for age 7 days and 45,49 MPa for age 28 day, normal concrete obtained water absorption 1.26% for age 7 days and 1.17% for age 28 days. Based on these results, it is concluded that the use of ceramic powder effect on the compressive strength of concrete and water absorption.

Keywords: Concrete, Powder Ceramic, Concrete Compressive Strength, Water Absorption

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemeriksaan Kuat Tekan Beton dan Serapan Air dengan Limbah Keramik Sebagai *Filler* (Studi Literatur)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Selama menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Ellyza Chairina, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang banyak memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Irma Dewi, S.T., M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Bapak dan Ibu staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Teristimewa kepada Ayahanda Suryanto dan Ibunda Siti Sundari yang telah mengasuh dan membesarkan penulis dengan cinta dan kasih sayang.
10. Bude Suhartuti Houck, S.H. yang telah membantu membiayai studi penulis.
11. Abangda Bahari Nur, S.T., Anggi Putra Aryandy Hsb, Budi Santoso dan Sarman serta rekan-rekan Teknik Sipil '13, dan Keluarga Besar Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan waktu serta kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin...

Medan, September 2017

Penulis

Nurul Annisa
1307210240

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Kelebihan dan Kekurangan Beton	5
2.3. Kinerja Beton	6
2.4. Sifat dan Karakteristik Beton	7
2.5. Material Penyusun Beton	10
2.5.1. Semen	10
2.5.1.1. Senyawa Utama dalam Semen <i>Portland</i>	12
2.5.2. Agregat	14
2.5.2.1. Agregat Halus	15
2.5.2.2. Agregat Kasar	18
2.5.3. Air	20
2.6. Bahan Tambah	22
2.6.1. Keramik	23
2.7. Penelitian Pemanfaatan Limbah Keramik	23

2.8. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-2000	25
2.9. <i>Slump Test</i>	34
2.10. Perawatan Beton	34
2.11. Kuat Tekan	35
2.12. Serapan Air	38

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum	39
3.1.1. Metodologi Penelitian	39
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	41
3.3. Bahan dan Peralatan	41
3.3.1. Bahan	41
3.3.2. Peralatan	41
3.4. Persiapan Penelitian	42
3.5. Pemeriksaan Agregat	42
3.5.1. Pemeriksaan Agregat Halus	42
3.5.1.1. Kadar Air Agregat Halus	42
3.5.1.2. Kadar Lumpur Agregat Halus	43
3.5.1.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	44
3.5.1.4. Berat Isi Agregat Halus	46
3.5.1.5. Analisa Saringan Agregat Halus	46
3.5.2. Pemeriksaan Agregat Kasar	49
3.5.2.1. Kadar Air Agregat Kasar	50
3.5.2.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	50
3.5.2.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	51
3.5.2.4. Berat Isi Agregat Kasar	53
3.5.2.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	53
3.5.2.6. Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	56
3.6. Perencanaan Campuran Beton	57
3.7. Pelaksanaan Penelitian	58
3.7.1. <i>Trial Mix</i>	58
3.7.2. Pembuatan Benda Uji	58

3.7.3.	Pengujian <i>Slump</i>	58
3.7.4.	Perawatan Beton	58
3.7.5.	Pengujian Kuat Tekan	58
3.7.6.	Pengujian Serapan Air	59
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Perencanaan Campuran Beton	61
4.1.1.	Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	69
4.2.	Pembuatan Benda Uji	75
4.3.	<i>Slump Test</i>	76
4.4.	Kuat Tekan Beton	77
4.4.1.	Kuat Tekan Beton Normal (Saat Pengujian)	77
4.4.2.	Kuat Tekan Beton Serbuk Keramik 13% (Saat Pengujian)	78
4.4.3.	Kuat Tekan Beton Serbuk Keramik 18% (Saat Pengujian)	79
4.4.4.	Kuat Tekan Beton Serbuk Keramik 23% (Saat Pengujian)	80
4.5.	Serapan Air Beton	82
4.5.1.	Serapan Air Beton Normal (Saat Pengujian)	82
4.5.2.	Serapan Air Beton Serbuk Keramik 13% (Saat Pengujian)	83
4.5.3.	Serapan Air Beton Serbuk Keramik 18% (Saat Pengujian)	84
4.5.4.	Serapan Air Beton Serbuk Keramik 23% (Saat Pengujian)	85
4.6.	Pembahasan	87
4.6.1.	Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton	89
4.6.2.	Persentase Kenaikan Serapan Air	91
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	95
5.2.	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi bahan pembentuk beton	10
Tabel 2.2	Empat senyawa utama dari semen <i>portland</i>	13
Tabel 2.3	Komposisi umum oksida-oksida semen <i>portland</i> jenis I	13
Tabel 2.4	Batas gradasi agregat halus	16
Tabel 2.5	Batas gradasi agregat kasar	19
Tabel 2.6	Kandungan zat kimia air yang diizinkan	22
Tabel 2.7	Hasil uji kimia limbah padat keramik	23
Tabel 2.8	Hasil uji kuat tekan dan resapan air mortar	25
Tabel 2.9	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia	25
Tabel 2.10	Tingkat mutu pekerjaan pembetonan	26
Tabel 2.11	Perkiraan kadar air bebas yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	28
Tabel 2.12	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus	29
Tabel 2.13	Toleransi waktu agar pengujian kuat tekan tidak keluar dari batasan waktu yang telah ditoleransikan	37
Tabel 2.14	Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur	37
Tabel 3.1	Data-data hasil penelitian kadar air agregat halus di Laboratorium Beton Teknik Sipil UMSU (2017)	43
Tabel 3.2	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus di Laboratorium Beton Teknik Sipil UMSU (2017).	44
Tabel 3.3	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus di Laboratorium Beton Teknik Sipil UMSU (2017)	45
Tabel 3.4	Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus di Laboratorium beton teknik sipil UMSU (2017)	46
Tabel 3.5	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus di Laboratorium beton teknik sipil UMSU (2017)	47
Tabel 3.6	Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar di Laboratorium Beton Teknik Sipil UMSU (2017)	50
Tabel 3.7	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar di Laboratorium Beton Teknik Sipil UMSU (2017)	51

Tabel 3.8	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar di Laboratorium beton teknik sipil UMSU (2017)	52
Tabel 3.9	Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar di Laboratorium beton teknik sipil UMSU (2017)	53
Tabel 3.10	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar di Laboratorium beton teknik sipil UMSU (2017)	54
Tabel 3.11	Data-data dari hasil pengujian keausan agregat	57
Tabel 4.1	Perencanaan campuran beton	62
Tabel 4.2	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam satu benda uji	64
Tabel 4.3	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam satu benda uji	65
Tabel 4.4	Banyak serbuk keramik dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk satu benda uji	66
Tabel 4.5	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 64 benda uji	68
Tabel 4.6	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 64 benda uji	69
Tabel 4.7	Jumlah kadar air bebas yang ditentukan	71
Tabel 4.8	Hasil pengujian nilai <i>slump</i>	76
Tabel 4.9	Hasil pengujian kuat tekan beton normal	78
Tabel 4.10	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk keramik 13%	78
Tabel 4.11	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk keramik 18%	79
Tabel 4.12	Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk keramik 23%	80
Tabel 4.13	Hasil pengujian serapan air beton normal	83
Tabel 4.14	Hasil pengujian serapan air pada beton <i>filler</i> 13%	83
Tabel 4.15	Hasil pengujian serapan air pada beton <i>filler</i> 18%	84
Tabel 4.16	Hasil pengujian serapan air pada beton <i>filler</i> 23%	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Daerah gradasi pasir kasar	17
Gambar 2.2	Daerah gradasi pasir sedang	17
Gambar 2.3	Daerah gradasi pasir halus	17
Gambar 2.4	Daerah gradasi pasir sangat halus	18
Gambar 2.5	Batas gradasi agregat kasar	20
Gambar 2.6	Perbandingan hasil kuat tekan beton dengan campuran keramik berdasarkan penelitian Kurniawan Dwi Wicaksono dan Johannes Januar Sudjati	24
Gambar 2.7	Perbandingan hasil serapan air beton dengan campuran keramik berdasarkan penelitian Kurniawan Dwi Wicaksono dan Johannes Januar Sudjati	24
Gambar 2.8	Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen	27
Gambar 2.9	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm	30
Gambar 2.10	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm	31
Gambar 2.11	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	31
Gambar 2.12	Perkiraan berat isi beton yang telah didapatkan	32
Gambar 3.1	Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	40
Gambar 3.2	Grafik gradasi agregat halus	49
Gambar 3.3	Gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	56
Gambar 4.1	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton	70
Gambar 4.2	Persen pasir terhadap total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	72
Gambar 4.3	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	73
Gambar 4.4	Beban tekan pada benda uji slinder	77
Gambar 4.5	Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari	81
Gambar 4.6	Grafik kuat tekan beton pada umur 28 hari	81
Gambar 4.7	Grafik kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari	82
Gambar 4.8	Grafik serapan air beton pada umur 7 hari	86
Gambar 4.9	Grafik serapan air beton pada umur 28 hari	86

Gambar 4.10	Grafik serapan air beton pada umur 7 hari dan 28 hari	87
Gambar 4.11	Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari	90
Gambar 4.12	Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari	90
Gambar 4.13	Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari	91
Gambar 4.14	Grafik besar persentase kenaikan serapan air beton 7 hari	92
Gambar 4.15	Grafik besar persentase kenaikan serapan air beton 28 hari	92
Gambar 4.16	Perbandingan grafik besar persentase kenaikan serapan air beton 7 hari dan 28 hari	93

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas penampang	(cm ²)
C_a	=	Absorpsi agregat halus	(%)
C_k	=	Kadar air agregat halus	(%)
D_a	=	Absorpsi agregat kasar	(%)
D_k	=	Kadar air agregat kasar	(%)
B_j	=	Berat jenis	(gr/mm ²)
$B_{j\,camp}$	=	Berat jenis agregat campuran	(gr/mm ²)
$B_{j\,h}$	=	Berat jenis agregat halus	(gr/mm ²)
$B_{j\,k}$	=	Berat jenis agregat kasar	(gr/mm ²)
FM	=	Modulus kehalusan	-
f'_c	=	Kuat tekan	(MPa)
$f'_c\,r$	=	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	(MPa)
K_h	=	Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
K_k	=	Persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran	(%)
m	=	Nilai tambah	(MPa)
n	=	Jumlah benda uji	(Buah)
P	=	Beban tekan	(kg)
t	=	Tinggi benda uji	(cm)
V	=	Volume	(cm ³)
W_1	=	Berat beton setelah dioven	(gr)
W_2	=	Berat beton setelah direndam	(gr)
$W_{agr,camp}$	=	Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton	(kg/m ³)
W_{air}	=	Berat air per meter kubik beton	(kg/m ³)
W_{btm}	=	Berat beton per meter kubik beton	(kg/m ³)
W_h	=	Perkiraan jumlah air untuk agregat halus	(kg/m ³)
W_k	=	Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar	(kg/m ³)
W_{smn}	=	Berat semen per meter kubik beton	(kg/m ³)
\emptyset	=	Diameter	(mm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pelaksanaan pembangunan yang saat ini dilakukan berakibat pada meningkatnya kebutuhan akan konstruksi, seperti jalan dan jembatan, perumahan atau gedung. Pada bidang konstruksi, material konstruksi yang paling disukai dan sering dipakai adalah beton. Penggunaan beton merupakan pilihan utama karena beton merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya.

Beton merupakan bahan campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) dengan perbandingan tertentu yang akan membentuk beton segar (Mulyono, 2003).

Teknologi beton yang terus berkembang menghasilkan beton dengan campuran bahan tambah. “Bahan tambah adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton selain semen, agregat halus, agregat kasar, dan air pada saat sebelum atau selama pencampuran berlangsung” (Mulyono, 2003).

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan yang lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton yang dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat *volume* tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah (Mulyono, 2003).

Menurut Mulyono (2003), secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah mineral (*additive*) merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Bahan tambah mineral ini misalnya *pozzolan*, *slag*, *fly ash* dari batu bara, *silica fume* bahan produksi sampingan *silica*, *ferro silicon*.

Pada beton perlu adanya desain dan kontrol dari komposisi penggunaan material yang mengandung unsur semen, agregat, air dan bahan substitusi yang tepat. Pemilihan kualitas agregat dan dimensi butiran agregat yang digunakan akan menentukan kekuatan beton yang direncanakan (Nur, 2016).

Penggunaan bahan daur ulang sebagai bahan campuran beton seperti limbah keramik lantai yang berasal dari industri ataupun pembongkaran bangunan dalam jumlah besar dapat dimanfaatkan sebagai alternatif permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah keramik lantai. Penggunaan bahan tersebut dimaksudkan untuk memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan sifat yang diinginkan. Bahan tambah tersebut ditambahkan ke dalam campuran beton atau mortar, dengan adanya bahan tambahan ini diharapkan beton yang dihasilkan memiliki sifat yang lebih baik.

Gagasan awal penulisan ini berpedoman pada pemikiran bahwa unsur-unsur kimia yang ada pada keramik lantai sebagian diantaranya sama seperti yang ada pada semen, sehingga apabila keramik lantai dihancurkan menjadi serbuk, maka dapat diasumsikan sebagai *filler* karena keramik lantai memiliki kandungan kimia seperti silika (SiO_2), kapur (CaO), Alumina (Al_2O_3) dan magnesia (MgO).

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan limbah keramik lantai yang dipakai sebagai bahan campuran beton?
2. Bagaimana hasil perbandingan pengujian kuat tekan dan serapan air pada beton normal dan beton dengan campuran limbah keramik lantai?
3. Bagaimana pengaruh kualitas beton dengan penambahan beberapa tingkat persentase penggunaan limbah keramik lantai pada campuran beton?

1.3. Batasan Masalah

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

1. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai.
2. Semen yang digunakan adalah semen *Portland type I*.
3. Perbandingan hasil pengujian kuat tekan dan serapan air pada beton normal dan beton yang dicampur serbuk limbah keramik sebagai *filler* pada umur beton 7 hari dan 28 hari.
4. Penggunaan serbuk keramik lantai sebagai *filler* agregat halus sebanyak 13%, 18%, dan 23% dalam pembuatan beton.
5. Benda uji yang digunakan adalah berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 32 benda uji untuk diuji kuat tekan dan 32 benda uji untuk diuji serapan air.
6. Pengujian serapan air dilakukan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 ± 4 jam dan perendaman selama 24 ± 4 jam.
7. Metode untuk perencanaan campuran adukan beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kemampuan limbah keramik lantai sebagai *filler* pada agregat halus untuk dipakai sebagai bahan campuran beton.
2. Untuk mengetahui hasil perbandingan pengujian kuat tekan dan serapan air pada beton normal dan beton dengan campuran limbah keramik lantai.
3. Untuk mengetahui pengaruh dari pemakaian limbah keramik lantai terhadap campuran beton yang akan dibuat, apakah variasi persentase keramik yang digunakan bisa meningkatkan kualitas beton atau sebaliknya.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan masyarakat umum akan dapat mengetahui fungsi lebih dari limbah keramik lantai. Apabila penelitian ini berhasil, diharapkan limbah pecahan keramik sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut untuk kedepannya.

1.6. Sistematika Pembahasan

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab yaitu:

Bab 1 Pendahuluan

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

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini berisikan tentang waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, serta analisis data.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini terdapat hasil penelitian serta pembahasan singkat pada penelitian sehingga bisa digunakan sebagai pemecahan masalah dan penarikan kesimpulan selama penelitian.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan kesimpulan yang diperoleh dari analisis yang telah dilakukan dan juga saran-saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

“Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive*” (Tjokrodimuljo, 2004).

“Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*)” (Mulyono, 2003).

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971), beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen *Portland* dan air (tanpa aditif).

SK.SNI T-15-1990-03:1 mendefinisikan beton sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk *massa* padat.

2.2. Kelebihan dan Kekurangan Beton

Penggunaan konstruksi beton diminati karena beton memiliki sifat-sifat yang menguntungkan. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunnya, hal itu juga disebabkan oleh penggunaan tenaga kerja yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan lapangan kerja. Dalam keadaan mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk. Selain tahan terhadap serangan api, beton juga tahan terhadap serangan korosi. Mulyono (2003) memberikan penjelasan secara umum kelebihan dan kekurangan beton adalah:

Kelebihan yang dimiliki beton antara lain:

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi;
2. Mampu memikul beban tekan yang berat;

3. Tahan terhadap temperatur yang tinggi;
4. Biaya pemeliharaan rendah/ kecil.

Kekurangan yang dimiliki beton antara lain:

1. Bentuk yang sudah dibuat sulit diubah;
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi;
3. Berat;
4. Daya pantul suara yang besar.

2.3. Kinerja Beton

Mulyono (2003) menjelaskan bahwa beton memiliki dua kinerja utama yaitu kekuatan tekan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, kelangsungan proses pengadaan beton pada proses produksinya juga menjadi salah satu yang dipertimbangkan.

Nawy (1985) menyatakan bahwa parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah kualitas semen, proporsi semen dalam campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, interaksi atau adhesi antar pasta semen dengan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton, perawatan beton, dan kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos.

Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat. ASTM membagi bangunan menjadi tiga kategori yaitu: rumah tinggal, perumahan, dan struktur yang menggunakan beton mutu tinggi (Mulyono, 2003).

Di samping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi oleh pelaksana pekerjaan beton langsung seperti disebutkan oleh Murdock (1991), bahwa kecakapan tenaga kerja adalah salah satu faktor penting dalam produksi suatu bangunan yang bermutu, dan kunci keberhasilan untuk mendapatkan tenaga

kerja yang cakap adalah pengetahuan dan daya tarik pada pekerjaan yang sedang dikerjakan.

Menurut STP 169C, *Concrete and concrete-making materials*, tiga kinerja yang dibutuhkan dalam pembuatan beton adalah:

1. Memenuhi kriteria konstruksi yaitu mudah dikerjakan dan dibentuk serta mempunyai nilai ekonomi;
2. Kekuatan tekan tinggi;
3. Durabilitas atau keawetan tinggi.

Menurut SNI T.15-1990-03, beton yang digunakan pada rumah tinggal atau untuk penggunaan beton dengan kekuatan tekan tidak lebih dari 10 MPa boleh menggunakan campuran 1 semen : 2 pasir : 3 batu pecah dengan *slump* untuk mengukur kemudahan pengerjaannya tidak lebih dari 100 mm. Pengerjaan beton dengan kekuatan tekan hingga 20 MPa boleh menggunakan penakaran volume, tetapi pengerjaan beton dengan kekuatan tekan lebih besar dari 20 MPa harus menggunakan campuran berat.

2.4. Sifat dan Karakteristik Beton

“Ada empat bagian utama yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, yaitu proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan, serta keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat” (Mulyono, 2003).

Setiap bahan campuran beton tersebut mempunyai variasi sifat yang dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang tidak dapat dihindarkan. Namun dengan mengetahui sifat-sifat bahan baku, maka dapat diketahui kebutuhan dari masing-masing bahan baku dan beberapa kekurangan yang dicapainya (Putra, 2015).

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, maka perbandingan campuran beton harus ditentukan agar beton yang dihasilkan dapat memberikan hal-hal sebagai berikut (Putra, 2015):

1. Kemudahan dalam pengerjaan (*workability*)

Workability adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang/dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadi perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Sifat mampu dikerjakan pada beton sangat tergantung pada sifat bahan, perbandingan campuran, dan cara pengadukan serta jumlah seluruh air bebas. Dengan kata lain, sifat dapat/mudah dikerjakan suatu adukan beton dipengaruhi oleh:

- a. Konsistensi normal semen
- b. Mobilitas, serta aliran dimulai (sebaliknya adalah sifat kekasaran atau perlawanan terhadap gerak)
- c. Kohesi atau perlawanan terhadap pemisahan bahan-bahan
- d. Sifat saling lekat (ada hubungannya dengan kohesi), berarti bahan penyusunnya tidak akan terpisah-pisah sehingga memudahkan pengerjaan-pengerjaan yang perlu dilakukan. Jadi sifat dapat dikerjakan pada beton ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dituang/dicetak, dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan atau sifat bahan-bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat dapat dikerjakan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat mudah dikerjakan pada beton antara lain:
 - Banyaknya air yang dipakai pada campuran beton.
 - Penambahan semen ke dalam adukan beton.
 - Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus.
 - Pemakaian butir-butir agregat yang bulat akan mempermudah pekerjaan beton.
 - Cara pemadatan beton dan/atau jenis alat yang digunakan.

2. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (tahan lama dan kedap air)

a. Sifat tahan lama (*durability*)

Sifat tahan lama pada beton, merupakan sifat dimana beton tahan terhadap pengaruh luar selama dalam pemakaian. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

- Tahan terhadap pengaruh cuaca; pengaruh cuaca yang dimaksud adalah pengaruh yang berupa hujan dan pembekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering silih berganti.
- Tahan terhadap pengaruh zat kimia; daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa dan air limbah, zat-zat kimia hasil industri dan air limbahnya, buangan air kotor kota yang berisi kotoran manusia, gula dan sebagainya perlu diperhatikan terhadap keawetan beton.
- Tahan terhadap erosi; beton dapat mengalami kikisan yang diakibatkan oleh adanya orang yang berjalan kaki dan lalu lintas di atasnya, gerakan ombak laut, atau oleh partikel-partikel yang terbawa oleh angin dan/atau air.

b. Sifat kedap air

Beton mempunyai kecendrungan mengandung rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai, atau ruangan yang saat mengerjakan (selesai dikerjakan) mengandung air. Air ini menggunakan ruang-ruangan dan jika menguap maka akan meninggalkan rongga-rongga udara. Rongga udara ini merupakan peluang untuk masuknya air dari luar ke dalam beton. Semakin banyak rongga ini, maka kemungkinan masuknya air semakin besar, dan kemungkinan terbentuknya pipa kapiler makin besar. Sifat kedap air pada beton terutama didapat jika di dalam beton itu tidak terdapat pipa kapiler yang menerus, karena melalui pipa kapiler inilah air akan menembus beton. Jika saluran-saluran kapiler tersebut tidak ditutup kembali, sifat beton tersebut tidak kedap air. Rongga kapiler ini dapat menyempit jika hidrasi semen sempurna, karena *volume* yang terjadi $\pm 2,1$ kali sebesar *volume* semen kering semula.

3. Memenuhi kekuatan yang hendak dicapai

Secara umum hal ini dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu faktor air semen (FAS) dan kepadatan. Beton dengan FAS kecil sampai dengan jumlah air

yang cukup untuk hidrasi semen secara sempurna, dan dapat dipadatkan secara sempurna pula, akan memiliki kekuatan yang optimal.

2.5. Material Penyusun Beton

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Beton normal ialah beton yang mempunyai berat isi 2200–2500 kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah (Nur, 2016).

Komposisi bahan pembentuk beton berdasarkan jumlah persentase yang biasanya terdapat pada suatu campuran beton dapat dilihat pada Tabel 2.1.

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

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

Pencampuran bahan-bahan tersebut menghasilkan suatu adukan yang mudah dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan, karena adanya hidrasi semen oleh air maka adukan tersebut akan mengeras dan mempunyai kekuatan untuk memikul beban (Nur, 2016). Adapun material penyusun beton yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen *Portland Type 1*, agregat kasar dan halus, air.

2.5.1. Semen

Menurut Standar Industri Indonesia, SII 0013-1981, definisi semen *Portland* adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu *gypsum*. Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga mengisi rongga-

rongga di antara butiran-butiran agregat. 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 berkadar 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*) *limestone* 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 batubara yang mengandung *amorphous silica*, *aluminium oksida*, besi oksida dan oksida lainnya dalam variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton, sehingga menjadi lebih keras.

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

2.5.1.1. Senyawa Utama dalam Semen *Portland*

Empat senyawa kimia yang utama dari semen *Portland* antara lain Trikalsium Silikat (C_3S), Dikalsium Silikat (C_2S), Trikalsium Aluminat (C_3A), Tetrakalsium Aluminoferrit (C_4AF). Keempat senyawa utama pada Tabel 2.2 disebut komposisi *Bogue*. Rumus kimiawi secara tradisional ditulis dalam notasi oksida yang biasa dipakai pada kimiawi keramik, notasi pendek secara umum dipakai oleh para ahli semen (Nugraha dan Antoni, 2007).

Meskipun mungkin menghitung komposisi senyawa sesuai dengan Tabel 2.2 dengan analisis langsung, namun metodenya rumit dan memerlukan keahlian serta alat yang mahal. Analisis kimia dilakukan dengan metode standar. Setiap elemen yang ada dilaporkan dalam oksidanya, seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.2: Empat senyawa utama dari semen *Portland* (Nugraha dan Antoni, 2007).

Nama Oksida Utama	Rumus Empiris	Rumus Oksida	Notasi Pendek	Kadar Rata-rata (%)
Trikalsium Silikat	Ca_3SiO_5	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	50
Dikalsium Silikat	Ca_2SiO_4	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	25
Trikalsium Aluminat	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	12
Tetrakalsium Aliminoferrit	$2\text{Ca}_2\text{AlFeO}_5$	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8
Kalsium Sulfat Dihidrat (<i>Gypsum</i>)		$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}\hat{\text{S}}\text{H}_2$	3,5

Tabel 2.3: Komposisi umum oksida-oksida semen *Portland* jenis I (Nugraha dan Antoni, 2007).

Oksida	Notasi Pendek	Nama Umum	% Berat
CaO	C	Kapur	63
SiO_2	S	Silika	22
Al_2O_3	A	Alumina	6
Fe_2O_3	F	Ferrit Oksida	2,5
MgO	M	Magnesi	2,6
K_2O	K	Alkalis	0,6
Na_2O	N	Disodium Oksida	0,3
SO_2	$\hat{\text{S}}$	Sulfur Dioksida	2,0
CO_2	$\hat{\text{C}}$	Karbon Dioksida	-
H_2O	H	Air	-

Semen *Portland* Jenis I adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling klinker semen dan *gypsum*. Semen *Portland* Jenis I memenuhi persyaratan SNI No. 15-2049-2004 Jenis I dan ASTM C150-2004 tipe I. Semen jenis ini digunakan untuk bangunan umum dengan kekuatan tekanan yang tinggi (tidak memerlukan persyaratan khusus), seperti (Nugraha dan Antoni, 2007):

- a. Bangunan bertingkat tinggi.

- b. Perumahan.
- c. Jembatan dan jalan raya.
- d. Landasan bandar udara.
- e. Beton pratekan.
- f. Bendungan saluran irigasi.
- g. Elemen bangunan seperti genteng, *hollow*, *brick*/batako, *paving block*, buis beton, roster, dan lain-lain.

Portland Composite Cement merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *Portland* dan gipsum dengan satu atau lebih banyak bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari *massa* semen *Portland* komposit. Semen *Portland* komposit dikategorikan sebagai semen ramah lingkungan dan digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi (Putra, 2015).

Keunggulan dari PCC (*Portland Cement Composite*) yaitu lebih mudah dikerjakan, suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, permukaan acian dan beton lebih halus, lebih kedap air, mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding OPC (*Ordinary Portland Cement*) (Putra, 2015).

2.5.2. Agregat

Mengingat bahwa agregat menempati 60-80% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*), dan ekonomis. Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*) (Nugraha dan Antoni, 2007).

Tjokrodimulyo (1996) menyatakan bahwa 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.

Menurut SNI T-15-1990-03, agregat didefinisikan sebagai material *granular*, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk semen hidrolik atau adukan.

Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

2.5.2.1. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 4,8 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:

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

Agregat halus dan pasir mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam beton. Fungsi agregat dalam desain campuran beton adalah sebagai pengisi. Ditinjau dari berat jenis agregat halus yang digunakan maka beton yang dihasilkan dapat berbobot ringan, normal atau berat (Nur, 2016).

Maksud penggunaan agregat halus di dalam adukan beton adalah (Nur, 2016):

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

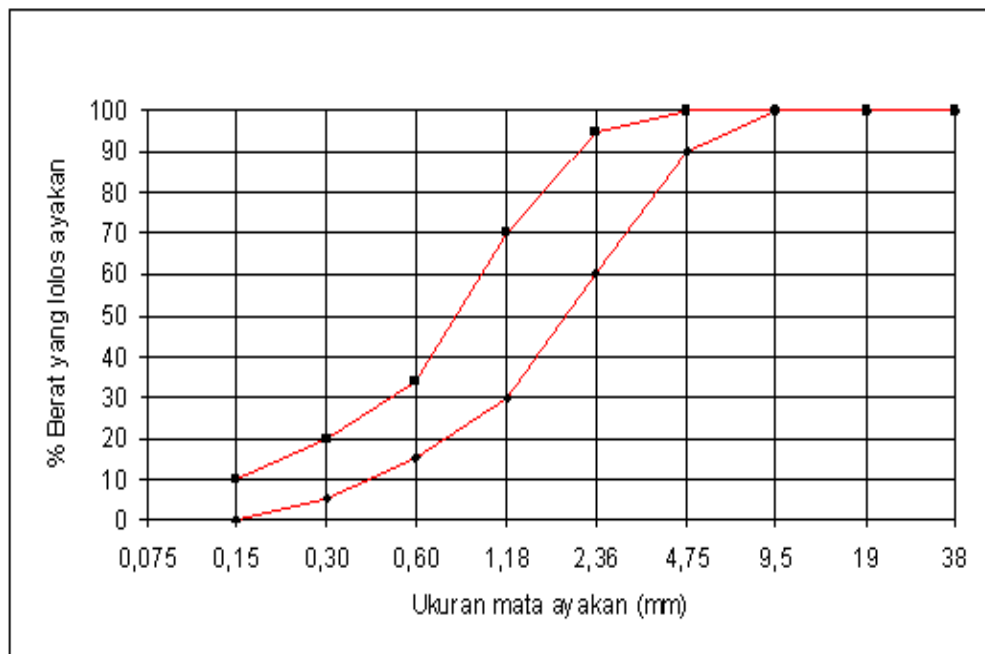
SK.SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.4. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1 sampai Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

Tabel 2.4: Batas gradasi agregat halus (SK. SNI T-15-1990-03).

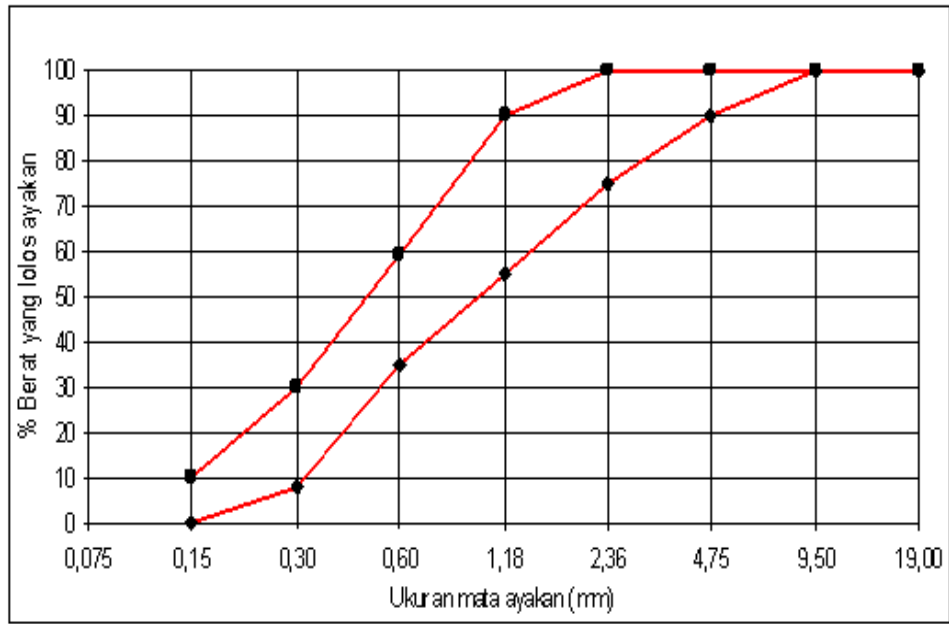
Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10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

Keterangan :

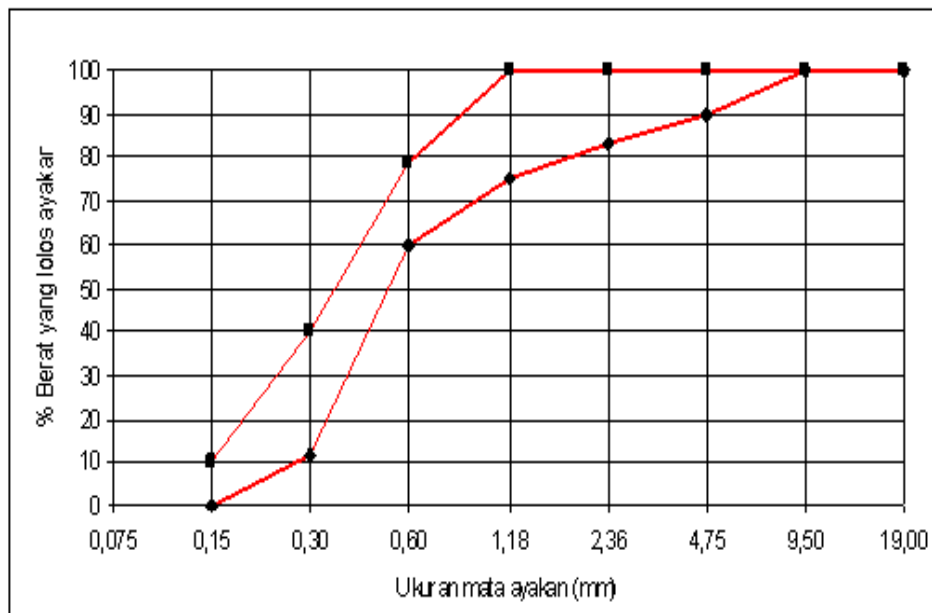
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



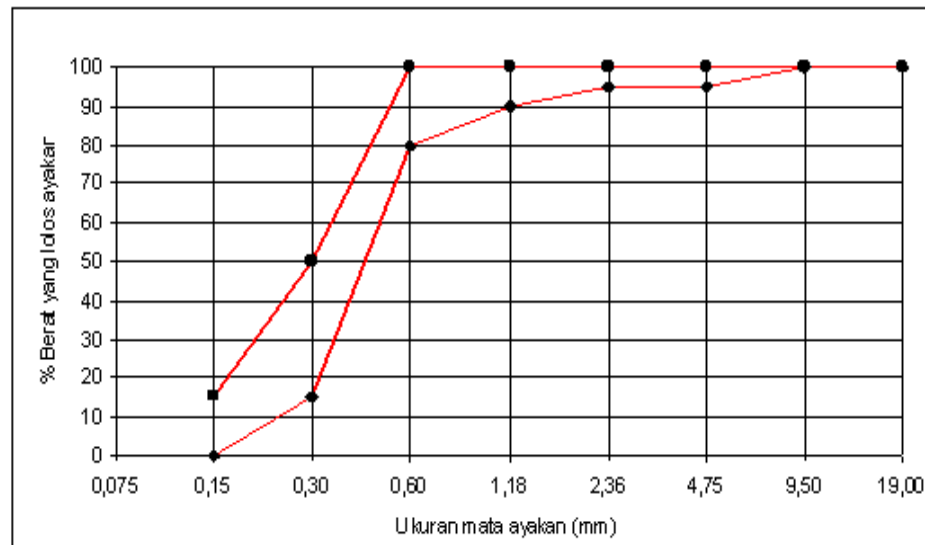
Gambar 2.1: Daerah gradasi pasir kasar (SK. SNI T-15-1990-03).



Gambar 2.2: Daerah gradasi pasir sedang (SK. SNI T-15-1990-03).



Gambar 2.3: Daerah gradasi pasir agak halus (SK. SNI T-15-1990-03).



Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir halus (SK. SNI T-15-1990-03).

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut ASTM C33 (1986), agregat halus diteliti terhadap:

- a. Modulus kehalusan;
- b. Berat jenis;
- c. Penyerapan (*Absorpsi*);
- d. Kadar air;
- e. Kadar lumpur;
- f. Berat isi.

2.5.2.2. 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.

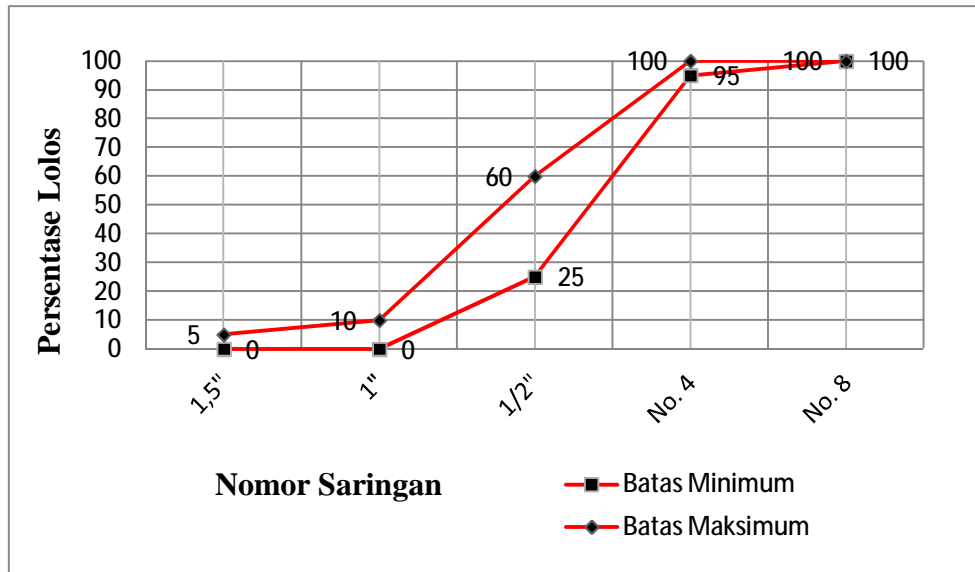
Menurut ASTM C33 (1986), agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

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 pada Tabel 2.5 dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

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

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

- a. Modulus kehalusan;
- b. Berat jenis;
- c. Penyerapan (*Absorpsi*);
- d. Kadar air;
- e. Kadar lumpur;
- f. Berat isi;
- g. Keausan agregat.

2.5.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2003).

Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai Faktor Air Semen (*water cement ratio*) (Mulyono, 2003).

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

1. 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.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang di dalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - b. 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).

Penjelasan mengenai konsentrasi maksimum kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan ditunjukkan oleh Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Kandungan zat kimia dalam air yang diizinkan (Nugraha dan Antoni, 2007).

Kandungan Unsur kimia	Konsentrasi (Maksimum)
<i>Chloride</i>	
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)	3000 ppm
Total solid	50000 ppm

2.6. Bahan Tambah

Admixture adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya (Mulyono, 2003).

Bahan tambah mineral (*additive*) yaitu bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan, jadi bahan tambah aditif lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya (Mulyono, 2003). Bahan tambahan mineral ini misalnya *pozzolan*, *slag*, *fly ash* dari batu bara, *silica fume* bahan produksi sampingan *silica*, *ferro silicon*. Beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah mineral antara lain (Cain, 1994):

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

Pada penelitian ini digunakan serbuk keramik lantai sebagai bahan tambahannya yang difungsikan sebagai *filler* pada agregat halus. Tidak ada *treatment* khusus yang dilakukan pada keramik sebagai bahan campuran beton, keramik hanya dicuci bersih lalu ditumbuk hingga mencapai kehalusan yang diinginkan.

2.6.1. Keramik

Keramik terbuat dari tanah liat atau lempung yang mengalami proses pengerasan dengan pembakaran pada temperatur tinggi (Wicaksono dan Sudjati, 2012).

Di dalam industri keramik sering diketahui bahwa keramik itu sendiri menggunakan bahan dasar tanah liat. Keramik sebenarnya tidak hanya menggunakan tanah liat saja, melainkan juga menggunakan bahan-bahan alam lainnya. Komposisi kimia keramik dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Hasil uji kimia limbah padat keramik (Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Jatim).

No.	Jenis pengujian	Limbah padat keramik (%)
1	SiO ₂	44,52
2	Al ₂ O ₃	7,62
3	CaO	9,56
4	MgO	8,3
5	Fe ₂ O ₃	13,8
6	H ₂ O	16,17

2.7. Penelitian Pemanfaatan Limbah Keramik

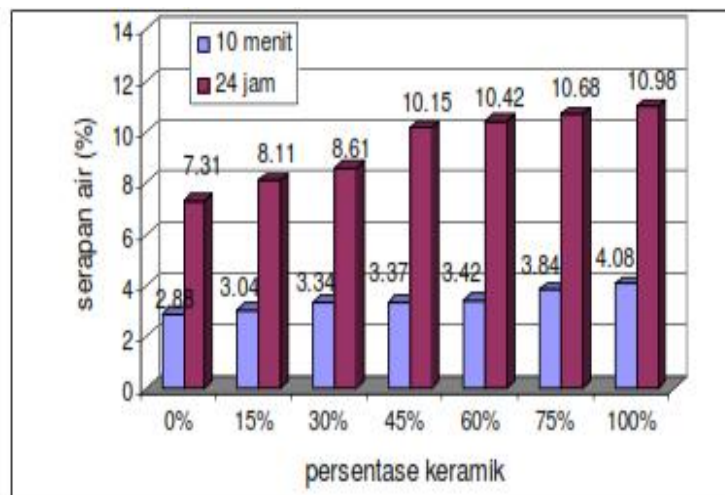
a. Wicaksono dan Sudjati (2012)

Penelitian terhadap kuat tekan dan serapan air pada beton dengan memanfaatkan pecahan limbah keramik lantai sebagai bahan pengganti batu pecah dengan variasi sebesar 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75%, dan 100% dari volume agregat kasar. Pengujian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan umur beton 28 hari. Penelitian serapan air beton dilakukan pada rendaman 10 menit dan rendaman 24 jam.

Berdasarkan penelitian, didapat bahwa kenaikan kuat tekan terbesar terjadi pada beton dengan variasi 30% sebesar 30,82 MPa. Setelah itu beton mengalami penurunan kuat tekan. Sedangkan serapan air terbesar terjadi pada beton variasi 100% sebesar 10,98% dengan rendaman 24 jam dan 4,08% dengan rendaman 10 menit. Hasil selengkapnya dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan Gambar 2.7.



Gambar 2.6: Perbandingan hasil kuat tekan beton dengan campuran keramik (Wicaksono dan Sudjati, 2012).



Gambar 2.7: Perbandingan hasil serapan air beton dengan campuran keramik (Wicaksono dan Sudjati, 2012).

b. Subekti (2009)

Penelitian dengan memanfaatkan limbah padat keramik sebagai bahan campuran batako. Penelitian sebatas menguji kuat tekan dan resapan air dengan menggunakan mortar berbentuk kubus $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Komposisi yang digunakan adalah (0% limbah + 100% pasir), (15% limbah + 85% pasir), (30% limbah + 70% pasir), (45% limbah + 55% pasir) dan (60% limbah + 40% pasir). Hasil penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Hasil uji kuat tekan dan resapan air mortar (Subekti, 2009).

Type	Kuat tekan rata-rata (kg/cm^2)		Resapan air (%)
	7 hari	28 hari	28 hari
0%	135,84	196,40	5,982
15%	95,84	104,80	10,86
30%	92,32	131,40	11,97
45%	97,92	131,20	12,35
60%	62,10	93	12,87

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

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

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

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada Tabel 2.9. pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.9: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834-2000).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'c + 12 \text{ Mpa}$

Tabel 2.9: *Lanjutan.*

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Perhitungan nilai tambah (*margin*) menggunakan Pers. 2.1 dan nilai S dapat dilihat pada Tabel 2.10.

$$\text{Nilai tambah (m)} = 12 + S \quad (2.1)$$

Tabel 2.10: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan (Mulyono, 2004).

Tingkat mutu pekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2,8
Hampir Memuaskan	3,5
Sangat Baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

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

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan diperoleh dengan Pers. 2.2.

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (2.2)$$

Keterangan:

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan, MPa

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan, MPa

m = Nilai tambah, MPa

5. Penetapan jenis semen *Portland*.

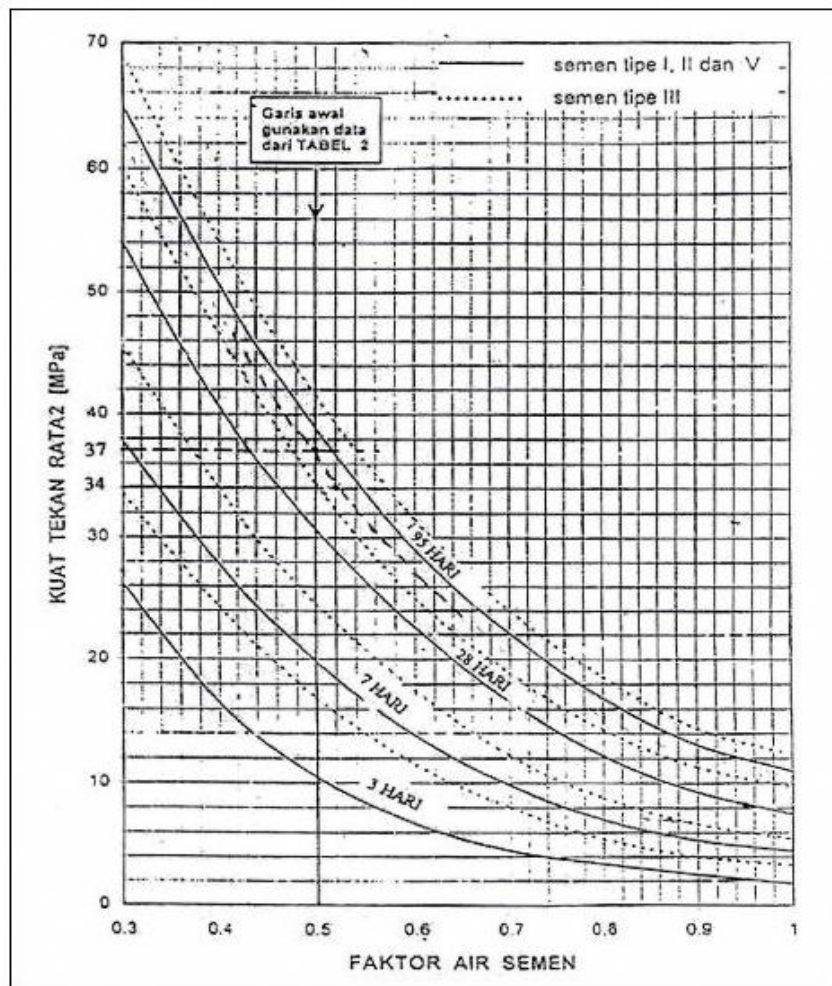
Pada cara ini dipilih semen *Portland Type I*.

6. Penetapan jenis agregat.

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

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas.

Nilai faktor air semen bebas dapat diambil dari dari Gambar 2.8.



Gambar 2.8: Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm).

8. Faktor air semen maksimum.

9. Penetapan nilai *slump*.

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

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 diambil berdasarkan pada Tabel 2.11 sesuai ukuran butir agregat maksimum untuk batu pecah (agregat kasar) maupun batu tak dipecah (agregat halus) sebagai berikut:

Tabel 2.11: 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

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut Pers. 2.3 berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (2.3)$$

Keterangan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Jumlah semen.

Jumlah semen didapat menggunakan Pers. 2.4 berikut:

$$W_{smn} = \frac{1}{FAS} \times W_{air} \quad (2.4)$$

Keterangan:

FAS = Faktor air per meter kubik beton

13. Jumlah semen maksimum.

Jika tidak ditetapkan maka dapat diabaikan.

14. Jumlah semen minimum.

Menetapkan jumlah semen seminimum mungkin, jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya dapat dilihat pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12: 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		a. 0,5 (Tipe I Pozolan (15-40) % dengan SO ₃ <3 g/l) b. 0,5 (Tipe I Pozolan (15-40) % dengan SO ₃ 0,3 – 1,2 g/l)
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		0,5
b. Air laut		0,45

15. Menentukan faktor air semen.

Jika jumlah semen berubah karna lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang diisyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

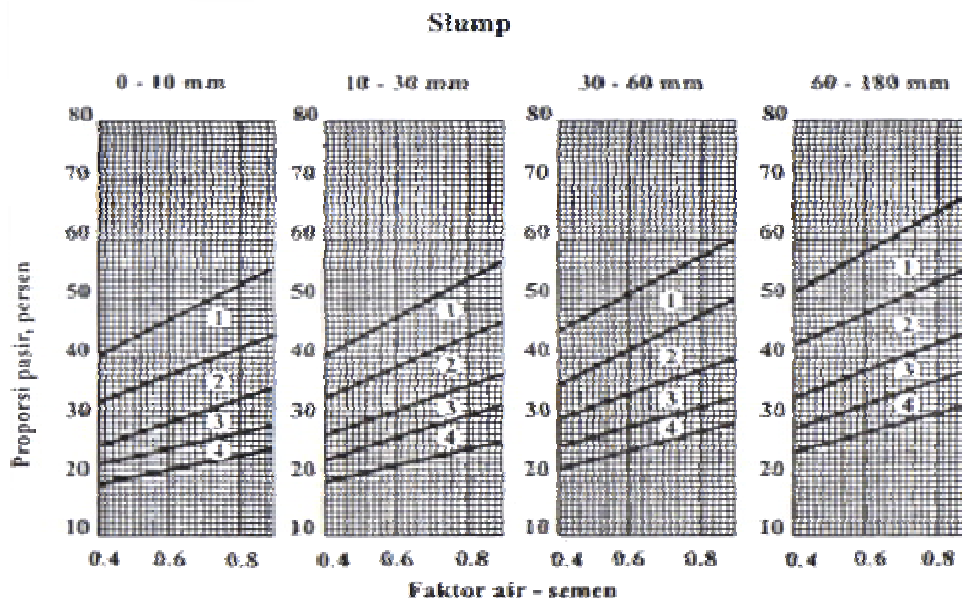
16. Penetapan jenis agregat halus:

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar (Gambar 2.1), sedang (Gambar 2.2), agak halus (Gambar 2.3) dan pasir halus (Gambar 2.4).

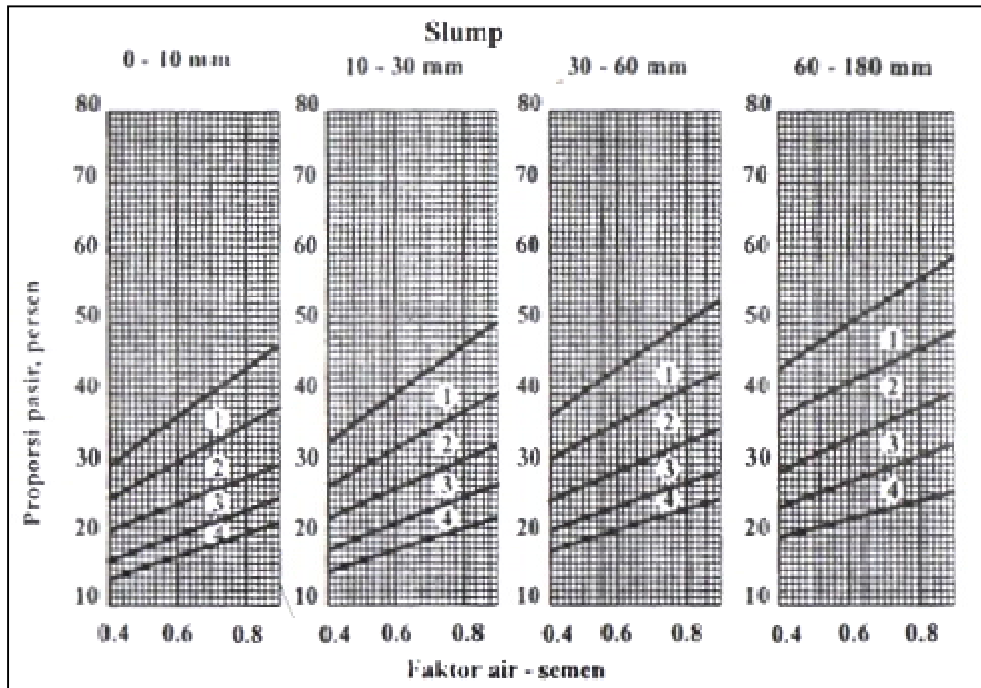
17. Penetapan jenis agregat kasar menurut Gambar 2.5.

18. Persentase agregat halus dan agregat kasar.

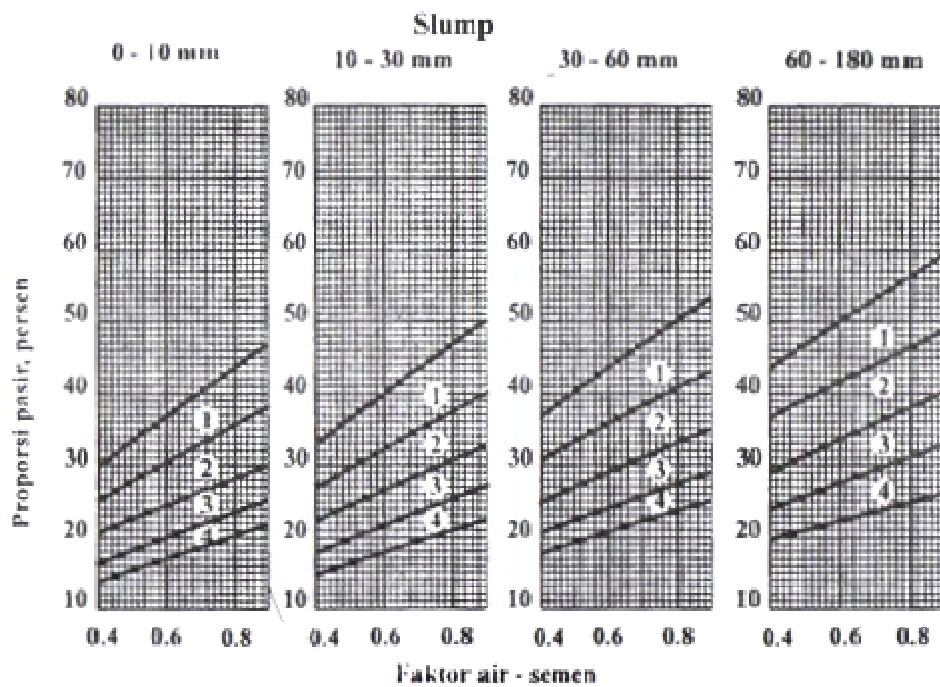
Setelah diketahui ukuran butir agregat maksimum, *slump*, faktor air semen, dan daerah susunan besar butir agregat, maka jumlah persentase pasir (agregat halus) yang diperlukan dapat ditetapkan dari Gambar 2.9, Gambar 2.10, ataupun Gambar 2.11 dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut *slump* yang digunakan secara tegak lurus berpotongan. Persentase agregat kasar didapatkan dengan perhitungan $100\% - \text{persentase agregat halus}$.



Gambar 2.9: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.10: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000).



Gambar 2.11: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

19. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan Pers. 2.5.

$$B_{j\text{ Camp}} = \frac{K_h}{100} \times B_{jh} + \frac{K_k}{100} \times B_{jk} \quad (2.5)$$

Keterangan:

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

B_{jh} = berat jenis agregat halus

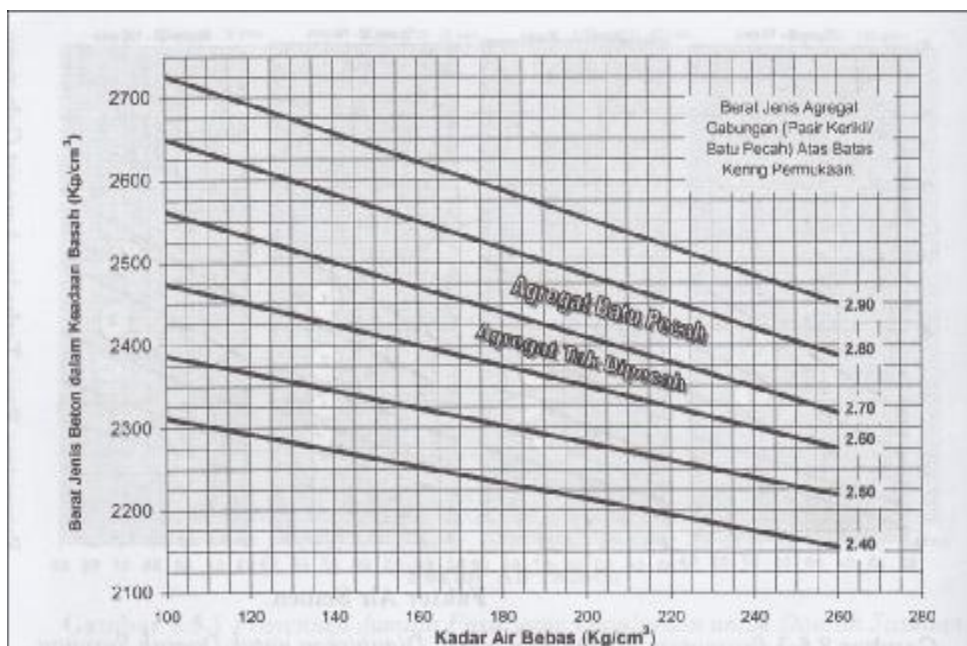
B_{jk} = berat jenis agregat kasar

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

20. Berat isi beton.

Perkiraan berat isi beton dapat diambil dari Gambar 2.12 dengan cara menghubungkan kadar air bebas dengan berat jenis agregat campuran didapatkan sebelumnya secara tegak lurus berpotongan.



Gambar 2.12: Perkiraan berat isi beton yang telah didapatkan (SNI 03-2834-2000).

21. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan Pers. 2.6.

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

Keterangan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³)

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m³)

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg/m³)

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg/m³)

22. Jumlah agregat halus.

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

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan Pers. 2.7.

$$W_{agr,h} = K_h \times W_{agr,camp} \quad (2.7)$$

Keterangan:

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

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³)

23. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (21) dan (22).

Kebutuhan agragat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr,k} = W_{agr,camp} - W_{agr,h} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$W_{agr,h}$ = kebutuhan agregat halus per meter kubik beton (kg/m³)

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m³)

24. Proporsi campuran.

Kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.

25. Koreksi proporsi campuran.

Koreksi proporsi campuran harus dilakukan teradap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut Pers. 2.9 sampai Pers. 2.11 berikut:

$$\text{Air} = B \left\{ (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \right\} - \left\{ (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \right\} \quad (2.9)$$

$$\text{Agregat halus} = C + \left\{ (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \right\} \quad (2.10)$$

$$\text{Agregat kasar} = D + \left\{ (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \right\} \quad (2.11)$$

Keterangan:

B = Jumlah air

C = Jumlah agregat halus

D = Jumlah agregat kasar

C_a = Absorpsi air pada agregat halus (%)

D_a = Absorpsi air pada agregat kasar (%)

C_k = Kadar air pada agregat halus (%)

D_k = Kadar air pada agregat kasar (%)

2.9. *Slump Test*

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

2.10. 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 di dalam 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, *film plastic* atau kertas perawatan tanah air, agar uap air yang terdapat dalam beton tidak hilang.

4. *Steam Curing* (perawatan uap)

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

5. *Autoclave*

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

2.11. Kuat Tekan

Kuat Tekan merupakan suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Dapat ditulis dengan persamaan (SNI 1974-2011):

$$f \text{ (saat pengujian)} = \frac{P}{A} \quad (2.12)$$

Keterangan:

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

P = Beban tekan (kg)

A = Luas penampang (cm²)

Kuat tekan menjadi parameter untuk menentukan mutu dan kualitas beton yang ditentukan oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air.

Pembuatan beton akan berhasil jika dalam pencapaian kuat tekan beton telah sesuai dengan yang telah direncanakan dalam *mix design*. Adapun hal-hal yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu:

1. FAS atau Faktor Air Semen

Hubungan fas dengan kuat tekan beton adalah semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Tetapi pada kenyataannya, pada suatu nilai fas tertentu semakin rendah nilai fas maka kuat tekan beton akan rendah. Hal ini terjadi karena jika fas rendah menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai optimal yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal.

2. Umur beton

Kekuatan beton akan bertambah sesuai dengan umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton dipengaruhi oleh fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas, maka semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan maka semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya.

3. Jenis Semen

Kualitas pada jenis-jenis semen memiliki laju kenaikan kekuatan yang berbeda.

4. Efisiensi dari perawatan (*curing*)

Kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila terjadi pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan di lapangan dan pada pembuatan benda uji.

5. Sifat agregat

Dalam hal ini, kekerasan permukaan, gradasi, dan ukuran maksimum agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton.

Untuk melakukan pengujian kuat tekan benda uji digunakan alat *Universal Testing Machine*. 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 2.13.

Tabel 2.13: 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 kuat tekan dapat diestimasi dengan cara membagi hasil kuat tekan pada umur tertentu dibagi dengan koefisien kuat tekan sesuai jumlah umur pengujian.

Untuk estimasi kuat tekan dilakukan terhadap kuat tekan umur 28 hari menggunakan Pers. 2.13:

$$f(\text{estimasi 28 hari}) = \frac{f(\text{saat pengujian})}{\text{koefisien}} \quad (2.13)$$

Keterangan:

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

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

koefisien = koefisien dari umur beton

Koefisien dari umur beton diperoleh dari jumlah hari beton selesai dicetak hingga beton di tes kuat tekannya. Pada Tabel 2.14 dijelaskan beberapa koefisien umur hari pada beton.

Tabel 2.14: Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur (Tjokrodinuljo, 2007).

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

2.12. Serapan Air

Serapan air pada beton dapat digunakan sebagai parameter terhadap porus dan padatnya suatu adukan, yang mana pada aplikasinya dapat mempengaruhi sifat kekedapan dan keawetan bahan terutama untuk bagian konstruksi yang memerlukan kedap air. Kekedapan merupakan fungsi dari keawetan karena semakin sulit ditembus oleh oleh bahan-bahan perusak seperti sulfat, klorida, dan lain sebagainya (Widyawati, 2011).

Pengujian serapan air bertujuan untuk mengetahui besarnya air yang dapat diserap oleh beton dengan membandingkan antara berat beton yang telah melewati proses perendaman dalam air dengan berat beton pada kondisi kering oven (Widyawati, 2011).

“Beton memiliki kecenderungan untuk mengandung rongga akibat adanya gelembung udara yang terbentuk selama proses pembuatan dan pencoran beton.” (Murdock dan Brook, 1986).

Semakin banyak rongga udara yang terjadi dalam beton maka beton akan lebih mudah menyerap air sehingga kekedapan beton menjadi berkurang. Sifat kekedapan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: mutu dan porositas agregat, umur beton, gradasi agregat dan perawatan beton (Murdock dan Brook, 1986).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

3.1.1. Metodologi Penelitian

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

1. Data primer

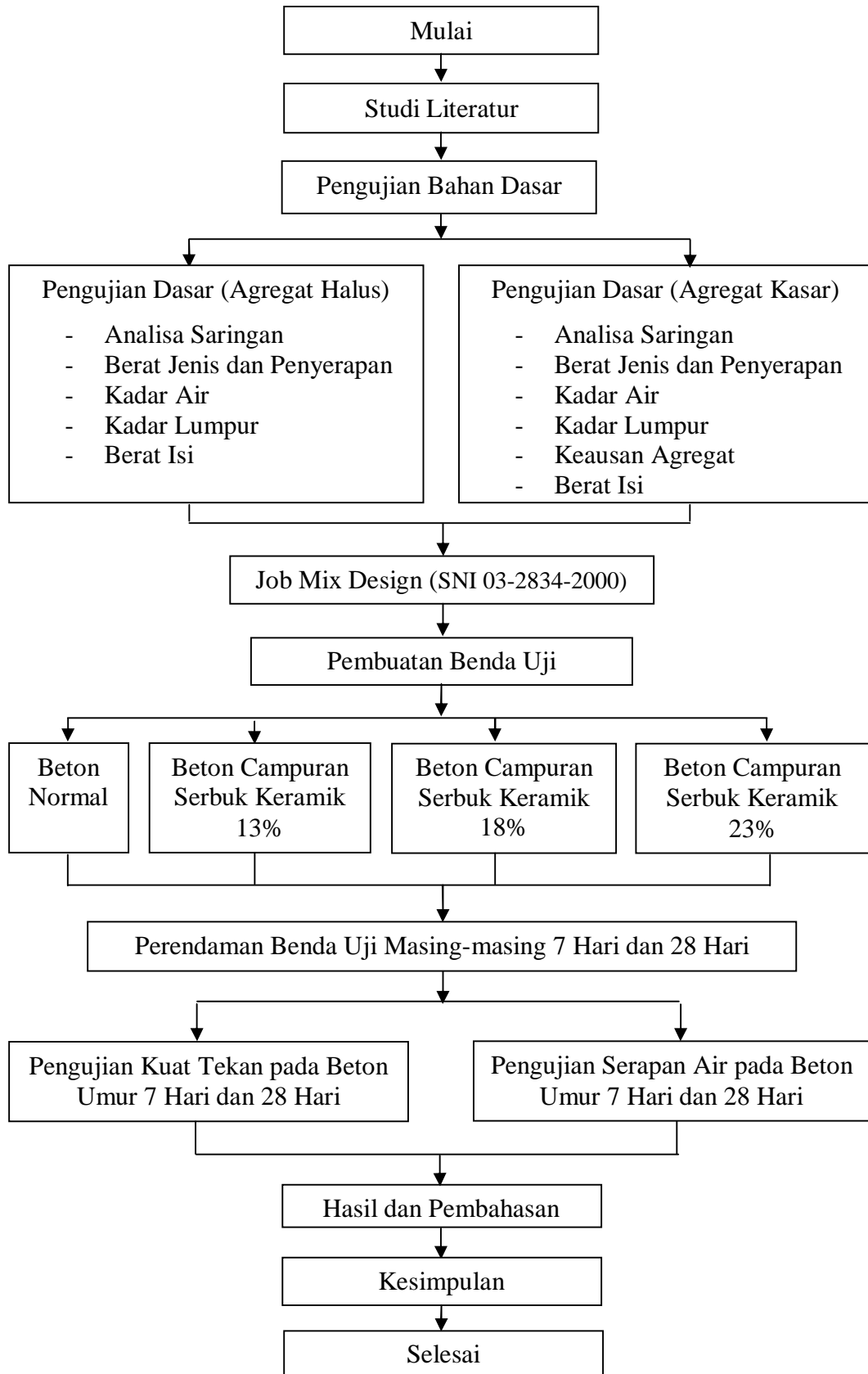
Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di Laboratorium Beton Teknik Sipil UMSU seperti:

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

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton/literatur dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing serta konsultasi dengan asisten laboratorium di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Februari 2017 hingga Juni 2017. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Holcim PCC (*Portland Composit Cement*).

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

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

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Serbuk Keramik

Keramik diperoleh dari tempat pelelangan keramik di Jalan Karya, lalu keramik ditumbuk hingga mencapai kehalusan yang direncanakan.

3.3.2. Peralatan

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

a. Cetakan benda uji berbentuk silinder

b. Alat pengaduk beton (*mixer*)

c. Kerucut *Abrams*

d. Mistar

e. Sekop

f. Pan

- g. Bak perendam
- h. Timbangan digital
- i. Oven
- j. Mesin uji tekan (*compression test*)

3.4. Persiapan Penelitian

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

3.5. Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengikuti panduan dari SNI dan ASTM tentang pemeriksaan agregat serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.5.1. Pemeriksaan Agregat Halus

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

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

3.5.1.1. Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU

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

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

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample & mold (berat contoh SSD & berat wadah) W1 (gr)</i>	669	684	736	696,33
<i>Wt of oven dry sample & mold (berat contoh kering oven & wadah) W2 (gr)</i>	658	673	725	685,33
<i>Wt of mold (berat wadah) W3 (gr)</i>	169	184	236	196,33
<i>Wt of water (berat air) (W1-W2) (gr)</i>	11	11	11	11
<i>Wt of oven dry sample (berat contoh kering) (W2-W3) (gr)</i>	489	489	489	489
<i>Water content (kadar air) ((W1-W2)/(W2-W3))x100%</i>	2,25	2,25	2,25	2,25

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan cara memasukkan contoh agregat ke dalam oven dengan suhu $(105 + 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian, hasil yang didapat dihitung dari berat air dibagi dengan berat kering contoh, kemudian membuat hasilnya dalam bentuk persentase. Hasil rata-rata yang didapatkan dari pemeriksaan kadar air adalah sebesar 2,25%, hasil yang didapat telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2,1% - 2,3%.

3.5.1.2. Kadar Lumpur 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 pemeriksaan kadar lumpur pada agregat. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.2 sehingga diketahui kadar lumpur agregat halus yang diperiksa.

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

<i>Fine Agregate</i> (Agregat halus)	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
Berat contoh kering: A (gr)	500	500	500	500
Berat kering contoh setelah dicuci: B (gr)	482	483	485	483,33
Berat kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci: C (gr)	18	17	15	16,67
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci (%)	3,60	3,40	3,00	3,33

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya dalam bentuk persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3,60%, sampel kedua sebesar 3,40%, dan untuk sampel ketiga sebesar 3,00%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,33%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu lebih kecil dari 5%.

3.5.1.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 128 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat halus yang diperiksa.

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

<i>Fine Agregate Passing No. 9.5 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample in air</i> (berat contoh SSD kering permukaan jenuh) B (gr)	500	500	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan) E (gr)	492	491	491	491,33
<i>Wt of flask + water</i> (berat piknometer penuh air) D (gr)	666	667	666	666,33
<i>Wt of flask + water + sample</i> (berat contoh SSD dalam piknometer penuh air) C (gr)	971	969	970	970
<i>Bulk sp grafity dry</i> (berat jenis contoh kering) $E/(B+D-C)$ (gr/cm ³)	2,52	2,48	2,51	2,50
<i>Bulk sp grafity SSD</i> (berat jenis contoh SSD) $B/(B+D-C)$ (gr/cm ³)	2,56	2,52	2,55	2,54
<i>Apparent sp grafity</i> (berat jenis contoh semu) $E/(E+D-C)$ (gr/cm ³)	2,63	2,60	2,63	2,62
<i>Absortion</i> (penyerapan) $((B-E)/E) \times 100\%$	1,63	1,83	1,83	1,76

Berdasarkan pada Tabel 3.3, terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,50 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,54 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,62 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat halus yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 1,76%. Berdasarkan standar ASTM C 128, berat jenis kering permukaan (SSD) yang baik berkisar antara (2,5-2,63) gr/cm³. Syarat

absorpsi yang baik menurut ASTM C 128-93 adalah $< 2\%$. Nilai berat jenis dan absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi standar.

3.5.1.4. Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat isi agregat halus. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.4 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

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

No	<i>Fine Agregate Passing No. 50.8 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
1	<i>Wt of sample & mold (berat contoh & wadah) Gr</i>	18210	19050	18540	18600
2	<i>Wt of mold (berat wadah) Gr</i>	5300	5300	5300	5300
3	<i>Wt of sample (berat contoh) Gr</i>	12910	13750	13240	13300
4	<i>Vol of mold (volume wadah) cm³</i>	10952,23	10952,23	10952,23	10952,23
5	<i>Unit weight (berat isi) gr/cm³</i>	1,179	1,255	1,209	1,214

Berdasarkan Tabel 3.4, percobaan berat isi agregat halus didapat rata-rata pada pengujian sebesar $1,214 \text{ gr/cm}^3$. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga sampel, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu lebih besar dari $1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.5.1.5. 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.

Sieve Size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Ave. (gr)	%	Ret.	Pass.
9.50 3/8 in	0	0	0	0	0	0	100
4.75 No. 4	4	6	14	24	0,71	0,71	99,29
2.36 No. 8	7	8	24	39	1,15	1,86	98,14
1.18 No.16	10	15	28	53	1,56	3,42	96,58
0.60 No. 30	12	10	72	94	2,77	6,19	93,81
0.30 No. 50	520	517	526	1563	46,05	52,24	47,76
0.15 No. 100	318	410	485	1213	35,74	87,98	12,02
Pan	127	132	149	408	12,02	100	0
Total	998	1098	1298	3394	100		

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 = 3394 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{24}{3394} \times 100\% = 0,71 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{39}{3394} \times 100\% = 1,15 \%$$

$$\begin{aligned}
\text{No.16} &= \frac{53}{3394} \times 100\% = 1,56 \% \\
\text{No.30} &= \frac{94}{3394} \times 100\% = 2,77 \% \\
\text{No.50} &= \frac{1563}{3394} \times 100\% = 46,05 \% \\
\text{No.100} &= \frac{1213}{3394} \times 100\% = 35,74 \% \\
\text{Pan} &= \frac{408}{3394} \times 100\% = 12,02 \%
\end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
\text{No.4} &= 0,00 + 0,71 = 0,71 \% \\
\text{No.8} &= 0,71 + 1,15 = 1,86 \% \\
\text{No.16} &= 1,86 + 1,56 = 3,42 \% \\
\text{No.30} &= 3,42 + 2,77 = 6,19 \% \\
\text{No.50} &= 6,19 + 46,05 = 52,24 \% \\
\text{No.100} &= 52,24 + 35,74 = 87,98 \% \\
\text{Pan} &= 87,98 + 12,02 = 100,00 \%
\end{aligned}$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 252,40 %

$$\begin{aligned}
\text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\
&= \frac{252,40}{100} \\
&= 2,52
\end{aligned}$$

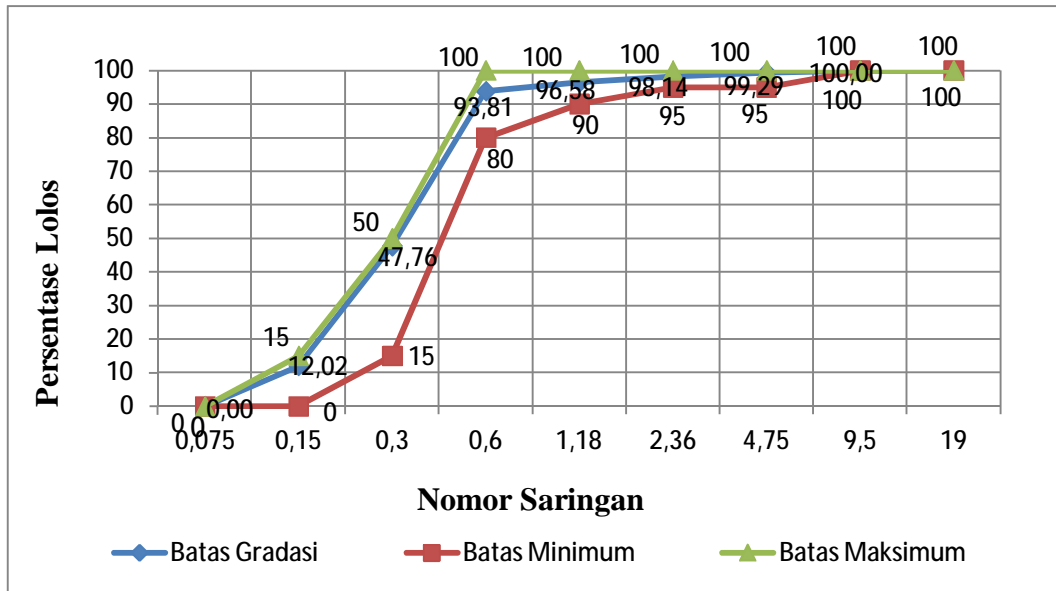
Modulus kehalusan atau *Fine Modulus (FM)* yang didapat sudah memenuhi syarat berdasarkan ASTM C-33 untuk agregat halus yaitu 2,2 – 3,2.

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
\text{No.4} &= 100 - 0,71 = 99,29 \% \\
\text{No.8} &= 100 - 1,86 = 98,14 \% \\
\text{No.16} &= 100 - 3,42 = 96,58 \% \\
\text{No.30} &= 100 - 6,19 = 93,81 \% \\
\text{No.50} &= 100 - 52,24 = 47,76 \%
\end{aligned}$$

$$\text{No.100} = 100 - 87,98 = 12,02 \%$$

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



Gambar 3.2: Grafik gradasi agregat halus (zona 4 pasir halus).

Pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000. Dari hasil persentase berat kumulatif yang lolos saringan, maka pasir tersebut masuk dalam *range* pasir (halus) zona 4.

3.5.2. Pemeriksaan Agregat Kasar

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan/pemeriksaan diantaranya:

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

3.5.2.1. Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang kadar air agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.6 sehingga diketahui kadar air agregat kasar yang diperiksa.

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

<i>Coarse Agregate Passing No. 19,10 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample & mold (berat contoh SSD & berat wadah)</i> gr	1737	1992	1679	1802,67
<i>Wt of SSD sample (berat contoh SSD)</i> gr	1500	1500	1500	1500
<i>Wt of oven dry sample & mold (berat contoh kering oven & wadah)</i> gr	1727	1983	1670	1793,33
<i>Wt of mold (berat wadah)</i> gr	237	492	179	302,67
<i>Wt of water (berat air)</i> gr	10	9	9	9,33
<i>Wt of oven dry sample (Berat contoh kering)</i> gr	1490	1491	1491	1490,67
<i>Water content (kadar air)</i> %	0,67	0,60	0,60	0,62

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan cara memasukkan contoh agregat ke dalam oven dengan suhu $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali pengujian, hasil yang didapat dihitung dari berat air dibagi dengan berat contoh kering, kemudian membuat hasilnya dalam bentuk persentase. Nilai rata-rata kadar air pada agregat kasar yang diteliti adalah sebesar 0,62% dan hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu 0,5% - 1,5%.

3.5.2.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000 serta mengikuti buku panduan praktikum beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah

Sumatera Utara. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.7 sehingga diketahui kadar lumpur agregat kasar yang diperiksa.

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

<i>Coarse Agregate</i> (Agregat kasar)	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
Berat contoh kering: A (gr)	1500	1500	1500	1500
Berat kering contoh setelah dicuci: B (gr)	1490	1492	1490	1490,67
Berat kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci: C (gr)	10	8	10	9,33
Persentase kotoran agregat lolos saringan (No. 200) setelah dicuci %	0,67	0,53	0,67	0,62

Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan Saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal sampel, kemudian membuat hasilnya dalam bentuk persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,67%, sampel kedua sebesar 0,53%, dan sampel ketiga sebesar 0,67%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,62%. Menurut PBI 1971 hasil pemeriksaan kadar lumpur di atas telah memenuhi syarat yaitu tidak boleh melebihi 1%.

3.5.2.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga diketahui berat jenis dan penyerapan agregat kasar yang diperiksa.

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

<i>Coarse Agregate Passing No. 19.10 mm</i>	<i>Sample I</i>	<i>Sample II</i>	<i>Sample III</i>	<i>Average</i>
<i>Wt of SSD sample in air</i> (berat contoh SSD kering permukaan jenuh) A (gr)	3100	2700	3300	3033,33
<i>Wt of oven dry sample</i> (berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan) C (gr)	3079	2678	3272	3009,67
<i>Wt of SSD sample in water</i> (berat contoh SSD di dalam air) B (gr)	1962	1711	2079	1917,33
<i>Bulk sp. grafiti dry</i> (berat jenis contoh kering) $C/(A-B)$ (gr/cm ³)	2,71	2,71	2,68	2,70
<i>Bulk sp. grafiti SSD</i> (berat jenis contoh SSD) $A/(A-B)$ (gr/cm ³)	2,72	2,73	2,70	2,72
<i>Apparent sp. grafiti</i> (berat jenis contoh semu) $C/(C-B)$ (gr/cm ³)	2,76	2,77	2,74	2,76
<i>Absorption</i> (penyerapan) $((A-C)/C) \times 100\%$	0,68	0,82	0,86	0,79

Dari hasil pemeriksaan didapat data-data pada Tabel 3.8, sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorption*) pada agregat kasar yang diteliti. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering < Berat Jenis SSD < Berat Jenis Contoh Semu. Dari percobaan didapat rata-rata nilai berat jenis contoh kering sebesar 2,70 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,72 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,76 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai rata-rata penyerapan pada agregat kasar sebesar 0,79%. Berat jenis SSD yang didapat sesuai dengan syarat ASTM C 127 yaitu berkisar antara (2,68-2,74) gr/cm³ dan nilai absorpsi agregat kasar yang didapat tidak melewati batas maksimum yaitu sebesar 4%.

3.5.2.4. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang berat isi agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.9 sehingga diketahui berat isi agregat kasar yang diperiksa.

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

No	Coarse Agregate Passing No. 50.8 mm	Sample I	Sample II	Sample III	Average
1	Wt of sample & mold (berat contoh & wadah), gr	26520	28540	27420	27493,33
2	Wt of mold (berat wadah), Gr	6440	6440	6440	6440
3	Wt of sample (berat contoh) Gr	20080	22100	20980	21053,33
4	Vol of mold (volume wadah) cm ³	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	Unit weight (berat isi) gr/cm ³	1,284	1,429	1,357	1,357

Pada Tabel 3.9 dijelaskan bahwa nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,357 gr/cm³. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai pada penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,284 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,429 gr/cm³, sedangkan percobaan ketiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,357 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.5.2.5. Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-1986-1990 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi teknik sipil fakultas teknik UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

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

Sieve Size	Retained Fraction					Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Sample III (gr)	Total Weight (gr)	%	Ret.	Pass.
	38,1 1,5"	128	77	156	361	4,06	4,06
19,0 3/4"	790	1001	1100	2891	32,52	36,58	63,42
9,52 3/8"	1466	1497	1086	4049	45,54	82,12	17,88
4,75 No. 4	314	321	955	1590	17,88	100,00	0,00
2,36 No. 8	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1,18 No.16	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0,60 No. 30	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0,30 No. 50	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0,15 No. 100	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Total	2698	2896	3297	8891	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 tiga kali, nomor saringan yang dipakai diambil berdasarkan metode ASTM C 33, yang pada pengerjaan *Job Mix Design* nantinya dimodifikasi agar sesuai dengan tata cara perencanaan campuran beton menurut SNI 03-2834-2000. Penjelasan tentang persentase dan kumulatif agregat dijelaskan sebagai berikut:

Total berat pasir = 8891 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{361}{8891} \times 100\% = 4,06 \%$$

$$3/4 = \frac{2891}{8891} \times 100\% = 32,52 \%$$

$$3/8 = \frac{4049}{8891} \times 100\% = 45,54 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{1590}{8891} \times 100\% = 17,88 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 4,06 = 4,06 \%$$

$$3/4 = 4,06 + 32,52 = 36,58 \%$$

$$3/8 = 36,58 + 45,54 = 82,12 \%$$

$$\text{No.4} = 82,12 + 17,88 = 100,00 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 722,76

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus Kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\ &= \frac{722,76}{100} \\ &= 7,23 \end{aligned}$$

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

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

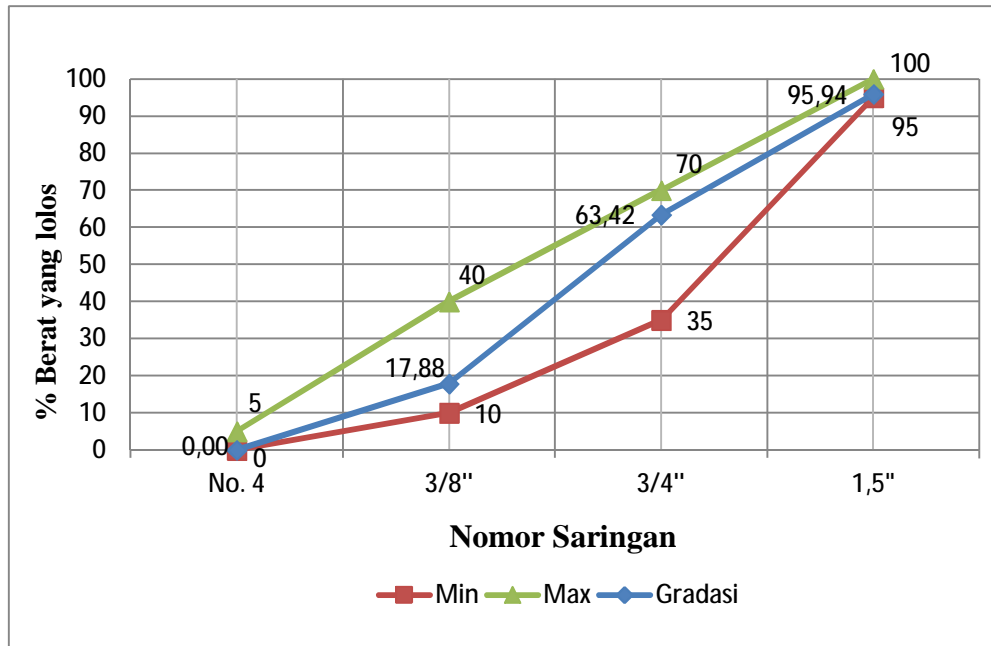
$$1,5 = 100 - 4,06 = 95,94 \%$$

$$3/4 = 100 - 36,58 = 63,42 \%$$

$$3/8 = 100 - 82,12 = 17,88 \%$$

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

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.

3.5.2.6. Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*

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

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sample sebelum pengujian = 5000 gr

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

Untuk mendapatkan nilai dari keausan agregat digunakan Pers. 3.1:

$$Abrasion = \frac{Berat\ awal - Berat\ akhir}{Berat\ awal} \times 100\% \quad (3.1)$$

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

<i>Sieve Size</i>	<i>Wt of sample before test</i> (Berat awal) gr	<i>Wt of sample after test</i> (Berat akhir) gr
12,5 (1/2 in)	2500	1553
9,50 (3/8 in)	2500	1632
4,75 (No. 4)	-	534
2,36 (No. 8)	-	330
1,18 (No. 16)	-	-
0,60 (No. 30)	-	-
0,30 (No. 50)	-	-
0,15 (No. 100)	-	-
Pan	-	89
Total	5000	4138
	Berat lolos saringan No. 12	862
	<i>Abrasion</i> (Keausan) (%)	17,24 %

$$\begin{aligned}
 Abrasion &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5000 - 4138}{5000} \times 100\% = 17,24\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan yang terdapat pada Tabel 3.11 diketahui bahwa berat akhir setelah melakukan pengujian keausan agregat adalah sebesar 4138 gr dan nilai *abrasion* (keausan) sebesar 17,24 %. Nilai tersebut telah memenuhi standar PBI 1971 bahwa nilai keausan agregat tidak lebih dari 50%.

3.6. 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).

3.7. Pelaksanaan Penelitian

3.7.1. 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.

3.7.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder yang berjumlah 64 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.7.3. Pengujian Slump

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

3.7.4. Perawatan Beton

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

3.7.5. Pengujian Kuat Tekan

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

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

3.7.6. Pengujian Serapan Air Beton

Pengujian dilakukan menggunakan oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu dan timbangan digital. Jumlah sampel pengujian untuk setiap variasi direncanakan sebanyak 4 buah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Langkah kerja serapan air beton ada seagai berikut:

1. Sebelum dimasukkan ke dalam oven, benda uji didiamkan selama 1 menit lalu diseka menggunakan kain basah untuk menghilangkan kotoran yang ada pada beton, lalu ditimbang.
2. Benda uji dikeringkan dalam oven yang diatur pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama (24 ± 4) jam.
3. Benda uji didinginkan sampai didapatkan benda uji dengan berat yang konstan dan dicatat beratnya.
4. Benda uji direndam kembali dalam bak air selama (24 ± 4) jam.
5. Setelah itu benda uji diangkat dan dicatat beratnya.

Menurut peraturan SNI-03-2914-1990, beton kedap air bila diuji dengan cara perendaman dalam air harus memenuhi syarat resapan air maksimum 2,5% terhadap berat beton kering oven bila direndam selama 10 menit dan resapan air maksimum 6,5% terhadap beton kering oven bila direndam selama 24 jam.

Berdasarkan SNI 03-6433-2000, perhitungan besarnya serapan air menggunakan Pers. 3.2.

$$\text{Serapan air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

W_1 = Berat beton setelah dikeringkan dalam oven selama (24 ± 4) jam

W_2 = Berat beton setelah direndam (24 ± 4) jam

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton

Sebelum melakukan perencanaan campuran beton (*mix design*), terlebih dahulu mengetahui data-data dari hasil penelitian pengujian dasar seperti berat jenis, kadar lumpur, berat isi dan sebagainya. Dalam hal ini penulis ingin menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan.

Dari hasil percobaan didapati data-data sebagai berikut:

- Berat jenis agregat kasar = 2,72 gr/cm³
- Berat jenis agregat halus = 2,54 gr/cm³
- Kadar lumpur agregat kasar = 0,62 %
- Kadar lumpur agregat halus = 3,33 %
- Berat isi agregat kasar = 1,36 gr/cm³
- Berat isi agregat halus = 1,21 gr/cm³
- FM agregat kasar = 7,23
- FM agregat halus = 2,52
- Kadar air agregat kasar = 0,62 %
- Kadar air agregat halus = 2,25 %
- Penyerapan agregat kasar = 0,79 %
- Penyerapan agregat halus = 1,76 %
- Nilai slump rencana = 30-60 mm
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai di atas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 40 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834 (2000).

Tabel 4.1: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-2000					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan		40 MPa	
2	Deviasi Standar	Tabel 2.7		12 MPa	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.8		5,7 MPa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		57,7 MPa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat : - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai		
7	Faktor air-semen bebas			0,30	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		38 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 4.4		172 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11:7		573,33 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		573,33 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,30	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 4	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 2.9		20%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.68	
20	Berat isi beton	Gambar 2.10		2445,16 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1699,83 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		339,97 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1359,86 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	573,33	172	339,97	1359,86
- Tiap campuran uji m ³	1	0,30	0,59	2,37	

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
24	- Tiap campuran uji 0,005304 m ³ (1 silinder)	3,041	0,912	1,803	7,213
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	573,33	172,65	341,63	1357,55
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,301	0,596	2,368
	- Tiap campuran uji 0,005304 m ³ (1 silinder)	3,041	0,916	1,812	7,200

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

$$\begin{array}{cccccc}
 \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\
 573,33 & : & 341,63 & : & 1357,55 & : & 172,65 \\
 1 & : & 0,596 & : & 2,368 & : & 0,301
 \end{array}$$

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter alas} &= 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m} \\
 \text{Volume Silinder} &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= (22/7) \times 0,075^2 \times 0,3 \\
 &= 0,005304 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 573,33 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$
 $= 3,041 \text{ kg}$
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 341,63 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$
 $= 1,812 \text{ kg}$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak batu pecah} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 1357,55 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$
 $= 7,200 \text{ kg}$
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 $= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji}$
 $= 172,65 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$
 $= 0,916 \text{ kg}$

Perbandingan untuk 1 benda uji:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 3,041 : 1,812 : 7,200 : 0,916

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

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5"	4,06	$\frac{4,06}{100} \times$	7,20	0,29
3/4"	32,52	$\frac{32,52}{100} \times$	7,20	2,34
3/8"	45,54	$\frac{45,54}{100} \times$	7,20	3,28
No. 4	17,88	$\frac{17,88}{100} \times$	7,20	1,29
Total				7,20

Berdasarkan Tabel 4.2, jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam satu benda uji antara lain saringan 1,5" sebesar 0,29 kg, saringan 3/4" sebesar 2,34 kg, saringan 3/8" sebesar 3,28 kg dan saringan No. 4 sebesar 1,29 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk satu benda uji sebesar 7,20 kg.

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat pasir}$	
No. 4	0,71	$\frac{0,71}{100} \times 1,812$	0,013
No. 8	1,15	$\frac{1,15}{100} \times 1,812$	0,021
No. 16	1,56	$\frac{1,56}{100} \times 1,812$	0,028
No. 30	2,77	$\frac{2,77}{100} \times 1,812$	0,050
No. 50	46,05	$\frac{46,05}{100} \times 1,812$	0,834
No. 100	35,74	$\frac{35,74}{100} \times 1,812$	0,648
Pan	12,02	$\frac{12,02}{100} \times 1,812$	0,218
Total			1,812

Berdasarkan Tabel 4.3, jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam satu benda uji ialah saringan No. 4 sebesar 0,013 kg, saringan No. 8 sebesar 0,021 kg, saringan No. 16 sebesar 0,028 kg, saringan No. 30 sebesar 0,050 kg, saringan No. 50 sebesar 0,834 kg, saringan No. 100 sebesar 0,648 kg, dan pan sebesar 0,218 kg . Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk satu benda uji sebesar 1,812 kg.

a. Bahan *filler* agregat halus

Untuk bahan *filler* agregat halus yang digunakan adalah serbuk keramik tertahan saringan No. 50 dengan variasi sebesar 13%, 18% dan 23% dapat dilihat pada Tabel 4.4.

- Serbuk keramik yang dibutuhkan sebanyak 13% untuk satu benda uji.

$$= \frac{13}{100} \times \text{Berat agregat halus}$$

$$= \frac{13}{100} \times 1,812 \text{ kg}$$

$$= 0,236 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan No. 50 yang digunakan adalah

$$= 0,834 - 0,236$$

$$= 0,598 \text{ kg}$$

- Serbuk keramik yang dibutuhkan sebanyak 18% untuk satu benda uji.

$$= \frac{18}{100} \times \text{Berat agregat halus}$$

$$= \frac{18}{100} \times 1,812 \text{ kg}$$

$$= 0,326 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan No. 50 yang digunakan adalah

$$= 0,834 - 0,326$$

$$= 0,508 \text{ kg}$$

- Serbuk keramik yang dibutuhkan sebanyak 23% untuk satu benda uji.

$$= \frac{23}{100} \times \text{Berat agregat halus}$$

$$= \frac{23}{100} \times 1,812 \text{ kg}$$

$$= 0,417 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah

$$= 0,834 - 0,417$$

$$= 0,417 \text{ kg}$$

Tabel 4.4: Banyak serbuk keramik dan agregat halus No.50 yang dibutuhkan untuk satu benda uji.

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Serbuk Keramik (kg)	Berat Agregat Halus No.50 (kg)
13%	0,236	0,598
18%	0,326	0,508
23%	0,417	0,417

Berdasarkan Tabel 4.4, dijelaskan bahwa penggunaan jumlah bahan *filler* untuk 13% sebesar 0,236 kg dan agregat halus No.50 sebesar 0,598 kg, jumlah bahan *filler* untuk 18% sebesar 0,326 kg dan agregat halus No.50 sebesar 0,508 kg, serta jumlah bahan *filler* untuk 23% sebesar 0,417 kg dan agregat halus No.50 sebesar 0,417 kg.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 64 benda uji dengan perincian 16 benda uji untuk beton normal (beton tanpa *filler*), 16 benda uji dengan *filler* 13%, 16 benda uji dengan *filler* 18%, dan 16 benda uji dengan *filler* 23%. Banyak bahan yang dibutuhkan untuk 64 benda uji adalah:

- Serbuk keramik sebagai bahan *filler* yang dibutuhkan untuk 64 benda uji:

- Ø Untuk beton bahan *filler* 13%

$$= \text{banyak serbuk keramik untuk satu benda uji} \times 16$$

$$= 0,236 \times 16$$

$$= 3,776 \text{ kg}$$

- Ø Untuk beton bahan *filler* 18%

$$= \text{banyak serbuk keramik untuk satu benda uji} \times 16$$

$$= 0,326 \times 16$$

$$= 5,216 \text{ kg}$$

- Ø Untuk beton bahan *filler* 23%

$$= \text{banyak serbuk keramik untuk satu benda uji} \times 16$$

$$= 0,417 \times 16$$

$$= 6,672 \text{ kg}$$

Maka, jumlah serbuk keramik yang dibutuhkan untuk 64 benda uji adalah:
 $3,776 + 5,216 + 6,672 = 15,664 \text{ kg}$.

- Pasir yang dibutuhkan untuk 64 benda uji

$$= \text{Banyak pasir untuk satu benda uji} \times 64$$

$$= 1,812 \times 64$$

$$= 115,968 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 64 benda uji

$$= \text{Banyak batu pecah untuk satu benda uji} \times 64$$

$$= 7,200 \times 64$$

$$= 460,800 \text{ kg}$$

- Semen yang dibutuhkan untuk 64 benda uji
 = Banyak semen untuk satu benda uji \times 64 benda uji
 = $3,041 \times 64$
 = 194,624 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 64 benda uji
 = Banyak air untuk satu benda uji \times 64
 = $0,916 \times 64$
 = 58,624 kg

Perbandingan untuk 64 benda uji:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Semen} & : & \text{Pasir} & : & \text{Batu pecah} & : & \text{Air} \\ 194,624 & : & 115,968 & : & 460,800 & : & 58,624 \end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan untuk 64 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 64 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (Kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat batu pecah	
1,5"	4,06	$\frac{4,06}{100} \times$	460,800	18,709
3/4"	32,52	$\frac{32,52}{100} \times$	460,800	149,852
3/8"	45,54	$\frac{45,54}{100} \times$	460,800	209,848
No. 4	17,88	$\frac{17,88}{100} \times$	460,800	82,391
Total				460,800

Pada Tabel 4.5 dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk 64 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan 1,5" sebesar 18,709 kg, saringan 3/4" sebesar 149,852 kg, saringan 3/8" sebesar 209,848 kg dan saringan No.4 sebesar 82,391 kg.

Tabel 4.6: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 64 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{berat pasir}$	
No. 4	0,71	$\frac{0,71}{100} \times 115,968$	0,823
No. 8	1,15	$\frac{1,15}{100} \times 115,968$	1,334
No. 16	1,56	$\frac{1,56}{100} \times 115,968$	1,809
No. 30	2,77	$\frac{2,77}{100} \times 115,968$	3,212
No. 50	46,05	$\frac{46,05}{100} \times 115,968$	53,403
No. 100	35,74	$\frac{35,74}{100} \times 115,968$	41,448
Pan	12,02	$\frac{12,02}{100} \times 115,968$	13,939
Total			115,968

Pada Tabel 4.6 dijelaskan bahwa jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk 64 benda uji pada tiap-tiap nomor saringan antara lain saringan No. 4 sebesar 0,823 kg, saringan No. 8 sebesar 1,334 kg, saringan No. 16 sebesar 1,809 kg, saringan No. 30 sebesar 3,212 kg, saringan No. 50 sebesar 53,403 kg, saringan No. 100 sebesar 41,448 kg, dan pan sebesar 13,939 kg .

4.1.1. Metode Pengerjaan Mix Design

Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

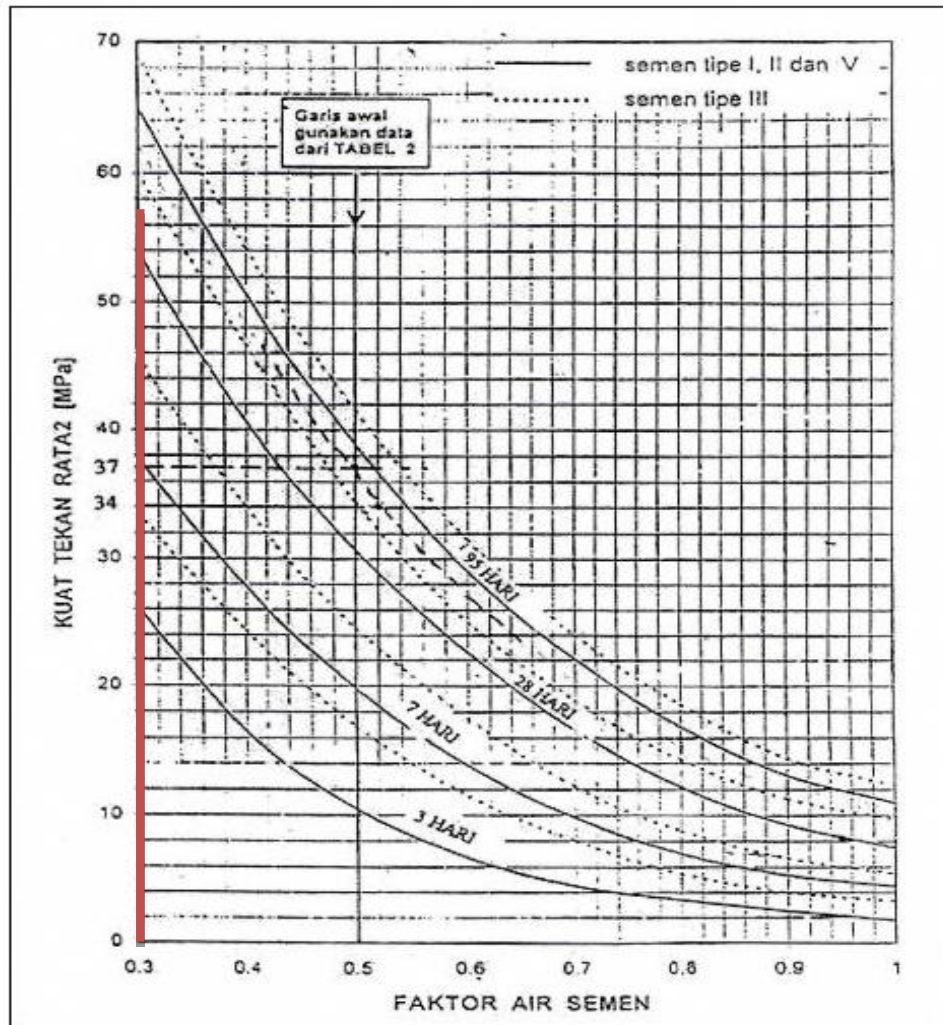
1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan 40 MPa untuk umur 28 hari dan 7 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi 12 MPa berdasarkan Tabel 2.9.
3. Nilai tambah (margin) 5,7 MPa berdasarkan Tabel 2.10.
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan Pers. 2.1.

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

$$f'_{cr} = 40 + 17,7$$

$$= 57,7 \text{ MPa}$$

5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
6. Jenis agregat diketahui :
 - agregat kasar = batu pecah (Binjai)
 - agregat halus alami = pasir (Binjai)
7. Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 57,7 MPa tarik garis horizontal menuju zona 28 hari dan zona 7 hari, lalu tarik garis ke bawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada Gambar 4.1.



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

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

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,60 berdasarkan Tabel 2.12. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.1 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
9. Nilai slump ditetapkan setinggi 30-60 mm.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 38 mm.
11. Jumlah kadar air bebas ditentukan berdasarkan Tabel 2.11 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah seperti Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Jumlah kadar air bebas yang ditentukan.

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

Setelah interpolasi memakai Pers. 4.1.

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

Dengan:

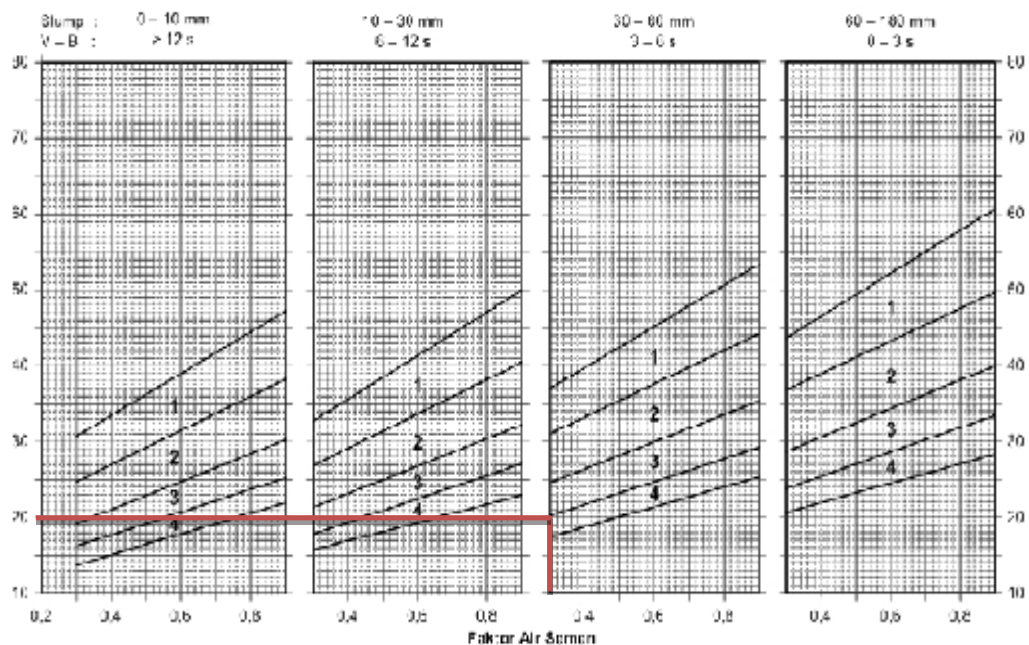
W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

$$\begin{aligned} & \frac{2}{3} \times 162 + \frac{1}{3} \times 192 \\ & = 172 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

12. Jumlah semen, yaitu : $\frac{172}{0,3} = 573,333 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.

14. Jumlah semen minimum ditetapkan 275 kg/m^3 berdasarkan Tabel 2.12. Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air-semen yang disesuaikan: dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.4.
17. Susunan besar butir agregat kasar ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 2.5.
18. Persen bahan yang lebih halus dari 4,75 mm ini dicari dalam Gambar 2.9 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air semen 0,3. Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir No.4 diperoleh harga nilai 20%. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 4.2.



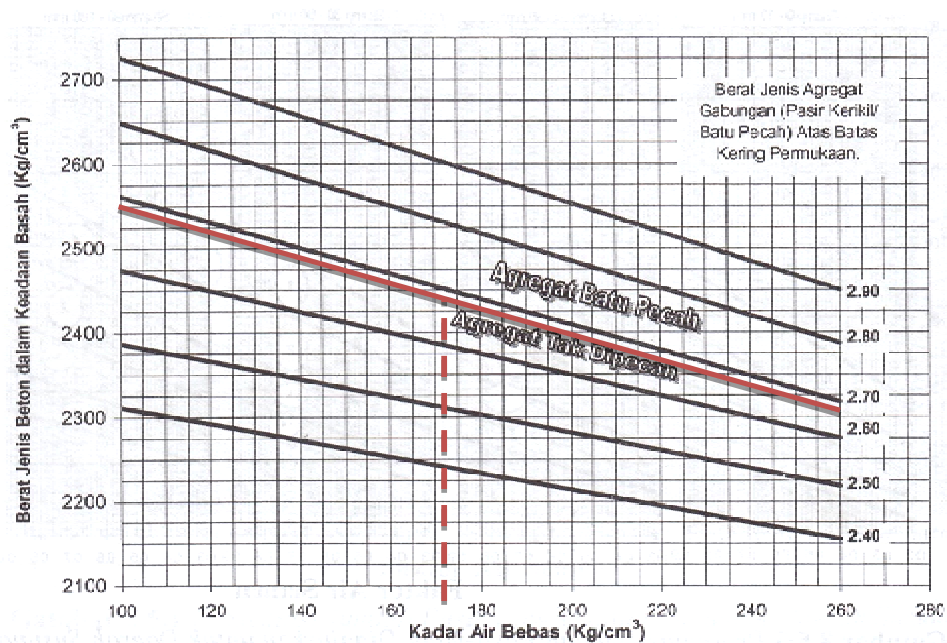
Gambar 4.2: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000).

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

Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut :

- BJ agregat halus = 2,54
- BJ agregat kasar = 2,72
- BJ agregat gabungan Halus dan kasar = $(0,20 \times 2,54) + (0,80 \times 2,72)$
= 2,68

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,68. Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 172 kg/m^3), menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka $2445,156 \text{ kg/m}^3$.



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

21. Kadar agregat gabungan

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

$$= 2445,156 - (573,333 + 172)$$

$$= 1699,823 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar agregat halus

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

$$= \frac{20}{100} \times 1699,823$$

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

23. Kadar agregat kasar

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

$$= 1699,823 - 339,965$$

$$= 1359,858 \text{ kg/m}^3$$

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

untuk tiap m^3 sebagai berikut:

- Semen = 573,333 kg
- Air = 172 kg/lt
- Agregat halus = 339,965 kg
- Agregat kasar = 1359,858 kg

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

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

$$= 172 \left\{ (2,25 - 1,76) \times \frac{339,965}{100} \right\} - \left\{ (0,62 - 0,79) \times \frac{1359,858}{100} \right\}$$

$$= 172,646 \text{ kg/m}^3$$

Dan dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat halus sebesar:

$$= C + \left\{ (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \right\}$$

$$= 339,965 + \left\{ (2,25 - 1,76) \times \frac{339,965}{100} \right\}$$

$$= 341,631 \text{ kg/m}^3$$

Serta dibutuhkan koreksi proporsi campuran untuk agregat kasar sebesar:

$$\begin{aligned} &= D + \left\{ (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \right\} \\ &= 1359,858 + \left\{ (2,25 - 1,76) \times \frac{339,965}{100} \right\} \\ &= 1357,546 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4.2. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 64 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton

Beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula-mula sebagian air (kira-kira 75% dari jumlah air yang ditetapkan) dimasukkan ke dalam mesin pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus, dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian dimasukkan sisa air yang ada ke dalam mesin pengaduk. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan campuran juga tampak homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan

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

penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton

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

4.3. Slump Test

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

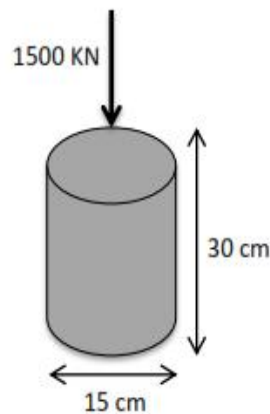
Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Keramik 13%		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Keramik 18%		Beton dan <i>filler</i> Serbuk Keramik 23%	
	7	28	7	28	7	28	7	28
<i>Slump</i>	4	4	3,9	4	3,6	3,7	3,2	3,0
(cm)	4,1	4	3,8	3,8	3,2	3,5	3,0	3,2

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil *slump test* beton normal, beton dengan *filler* serbuk keramik 13%, 18%, dan 23% adalah sebesar 3 s/d 4,1 cm.

4.4. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji yang akan diuji adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 32 benda uji, seperti pada Gambar 4.4, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar.4.4: Beban tekan pada benda uji silinder.

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

4.4.1. Kuat Tekan Beton Normal (Saat Pengujian)

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari. Dari 8 benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan karakteristik rata-rata untuk umur beton 7 hari sebesar 44,43 MPa dan untuk umur beton 28 hari sebesar 45,49 MPa, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	40500	276,01	42,46	44,43
2	46500	316,90	48,75	
3	43500	296,46	45,61	
4	39000	265,79	40,89	
Umur 28 hari				
1	63000	429,35	42,94	45,49
2	67500	460,02	46,00	
3	72000	490,69	49,07	
4	64500	439,58	43,96	

4.4.2. Kuat Tekan Beton Serbuk Keramik 13% (Saat Pengujian)

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi campuran serbuk keramik sebesar 13% dengan jumlah benda uji 8 buah, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 47,31 MPa dan 48,39 MPa pada umur 28 hari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk keramik 13%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	44500	303,27	46,66	47,31
2	48000	327,13	50,33	
3	43000	293,05	45,08	
4	45000	306,68	47,18	

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	70500	480,47	48,05	48,39
2	69000	470,24	47,02	
3	71500	487,28	48,73	
4	73000	497,51	49,75	

4.4.3. Kuat Tekan Beton Serbuk Keramik 18% (Saat Pengujian)

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi campuran serbuk keramik sebesar 18% dengan jumlah benda uji 8 buah, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 49,54 MPa dan 50,52 MPa pada umur 28 hari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk keramik 18%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	51000	347,57	53,47	49,54
2	45500	310,09	47,71	
3	48500	330,53	50,85	
4	44000	299,87	46,13	
Umur 28 hari				
1	75000	511,14	51,11	50,52
2	71500	487,28	48,73	
3	78000	531,58	53,16	
4	72000	490,69	49,07	

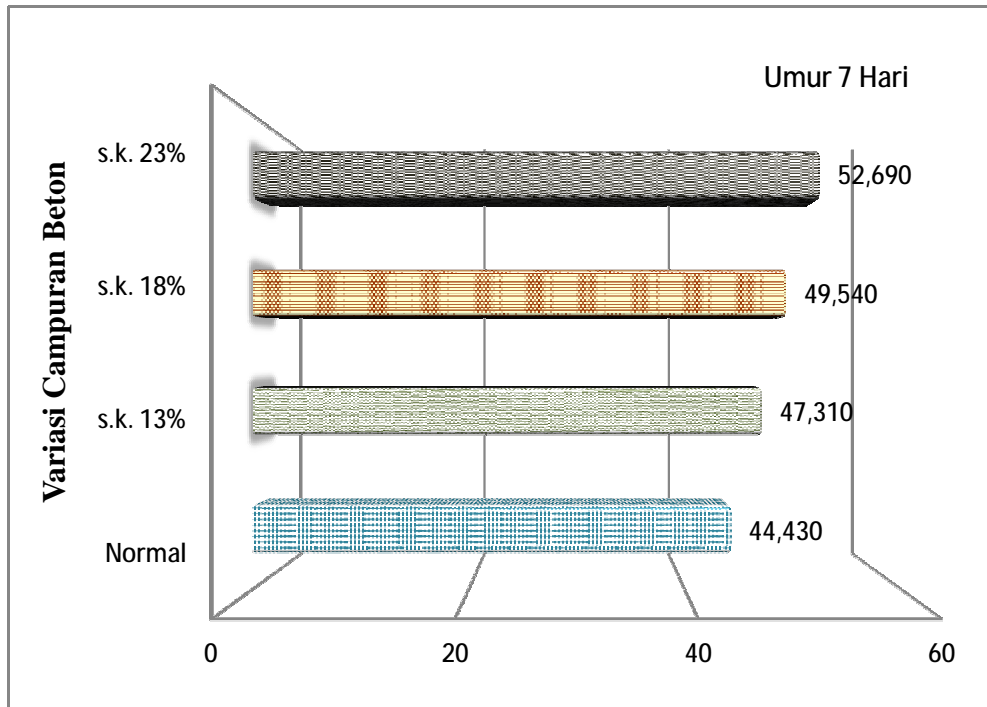
4.4.4. Kuat Tekan Beton Serbuk Keramik 23% (Saat Pengujian)

Pengujian ini dilakukan pada umur 7 dan 28 hari setelah dilakukan perendaman dan diuji kuat tekannya. Pada kuat tekan beton yang telah diberi campuran serbuk keramik sebesar 23% dengan jumlah benda uji 8 buah, maka didapat kuat tekan rata-rata untuk 7 hari sebesar 52,69 MPa dan 53,67 MPa pada umur 28 hari, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.12.

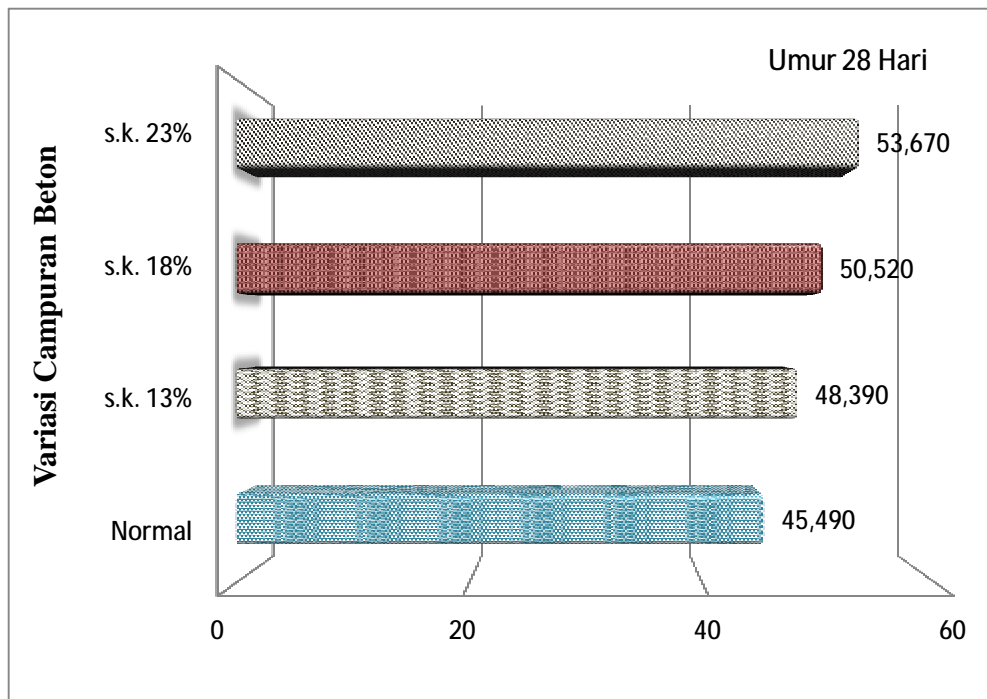
Tabel 4.12: Hasil pengujian kuat tekan beton serbuk keramik 23%.

Benda Uji	Beban tekan (P) (kg)	$A = \pi r^2$ $f'_c = (P/A)/0,83$ (Kg/cm ²)	Estimasi 28 hari $f'_c/1,00$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 7 hari				
1	49500	337,35	51,90	52,69
2	54000	368,02	56,62	
3	46500	316,90	48,75	
4	51000	347,57	53,47	
Umur 28 hari				
1	76500	521,36	52,14	53,67
2	79500	541,80	54,18	
3	81000	552,03	55,20	
4	78000	531,58	53,16	

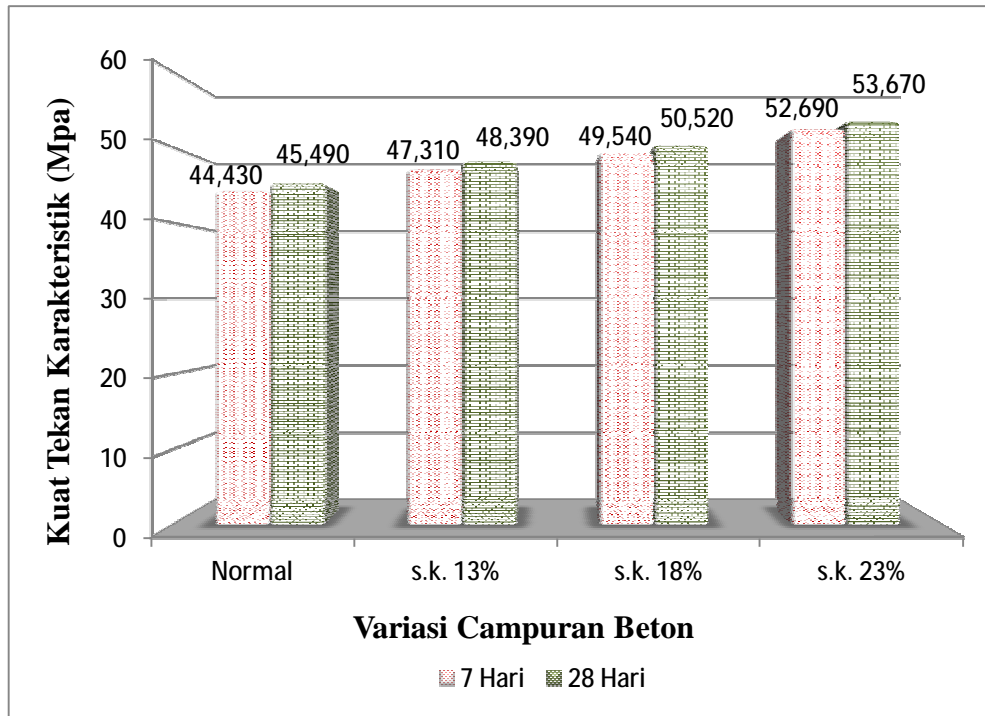
Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan hasil kuat tekan beton, dapat digambarkan pada Gambar 4.5.



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



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



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

Berdasarkan Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, dapat dilihat adanya kenaikan persentase kuat tekan beton dengan menggunakan *filler* serbuk keramik yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.

4.5. Serapan Air Beton

Pengujian serapan air beton dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ dan bak air rendaman. Benda uji yang akan diuji adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 32 benda uji dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.

4.5.1. Serapan Air Beton Normal (Saat Pengujian)

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.13, dari 8 benda uji beton normal yang diuji serapan airnya, maka diperoleh nilai serapan air rata-rata sebesar 1,26 % pada umur beton 7 hari dan 1,17 % untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.13: Hasil pengujian serapan air beton normal.

Benda uji	Berat beton setelah dioven ± 24 jam (gr)	Berat beton sesudah direndam ± 24 jam (gr)	Serapan air beton (%)	Serapan air beton rata-rata (%)
Umur beton 7 hari				
1	12779	12943	1,28	1,26
2	12813	12996	1,43	
3	12801	12982	1,41	
4	12930	13050	0,93	
Umur beton 28 hari				
1	12773	12923	1,17	1,17
2	12521	12677	1,25	
3	12673	12790	0,92	
4	12914	13089	1,36	

4.5.2. Serapan Air Beton Serbuk Keramik 13% (Saat Pengujian)

Pengujian beton *filler* 13% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.14, dari 8 benda uji beton *filler* 13% yang diuji serapan airnya, maka diperoleh nilai serapan air rata-rata sebesar 1,87 % pada umur beton 7 hari dan 1,72 % untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.14: Hasil pengujian serapan air pada beton *filler* 13%.

Benda uji	Berat beton setelah dioven ± 24 jam (gr)	Berat beton sesudah direndam ± 24 jam (gr)	Serapan air beton (%)	Serapan air beton rata-rata (%)
Umur beton 7 hari				
1	12523	12741	1,74	1,87
2	12491	12722	1,85	
3	12397	12632	1,90	
4	12412	12658	1,98	

Tabel 4.14: *Lanjutan.*

Benda uji	Berat beton setelah dioven ± 24 jam (gr)	Berat beton sesudah direndam ± 24 jam (gr)	Serapan air beton (%)	Serapan air beton rata-rata (%)
Umur beton 28 hari				
1	12715	12928	1,68	1,72
2	12697	12889	1,51	
3	12282	12499	1,77	
4	12447	12689	1,94	

4.5.3. Serapan Air Beton Serbuk Keramik 18% (Saat Pengujian)

Pengujian beton *filler* 18% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.15, dari 8 benda uji beton *filler* 18% yang diuji serapan airnya, maka diperoleh nilai serapan air rata-rata sebesar 2,05 % pada umur beton 7 hari dan 1,92 % untuk umur beton 28 hari.

Tabel 4.15: Hasil pengujian serapan air pada beton *filler* 18%.

Benda uji	Berat beton setelah dioven ± 24 jam (gr)	Berat beton sesudah direndam ± 24 jam (gr)	Serapan air beton (%)	Serapan air beton rata-rata (%)
Umur beton 7 hari				
1	12417	12672	2,05	2,05
2	12418	12665	1,99	
3	12435	12685	2,01	
4	12438	12703	2,13	
Umur beton 28 hari				
1	12114	12362	2,05	1,92
2	12311	12552	1,96	
3	12409	12624	1,73	
4	12467	12710	1,95	

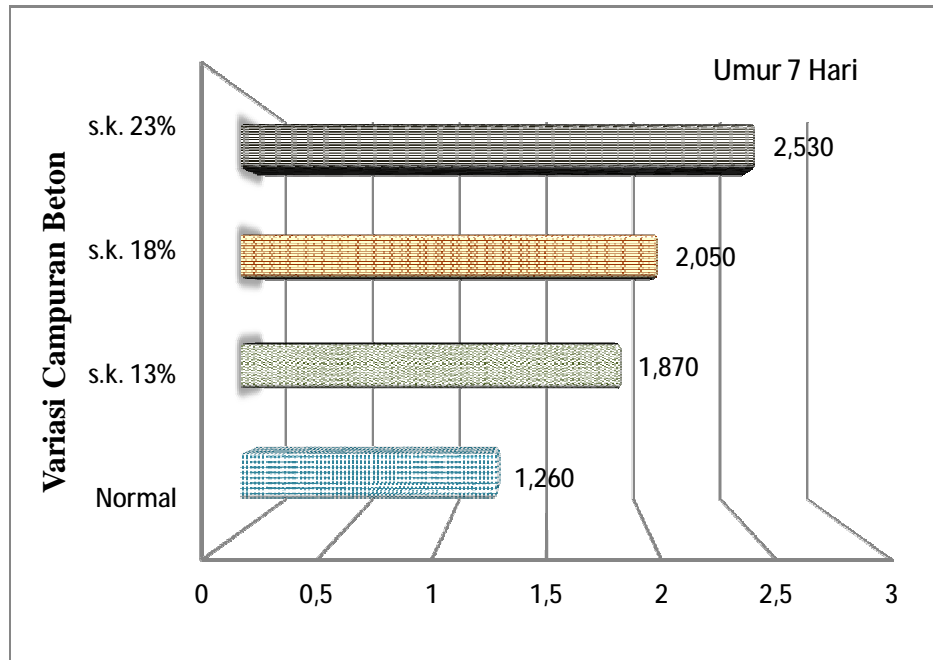
4.5.4. Serapan Air Beton Serbuk Keramik 23% (Saat Pengujian)

Pengujian beton *filler* 23% dilakukan pada saat beton berumur 7 dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.16, dari 8 benda uji beton *filler* 23% yang diuji serapan airnya, maka diperoleh nilai serapan air rata-rata sebesar 2,53 % pada umur beton 7 hari dan 2,38 % untuk umur beton 28 hari.

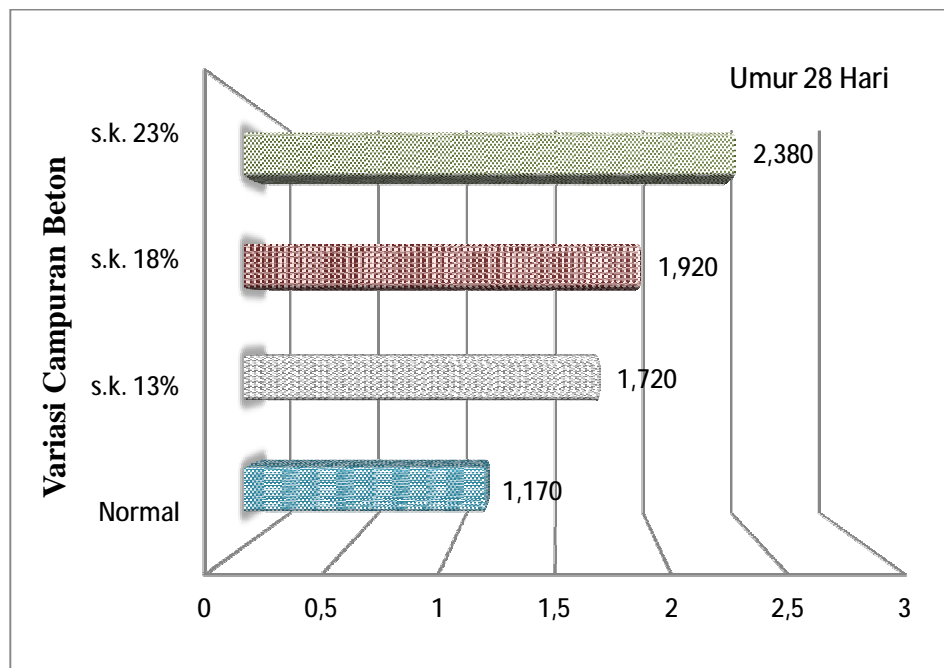
Tabel 4.16: Hasil pengujian serapan air pada beton *filler* 23%.

Benda uji	Berat beton setelah dioven ±24 jam (gr)	Berat beton sesudah direndam ±24 jam (gr)	Serapan air beton (%)	Serapan air beton rata-rata (%)
Umur beton 7 hari				
1	12426	12739	2,52	2,53
2	12438	12747	2,48	
3	12433	12723	2,33	
4	12409	12755	2,79	
Umur beton 28 hari				
1	12444	12718	2,20	2,38
2	12396	12702	2,47	
3	12448	12733	2,29	
4	12335	12651	2,56	

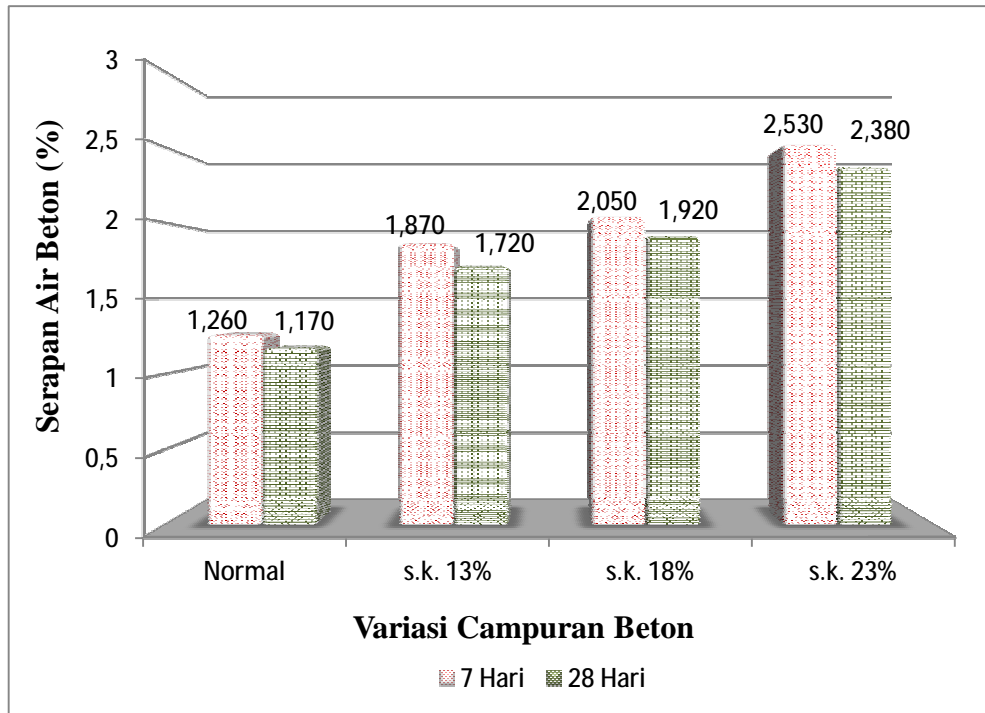
Berdasarkan data yang telah dikumpulkan di atas, kenaikan dan penurunan serapan air beton pada saat pengujian dapat ditunjukkan dalam bentuk grafik yang bisa dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8: Grafik serapan air beton pada umur 7 hari.



Gambar 4.9: Grafik serapan air beton pada umur 28 hari.



Gambar 4.10: Grafik serapan air beton pada umur 7 hari dan 28 hari.

Berdasarkan Gambar 4.8 dan Gambar 4.9, dapat dilihat adanya kenaikan persentase serapan air beton dengan menggunakan *filler* serbuk keramik yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.

4.6. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan serbuk keramik, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan serbuk keramik sebanyak 13%, 18% dan 23% mengalami kenaikan kuat tekan. Pada beton normal umur 7 hari didapat kuat tekan sebesar 44,43 MPa dan pada umur 28 hari didapat kuat tekan sebesar 45,49 MPa. Sedangkan pada penelitian Wicaksono dan Sudjati (2012), didapatkan hasil kuat tekan beton normal sebesar 27,78 MPa pada umur 28 hari. Sementara pada penelitian Subekti (2009) didapatkan kuat tekan mortar 0% keramik sebesar 135,84 MPa untuk umur 7 hari dan 196,40 MPa untuk umur 28 hari.

Pada beton campuran serbuk keramik 13% umur 7 hari didapat kuat tekan sebesar 47,31 MPa dan 48,39 MPa untuk umur 28 hari. Pada beton campuran

serbuk keramik 18% umur 7 hari didapat kuat tekan sebesar 49,54 MPa dan 50,52 MPa untuk umur 28 hari. Sedangkan pada penelitian Wicaksono dan Sudjati (2012) didapatkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan campuran keramik 15% pada agregat kasar sebesar 28,6 MPa. Sementara pada penelitian Subekti (2009) didapatkan kuat tekan mortar dengan perbandingan 15% keramik + 85% pasir sebesar 95,84 MPa untuk umur 7 hari dan 104,80 MPa untuk umur 28 hari.

Pada beton campuran serbuk keramik 23% umur 7 hari didapat kuat tekan sebesar 52,69 MPa dan 53,67 MPa untuk umur 28 hari. Sedangkan pada penelitian Wicaksono dan Sudjati (2012) didapatkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan campuran keramik 30% pada agregat kasar sebesar 30,82 MPa. Sementara pada penelitian Subekti (2009) didapatkan kuat tekan mortar dengan perbandingan 30% keramik + 70% pasir sebesar 92,32 MPa untuk umur 7 hari dan 131,40 MPa untuk umur 28 hari.

Pada beton yang menggunakan serbuk keramik 13%, 18%, dan 23%, serapan air beton yang didapat lebih besar bila dibandingkan dengan serapan air beton pada beton normal. Pada beton normal umur 7 hari didapat serapan air sebesar 1,26% dan pada umur 28 hari didapat serapan air sebesar 1,17%. Sedangkan pada penelitian Wicaksono dan Sudjati (2012), didapatkan hasil serapan air beton normal umur 28 hari sebesar 7,31% pada rendaman 24 jam dan 2,8% pada rendaman 10 menit. Sementara pada penelitian Subekti (2009) didapatkan serapan air mortar 0% keramik sebesar 5,982%.

Pada beton campuran serbuk keramik 13% umur 7 hari didapat serapan air sebesar 1,87% dan 1,72% untuk umur 28 hari. Pada beton campuran serbuk keramik 18% umur 7 hari didapat serapan air sebesar 2,05% dan 1,92% untuk umur 28 hari. Sedangkan pada penelitian Wicaksono dan Sudjati (2012) didapatkan hasil serapan air beton umur 28 hari dengan campuran keramik 15% pada agregat kasar sebesar 8,11% pada rendaman 24 jam dan 3,04% pada rendaman 10 menit. Sementara pada penelitian Subekti (2009) didapatkan serapan air mortar dengan perbandingan 15% keramik + 85% pasir sebesar 10,86%.

Pada beton campuran serbuk keramik 23% umur 7 hari didapat serapan air sebesar 2,53% dan 2,38% untuk umur 28 hari. Sedangkan pada penelitian

Wicaksono dan Sudjati (2012) didapatkan hasil serapan air beton umur 28 hari dengan campuran keramik 30% pada agregat kasar sebesar 8,61% pada rendaman 24 jam dan 3,34% pada rendaman 10 menit. Sementara pada penelitian Subekti (2009) didapatkan serapan air mortar dengan perbandingan 30% keramik + 70% pasir sebesar 11,97%.

4.6.1. Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton

Persentase kenaikan kuat tekan dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Ø Pengisian serbuk keramik 13%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{47,31 - 44,43}{44,43} \times 100\% \\ &= 6,48\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{48,39 - 45,49}{45,49} \times 100\% \\ &= 6,38\% \end{aligned}$$

Ø Pengisian serbuk keramik 18%

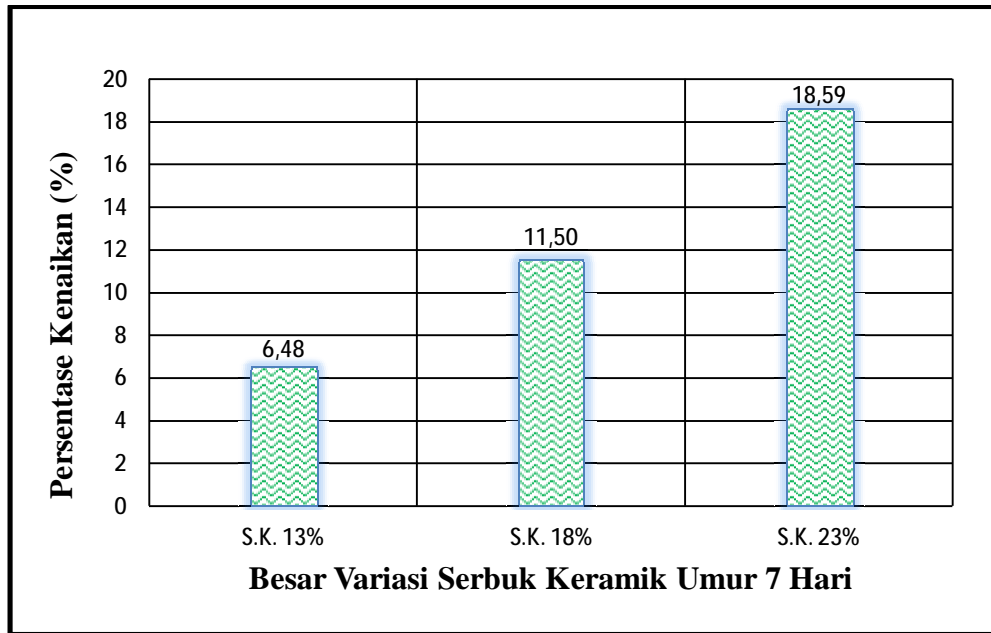
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{49,54 - 44,43}{44,43} \times 100\% \\ &= 11,50\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{50,52 - 45,49}{45,49} \times 100\% \\ &= 11,06\% \end{aligned}$$

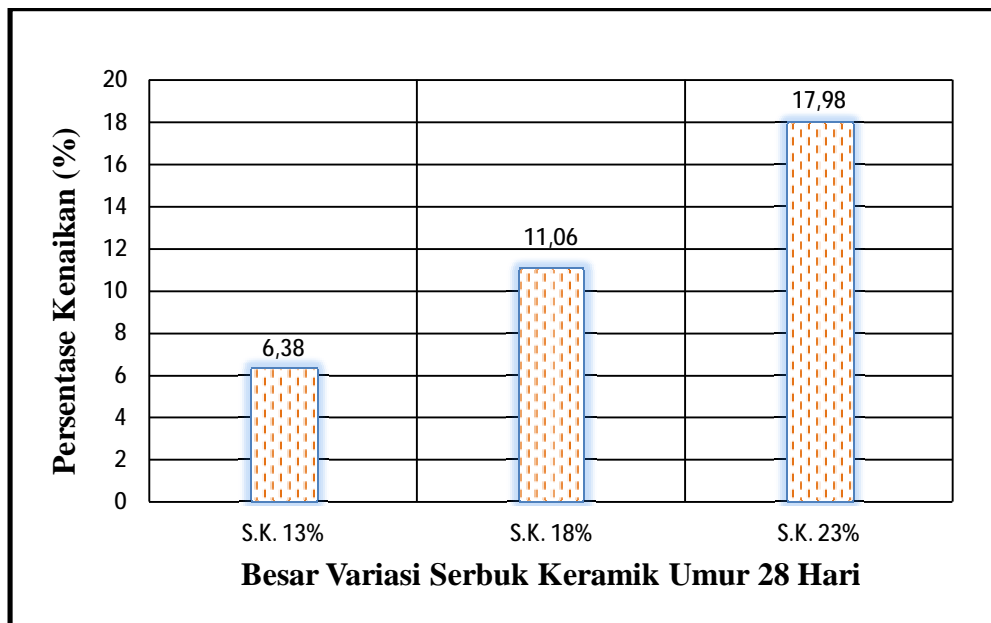
Ø Pengisian serbuk keramik 23%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{52,69 - 44,43}{44,43} \times 100\% \\ &= 18,59\% \end{aligned}$$

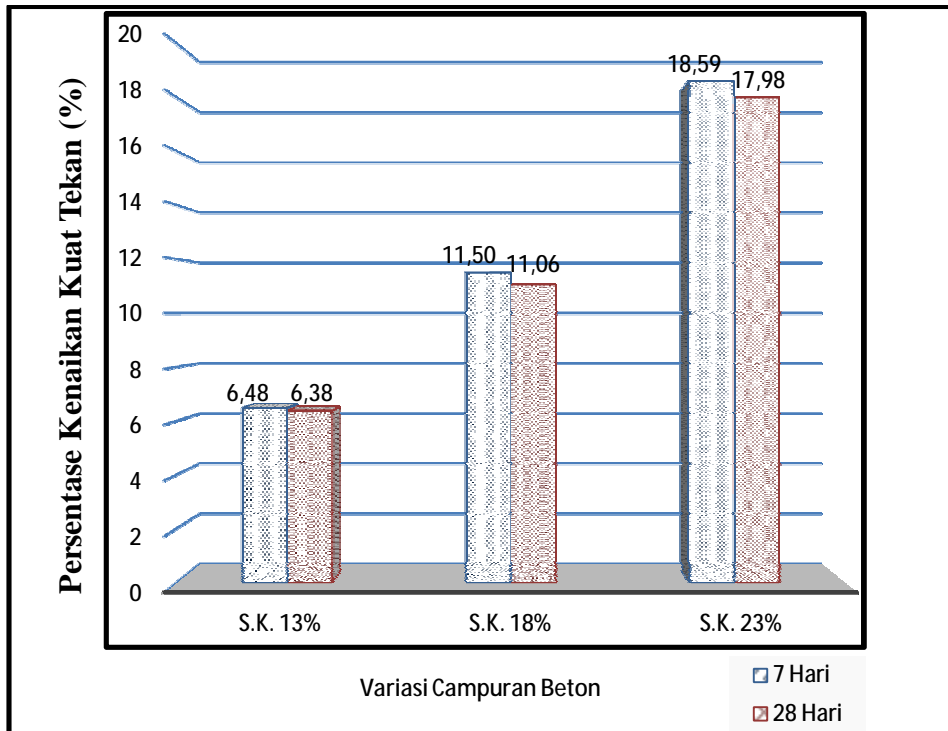
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{53,67 - 45,49}{45,49} \times 100\% \\ &= 17,98\% \end{aligned}$$



Gambar 4.11: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari.



Gambar 4.12: Grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.



Gambar 4.13: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan kuat tekan beton 7 hari dan 28 hari.

4.6.2. Persentase Kenaikan Serapan Air

Persentase kenaikan serapan air dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Ø Pengisian serbuk keramik 13%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{1,87 - 1,26}{1,26} \times 100\% \\ &= 48,41\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{1,72 - 1,17}{1,17} \times 100\% \\ &= 47,01\% \end{aligned}$$

Ø Pengisian serbuk keramik 18%

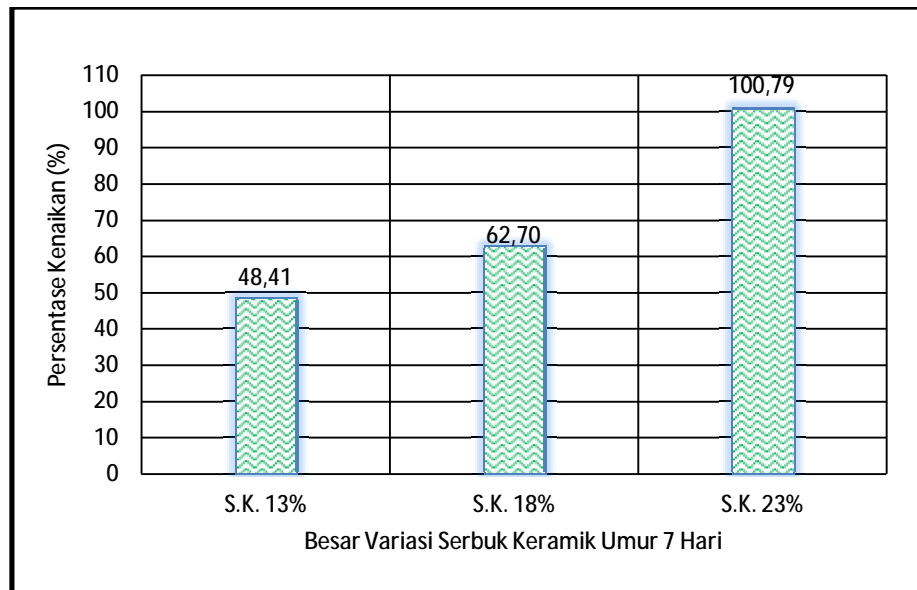
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{2,05 - 1,26}{1,26} \times 100\% \\ &= 62,70\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{1,92 - 1,17}{1,17} \times 100\% \\ &= 64,10\% \end{aligned}$$

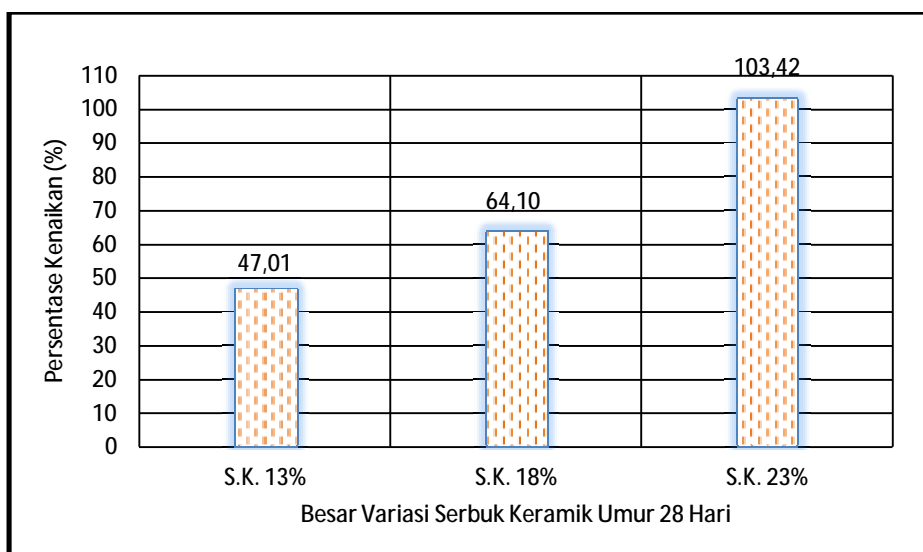
Ø Pengisian serbuk keramik 23%

$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 7 hari)} &= \frac{2,53 - 1,26}{1,26} \times 100\% \\ &= 100,79\%\end{aligned}$$

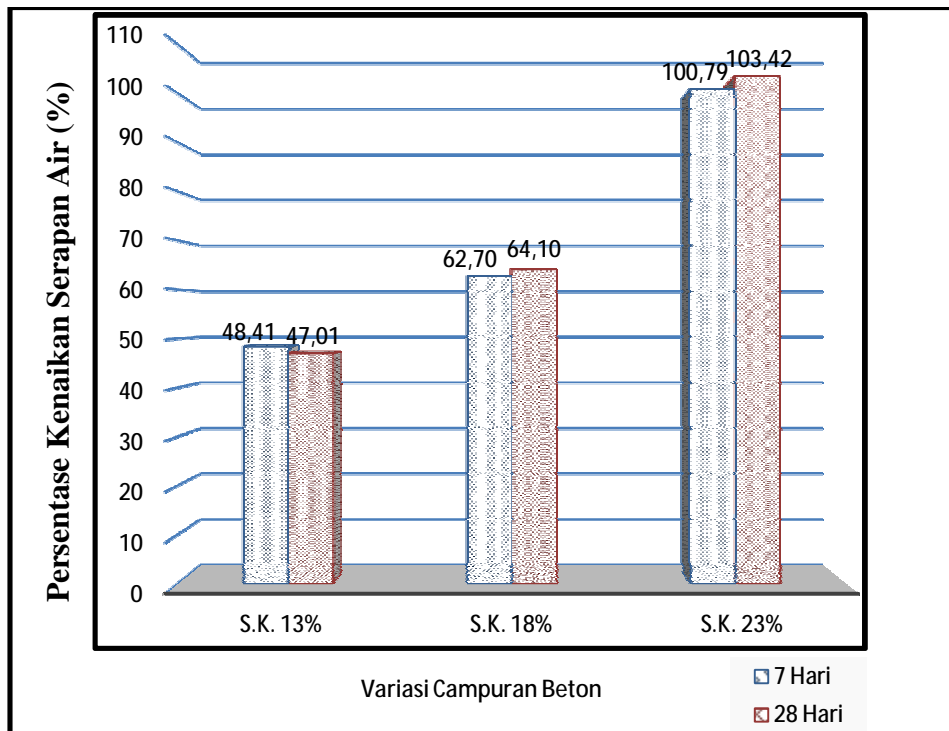
$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{2,38 - 1,17}{1,17} \times 100\% \\ &= 103,42\%\end{aligned}$$



Gambar 4.14: Grafik besar persentase kenaikan serapan air beton 7 hari.



Gambar 4.15: Grafik besar persentase kenaikan serapan air beton 28 hari.



Gambar 4.16: Perbandingan grafik besar persentase kenaikan serapan air beton 7 hari dan 28 hari.

Berdasarkan Gambar 4.7, dapat diketahui bahwa hasil pengujian kuat tekan beton dengan *filler* serbuk keramik sebanyak 13%, 18%, dan 23% mengalami peningkatan kuat tekan pada umur beton 7 hari dan 28 hari. Adapun faktor yang telah mempengaruhi hal ini disebabkan oleh serbuk keramik secara umum mengandung komposisi kimia Silika SiO_2 (44,52%), Alumina Al_2O_3 (7,62%), Kapur CaO (9,56%), Magnesia MgO (8,3%), Besi Fe_2O_3 (13,8%). Sedangkan semen memiliki komposisi kimia Kapur CaO (63%), Silika SiO_2 (22%), Alumina Al_2O_3 (6%), Besi Fe_2O_3 (2,5%), Magnesia MgO (2,6%), Sulfur SO_3 (2%), Potash Na_2O (0,3%), dan Alkalis K_2O (0,6%). Komposisi kimia pada serbuk keramik yang juga terdapat pada semen dapat mengakibatkan kenaikan pada kuat tekan beton.

Berdasarkan Gambar 4.10, dapat diketahui bahwa hasil pengujian serapan air beton dengan *filler* serbuk keramik sebanyak 13%, 18%, dan 23% mengalami peningkatan serapan air pada umur beton 7 hari dan 28 hari. Semakin tinggi persentase serbuk keramik yang digunakan, terlihat nilai serapan air juga

semakin tinggi. Hal ini disebabkan sifat keramik yang menyerap air dalam adukan beton sehingga adukan beton menjadi lebih kental dan sulit untuk dipadatkan. Ini mengakibatkan bertambahnya rongga udara dalam benda uji beton dengan serbuk limbah keramik lantai. Beton dengan serbuk limbah keramik sebagai agregat halus dapat digunakan untuk beton kedap air karena nilai serapan air tidak melebihi batas 6,5% untuk rendaman 24 jam.

Dengan ini dapat disimpulkan bahwa beton dengan *filler* serbuk keramik 13%, 18%, dan 23% dari *volume* agregat halus masih dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan dari data hasil kuat tekan yang diperoleh, beton dengan *filler* serbuk keramik mampu menaikkan hasil kuat tekan beton. Semakin besar persentase penambahan serbuk keramik sebagai bahan pengisi (*filler*), maka semakin tinggi kuat tekan beton.
2. Berdasarkan dari data hasil pengujian kuat tekan dan serapan air, didapatkan hasil perbandingan beton normal dengan beton *filler* sebagai berikut:

Kuat tekan rata-rata beton normal umur 7 hari: 44,43 MPa

Kuat tekan rata-rata beton normal umur 28 hari: 45,49 MPa

Serapan air rata-rata beton normal umur 7 hari: 1,26%

Serapan air rata-rata beton normal umur 28 hari: 1,17%

a. Beton *filler* 13%

Kuat tekan rata-rata umur 7 hari: 47,31 MPa, didapati kenaikan sebesar 6,48%.

Kuat tekan rata-rata umur 28 hari: 48,39 MPa, didapati kenaikan sebesar 6,38%.

Serapan air rata-rata umur 7 hari: 1,87%, didapati kenaikan sebesar 48,41%.

Serapan air rata-rata umur 28 hari: 1,72%, didapati kenaikan sebesar 47,01%.

b. Beton *filler* 18%

Kuat tekan rata-rata umur 7 hari: 49,54 MPa, didapati kenaikan sebesar 11,50%.

Kuat tekan rata-rata umur 28 hari: 50,52 MPa, didapati kenaikan sebesar 11,06%.

Serapan air rata-rata umur 7 hari: 2,05%, didapati kenaikan sebesar 62,70%.

Serapan air rata-rata umur 28 hari: 1,92%, didapati kenaikan sebesar 64,10%.

c. Beton *filler* 23%

Kuat tekan rata-rata umur 7 hari: 52,69 MPa, didapati kenaikan sebesar 18,59%.

Kuat tekan rata-rata umur 28 hari: 53,67 MPa, didapati kenaikan sebesar 17,98%.

Serapan air rata-rata umur 7 hari: 2,53%, didapati kenaikan sebesar 100,79%.

Serapan air rata-rata umur 28 hari: 2,38%, didapati kenaikan sebesar 103,42%.

3. Semakin besar persentase penambahan serbuk keramik dalam campuran beton, maka semakin sulit tingkat kemudahan pengerjaan beton. Hal ini karena sifat keramik yang menyerap air dalam adukan beton sehingga menyebabkan berkurangnya faktor air semen pada adukan beton. Faktor air semen yang rendah dapat meningkatkan kualitas beton karena dapat menaikkan kuat tekan beton, tetapi apabila terlalu rendah justru dapat menurunkan kualitas beton yang dihasilkan karena mengakibatkan campuran beton yang tidak menyatu sehingga beton lebih mudah hancur. Serbuk keramik 13%, 18%, dan 23% masih dapat digunakan dalam campuran beton untuk menaikkan kuat tekan beton dan masih aman digunakan untuk beton dengan serapan air yang baik.

5.2.Saran

1. Penggunaan serbuk keramik sebagai *filler* dengan variasi 13%, 18%, dan 23% dari *volume* agregat halus disarankan karena dapat meningkatkan kuat tekan beton.
2. Alat-alat yang digunakan untuk penelitian agar lebih diperhatikan kelengkapannya, sebaiknya alat dikalibrasi dan dilakukan perawatan sehingga meningkatkan ketelitian dalam proses penelitian yang dilakukan.

3. Disarankan untuk melakukan penelitian yang mendalam mengenai sifat-sifat fisis dan kimiawi dari serbuk keramik.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials C 128. *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate*, Philadelphia: ASTM
- American Society for Testing and Materials C 127. *Standards test method for relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate*, Philadelphia: ASTM
- American Society for Testing and Materials C 136. *Standards test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 29. *Standards test for bulk density (unit weight) and voids in aggregate*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 150 (1985) *Standards Specification For Portland Cement*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 33 (1982, 1986) *Standards Specification For Aggregates*, Philadelphia: ASTM.
- American Society for Testing and Materials C 39 (1993) *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, Philadelphia: ASTM.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Industri. 1995. *Pemanfaatan Limbah Padat Industri Keramik*. Surabaya. Departemen Perindustrian.
- 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 (2000) *Metode Pengujian Kadar Air Agregat (SNI 03-2834-2000)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2000) *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)*. Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2002) *Tata cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. (SNI 03-2847-2002). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.

- Dinas Pekerjaan Umum (1996) *Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm)* (SNI 03-4142-1996). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar* (SNI 1969:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus* (SNI 1969:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Slump Beton* (SNI 1972:2008). Pusjatan-Balitbang PU. Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum (2008) *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles* (SNI 2147:2008). Pusjatan-Balitbang PU.
- Dinas Pekerjaan Umum (1990) *Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air* (SNI 03-2914-1990). Pusjatan-Balitbang PU.
- Helmuth, R.A. (1994) *The Nature of Concrete, in Concrete and Concrete-Making Materials STP.169C*. Philadelphia: ASTM.
- Laboratorium Beton (2014) *Panduan Pelaksanaan Praktikum Beton*. Medan: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Maryoto, A. (2009) Penurunan Nilai Absorpsi dan Abrasi Beton dengan Penambahan Calcium Stearate dan Fly Ash, *Media Teknik Sipil*, Vol. IX.
- Mulyono, T. (2003) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: ANDI.
- Murdock, L. J. dan Brook, K. M. (1991) *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- Nawy., E. G. (1990) *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: PT. Eresco.
- Nugraha, P. dan Antoni (2007) *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: ANDI.
- Nur, B. (2016) Penelitian Beton Mutu Tinggi Terhadap Limbah Kaca Sebagai Filler Untuk Pemeriksaan Kuat Tekan Beton. *Laporan Tugas Akhir*. Medan: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Putra, A.A.F. (2015) Karakteristik Beton Ringan dengan Bahan Pengisi Styrofoam. *Laporan Tugas Akhir*. Makassar: Jurusan Sipil, Universitas Hasanudin.

- Subekti. S. (2009) Limbah Padat Pabrik Keramik Sebagai Bahan Campuran Batako Ditinjau Terhadap Kuat Tekan. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah*. Surabaya.
- Tjokrodimuljo, K. (2007) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro.
- Tjokrodimuljo, K. (1996) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.
- Wicaksono, K.D. dan Johanes, J.S. (2012) *Pemanfaatan Limbah Keramik Sebagai Agregat Kasar Dalam Adukan Beton*. Makalah disajikan dalam KoNTekS 6. Universitas Trisakti. Jakarta, 1-2 November.
- Widyawati, R. (2011) *Serapan, Penetrasi, dan Permeabilitas Beton Ringan*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-IV: Peran Strategis Sains & Teknologi dalam Memangun Karakter Bangsa. SATEK, Hotel Marcopolo. Bandar Lampung, 29-30 November.

LAMPIRAN:

Tabel L.1: 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 L.2: Satu Set Saringan Agregat Halus.

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

Tabel L.3: 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

Tabel L.3: *Lanjutan.*

Umur Beton	Faktor	Umur Beton	Faktor
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 L.4: 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 L.1: Material agregat kasar yang akan digunakan.



Gambar L.2: Material agregat halus yang akan digunakan.



Gambar L.3: Semen Holcim Tipe I PCC.



Gambar L.4: Serbuk kulit rajungan yang akan digunakan.



Gambar L.5: Proses perakitan cetakan yang akan digunakan.



Gambar L.6: Proses pencampuran agregat.



Gambar L.7: Pengujian *slump test*.



Gambar L.8: Proses pengeluaran benda uji dari cetakan.



Gambar L.9: Proses perendaman benda uji.



Gambar L.10: Benda uji yang sedang dijemur.



Gambar L.11: Beton sebelum diuji tekan.



Gambar L.12: Beton setelah diuji tekan.



Gambar L.13: Uji kuat tekan beton normal 28 hari FAS 0,4: 47 T.



Gambar L.14: Uji kuat tekan beton campuran serbuk kulit rajungan 5% 28 hari FAS 0,4: 51 T.



Gambar L.15: Uji kuat tekan beton campuran serbuk kulit rajungan 7% 28 hari FAS
0,4: 57 T.



Gambar L.16: Uji kuat tekan beton campuran serbuk kulit rajungan 9% 28 hari FAS
0,4: 57 T.



Gambar L.19: Uji serapan air beton normal 7 hari.



Gambar L.20: Uji serapan air beton campuran serbuk keramik 13% 7 hari.



Gambar L.21: Uji serapan air beton campuran serbuk keramik 18% 7 hari.



Gambar L.22: Uji serapan air beton campuran serbuk keramik 23% 7 hari.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Nurul Annisa
Panggilan : Nurul
Tempat, Tanggal Lahir : Kuala Lumpur, 30 Agustus 1995
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat Sekarang : Jl. Karya No. 276-A, Kel. Karang Berombak, Medan
Nomor KTP : 1271057008950004
Alamat KTP : Jl. Karya No. 276-A Lk. XVIII
No. Telp Rumah : -
No. HP/Telp Seluler : 082168176071
E-mail : nurul.annisacivil@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1307210240
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Sekolah Dasar	SD NEGERI 060849 MEDAN	2007
2	SMP	SMP NEGERI 16 MEDAN	2010
3	SMA	SMA SWASTA DHARMAWANGSA MEDAN	2013
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2013 sampai selesai.		