

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR SERTA
PENGARUH PENAMBAHAN *SIKA FUME* TERHADAP
KETAHANAN BETON MUTU TINGGI
(*Studi Penelitian*)**

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

Disusun Oleh:

**IRGI ILHAM SANI
1607210100**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
Jl. Kapten Mucthar Basri No.3 Medan 20238 (061) 6622400

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Irgi Ilham Sani
NPM : 1607210104
Program Studi : Teknik Sipil
Judul skripsi : Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh
Penambahan *Sika Fume* Terhadap Ketahanan Beton Mutu
Tinggi
Bidang ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Irgi Ilham Sani

NPM : 1607210104

Program Studi : Teknik Sipil

Judul skripsi : Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh Penambahan *Sika Fume* Terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I / Penguji

Dosen Pembanding II / Penguji



Dr. Ade Faisal, ST, M.Sc



Sri Prafanji, S.T, M.T

Program Studi Teknik Sipil
Ketua,



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Irgi Ilham Sani

Tempat/Tanggal Lahir : Bandar Khalipah, 22 Februari 1998

NPM : 1607210104

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh Penambahan *Sika Fume* Terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi”,

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, 7 November 2020

Saya yang menyatakan,



Irgi Ilham Sani

ABSTRAK

PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR SERTA PENGARUH PENAMBAHAN *SIKA FUME* TERHADAP KETAHANAN BETON MUTU TINGGI (*Studi Penelitian*)

Irgi Ilham Sani

1607210104

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

Penelitian ini mencoba menggunakan bahan tambah berupa *sika fume* yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan kuat tekan beton. Selain itu, dalam usaha untuk menghasilkan mutu beton yang lebih baik digunakan air kapur sebagai air campuran adukan beton. Pada penelitian ini menggunakan sika fume sebesar 10% dari berat semen, sedangkan air kapur yang digunakan berasal dari perendaman kapur tohor yang dilarutkan dengan air. Dimensi benda uji silinder 15 x 30 cm. Rancangan campuran menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Setiap variasi dibuat 2 benda uji, sehingga jumlah keseluruhannya 16 buah benda uji. Perendaman 28 hari air tawar setelah itu direndam dalam air sulfat dengan lama perendaman 28 hari. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan beton. Hasil kuat tekan optimum pada perendaman air tawar 28 hari terjadi pada beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% yaitu sebesar 26,24 Mpa. Setelah direndam air sulfat pada perendaman 28 hari reaksi beton terhadap sulfat sudah berpengaruh terhadap perubahan kuat tekan beton. Reaksi terlihat pada rendaman sulfat 28 hari tetapi perubahan penurunan kuat tekan rata-rata yang terjadi masih relatif stabil sehingga terjadi keseimbangan antara pengembangan kekuatan beton dengan pengurangan luasan pada zona rusak yang rusak oleh asam sulfat. Namun pada beton normal dengan lama perendaman asam sulfat 28 hari menghasilkan nilai kuat tekan rata-rata lebih rendah dari pada beton normal dengan lama perendaman air tawar 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa beton normal memiliki ketahanan yang lemah terhadap larutan asam sulfat dibandingkan dengan bahan tambah *sika fume*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi asam sulfat menyebabkan semen terlarut dan terkikis.

Kata Kunci : beton, sika fume, air kapur, air sulfat, kuat tekan, ketahanan

ABSTRACT

COMPARISON OF CONCRETE WATER USE AND THE EFFECT OF SIKA FUME ADDITION ON HIGH QUALITY CONCRETE RESISTANCE (*Research Studies*)

Irgi Ilham Sani

1607210104

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

This research to use added material in the from of *sika fume* which aims to increase the durability and compressive strenght of concrete. In addition, in an effort to produce a better quality concrete, lime water is used as the water for mixing the concrete. In this study, 10% sika fume by wight of cement was used, while the lime water used was based on soaking quicklime dissolved in water. The dimensions of the cylindrical specimen are 15 x 30 cm. The mixed design uses the SNI 03-2834-2000 method. Each variation is made 2 specimens, so that the total is 16 specimens. Soaking for 28 days of fresh water after that was immersed in sulfuric water for 28 days. The test carried out is the concrete compressive strenght test. The result of the optimum compressive strenght at 28 days of immersion in fresh water occurred in concrete with a mixture of fresh water + 10% *sika fume*, which was 26,24 Mpa. After soaking is sulfate water for 28 days of immersion, the reaction of concrete to sulfate has had an effect on changes in the compressive strenght of concrete. The reaction was seen in 28 days of sulfate immersion but the change in the decrease in the average compressive strenght that occurred was still relatively stable so that there was a balance between the development of the strenght of the concrete and the reduction in area in the damaged zone damaged by sulfuric acid, the avarage compressive strenght value is lower than normal concrete with 28 days of immersion in fresh water. This shows that normal concrete has a weak resistance to sulfuric acid solutions compared to the added *sika fume* material. These result indicate that the sulfuric acid reaction causes the cement to dissolve and erode.

Keywords: concrete, sika fume, lime water, sulfate water, compressive strenght resistance

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T,M.Sc selaku Dosen Pembimbing dan yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, Msc selaku Dosen Pembanding I dan selaku Wakil Dekan I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Sri Prafanti, S.T, M.T selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Terima kasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Tusimin dan Ibunda tercinta Sariyanti yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta memberikan semangat kepada saya serta senantiasa mendo'akan saya sehingga penulisan dapat menyelesaikan studi ini tepat pada waktunya.

8. adik penulis, Ozil Atalah, yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
9. Sahabat-sahabat penulis: Togu Rahman, Irfan Sukuri, Wisnu, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Medan, 7 November 2020

Irgi Ilham Sani

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEALSIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Rumusan Masalah	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Bahan Campuran Beton	8
2.2.1. Semen	8
2.2.2. Air	9
2.2.3. Agregat	10
2.2.3.1. Agregat Halus	12
2.2.3.2. Agregat Kasar	11
2.3. Pengaruh Bahan Tambah	12
2.3.1. Beton Normal	14
2.3.2. Beton Mutu Tinggi	14
2.3.3. <i>Sika Fume</i>	14

2.3.4. Kapur	15
2.4. <i>Slump Test</i>	15
2.5. Pengujian Kuat Tekan	16
2.6. Perawatan Beton	17
2.7. Pengaruh Air Laut	18
2.8. Penelitian Terdahulu	18

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian	22
3.2. Lokasi Penelitian	23
3.3. Bahan dan Peralatan	23
3.3.1. Bahan	23
3.3.2. Peralatan	23
3.4. Bagan Alir Penelitian	24
3.5. Persiapan Penelitian	26
3.6. Pemeriksaan Agregat	26
3.7. Pemeriksaan Agregat Halus	26
3.7.1. Kadar Air Agregat Halus	26
3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Halus	27
3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	28
3.7.4. Berat Isi Agregat Halus	29
3.7.5. Analisa Saringan Agregat Halus	30
3.8. Pemeriksaan Agregat Kasar	33
3.8.1. Kadar Air Agregat Kasar	33
3.8.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	34
3.8.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	35
3.8.4. Berat Isi Agregat Kasar	36
3.8.5. Analisa Saringan Agregat Kasar	37
3.8.6. Keausan Agregat Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	39
3.9. Perencanaan Campuran Beton	40
3.10. Pelaksanaan Penelitian	40
3.10.1. <i>Trial Mix</i>	40

3.10.2. Pembuatan Benda Uji	40
3.10.3. Pengujian <i>Slump</i>	41
3.10.4. Perawatan Beton	41
3.10.5. Pengujian Kuat Tekan	41

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Campuran Beton	43
4.1.1. Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	51
4.2. Pembuatan Benda Uji	56
4.3. <i>Slump Test</i>	57
4.4. Pembuatan larutan Perendaman	59
4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan	59
4.6. Kuat Tekan Beton Rendaman Air Tawar	60
4.6.1. Kuat Tekan Beton Normal	60
4.6.2. Kuat Tekan Dengan Campuran Air + Kapur 15%	61
4.6.3. Kuat Tekan Dengan Campuran Air + Kapur 15% + sika fume 10%	62
4.6.4. Kuat Tekan Dengan Campuran Air Tawar + sika fume 10%	63
4.7. Kuat Tekan Beton Rendaman Air Sulfat	65
4.7.1. Kuat Tekan Beton Normal	65
4.7.2. Kuat Tekan Dengan Campuran Air + Kapur 15%	66
4.7.3. Kuat Tekan Dengan Campuran Air + Kapur 15% + sika fume 10%	67
4.7.4. Kuat Tekan Dengan Campuran Air Tawar + sika fume 10%	68
4.8. Pembahasan	70

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	74
5.2. Saran	74

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Kelas dan mutu beton.	7
Tabel 3.1	: Data-data hasil penelitian kadar air halus	27
Tabel 3.2	: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus	27
Tabel 3.3	: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	28
Tabel 3.4	: Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus	29
Tabel 3.5	: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus	30
Tabel 3.6	: Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar	33
Tabel 3.7	: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar	34
Tabel 3.8	: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	35
Tabel 3.9	: Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar	36
Tabel 3.10	: Data-data hasil penelitian analisa saringan kasar	37
Tabel 3.11	: Hasil pengujian keausan agregat	39
Tabel 3.12	: Jumlah variasi sampel pengujian beton	41
Tabel 3.13	: Jumlah variasi sampel pengujian beton	42
Tabel 4.1	: Data-data analisis yang diperoleh saat penelitian	43
Tabel 4.2	: Perencanaan campuran beton	44
Tabel 4.3	: Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1 m ³	45
Tabel 4.4	: Perbandingan bahan beton untuk 1 benda uji (kg)	46
Tabel 4.5	: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	46
Tabel 4.6	: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	47
Tabel 4.7	: Jumlah kapur tohor dari volume air	48

Tabel 4.8 : Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 16 benda uji	49
Tabel 4.9 : Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 16 benda uji	50
Tabel 4.10 : Hasil pengujian nilai <i>slump</i>	57
Tabel 4.11 : Hasil pengujian kuat tekan beton normal rendaman air tawar	61
Tabel 4.12 : Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air tawar	62
Tabel 4.13 : Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% + <i>sika fume</i> 10% rendaman air tawar	63
Tabel 4.14 : Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran air tawar + <i>sika fume</i> 10% rendaman air tawar	64
Tabel 4.15 : Hasil pengujian kuat tekan beton normal rendaman air sulfat	66
Tabel 4.16 : Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air sulfat	67
Tabel 4.17 : Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% + <i>sika fume</i> 10% rendaman air sulfat	68
Tabel 4.18 : Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran air tawar + <i>sika fume</i> 10% rendaman air sulfat	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	: Bagan alir penelitian	25
Gambar 3.2	: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	32
Gambar 3.3	: Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	38
Gambar 4.1	: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm	52
Gambar 4.2	: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,44	53
Gambar 4.3	: Hubungan kandung air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,44	54
Gambar 4.4	: Grafik perbandingan nilai <i>slump</i>	59
Gambar 4.5	: Kuat tekan pada benda uji	60
Gambar 4.6	: Grafik presentase nilai kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar	64
Gambar 4.7	: Grafik presentase nilai kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air sulfat	69
Gambar 4.8	: Grafik presentase perbandingan nilai rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar dan air sulfat	70
Gambar 4.9	: Grafik persentase perbandingan nilai kenaikan rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar dan air tawar	72
Gambar 5.0	: Grafik persentase perbandingan nilai kenaikan rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar dan air sulfat	73

DAFTAR NOTASI

gr = Gram

FM = Modulus kehalusan

A = Berat contoh kering permukaan jenuh

C = Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan

B = Berat contoh jenuh

$C/(A-B)$ = Berat jenis contoh kering

$A/(A-B)$ = Berat jenis contoh SSD

$C/(C-B)$ = Berat jenis contoh semu

$((A-C)/C)$ = Penyerapan

cm = Centimeter

mm = Milimeter

kg = Kilogram

Mpa = Megapascal

M^3 = Meter kubik

$\pi r^2 t$ = Volume silinder

P = Beban

Fc = Kuat Tekan Minimum

DAFTAR SINGKATAN

CSF = *Condensed silica fume*

SF = *Silica fume*

SNI = Standart nasional indonesia

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847, 2002).

Beton bukanlah suatu bahan yang dapat langsung diperoleh oleh alam, akan tetapi terbentuk atas dasar pengolahan dari beberapa material alami atau buatan sehingga membentuk suatu massa yang kokoh. Kekuatannya sangat dipengaruhi faktor-faktor komposisi campuran, mutu bahan dasar, kondisi temperatur tempat beton mengeras dan cara pembuatannya (Sihombing, 2017).

Beton merupakan salah satu unsur bahan bangunan yang banyak dipakai sebagai bahan konstruksi bangunan. Beton banyak diminati karena kelebihan yang dimiliki dibandingkan bahan lainnya, antara lain beton mempunyai kuat tekan yang baik, tahan terhadap temperatur yang tinggi, dan tahan api. Selain kelebihan, beton juga memiliki kelemahan, salah satunya yang terjadi pada lingkungan yang agresif. Lingkungan yang agresif erat kaitannya dengan *durabilitas* yang merupakan salah satu karakteristik material konstruksi yang penting untuk diperhatikan. Pada lingkungan yang agresif, sifat *durabilitas* dari material yang digunakan akan dihadapkan pada permasalahan seperti serangan sulfat yang terkandung dalam tanah dan serangan ion klorida yang terkandung pada air laut. Struktur beton harus mampu menghadapi kondisi dimana ia direncanakan, tanpa mengalami kerusakan selama jangka waktu yang direncanakan. Lingkungan asam yang mengandung unsur kimia asam akan merusak beton secara perlahan lahan mulai dari tepi dan sudut beton dengan terjadinya pelepasan butiran partikel beton sehingga beton menjadi keropos. Jika beton keropos, maka ikatan antara pasta beton dengan agregat akan semakin berkurang sehingga terjadi penurunan kuat tekan beton. Lingkungan yang agresif dapat membawa dampak yang merugikan terhadap beton, karena di lingkungan ini banyak terkandung zat-zat kimia yang bersifat reaktif terhadap unsur yang terdapat dalam beton. Seperti misalnya pada air

tanah yang banyak mengandung garam sulfat dan salah satu diantaranya bersifat reaktif adalah magnesium sulfat. Struktur beton harus mampu menghadapi kondisi dimana dia direncanakan, tanpa mengalami kerusakan selama jangka waktu yang direncanakan. Beton yang demikian disebut mempunyai ketahanan yang tinggi (*durable*). Salah satu lingkungan agresif yaitu lingkungan yang tercemar sulfat. Hampir semua sulfat merusak pasta semen. Cara mencegah serangan sulfat yaitu memakai semen tahan sulfat yang mengandung C_3A sedikit, atau semen campuran yang mengandung lebih banyak slag atau abu terbang dengan faktor air semen dibawah 0,55. Selain itu kandungan garam yang terdapat pada air laut juga merupakan salah satu lingkungan agresif. Kristalisasi dari garam di dalam pori akan menyebabkan kehancuran. Hal ini terjadi hanya bila air dapat meresap kedalam beton (Prasetyo, 2014).

Dalam Tugas Akhir ini penulis akan mencoba menambahkan *Sika Fume* pada campuran beton porous. *Sika Fume* merupakan bahan *addictive (ad-mixture)* pada campuran beton, yang dikhususkan untuk struktur bangunan dengan kondisi lingkungan yang langsung berhubungan dengan cuaca, ataupun struktur yang berdekatan dengan bahan-bahan kimia yang dapat mengurangi *durabilitas* dan stabilitas dari struktur. Bahan ini baik digunakan pada pabrik industri, pom bensin, bendungan, dermaga yang memerlukan campuran yang memiliki *durabilitas* yang tinggi, (Sihombing, 2017).

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah dengan penambahan air kapur pada campuran beton dapat menghasilkan mutu beton yang baik?
2. Bagaimana pengaruh *sika fume* terhadap peningkatan mutu beton?
3. Apakah dengan penambahan zat *addictive* dan air kapur, nilai kuat tekan beton akan naik?

1.3. Ruang Lingkup

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan antara lain sebagai berikut:

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).
2. Kuat tekan beton karakteristik beton normal rencana adalah 26 MPa
3. Perancangan campuran beton normal menjadi acuan pada perencanaan campuran beton normal dengan bahan tambah. Perbedaannya adalah pada beton normal mutu tinggi dengan bahan tambah adalah penambahan zat *adictive* dan kapur tohor.
4. Semen yang digunakan adalah semen padang.
5. Agregat kasar pada beton normal adalah batu pecah binjai.
6. Agregat halus pada beton normal adalah pasir alami binjai.
7. Ukuran agregat maksimum pada beton normal ditetapkan 40 mm.
8. Bahan tambah yang digunakan adalah zat *adictive sika fume* dan kapur tohor.
9. Persentase *sika fume* yang digunakan adalah sebesar 10%.
10. Kapur tohor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 15% dari konsentrasi volume air dan kapur akan dilarutkan kedalam air untuk menghasilkan air kapur sebagai air campuran beton.
11. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
12. Pengujian dibatasi pada kuat tekan beton.
13. Melakukan pengujian kuat tekan beton yang berumur 28 hari dan membandingkan hasilnya.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui ketahanan dan kuat tekan beton akibat penambahan zat *adictive sika fume* dengan persentase 10%.
2. Untuk mengetahui penggunaan air kapur sebagai air campuran beton.
3. Untuk mengetahui pengaruh perendaman air sulfat terhadap kuat tekan beton.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan ketahanan dan kuat tekan beton mutu tinggi normal dengan beton mutu tinggi yang menggunakan bahan tambah *adictive sika fume* dan air kapur dengan *persentase* yang telah ditentukan dan apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap penggunaan pekerjaan, baik itu penggunaan pada tahap pelaksanaan di lapangan dan dapat dikembangkan pada penelitian yang lebih lanjut.

1.6. Sistematika Pembahasan

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

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

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

BAB 3 Metodologi Penelitian

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

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

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

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton merupakan konstruksi yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada Struktur bangunan. Bangunan didirikan dengan menggunakan beton sebagai bahan konstruksi utama, baik bangunan gedung, bangunan air, bangunan sarana transportasi dan bangunan-bangunan yang lainnya. Dalam beberapa kasus, campuran beton memerlukan bahan tambah untuk menunjang performancinya. Tujuan pemberian bahan tambah adalah untuk mengubah satu atau lebih dari sifat beton, sewaktu dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Misalnya untuk mempercepat pengerasan, meningkatkan workability, menambah kuat tekan, mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya (Rahmat & Hendriyani, 2016).

Menurut SNI 2847:2013, beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Seiring dengan penambahan umur, beton usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan (European Environment Agency (EEA), 2019).

(Fallis, 2013), mengungkapkan bahwa pada beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton. Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran. Beton dengan jumlah semen yang sedikit (sampai 7%) disebut beton kurus (*lean concrete*), sedangkan beton dengan jumlah semen yang banyak disebut beton gemuk (*rich concrete*).

Menurut Mulyono (2006) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

- a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak di isyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B_0 .
- b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi 6 dalam mutu-mutu standar B_1 , K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B_1 , pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.
- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu (M. Ali Indra Hafiz dan Septiawan, 2003).

Adapun pembagian kelas jalan ini, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B ₀	-	-	Non struktural	Ringan	Tanpa
II	B ₁	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	>225	>300	Struktural	Ketat	Kontinu

Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Perbaikan kualitas serta sifat beton dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mengganti maupun menambah material pokok semen dan agregat, sehingga dihasilkan beton dengan sifat-sifat spesifik seperti beton ringan, beton berat, beton tahan bahan kimia tertentu dan sebagainya.

Penelitian beton normal dengan bahan tambah sudah dilakukan diantaranya oleh Rahmat (2016), Lachairoi Shiombing (2017), Surya Sebayang (2011), Dwi Afif Susilo (2015), Ariyadi Basuki (2015). Dari penelitian-penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa penggunaan *sika fume* pada beton norma mampu memperbaiki sifat-sifat mekanik beton seperti kuat tekan, *durabilitas*, dan mutu beton.

2.2. Bahan Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan jumlah optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi (Ghafur, 2009).

2.2.1. Semen

Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling *klinker* (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksida besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis (Umum, 2007).

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

Pada umumnya semen berfungsi untuk:

1. Bercampur dengan untuk mengikat pasir dan kerikil agar terbentuk beton
2. Mengisi rongga-rongga diantara butir-butir agregat. Komponen semen

Portland terdiri dari :

- Trikalsium Silikat (C_3S)
- Dikalsium Silikat (C_2S)
- Trikalsium Aluminat (C, A)
- Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF) Komposisi oksida utama pembentuk semen.

Semen Portland dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya (SK SNI S-04-1989-F) yaitu :

1. Jenis I

Semen Portland untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Jenis II

Semen Portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.

3. Jenis III

Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.

4. Jenis IV

Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.

5. Jenis V

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

2.2.2. Air

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton (Umum, 2007).

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi persyaratan sebagaiberikut ini, (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007) :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2gr/ltr.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gr/ltr.
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr

2.2.3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batubatuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil.(Umum, 2007)

Untuk pasir lubang ayakan 4,8mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

1. Menghemat Penggunaan semen portland.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
3. Mengurangi susut pengerasan.
4. Mencapai susunan pampat beton dengan gradasi beton yang baik.
5. Mengontrol *workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan baik

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm.

Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm.

2.2.3.1. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran terbesar, 8mm. Pasir alam dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam (KardiyonoTjokrodimulyo, 2007), yaitu:

1. Pasir galian. Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.
2. Pasir sungai. Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.
3. Pasir laut. Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton, oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

2.2.3.2. Agregat Kasar

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan.

2.3. Pengaruh Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan *hidrasi* atau waktu pengikatan, kemudahan pengerjaan, dan kekedapan terhadap air. Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1991), Bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu:

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

(Mulyono, 2003) menyebutkan dalam bukunya bahwa bahan tambah dibagi menjadi tujuh tipe yaitu :

1. Tipe A “*Water-Reducing Admixture*”*Water-Reducing Admixture* adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.
2. Tipe B “*Retarding Admixtures*”*Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton (*setting time*) misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pemadatan untuk menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar pada saat pengecoran dilaksanakan.
3. Tipe C “*Accelerating admixture*”*Accelerating admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D “*Water Reducing and Retarding Admixture*”*Water Reducing and Retarding Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.
5. Tipe E “*Water Reducing and Accelerating Admixture*”*Water Reducing and Accelerating Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton.
6. Tipe F “*Water Reducing, High Range Admixture*”*Water Reducing, High Range Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Fungsinya untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan tambah ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini dapat berupa *superplasticizer*. Bahan jenis ini pun termasuk dalam bahan kimia tambahan yang baru dan disebut sebagai bahan tambah kimia pengurang air. Dosis yang disarankan

adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kekuatan tekan beton.

7. Tipe G "*Water Reducing, High Range Retarding Admixture*" *Water Reducing, High Range Retarding Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja.

2.3.1. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 MPa. (European Environment Agency (EEA), 2019)

2.3.2. Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Yang tergolong beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa (Iii & Teori, 2007).

Beton mutu tinggi menjadi tinjauan khusus untuk lingkungan agresif dikarenakan disamping kekuatannya tinggi, permeabilitas dan porositasnya juga kecil yang akan mempersulit serangan asam lebih parah lagi sampai ke inti beton. Meskipun beton mutu tinggi memiliki ikatan antar pasta dengan agregat yang lebih kuat dari beton normal, beton mutu tinggi juga masih rentan mengalami penurunan ketahanan di lingkungan asam (Mas et al., 2015).

2.3.3. Sika Fume

Menurut standar *Spesification for Silica Fume for Use in Hydraulic Cemen Concrete and Mortar* (ASTM-C618-86), *silica fume* merupakan bahan yang

mengandung SiO₂ lebih besar dari 85% dan merupakan bahan yang sangat halus berbentuk bulat dan berdiameter 1/100 diameter semen. Menurut Subakti, *silica fume* mempunyai peranan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Ditinjau dari sifat kimianya, secara geometris *silica fume* mengisi rongga-rongga diantara bahan semen, dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang. Sedangkan dari sifat mekaniknya, *silica fume* memiliki reaksi yang bersifat pozzolan yang bereaksi terhadap batu kapur yang dilepas semen (Iii & Teori, 2007).

Ukuran *silika fume* ini lebih halus dari pada asap rokok. *Silika fume* berbentuk seperti *fly ash* tetapi ukurannya lebih kecil sekitar seratus kali lipatnya. SF bisa didapat dalam bentuk bubuk, dipadatkan atau cairan yang dicampurkan dengan air 50%.

Berat jenisnya sekitar 2,20 tetapi bulk density hanya 200-300 kg/m³. Specific surface area sangat besar, yaitu 15-25 m²/g. SF bisa dipakai sebagai pengganti sebagian semen, meskipun tidak ekonomis. Kedua sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat beton, baik beton segar maupun beton keras (Sihombing, 2017).

2.3.4. Kapur

Kapur tohor adalah hasil bakaran dari batu kapur. Kapur padam adalah kapur hasil pemadaman dari kapur tohor yang membentuk hidrat (SK SNI S-04-1989-F). Kapur bereaksi dengan bermacam-macam komponen *pozzolan* yang halus untuk membentuk kalsium silika semen. *Silika* adalah mineral utama dari *fly ash* jika bereaksi dengan kapur maka akan membentuk gel Ca(Si)₃. (Lisantono & Purnandani, 2010). Batu kapur merupakan salah satu batuan yang sangat potensial untuk bahan tambah, namun tentunya dengan pemanfaatan yang bijaksana dan bukan dieksploitasi. Menurut Tjokrodinuljo (2007), batu kapur merupakan salah satu komponen bahan bangunan yang berfungsi sebagai perekat. Kemampuan yang dimiliki kapur ini dapat dimanfaatkan untuk menambah campuran beton. Hal ini mendasari studi mengenai penggunaan batu kapur sebagai bahan tambah beton (Pratama et al., n.d.).

2.4. Slump Test

Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*)/plastisitas dan kohesif dari beton segar. Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing–masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*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. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan (Badan Standardisasi Nasional, 1990).

Dalam praktek, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu:

- *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
- *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

2.5. Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. (Rusmania, 2015)

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur, semakin tinggi pula mutu betonnya. Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kekuatan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton telah dirancang

campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memeperkecil terjadinya beton dengan kuat tekan lebih rendah dari f_c' seperti yang telah disyaratkan.

Beberapa factor yang memepengaruhi kekuatan tekan beton ; (1) proporsi bahan-bahan penyusunya, (2) metode perancangan, (3) perawatan, (4) keadaan pada saat pengecoran.

Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C 39. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A}$$

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang (cm²)

2.6. Perawatan Beton

Beton harus dirawat pada suhu diatas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran kecuali jika dengan perawatan dipercepat (SNI 2847:2013), Persyaratan beton Struktural Bangunan Gedung). Perawatan beton dimaksudkan agar beton dapat mengembangkan kekuatannya secara wajar dan sempurna serta memiliki tingkat kekedapan dan keawetan yang baik, ketahanan terhadap aus serta *stabilitas* dimensi struktur (Mulyono, T., 2003). Perawatan dilakukan untuk mencegah terjadinya temperature beton atau 17 pengupuan air yang berlebihan yang dapat menurunkan kemampuan beton yang dihasilkan. Apabila proses penguapan air terjadi secara berlebihan terutama pada waktu setelah *final setting* maka proses hidrasi dapat terganggu demikian juga untuk proses hidrasi selanjutnya (Rusmania, 2015).

Menurut A.M. Neville (2002), terdapat empat hal yang mempengaruhi proses penguapan yang dapat menyebabkan kehilangan air pada beton, yaitu:

1. Kelembaban *relative* semakin besar nilai kelembaban *relative*, maka semakin sedikit kehilangan air yang terjadi.
2. Temperatur udara dan beton temperatur udara dan beton sangat mempengaruhi proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak.

3. Kecepatan udara proses penguapan juga dipengaruhi oleh adanya angin. Kecepatan angin yang besar akan mempercepat proses penguapan yang terjadi.
4. Temperatur beton perbedaan diantara temperatur udara dan beton juga mempengaruhi terhadap kehilangan air.

Dalam perawatan beton cara dan bahan serta alat yang digunakan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Didalam pengujian ini digunakan dua cara perawatan yang berbeda yaitu direndam dan *curing compound*. Kekuatan resultan dari temperature konstan pada *setting* dan perawatan pada temperature tinggi mengakibatkan kekuatan awal lebih tinggi tetapi kekuatan jangka panjang yang lebih rendah.

2.7. Pengaruh Air Laut

Pengaruh kimia air laut terhadap beton terutama disebabkan oleh serangan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$), yang diperburuk dengan adanya kandungan Clorida didalamnya, reaksinya akan menghambat perkembangan beton. Biasanya digolongkan sebagai bagian dari serangan sulfat oleh air laut yang mengakibatkan beton tampak menjadi keputih-putihan, selain itu beton akan mengembang sebelumnya didahului oleh terjadinya *spalling* dan retak. Akhirnya pada bagian beton yang terserang oleh sulfat akan menjadi lunak membentuk lapisan seperti lumpur. Saat pertama kali mengalami serangan sulfat, kekuatan tekan beton akan naik, lalu secara berangsur-angsur mengalami kehilangan kekuatan, dan akhirnya beton mengembang. Serangan ini dipandang sebagai akibat dari kehadiran Potassium (KS) dan Magnesium Sulfat (MgS) pada air laut yang dapat menyebabkan timbulnya serangan sulfat pada beton (Wedhanto, 2017).

2.8. Penelitian Terdahulu

Lachairoi Shiombing menyimpulkan bahwa Kekuatan yang terjadi pada beton yang disebabkan penambahan *Sika Fume*, kekuatan mengalami kenaikan setiap sekali perlakuan atau setiap penambahan *Sika Fume* dan karakteristik beton porous pada umur ke 21 hari baru memiliki karakteristik seperti beton normal.

Pada umur 7 hari beton porous tidak dapat dipakai karena memiliki kuat tekan dan yang sangat rendah. Persentase porositas yang terjadi pada penelitian adalah 20% dari seluruh permukaan, berarti dengan kata lain persentase porositas cukup baik dan memenuhi syarat dari pada beton porous. Permeabilitas air mengalami sangat cepat peresapannya dikarenakan porositas yang cukup baik. Peresapan air membutuhkan waktu hingga 15 menit untuk dapat mengembalikan air ke dalam tanah dari permukaan tanah (Sihombing, 2017).

Dwi Afif Susilo menyimpulkan bahwa Nilai berat jenis rata-rata beton ringan agregat *breksi pumice* dengan penambahan *Silica Fume* sebesar 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% memberikan perubahan nilai berat jenis berturut-turut sebesar 1846,33 kg/m³, 1825,91 kg/m³, 1852,33 kg/m³, 1863,15 kg/m³, 1868,55 kg/m³ 1834,32 kg/m³. Berat jenis dari penambahan *silica fume* 12% memberi peningkatan berat jenis optimum sebesar 1,203 %. Dari hasil berat jenis tersebut masih termasuk beton ringan karena nilainya masih dibawah angka 1900 kg/m³. Kuat tekan maksimal didapat dari penambahan *silica fume* 9% dengan nilai 21,20 MPa. Penambahan kadar *silica fume* 12% memberi penurunan kuat tekan akan tetapi penambahan *silica fume* 15% memberi peningkatan kuat tekan dari 12% sebesar 8,45% (Susilo, 2019).

Sonny Wedhanto menyimpulkan bahwa berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Beton yang dibuat dari jenis semen yang dijual di toko-toko bahan bangunan di Kota Malang, jika direndam air laut selama 7 hari akan meningkatkan kekuatan tekan secara cepat, namun jika direndam terus selama 28 hari, kekuatan tekannya akan turun. Jenis semen yang relatif paling tahan terhadap air laut selama perendaman 28 hari adalah Semen Tipe I. Hasil penelitian ini tidak dapat untuk mewakili seluruh merk semen yang beredar di sekitar Malang; namun demikian melihat kecenderungan benda uji jika lebih lama direndam dalam air laut makin turun kekuatan tekannya (Wedhanto, 2017).

Sudiyo Utomo menyimpulkan bahwa kuat tekan beton yang mengalami perawatan dengan air laut lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar untuk masa perawatan 7 hari. Sementara untuk masa perawatan 14 hari dan 28 hari kuat tekan beton yang mengalami perawatan dengan air laut lebih rendah dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar. Hal ini

menunjukkan bahwa beton yang mengalami perawatan dengan air laut memiliki kekuatan awal yang lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar, namun setelah itu kekuatannya akan lebih rendah dan semakin tinggi mutu beton maka perbedaan kuat tekan antara beton yang mengalami perawatan dengan air laut dengan kuat tekan beton. Nilai absorpsi air laut dari beton yang mengalami perawatan dengan air laut memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada beton yang mengalami perawatan dengan air tawar (Hunggurami, Utomo, & Wadu, 2014).

Donny Putra Prastyo menyimpulkan bahwa perendaman beton dengan menggunakan larutan asam sulfat pada beton dengan bahan tambah *fly ash* pada lama perendaman 28 hari menghasilkan kuat tekan rata-rata lebih tinggi dari pada kuat tekan awal, Penggunaan air kapur sebagai air campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan rata-rata karena menghasilkan kuat tekan rata-rata yang lebih rendah daripada penggunaan air tawar sebagai air campuran beton (Hunggurami et al., 2014).

Yetty Riris Rotua menyimpulkan bahwa penggunaan *sika fume* yang semakin besar dapat memberikan hasil nilai slump yang tidak memenuhi. Penggunaan sika fume mengakibatkan peningkatan kuat tekan beton normal. Hal ini terjadi karena butiran partikel halus sika fume yang berukuran lebih halus dari semen dapat lebih mengisi rongga pada campuran sehingga campuran lebih padat dan mengikat (Saragi, 2014).

Ariyadi Basuki menyimpulkan bahwa perubahan jenis aditif dari tipe F ke D campuran beton efektif memperpanjang waktu pengerasan beton, sehingga memudahkan proses pengecoran dalam volume yang besar. Rata-rata waktu setting time bertambah 1-2 jam untuk beton dengan *fly ash*, dan lebih lama lagi untuk beton dengan *silica fume*. Penambahan *fly ash* hingga 10% memberikan nilai kuat tekan yang paling optimum. Tetapi penambahan *fly ash* atau *silica fume* belum memberikan pengaruh terhadap sifat kedap air yang lebih baik dibandingkan beton normalnya (Basuki, 2015).

Reni Oktaviani Tarru menyimpulkan bahwa hasil penelitian menunjukkan penambahan *silica fume* sebagai pengisi campuran beton dapat mempengaruhi kuat tekan beton karena dengan penambahan presentase *silica fume* kenaikan kuat

tekan beton dari normal dengan menggunakan *silica fume* 15% pada umur 28 hari pertambahannya sebesar 8,07%. Perbandingan kuat tekan beton normal dan beton dengan penambahan *silica fume* sebesar 5%, 10%, dan 15% sebagai pengisi (*filler*) memperlihatkan bahwa kuat tekan beton yang menggunakan *silica fume* sebesar 15% lebih tinggi yaitu 43,62 Mpa dibanding kuat tekan beton normal yaitu 37,10 Mpa pada umur 28 hari (Tarru, 2018).

Kaulika Afien dan Novi Rahmayanti menyimpulkan bahwa hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan, penambahan kapur padam sebanyak 15% pada hari ke 28 memiliki nilai yang paling tinggi yaitu sebesar 31,61 MPa, meningkat 72,45% dari beton dengan kapur padam 0%. Sebaliknya, nilai kuat tekan beton paling kecil terjadi pada beton dengan kapur padam 0% pada hari ke 7 yaitu sebesar 19,22 MPa. Kapur padam berfungsi sebagai bahan pengisi dan perekat dalam beton untuk meningkatkan kepadatan beton. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan grafik kuat tekan beton dan mengalami penurunan setelah mencapai kadar maksimum 15% penambahan batu dari berat semen.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian. Tahapan awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara adalah pengambilan data sekunder pengujian bahan dasar agregat dan melakukan pengujian bahan dasar agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran beton. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

a. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- f. Kekentalan adukan beton segar (*Slump test*).
- g. Uji perawatan beton
- h. Uji kuat tekan beton

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (*literatur*) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data

teknis mengenai Standar Nasional Indonesia. Data teknis mengenai SNI-03-2834-2000, serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3. Bahan dan Peralatan Penelitian

3.3.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Binjai.
2. Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil yang berasal dari Binjai.
3. Semen yang digunakan adalah semen merk Padang *type 1*.
4. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bahan tambah yang digunakan adalah *sika fume* dan Air kapur dari campuran Air dan Kapur Tohor.

3.3.2. Peralatan

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

Peralatan material :

- a. Saringan agregat kasar : Saringan 1,5", 1/2", 3/4", 3/8", dan no.4
- b. Saringan agregat halus : Saringan no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, dan no.100
- c. Timbangan digital
- d. Plastik ukuran 10 kg

Peralatan pembuatan beton :

- a. Pan

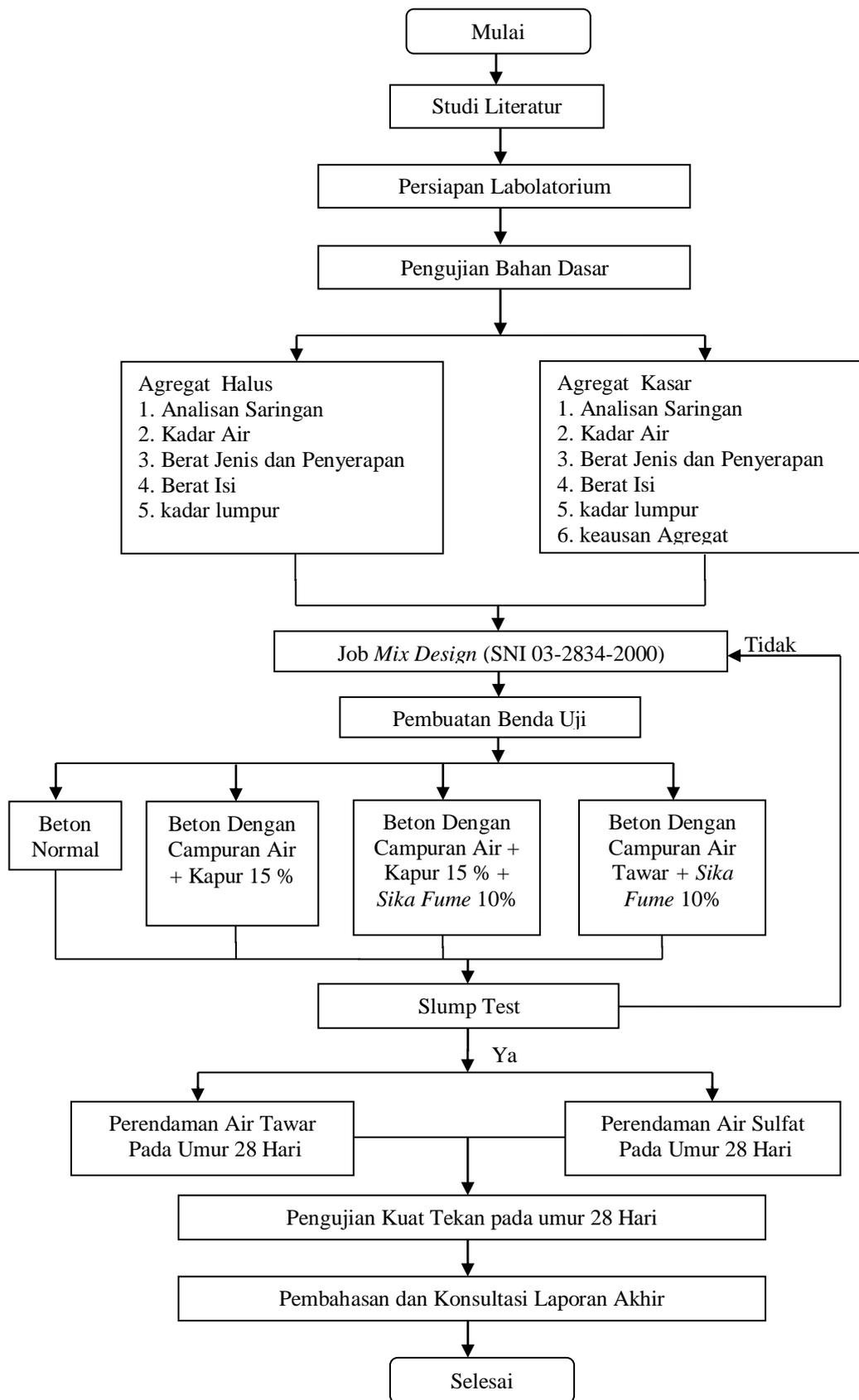
- b. Ember
- c. Satu set alat *slump test* : kerucut *abrams*, tongkat pemadat, mistar, dan plat baja.
- d. Skop tangan
- e. Skrap
- f. Tabung ukur
- g. Sarung tangan
- h. Cetakan silinder ukuran 15 x 30 cm
- i. Vaseline
- j. Kuas
- k. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
- l. Bak perendam

Alat pengujian kuat tekan beton :

- a. Mesin kuat tekan (*compression test*)

3.4. Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*) yang mana bagan alir ini sebagai pedoman penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.5. Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur dan melakukan penjemuran pada material yang basah.

3.6. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat.

3.7. 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.

3.7.1. Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566-89. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.1 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa. Dari 2 data yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing 1000 gr. Maka didapatlah persentase kadar air 0,9%.

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

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan wadah	1188	1175	1181,5
Berat contoh SSD	1000	1000	1000
Berat contoh kering oven & wadah	1177	1168	1172,5
Berat wadah	188	175	181,5
Berat air	11	7	9
Berat contoh kering	989	993	991
Kadar air	1,1%	0,7%	0,9%

3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566. Hasil dari kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 3.2.

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

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	500	500	500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	487	483	485
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	13	17	15
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	2,6	3,4	3

Berdasarkan Tabel 3.2 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian

berat kotor agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 2,6%, dan sampel kedua sebesar 3,4%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3%. Jumlah persentase tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan PBI 1971 yaitu $< 5\%$.

3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI ASTM C 128. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.3. Pada tabel terlampir 3 macam berat jenis, yakni berat jenis contoh semu, berat jenis SSD, dan berat jenis contoh semu. Berat jenis agregat terpenuhi apabila nilai Berat Jenis Contoh Kering $<$ Berat Jenis SSD $<$ Berat Jenis Contoh Semu dengan nilai rata-rata $2,475 \text{ gr/cm}^3 < 2,505 \text{ gr/cm}^3 < 2,56 \text{ gr/cm}^3$ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,32%. Berdasarkan standar ASTM C 128 tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh	500	500	500
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan	494	493	493,5
Berat piknometer penuh air	674	674	674
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air	974	975	974,5

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat jenis contoh kering ($E/(B+D-C)$)	2,47	2,48	2,475
Berat jenis contoh SSD ($B/(B+D-C)$)	2,50	2,51	2,505
Berat jenis contoh semu ($E/(E+D-C)$)	2,55	2,57	2,56
Penyerapan $((B-E)/E) \times 100\%$	1,21	1,42	1,32

3.7.4. Berat Isi Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 3.4 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

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

No	Pengujian	Contoh I	Contoh II	Contoh III	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	18873	20523	20603	19999,7
2	Berat wadah (gr)	5400	5400	5400	5400
3	Berat contoh (gr)	13473	15123	15203	14599,7
4	Volume wadah (cm^3)	10861,71	10861,71	10861,71	10861,71
5	Berat Isi (gr/cm^3)	1,24	1,39	1,40	1,34

Berdasarkan Tabel 3.4 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan

didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar 1,34 gr/cm³. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu >1,125 gr/cm³.

3.7.5. Analisa Saringan Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 33. 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.

Berdasarkan Tabel 3.5 menjelaskan pemeriksaan analisa saringan agregat halus ini menggunakan nomor saringan yang telah ditentukan berdasarkan SNI 03-2834-2000, yang nantinya akan dibuat grafik zona gradasi agregat yang didapat dari nilai kumulatif agregat.

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

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample 1	Sample 2	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
9.52 (3/8 in)	0	0	0	0,00	0,00	100,00
4.75 (No. 4)	17	26	43	1,95	1,95	98,05
2.36 (No. 8)	67	104	171	7,77	9,72	90,28
1.18 (No.16)	181	219	400	18,18	27,9	72,1
0.60 (No. 30)	287	322	609	27,68	55,58	44,42
0.30 (No. 50)	290	331	621	28,23	83,81	16,19
0.15 (No. 100)	135	163	298	13,54	97,35	2,65
Pan	23	35	58	2,64	100	0
Total	1000	1200	2200	100		

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 = 2200 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\begin{aligned}\text{No.4} &= \frac{43}{2200} \times 100\% = 1,95 \% \\ \text{No.8} &= \frac{171}{2200} \times 100\% = 7,77 \% \\ \text{No.16} &= \frac{400}{2200} \times 100\% = 18,18 \% \\ \text{No.30} &= \frac{609}{2200} \times 100\% = 27,68 \% \\ \text{No.50} &= \frac{621}{2200} \times 100\% = 28,28 \% \\ \text{No.100} &= \frac{298}{2200} \times 100\% = 13,54 \% \\ \text{Pan} &= \frac{58}{2200} \times 100\% = 2,64 \%\end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

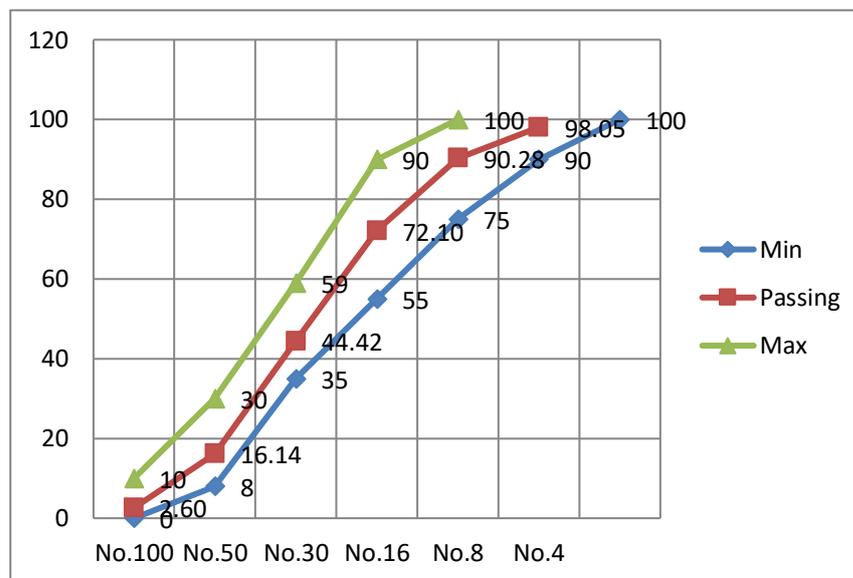
$$\begin{aligned}\text{No.4} &= 0 + 1,95 = 1,95 \% \\ \text{No.8} &= 1,95 + 7,77 = 9,72 \% \\ \text{No.16} &= 9,72 + 18,18 = 27,90 \% \\ \text{No.30} &= 27,90 + 27,68 = 55,58 \% \\ \text{No.50} &= 55,58 + 28,28 = 83,86 \% \\ \text{No.100} &= 83,86 + 13,54 = 97,40 \% \\ \text{Pan} &= 97,40 + 2,64 = 100,00 \%\end{aligned}$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 276,41 %

$$\begin{aligned}\text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\ &= \frac{276,41}{100} \\ \text{FM} &= 2,76\end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	1,95	=	98,05	%
No.8	=	100	-	9,72	=	90,28	%
No.16	=	100	-	27,90	=	72,10	%
No.30	=	100	-	55,58	=	44,42	%
No.50	=	100	-	83,86	=	16,14	%
No.100	=	100	-	97,40	=	2,60	%
Pan	=	100	-	100,00	=	0,00	%



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

Berdasarkan Gambar 3.2 menjelaskan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada Tabel 3.5 diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 2,76 dan dari grafik hasil pengujian diketahui bahwa agregat halus yang diuji termasuk di zona 2 (pasir sedang) seperti Gambar 3.2.

3.8. 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.
- Keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*.

3.8.1 Kadar Air Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566.

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

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD & berat wadah	1528	1570	1549
Berat contoh SSD	1000	1000	1000,0
Contoh kering oven & wadah	1523	1565	1544
Berat wadah	528	570	549
Berat air	5	5	5
Berat contoh kering	995	995	995
Kadar air	0,5%	0,5%	0,5%

Berdasarkan Tabel 3.6 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar air pada agregat kasar didapat rata-rata kadar air sebesar 0,5%. Percobaan ini dilakukan sebanyak dua kali pengujian, pada contoh pertama, kadar air yang didapat sebesar 0,5%, dan contoh kedua didapat kadar air sebesar 0,5%. Hasil diatas tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu yaitu 0,5% - 1,5%.

3.8.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 117. Berdasarkan Tabel 3.7 menjelaskan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dilakukan dengan mencuci sampel yang menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 0,8%, dan sampel kedua sebesar 0,6%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,7%.

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

Pengujian	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	1000	1000	1000
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	992	994	993
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	8	6	7
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,8	0,6	0,7

3.8.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 127.

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

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	2500	2500	2500
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C)	2482	2481	2481,5
Berat contoh jenuh (B)	1580	1565	1597,5
Berat jenis contoh kering $C/(A-B)$	2,698	2,653	2,676
Berat jenis contoh SSD $A/(A-B)$	2,717	2,674	2,696
Berat jenis contoh semu $C/(C-B)$	2,752	2,708	2,730
Penyerapan $((A-C)/C) \times 100\%$	0,725	0,766	0,746

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 3.8 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorbtion*) pada agregat halus yang diteliti. Pada Tabel 3.8 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 2,676 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,696 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,730 gr/cm³. Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,746% dan berdasarkan ASTM C 127 nilai ini berada di bawah nilai absorpsi agregat kasar maksimum yaitu sebesar 4%.

3.8.4. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 29. Berdasarkan Tabel 3.9 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,62 gr/cm³. Nilai berat isi agregat didapatkan dari perbandingan nilai antara berat

contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam penelitian ini. Pada sampel pertama didapat nilai berat isi agregat sebesar 1,59 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,65 gr/cm³. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,56 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu > 1,125 gr/cm³.

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

No	Pengujian	Contoh I	Contoh II	Contoh III	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	31050	31989	30630	31485
2	Berat wadah (gr)	6500	6500	6500	6500
3	Berat contoh (gr)	24550	25489	24130	24985
4	Volume wadah (cm ³)	15465,21	15465,21	15465,21	15465,21
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,59	1,65	1,56	1,62

3.8.5. Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 33. 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.

Ukuran ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Total berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
	38,1 (1.5 in)	137	130	267		

Tabel 3.10: Lanjutan.

Ukuran ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Total berat (gr)	%		
19.0 (3/4 in)	1015	910	1925	34,38	39,15	60,85
9.52 (3/8 in)	1130	1451	2581	46,10	85,25	14,75
4.75 (No. 4)	518	309	827	14,77	100,00	0,00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
1.18 (No.16)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0,00	100,00	0,00
Pan	0	0	0	0,00	0	100
<i>Total</i>	2800	2800	5600	100		

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{267}{5600} \times 100\% = 4,77 \%$$

$$3/4 = \frac{1925}{5600} \times 100\% = 34,37 \%$$

$$3/8 = \frac{2581}{5600} \times 100\% = 46,09 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{827}{5600} \times 100\% = 14,77 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 4,77 = 4,77 \%$$

$$3/4 = 4,77 + 34,37 = 39,14 \%$$

$$3/8 = 39,14 + 46,09 = 85,23 \%$$

$$\text{No.4} = 85,23 + 14,77 = 100,00 \%$$

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 729,14

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \\
 &= \frac{729,14}{100} \\
 \text{FM} &= 7,29
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

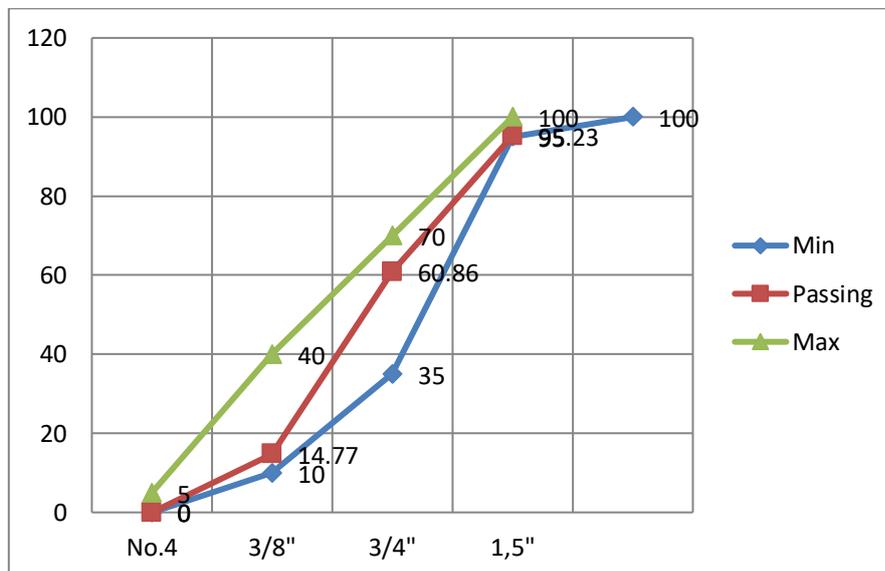
$$1,5 = 100 - 4,77 = 95,23 \%$$

$$\frac{3}{4} = 100 - 39,14 = 60,86 \%$$

$$\frac{3}{8} = 100 - 85,23 = 14,77 \%$$

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

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



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.

3.8.6. Keausan Agregat Dengan Mesin *LosAngeles*

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C33-1985 serta mengikuti buku panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil UMSU tentang keausan agregat dengan mesin Los Angeles.

Dari hasil penelitian didapat data-data sebagai berikut:

- Berat sample sebelum pengujian = 5000 gr
- Berat sample setelah pengujian = 4254 gr

Berat tiap-tiap ayakan tercantum dalam Tabel 3.11 berikut:

Tabel 3.11: Hasil pengujian keausan agregat.

Ukuran ayakan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)
37,5 (1.5 in)	-	-
25 (1 in)	-	-
19.1 (3/4 in)	-	-
12.5 (1/2 in)	2500	1191
9.50 (No. 3/8 in)	2500	770
4.75 (No.4)	-	1393
2.36 (No. 8)	-	651
0.30 (No. 50)	-	-
0.15 (No. 100)	-	-
Pan	-	249
Total	5000	4254
Berat Lolos Saringan No. 12		746
<i>Abrasion (keausan) %</i>		14,92 %

$$\begin{aligned} \text{Abrasion} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \% \\ &= \frac{5000 - 4254}{5000} \times 100 \% = 14,92 \% \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin *LosAngeles* diperoleh nilai Abrasi sebesar 14,92 % yang selanjutnya tersebut digunakan untuk pertimbangan proporsi campuran beton.

3.9. 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). Hal ini menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan serta memiliki kelecakan yang sesuai dengan mempermudah proses pengerjaan.

3.10. Pelaksanaan Penelitian

3.10.1. *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.

3.10.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan sisi berukuran 15 cm x 30 cm yang berjumlah 16 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.10.3. Pengujian *Slump*

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk

menentukan tingkat *workability*-nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Target *slump* rencana sesuai mix design adalah 60-180 mm. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2834-2000.

3.10.4. Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air tawar dan air sulfat sampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 16 buah dengan variasi 2 rendaman dapat dilihat pada Tabel 3.12 berikut:

Tabel. 3.12: Jumlah variasi sampel pengujian beton.

NO	Variasi Campuran Beton	Air Tawar	Air Sulfat
		28 hari	28 hari
1.	Beton normal	2 buah	2 buah
2.	Beton dengan campuran air + kapur 15%	2 buah	2 buah
3.	Beton dengan campuran air + kapur 15% + <i>sika fume</i> 10%	2 buah	2 buah
4.	Beton dengan campuran air tawar + <i>sika fume</i> 10%	2 buah	2 buah
Total		16 buah	

3.10.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian Kuat Tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2491-2002. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji diletakkan tegak berdiri di atas alat pengujian kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 16 buah dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut:

Tabel. 3.13: Jumlah variasi sampel pengujian beton.

NO	Variasi Campuran Beton	Jumlah Sampel Pengujian
		28 hari
1.	Beton normal	4 buah
2.	Beton dengan campuran air + kapur 15%	4 buah
3.	Beton dengan campuran air + kapur 15% + <i>sika fume</i> 10%	4 buah
4.	Beton dengan campuran air tawar + <i>sika fume</i> 10%	4 buah
Total		16 buah

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Data tersebut dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 4.1 : Data-data analisis yang diperoleh saat penelitian

Nama percobaan	Satuan	Hasil percobaan
Berat jenis agregat kasar	Gr/cm ³	2,696
Berat jenis agregat halus	Gr/cm ³	2,505
Kadar lumpur agregat kasar	%	0,7
Kadar lumpur agregat halus	%	3
Berat isi agregat kasar	Gr/cm ³	1,62
Berat isi agregat halus	Gr/cm ³	1,34
Kadar air agregat kasar	%	0,5
Kadar air agregat halus	%	0,9
FM agregat kasar		7,29
FM agregat halus		2,76
Penyerapan agregat halus	%	1,32
Penyerapan agregat kasar	%	0,746
Nilai slump rencana	mm	30-60
Ukuran agregat maksimum	mm	40

Sumber : Hasil penelitian

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 26 MPa yang terlampir pada tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834-2000.

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

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-2000					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan		26 Mpa	
2	Deviasi Standar	-		12 Mpa	
3	Nilai tambah (margin)	-		5,7 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		43,7 Mpa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat:	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
	- kasar - halus	Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas	-		0,44	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		60-180 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7		185 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11:7		420,45 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		420,45 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,44	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2		38%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	-		2,624	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2375 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1769,55 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		672,43 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1097,12 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	420,45	185	672,43	1097,12
- Tiap campuran uji m ³	1	0,44	1,60	2,60	

Tabel 4.2: Lanjutan.

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
24	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,23	0,98	3,56	5,81
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	420,45	190,52	669,60	1094,42
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,45	1,59	2,60
	Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,23	1	3,55	5,8

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

Tabel 4.3 Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1 m³

Material	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
Berat (kg)	420,45	669,60	1094,42	190,52
Perbandingan	1	1,59	2,60	0,45

a. Untuk benda uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \pi r^2 t \\
 &= (22/7) \times 7,5^2 \times 30 \\
 &= 5303,57 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,005304 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka:

1) Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 420,45 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 2,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2) Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 669,60 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 3,55 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3) Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak kerikil} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 1094,42 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 5,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4) Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 190,52 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

Tabel 4.4 perbandingan bahan beton untuk 1 benda uji (kg)

Material	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
Berat (kg)	2,23	3,55	5,8	1

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	$\times \text{ berat kerikil}$	
1,5	4,77	$\frac{4,77}{100}$	$\times 5,8$	0,28
¾	34,38	$\frac{34,38}{100}$	$\times 5,8$	1,99
3/8	46,10	$\frac{46,10}{100}$	$\times 5,8$	2,67
No. 4	14,77	$\frac{14,77}{100}$	$\times 5,8$	0,86
Total				5,8

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan 1,5 sebesar 0,28 kg, saringan ¾ sebesar 1,99 kg, saringan 3/8 sebesar 2,67 kg dan saringan no 4 sebesar 0,86 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda

uji sebesar 5,8 kg.

Tabel 4.6: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No.4	1,95	$\frac{1,95}{100}$	x 3,55	0,07
No.8	7,77	$\frac{7,77}{100}$	x 3,55	0,27
No.16	18,18	$\frac{18,18}{100}$	x 3,55	0,64
No.30	27,68	$\frac{27,68}{100}$	x 3,55	0,98
No.50	28,23	$\frac{28,23}{100}$	x 3,55	1,00
No.100	13,54	$\frac{13,54}{100}$	x 3,55	0,48
Pan	2,64	$\frac{2,64}{100}$	x 3,55	0,09
Total				3,55

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,07 kg, saringan no 8 sebesar 0,27 kg, saringan no 16 sebesar 0,64 kg, saringan no 30 sebesar 0,98 kg, saringan no 50 sebesar 1,00 kg, saringan no 100 sebesar 0,48 kg, dan pan sebesar 0,09 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 3,55 kg.

b. Bahan tambah kapur tohor

Untuk penggunaan bahan tambah menggunakan kapur tohor 15% dari berat semen.

1. Kapur tohor yang dibutuhkan sebanyak 15% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{15}{100} \times \text{volume air}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{15}{100} \times 1 \text{ kg} \\
&= 0,150 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Tabel 4.7: Jumlah kapur tohor dari volume air.

No	Kapur Tohor0 (%)	Jumlah (kg)
1.	15	0,150

c. Bahan tambah *addictive sika fume*

Untuk penggunaan bahan tambah *addictive sika fume* sebanyak 10% akan didapatkan dari jumlah semen yang akan digunakan.

Sika fume yang dibutuhkan sebanyak 10 % untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
&= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen} \\
&= \frac{10}{100} \times 2,23 \text{ kg} \\
&= 0,223 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 16 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 16 benda uji adalah:

2. Semen yang dibutuhkan untuk 16 benda uji

$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak semen 1 benda uji} \times 16 \text{ benda uji} \\
&= 2,23 \times 16 \\
&= 35,68 \text{ kg}
\end{aligned}$$

3. Pasir yang dibutuhkan untuk 16 benda uji

$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 16 \\
&= 3,55 \times 16 \\
&= 56,8 \text{ kg}
\end{aligned}$$

4. Batu pecah yang dibutuhkan untuk 16 benda uji

$$\begin{aligned}
&= \text{Banyak batu pecah untuk 1 benda uji} \times 16 \\
&= 5,8 \times 16 \\
&= 92,8 \text{ kg}
\end{aligned}$$

5. Air yang dibutuhkan untuk 16 benda uji
 = Banyak air untuk 1 benda uji x 16
 = 1 x 16
 = 16 kg

Perbandingan untuk 16 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 35,68 : 56,8 : 92,8 : 16

Berdasarkan analisa saringan untuk 16 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9.

Tabel 4.8: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 16 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1,5"	4,77	4,42
3/4"	34,38	31,90

Tabel 4.8 : *Lanjutan.*

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$

3/8"	46,10	42,78
No. 4	14,77	13,70
Total		92,8

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 16 benda uji ialah saringan 1,5" sebesar 4,42 kg, saringan 3/4" sebesar 31,90 kg, saringan 3/8" sebesar 42,78 kg dan saringan No.4 sebesar 13,70 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 12 benda uji sebesar 92,8 kg.

Sedangkan untuk berat tertahan setiap saringan untuk agregat halus dilihat berdasarkan Tabel 4.9 dalam 16 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 1,10 kg, saringan No.8 sebesar 4,41 kg, saringan No.16 sebesar 10,32 kg, saringan No.30 sebesar 15,72 kg, saringan No.50 sebesar 16,03 kg, saringan No.100 sebesar 7,69 kg, dan Pan sebesar 1,50 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 16 benda uji sebesar 56,8 kg.

Tabel 4.9: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 16 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.4	1,95	1,10
No. 8	7,77	4,41

Tabel 4.9: Lanjutan.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.16	18,18	10,32

No.30	27,68	15,72
No.50	28,23	16,03
No.100	13,54	7,69
Pan	2,64	1,50
Total		56,8

4.1.1. Metode Pengerjaan *Mix Design*

Pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan yaitu 26 MPa untuk umur 28 hari.
- Menentukan nilai standar deviasi = 12 Mpa.
- Nilai tambah (margin) = 5,7 Mpa
- Kuat tekan rata-rata perlu f_{cr}

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan :

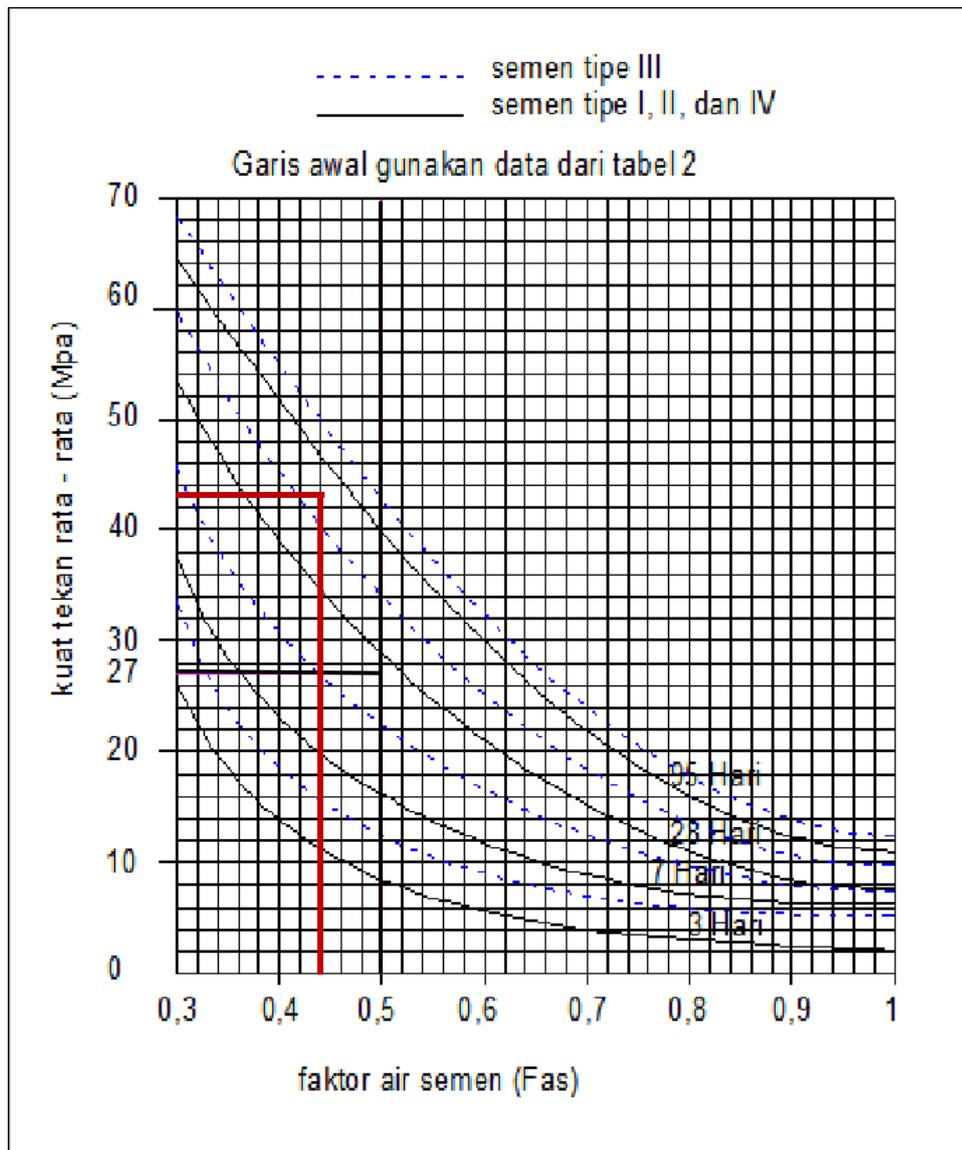
$$f_{cr} = f_c + \text{standar deviasi} + \text{nilai tambah}$$

$$f_{cr} = 26 + 12 + 5,7$$

$$= 43,7 \text{ MPa}$$

- Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
- Jenis agregat diketahui :
 - Agregat halus : Pasir alami
 - Agregat kasar : Batu pecah
- Nilai faktor air semen bebas diambil dari titik kekuatan tekan 43,7 MPa tarik garis datar menuju zona 28 hari, lalu tarik garis kebawah yang menunjukkan

faktor air semen, seperti pada gambar 4.1.



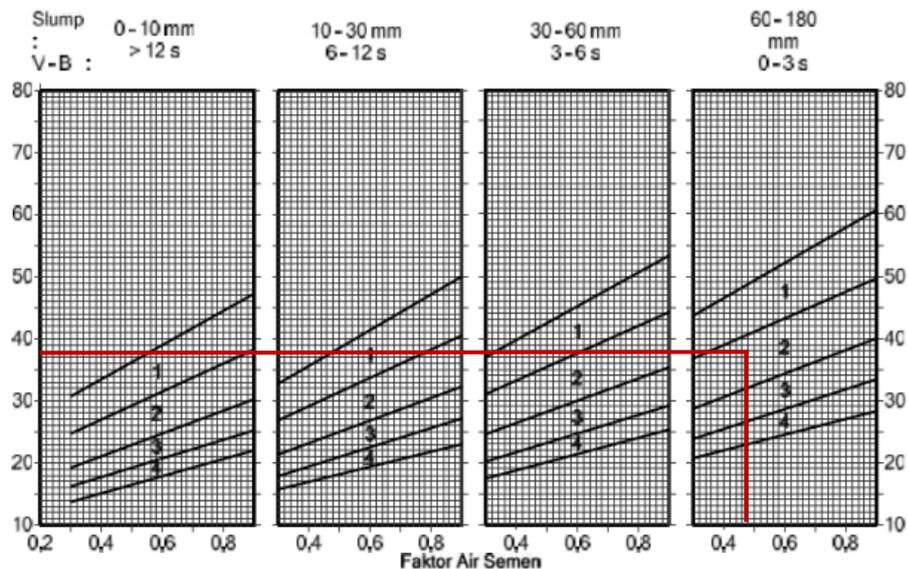
Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).

- h. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60. 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.
- i. Nilai slump ditetapkan setinggi 60-180 mm.
- j. Ukuran agregat maksimum ditetapkan yaitu 40 mm.
- k. Jumlah kadar air bebas.

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

$$\begin{aligned}
&= 2/3 W_h + 1/3 W_k \\
&= (2/3 \times 175) + (1/3 \times 205) \\
&= 185 \text{ kg/ m}^3
\end{aligned}$$

- l. Jumlah semen, yaitu : $185/0.44 = 420,45 \text{ kg/m}^3$
- m. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin l.
- n. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada daerah gradasi pasir zona 2.
- o. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran ini dicari dengan cara melihat gambar 4.2 memilih kelompok ukuran butiran agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 60-180 mm dari nilai faktor air semen 0,44. Persentase agregat halus diperoleh nilai 38% pada daerah susunan butir nomor 2 pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 : Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,44 (SNI 03-2834-2000).

- p. Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_j \text{ camp} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk}$$

Dimana:

$B_j \text{ camp}$ = berat jenis agregat campuran.

B_{jh} = berat jenis agregat halus.

B_{jk} = berat jenis agregat kasar.

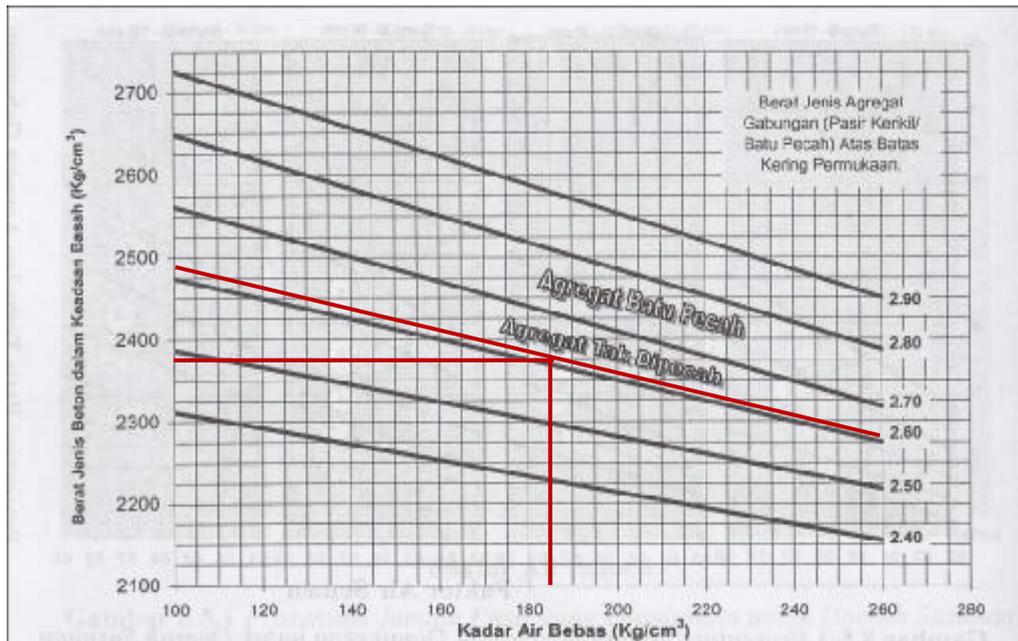
Kh = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

Kk = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

$$\begin{aligned} \text{BJ camp} &= (38/100 \times 2,5) + (62/100 \times 2,7) \\ &= 2,624 \end{aligned}$$

q. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.3.



Gambar 4.3 : Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,44 (SNI 03-2834-2000).

r. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{\text{agr camp}} = W_{\text{btn}} - W_{\text{air}} - W_{\text{snn}}$$

Dengan:

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

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

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

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

$$\begin{aligned} W_{\text{agr camp}} &= 2375 - (185 + 420,45) \\ &= 1769,55 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- s. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (o) dan (r). Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus:

$$W_{agr\ h} = K_h \times W_{agr\ camp}$$

Dengan:

$$K_h = \text{persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (\%)}$$

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

$$\begin{aligned} W_{agr\ h} &= 0,38 \times 1769,55 \\ &= 672,43 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- t. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (o) dan (r). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{agr\ k} = W_{agr\ camp} - W_{agr\ h}$$

Dengan :

$$K_k = \text{persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (\%)}$$

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

$$\begin{aligned} W_{agr\ k} &= 1769,55 - 672,43 \\ &= 1097,12 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- u. Proporsi campuran menurut, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ adukan.
- v. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

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

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100 \\ &= 185 - (0,9 - 1,32) \times 672,43/100 - (0,5 - 0,746) \times 1097,12/100 \\ &= 190,52 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= C + (C_k - C_a) \times C/100 \\ &= 672,43 + (0,9 - 1,32) \times 672,43/100 \\ &= 669,60 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times D/100$$

$$= 1097,12 + (0,5-0,746) \times 1097,12/100$$

$$= 1094,42 \text{ kg/m}^3.$$

Jadi, koreksi proporsi campuran per benda uji adalah :

Air	= 190,52 kg/m ³
Agregat halus	= 669,60 kg/m ³
Agregat kasar	= 1094,42 kg/m ³
Semen	= 420,454 kg/m ³

4.2. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran 15 x 30 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 16 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton.

Beton diaduk menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Untuk penggunaan air, air dibagi menjadi 3 bagian. Pertama tuang air ke dalam mixer 1/3 bagian, kemudian agregat kasar, lalu agregat halus, masukkan 1/3 air lagi, setelah itu masukkan semen, terakhir masukkan 1/3 air terakhir ke dalamnya. Mixer dikondisikan agar campuran teraduk dengan tampak rata dan homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

b. Pencetakan.

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

dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton.

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

4.3. Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar 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 4.10: Hasil pengujian nilai *slump*.

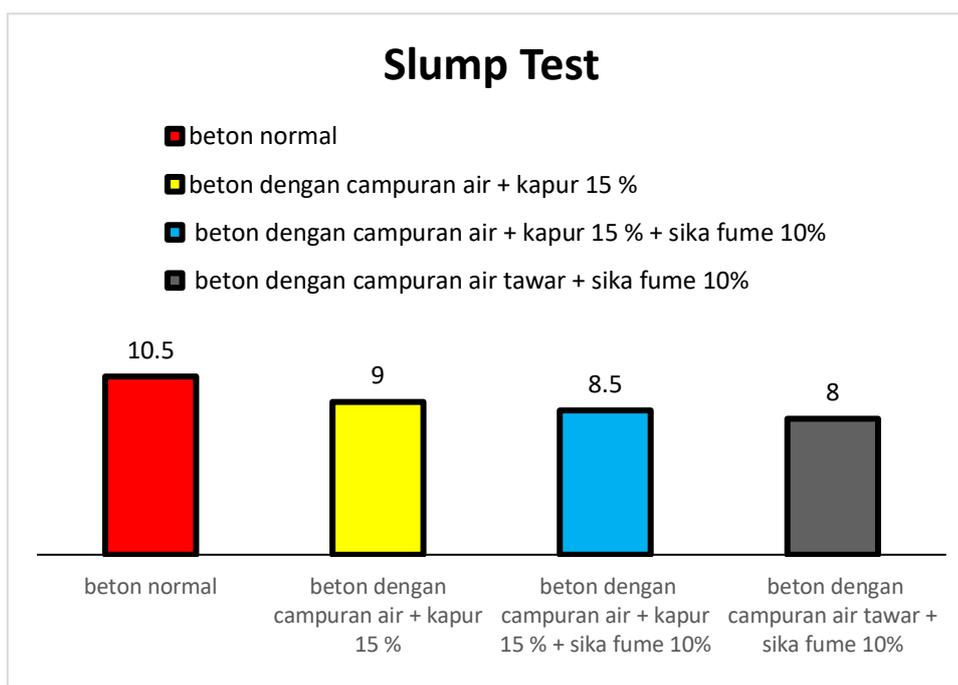
No	Variasi	Tinggi Slump
1	Beton Normal	10,5 cm

Tabel 4.10 : Lanjutan.

No	Variasi	Tinggi Slump
2	Beton Dengan Campuran Air + Kapur 15 %	9 cm
3	Beton Dengan Campuran Air + Kapur 15 % + <i>Sika Fume</i> 10%	8,5 cm

4	Beton Dengan Campuran Air Tawar + <i>Sika Fume</i> 10%	7,5 cm

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal, beton dengan campuran air + kapur 15 %, beton dengan campuran air + kapur 15 % + *sika fume* 10%, beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10, dimana pada beton normal didapatkan nilai *slump* tertinggi yaitu 10 cm, sedangkan beton dengan campuran air kapur dan *sika fume* mengalami penurunan pada nilai *slump*. Berikut pada Gambar 4.4 dapat dilihat grafik naik dan turunnya nilai *slump*.



Gambar 4.4: Grafik perbandingan nilai *slump*.

4.4. Pembuatan Larutan Perendaman Beton

Pada penelitian ini menggunakan 2 perendaman yaitu air dan larutan asam sulfat yang dicampur dengan air. Adapun cara pembuatan larutannya adalah sebagai berikut:

a. Larutan air sulfat 5%

Pembuatan dengan cara mencampurkan air dengan asam sulfat dengan perbandingan 1 liter : 50 ml.

4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan panjang 30 cm sebanyak 16 buah, seperti pada Gambar 4.5, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.5: Kuat tekan pada benda uji.

Kuat tekan beton dihitung berdasarkan besarnya beban persatuan luas, menurut persamaan berikut:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Dimana: f_c = kuat tekan beton (Mpa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

4.6. Kuat Tekan Beton Rendaman Air Tawar

Pada penelitian ini kuat tekan awal diperoleh dari pengujian kuat tekan beton rata-rata yang direndam pada air tawar umur 28 hari.

4.6.1. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton normal rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Berdasarkan Tabel 4.11 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 28 hari. Dari 2 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 22,14 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.11: Hasil pengujian tekan beton normal rendaman air tawar

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12612	330000	18,67	22,49	22,14
2	12525	320000	18,1	21,80	

4.6.2. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air + Kapur 15%

Pengujian beton dengan campuran air kapur 15% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% 28 hari. Dari 2 masing-masing benda uji beton dengan campuran air kapur 15% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 21,47 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.12: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air tawar

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12751	320000	18,10	21,81	21,47
2	12632	310000	17,54	21.13	

4.6.3. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air Kapur 15% + sika fume 10%

Pengujian beton dengan campuran air kapur 15% + sika fume 10% dilakukan

pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Berdasarkan Tabel 4.13 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% + *sika fume* 28 hari. Dari 2 masing-masing benda uji beton dengan campuran air kapur 15% + *sika fume* 10% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 23,86 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.13: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran air kapur 15% + *sika fume* 10% rendaman air tawar

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12521	350000	19,80	23,86	23,86
2	12511	350000	19,80	23,86	

4.6.4. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air Tawar + *sika fume* 10%

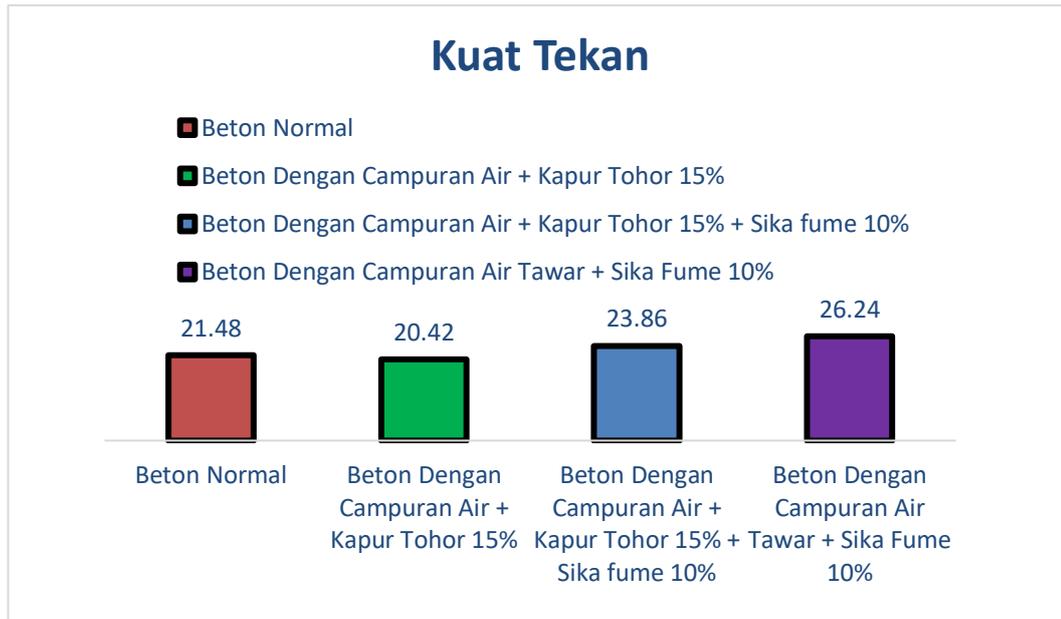
Pengujian beton dengan campuran air tawar+ *sika fume* 10% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% rendaman air tawar 28 hari

dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Berdasarkan Tabel 4.14 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 28 hari. Dari 2 masing-masing benda uji beton dengan campuran air kapur 15% + *sika fume* 10% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 26,24 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.14: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% rendaman air tawar.

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12316	390000	22,06	26,58	26,24
2	12301	380000	21,50	25,90	



Gambar 4.6: Grafik persentase nilai kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar

Dari hasil Gambar 4.6, menunjukkan bahwa penambahan *sika fume* 10% + dengan air tawar pada beton 28 hari dapat meningkatkan kuat tekan beton. Beton yang memiliki kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% dengan nilai 26,24 Mpa. Hasil kuat tekan rata-rata paling rendah diperoleh pada beton dengan campuran air + kapur 15% pada umur 28 hari sebesar 21,47 Mpa. Penggunaan air kapur sebagai air campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton karena menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dari pada penggunaan air tawar sebagai air campuran beton. Berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari kenaikannya tidak terlalu signifikan. Untuk hasil nilai f'_c pada penelitian ini untuk beton normal pada rendaman 28 hari memperoleh nilai f'_c sebesar 22,14 Mpa. Nilai tersebut masih dibawah dari nilai kuat tekan rencana 26 Mpa. Namun untuk beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% pada rendaman 28 hari memperoleh nilai f'_c sebesar 26,24 Mpa. Nilai tersebut dapat dikatakan melampaui dari nilai kuat tekan rencana 26 Mpa.

4.7. Kuat Tekan Rendaman Air Sulfat

Pada penelitian ini kuat tekan awal diperoleh dari pengujian kuat tekan beton rata-rata yang direndam pada sulfat umur 28 hari.

4.7.1. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton normal rendaman air sulfat 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Berdasarkan Tabel 4.15 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 28 hari. Dari 2 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 19,08 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.15: Hasil pengujian tekan beton normal rendaman air sulfat

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct} / 0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12749	290000	16,41	19,77	19,08
2	12631	270000	15,27	18,40	

4.7.2. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air Kapur 15%

Pengujian beton dengan campuran air kapur 15% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air sulfat 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Berdasarkan Tabel 4.16 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% 28 hari. Dari 2 masing-masing benda uji beton dengan campuran air kapur 15% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 20,45 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.16: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air sulfat.

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12348	300000	16,79	20,45	20,45
2	12298	300000	16,97	20,45	

4.7.3. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air Kapur 15% + Sika Fume 10%.

Pengujian beton dengan campuran air kapur 15% + sika fume 10% dilakukan

pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% + *sika fume* 10% rendaman air sulfat 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.17. Berdasarkan Tabel 4.17 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% + *sika fume* 10% 28 hari. Dari 2 masing-masing benda uji beton dengan campuran air kapur 15% + *sika fume* 10% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 22,49 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.17: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran air kapur 15% + *sika fume* 10% rendaman air sulfat.

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	11949	330000	18,67	22,49	22,49
2	12103	330000	18,67	22,49	

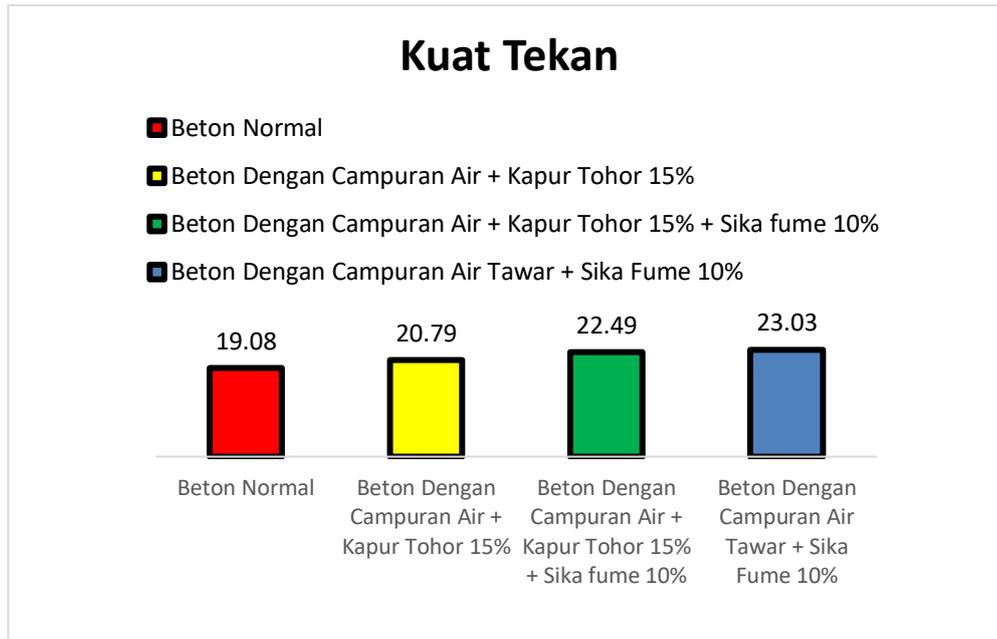
4.7.4. Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air Tawar + *Sika Fume* 10%

Pengujian beton dengan campuran air tawar+ *sika fume* 10% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan

beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% rendaman air sulfat 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.17. Berdasarkan Tabel 4.17 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% 28 hari. Dari 2 masing-masing benda uji beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 23,03 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.18: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% rendaman air sulfat.

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12607	360000	20,37	24,54	24,70
2	12611	350000	19,80	23,86	



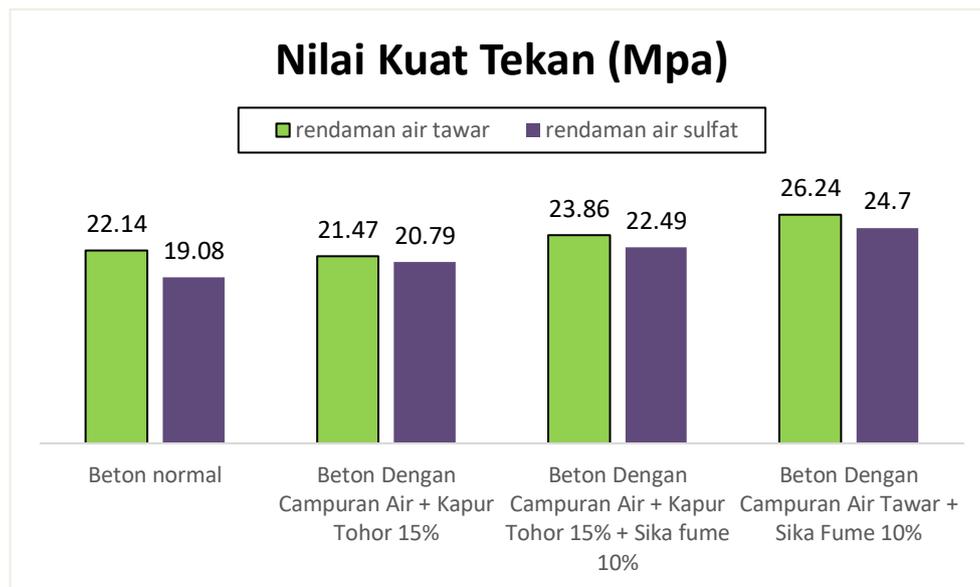
Gambar 4.7: Grafik persentase nilai kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air sulfat.

Dari hasil Gambar 4.7, menunjukkan bahwa penambahan *sika fume* 10% + dengan air tawar pada beton 28 hari didapatkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton normal, beton dengan campuran air + kapur 15%, beton dengan campuran air + kapur 15% + *sika fume* 10% dan beton dengan beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10%. Hasil kuat tekan rata-rata paling rendah diperoleh pada beton normal pada umur 28 hari sebesar 19,08 Mpa. Untuk hasil nilai f'_c pada penelitian ini untuk beton normal, beton dengan campuran air + kapur 15%, beton dengan campuran air + kapur 15% + *sika fume* 10% dan beton dengan beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10%, memperoleh nilai kuat tekan rata-rata dibawah f'_c 26 Mpa dari nilai kuat tekan rencana. Nilai tersebut dapat dikatakan belum mencapai dari nilai kuat tekan rencana yaitu 26 Mpa.

4.8. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan campuran air + kapur 15%, beton dengan campuran air + kapur 15% + *sika fume*

10% dan beton dengan beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% mengalami perbedaan kenaikan dan penurunan kuat tekan dan ketahananya. Berdasarkan rata-rata kuat tekan beton variasi beton dengan bahan tambahannya maka didapatkan gambar grafik rata-rata kuat tekan beton sebagai berikut:



Gambar 4.8: Grafik persentase perbandingan nilai rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar dan air sulfat.

1. Dari hasil Gambar 4.8, menunjukkan bahwa beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% yang direndam air sulfat 28 hari menghasilkan kuat tekan rata-rata lebih rendah dari pada kuat tekan yang direndam air tawar 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi beton terhadap asam sulfat sudah berpengaruh terhadap kuat tekannya dan perilaku *sika fume* mulai terlihat memperlambat reaksi terhadap asam sulfat. Reaksi beton terhadap asam sulfat mulai terlihat pada rendaman 28 hari namun kuat tekan rata-rata yang terjadi terhadap kuat tekan awal rendaman air tawar 28 hari yaitu:

1. Beton normal 22,14 Mpa menjadi 19,08 Mpa
2. Beton dengan campuran air + kapur 15% 21,47 Mpa menjadi 20,79 Mpa
3. Beton dengan campuran air + kapur + 15%+ *sika fume* 10% 23,86 Mpa menjadi 22,49 Mpa

4. Beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% 26,24 Mpa menjadi 24,07 Mpa

Hasil tersebut menunjukkan bahwa keseimbangan antara pengembangan kekuatan beton dengan pengurangan luasan pada zona yang dirusak oleh serangan asam sulfat.

2. Pada beton normal dengan lama perendaman asam sulfat 28 hari menghasilkan kuat tekan rata-rata lebih rendah dari pada beton normal dengan lama perendaman air tawar 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa beton normal memiliki ketahanan yang lemah terhadap larutan asam sulfat dibandingkan dengan bahan tambah *sika fume*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi asam sulfat menyebabkan semen terlarut dan terkikis.

3. Penggunaan air kapur sebagai air campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan rata-rata karena menghasilkan kuat tekan rata-rata yang lebih rendah dari pada penggunaan air tawar sebagai air campuran beton.

4. Persentase perbandingan kenaikan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah *sika fume* dan campuran air kapur pada rendaman air tawar dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Beton normal dengan campuran air + kapur tohor 15%

Besar nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air tawar)

$$= \frac{21,47 - 22,14}{22,14} \times 100\% = -3,02\% \text{ (mengalami penurunan)}$$

- Beton normal dengan campuran air kapur tohor 15% + *sika fume* 15%

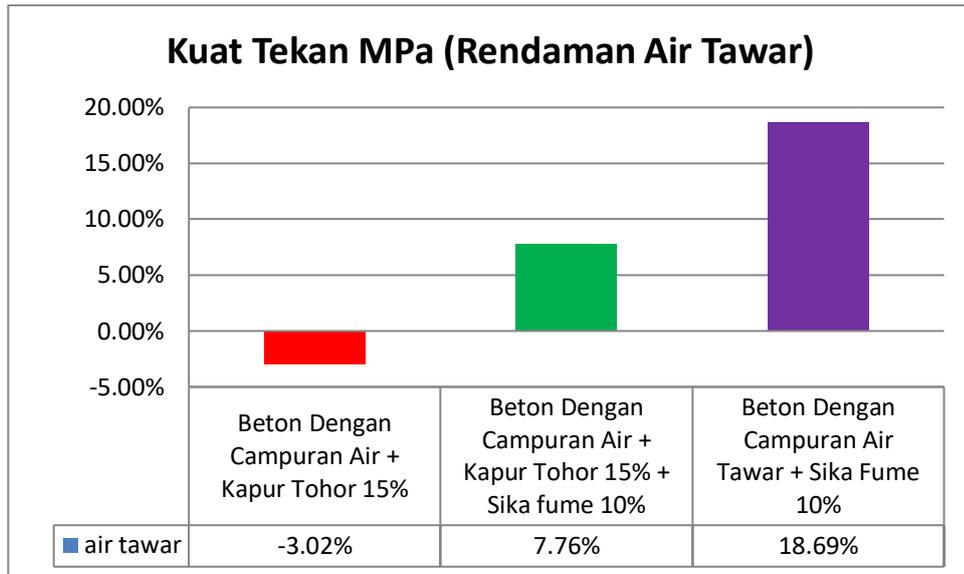
Besar nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air tawar)

$$= \frac{23,86 - 22,14}{22,14} \times 100\% = 7,76\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$

- Beton normal dengan campuran air tawar + *sika fume* 15%

Besar nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air tawar)

$$= \frac{26,24 - 22,14}{22,14} \times 100\% = 18,69\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$



Gambar 4.9: Grafik persentase perbandingan nilai kenaikan rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar dan air sulfat.

5. Persentase perbandingan kenaikan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah *sika fume* dan campuran air kapur pada rendaman air sulfat dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Beton normal dengan campuran air + kapur tohor 15%

Besar nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air sulfat)

$$= \frac{20,79 - 19,08}{19,08} \times 100\% = 8,96\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$

- Beton normal dengan campuran air kapur tohor 15% + *sika fume* 15%

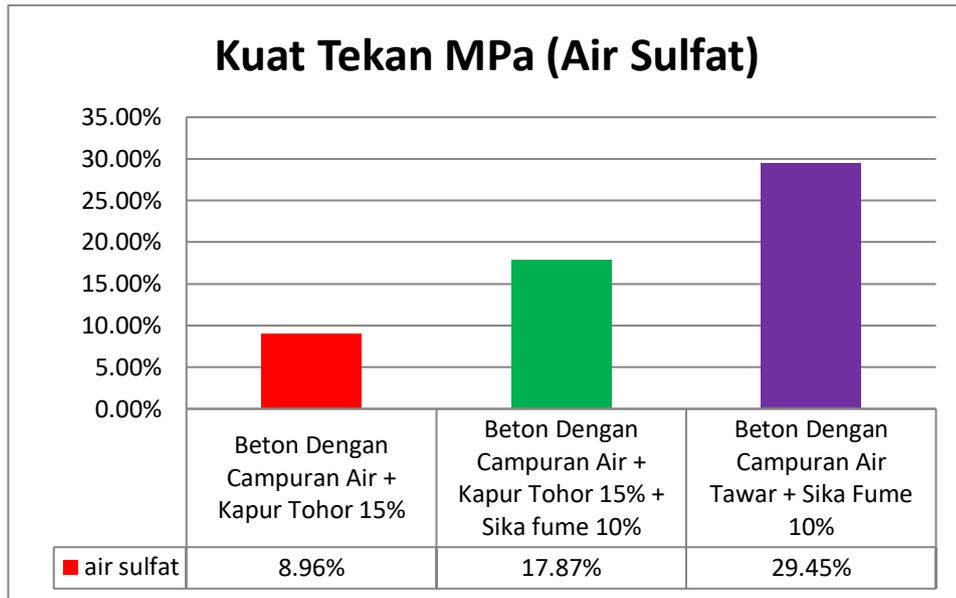
Besar nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air sulfat)

$$= \frac{22,49 - 22,14}{22,14} \times 100\% = 17,87\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$

- Beton normal dengan campuran air tawar + *sika fume* 15%

Besar nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air tawar)

$$= \frac{24,70 - 19,08}{19,08} \times 100\% = 29,45\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$



Gambar 5.0: Grafik persentase perbandingan nilai kenaikan rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar dan air sulfat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menunjukkan penambahan *sika fume* 10% sebagai bahan tambah campuran beton memberikan nilai kuat tekan yang paling optimum pada rendaman air tawar dan rendaman air sulfat 28 hari dan memberikan pengaruh terhadap ketahanan yang lebih baik dibandingkan beton normalnya.
2. Penggunaan air kapur sebagai air campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan rata-rata karena menghasilkan kuat tekan rata-rata yang lebih rendah dari pada penggunaan air tawar sebagai air campuran beton.
3. Reaksi beton terhadap asam sulfat sudah berpengaruh terhadap kuat tekannya dan perilaku *sika fume* mulai terlihat memperlambat reaksi terhadap asam sulfat dan hasil tersebut menunjukkan bahwa keseimbangan antara pengembangan kekuatan beton dengan pengurangan luasan pada zona yang dirusak oleh serangan asam sulfat. Hal ini menunjukkan bahwa beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% yang direndam air sulfat 28 hari menghasilkan kuat tekan rata-rata lebih rendah dari pada kuat tekan yang direndam air tawar 28 hari namun lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton normal, beton dengan campuran air + kapur tohor 15%, dan beton normal dengan campuran air kapur tohor 15% + *sika fume* 15%.

5.2. Saran

1. Pada saat pembuatan campuran beton perlu diperhatikan kekentalan campuran, sesuai nilai slump yang direncanakan.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pemakaian bahan tambah *sika fume* dan air kapur sebagai air campuran beton dengan variasi yang

lebih banyak lagi, agar mengetahui sampai batas persentase dimana yang mampu membuat kuat tekan naik dan tidak turun lagi.

3. Perlu adanya variasi perbedaan dan peningkatan umur rendaman pada air tawar dan air sulfat untuk mengetahui pengaruh air tawar dan air sulfat terhadap beton dalam jangka waktu yang lebih lama.
4. Perlu adanya peningkatan persentasi jumlah sulfat yang lebih tinggi untuk mengetahui pengaruh air sulfat terhadap beton dalam jangka waktu yang lebih lama.
5. Perlu memperhatikan metode pengerjaan beton yang baik dalam penambahan *sika fume* dalam adukan agar penyebaran *sika fume* lebih merata.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian Slump Beton. *Badan Standardisasi Nasional*.
- Basuki, A. (2015). Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Silica Fume Terhadap Daya Tahan Penetrasi Air Beton Normal. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 5(1), 21. <https://doi.org/10.37209/jtbtt.v5i1.55>
- Departemen Pekerjaan Umum. (1991). SNI 03-2495-1991 tentang Spesifikasi bahan tambahan untuk beton. *Yayasan LPMB Bandung*.
- European Environment Agency (EEA). (2019). 濟無No Title No Title. 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fallis, A. . (2013). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ghafur, A. (2009). *Pengaruh penggunaan abu ampas tebu terhadap kuat tekan dan pola retak beton* (. UNIVERSITAS SUMATERA UTARA.
- Hunggurami, E., Utomo, S., & Wadu, A. (2014). Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 103–110.
- Iii, B. A. B., & Teori, L. (2007). *Beton Mutu Tinggi*. 9–23.
- Lisantono, A., & Purnandani, Y. (2010). *Pengaruh Penambahan Kapur Padam terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Geopolymer*. 4(KoNTekS 4), 2–3.

- M. Ali Indra Hafiz dan Septiawan. (2003). *Beton* 6. 5–35.
- Mas, L., Ad, A., Bonnaud, X., L, E., Giron, C., Fukuoka, M., ... Encyclopedia. (2015). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Mulyono, T. (2003). Teknologi Beton. In *Penerbit Andi*.
<https://doi.org/10.1038/cddis.2011.1>
- Prasetyo, D. P. (2014). *Perbandingan Pemakaian Air Kapu Dan Air Tawar Serta Pengaruh Perendaman Air Garam Dan Air Sulfat Terhadap Durabilitas High Volume Fly Ash Concrete*.
- Pratama, K. A., Rahmayanti, N., Program, M., Teknik, S., Islam, U., Pengajar, S., ... Islam, U. (n.d.). *Pengaruh serbuk kapur sebagai bahan tambah akibat proses curing air laut terhadap karakteristik beton*. 1–6.
- Rahmat, R., & Hendriyani, I. (2016). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture. *Infoteknik*, 17(2), 205–218. <https://doi.org/10.20527/infotek.v17i2.2497>
- Rusmania, N. (2015). No Title空間像再生型立体映像の研究動向. *Nhk技研*, 151, 10–17. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Saragi, Y. R. R. (2014). *Analisa Perbandingan Kualitas Lapisan*.
- Sihombing, L. (2017). *Pengaruh penambahan sika fume® terhadap kuat tekan beton porous*. 97.
- SNI 03-2847. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. In *Badan Standardisasi Nasional*.
- Susilo, D. A. (2019). Efek Penggantian Sebagian Semen Dengan Silica Fume

Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Ringan. *Efek Penggantian Sebagian Semen Dengan Silica Fume Terhadap Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton Ringan*, 53(9), 1689–1699.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Tarru, R. O. (2018). Studi Penggunaan Silica Fume Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Beton. *Journal Dynamic Saint*, 3(1), 472–485.
<https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v3i1.2710>

Umum, A. P. (2007). *Pengertian Umum Beton*. 1.

Wedhanto, S. (2017). Pengaruh air laut terhadap kekuatan tekan beton yang terbuat dari berbagai merk semen yang ada di kota malang. *Jurnal Bangunan*, 22(2), 21–30.

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar L1: Dokumentasi persiapan penelitian



Gambar L3: Dokumentasi pemeriksaan bahan agregat penelitian



Gambar L3: Dokumentasi persiapan pembuatan benda uji penelitian



Gambar L4: Dokumentasi proses pengecoran pembuatan benda uji penelitian



Gambar L5: Dokumentasi proses pengecoran pembuatan benda uji penelitian



Gambar L6: Dokumentasi proses pencetakan benda uji penelitian



Gambar L7: Dokumentasi proses perawatan beton menggunakan rendaman air tawar



Gambar L8: Dokumentasi proses perawatan beton menggunakan rendaman air sulfat



Gambar L9: Dokumentasi pengujian kuat tekan beton



Gambar L10: Dokumentasi bahan tambah *addictive sika fume*



Gambar L11: Dokumentasi bahan tambah kapur tohor

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : IRGI ILHAM SANI
Panggilan : IRGI
Tempat/Tanggal Lahir : Bandar Khalipah, 22 Februari 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jln. Bejo Dusun XVI Plamboyan no 12
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : TUSIMIN
Ibu : SARI YANTI
No. HP : 081262003613
E-mail : irgiilham69@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1607210104
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jln.Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat
1.	Sekolah Dasar	SD NEGERI 106161 LAUT DENDANG
2.	SMP	SMP N 1 PERCUT SEI TUAN
3.	SMK	SMKN 1 PERCUT SEI TUAN
4.	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016	