

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KETAHANAN BETON MENGGUNAKAN BAHAN
TAMBAH ABU SEKAM PADI PADA LINGKUNGAN SULFAT**

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

WISNU DERLANGGA SINAMBELA

1607210021



**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 : Wisnu Derlangga Sinambela
NPM : 1607210021
Program Studi : Teknik Sipil
Judul skripsi : Analisis Ketahanan Beton Menggunakan Bahan Tambah Abu
Sekam Padi Pada Lingkungan Asam
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 : Wisnu Derlangga Sinambela

NPM : 1607210021

Program Studi : Teknik Sipil

Judul skripsi : Analisis Ketahanan Beton Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Pada Lingkungan Asam

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, 27 Oktober 2020

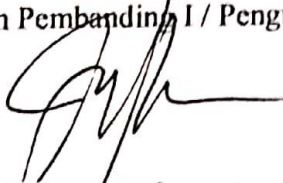
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembimbing I / Penguji



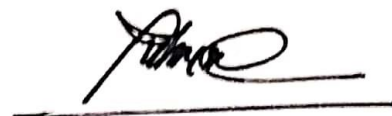
Dr. Josef Hadi Pramana, M.Sc

Dosen Pembimbing II / Penguji



Sri Frapanti, S.T, MT

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 : Wisnu Derlangga Sinambela

Tempat/Tanggal Lahir : Jawa Timur, 11 Mei 1996

NPM : 1607210021

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Ketahanan Beton Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Pada Lingkungan Asam”,

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, Oktober 2020

Saya yang menyatakan,



Wisnu Derlangga sinambela

ABSTRAK

ANALISIS KETAHANAN BETON MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI PADA LINGKUNGAN SULFAT (*Studi Penelitian*)

Wisnu Derlangga Sinambela
1607210021
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

Penelitian ini mencoba menggunakan bahan tambah berupa abu sekam padi yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan kuat tekan beton. Selain itu, dalam usaha untuk menghasilkan mutu beton yang lebih baik digunakan *viscocrete 3115 N* sebesar 1% sebagai bahan tambah kimia pada adukan beton. Pada penelitian ini menggunakan *viscocrete 3115 N* sebesar 1% dari berat semen, sedangkan abu sekam padi yang digunakan terdiri dari beberapa variasi yaitu 3%, 7% dan 10% dari berat semen. 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 abu sekam padi 10% + *viscocrete 3115 N* 1% yaitu sebesar 26,59 Mpa. Setelah itu pada rendaman air sulfat pada perendaman 28 hari. Hasil kuat tekan optimum juga terjadi pada beton dengan campuran abu sekam padi 10% + *viscocrete 3115 N* yaitu sebesar 25,56 Mpa. 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 abu sekam padi dan *viscocrete 3115 N*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi asam sulfat menyebabkan semen terlarut dan terkikis.

Kata Kunci : beton, abu sekam padi, *viscocrete 3115 N*, air sulfat, kuat tekan, ketahanan

ABSTRACT

RESISTANCE ANALYSIS OF CONCRETE USING ADDITIONAL RICE Husk Ashes IN A SULFIC ENVIRONMENT *(Research Study)*

Wisnu Derlangga Sinambela
1607210021
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

This research tries to use an added material in the form of rice husk ash which aims to increase the resistance and compressive strength of concrete. In addition, in an effort to produce better concrete quality, 1% viscocrete 3115 N is used as a chemical additive to the concrete mix. In this study, viscocrete 3115 N was used at 1% by weight of cement, while rice husk ash used consisted of several variations, namely 3%, 7% and 10% by weight of cement. 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 strength test. The results of optimum compressive strength in 28 days of fresh water immersion occurred in concrete with a mixture of 10% rice husk ash + 3115 N 1% viscocrete, which was 26.59 Mpa. After that, the sulfate water bath was immersed for 28 days. The optimum compressive strength results also occur in concrete with a mixture of 10% rice husk ash + 3115 N viscocrete, which is 25.56 Mpa. The reaction of concrete to sulfate has an effect on changes in the compressive strength of concrete. The reaction was seen in 28 days of sulfate immersion but the change in the decrease in the average compressive strength that occurred was still relatively stable so that there was a balance between the development of the strength of the concrete and the reduction in area in the damaged zone damaged by sulfuric acid. However, in normal concrete with 28 days of soaking time with sulfuric acid, the average compressive strength 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 solution compared to the added material of rice husk ash and viscocrete 3115 N. These results indicate that the sulfuric acid reaction causes the cement to dissolve and erode.

Keywords: concrete, rice husk ash, viscocrete 3115 N, sulfate water, compressive strength, resistance

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Ketahanan Beton Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Pada Lingkungan Asam (Studi Penelitian)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T M.Sc, Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Josef Hadipramana, Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Sri Prafanti, S.T., MT, Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T., M.Sc, 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 ketekniksipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta dan Ibunda tercinta yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
8. Teristimewa sekali kepada Fitri Khoiruni Hasibuan, Agusti Eka Putra, yang telah memberikan dukungan serta doa kepada penulis.
9. Rekan - rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Delva Enzelya Adila Lubis, Bobby Nazar, Irfan Syukuri, Togu Rahman Hasyim Lubis, Hasanul Arifin, Muhammad Yusril Chair, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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

Medan, 27 Oktober 2020

Wisnu Derlangga Sinambela

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRAC</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2.Dasar Teori	9
A. Pengertian Umum	9
B. Bahan-bahan Campuran Beton	10
1. Semen Portland	10
A. Pengelompokan Semen	11
B. Jenis-Jenis Semen Portland	12
C. Air	13
D. Agregat	14
a). Agregat Halus	14

b). Agregat Kasar	15
E. Bahan Tambah	16
A. Bahan Tambah Mineral (additive)	16
B. Bahan Tambah Kimia (chemical admixture)	16
2.3. Abu Sekam Padi	19
2.4. Superplasticizer (<i>Viscocrete 3115 N</i>)	19
2.5. Beton	21
2.6. <i>Slump Test</i>	22
2.7. Perawatan Beton	23
2.8. Pengaruh Air Laut	24
2.9. Kuat Tekan Beton	24
BAB 3 METODE PENELITIAN	
3.1. Metode Penelitian	26
3.2. Teknik Pengumpulan Data	26
3.2.1. Data Primer	26
3.2.2. Data Sekunder	27
3.3. Bahan Baku dan Peralatan	27
3.3.1. Bahan Baku	27
3.3.2. Peralatan	28
3.4. Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.5. Persiapan Penelitian	30
3.6. Pemeriksaan Agregat	30
3.7. Pemeriksaan Agregat Halus	30
3.7.1. Kadar Air Agregat Halus	30
3.7.2. Kadar Lumpur Agregat Halus	31
3.7.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	32
3.7.4. Berat Isi Agregat Halus	33
3.7.5. Analisa Saringan Agregat Halus	34
3.8. Pemeriksaan Agregat Kasar	36
3.8.1. Kadar Air Agregat Kasar	37
3.8.2. Kadar Lumpur Agregat Kasar	38
3.8.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	38

3.8.4.	Berat Isi Agregat Kasar	39
3.8.5.	Analisa Saringan Agregat Kasar	40
3.8.6.	Keausan Agregat Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	42
3.9.	Perencanaan Campuran Beton	43
3.10.	Pelaksanaan Penelitian	44
3.10.1.	<i>Trial Mix</i>	44
3.10.2.	Pembuatan Benda Uji	44
3.10.3.	Pengujian <i>Slump</i>	44
3.10.4.	Perawatan Beton	44
3.10.5.	Pengujian Kuat Tekan	45
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Perhitungan Hasil Perencanaan Campuran Pembuatan Beton	46
4.1.1.	Metode Pengerjaan Mix Design	54
4.2.	Pembuatan Benda Uji	59
4.3.	<i>Slump Test</i>	60
4.4.	Pembuatan Larutan Perendaman Beton	61
4.5.	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	61
4.6.	Kuat Tekan Beton Rendaman Air Tawar	62
4.6.1.	Kuat Tekan Beton Normal	62
4.6.2.	Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi (ASP) 3% + <i>Viscocrete 1%</i>	63
4.6.3.	Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi (ASP) 7% + <i>Viscocrete 1%</i>	64
4.6.4.	Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi (ASP) 10% + <i>Viscocrete 1%</i>	64
4.7.	Kuat Tekan Beton Rendaman Air Sulfat	66
4.7.1.	Kuat Tekan Beton Normal	66
4.7.2.	Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi (ASP) 3% + <i>Viscocrete 1%</i>	67
4.7.3.	Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi (ASP) 7% + <i>Viscocrete 1%</i>	68
4.7.4.	Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi (ASP) 10% +	

<i>Viscocrete 1%</i>	69
4.8. Pembahasan	71
5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1	Komposisi Bahan Utama Semen	11
2. Tabel 2.2	Jenis-jenis semen portland dengan sifat-sifatnya	13
6. Tabel 2.3	Komposisi Kandungan Kimia Abu Sekam Padi (ASP)	19
7. Tabel 3.1	Data-data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Halus	31
8. Tabel 3.2	Data-data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Halus	31
9. Tabel 3.3	Data-data Hasil Penelitian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	32
10. Tabel 3.4	Data-data Hasil penelitian Berat Isi Agregat Halus	33
11. Tabel 3.5	Data-data Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Halus	34
12. Tabel 3.6	Data-data Hasil Penelitian Kadar Air Agregat Kasar	37
13. Tabel 3.7	Data-data Hasil Penelitian Kadar Lumpur Agregat Kasar	38
14. Tabel 3.8	Data-data Hasil Penelitian berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	38
15. Tabel 3.9	Data Hasil Penelitian Berat Isi Agregat Kasar	40
16. Tabel 3.10	Data-data Hasil Penelitian Analisa Saringan Agregat Halus	40
17. Tabel 3.11	Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar	43
18. Tabel 3.12	Jumlah Variasi Sampel Pengujian Beton	45
19. Tabel 4.1	Data-data Analisis Yang Diperoleh Saat Penelitian	46
20. Tabel 4.2	Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000)	47
21. Tabel 4.3	Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1 m ³	48
22. Tabel 4.4	Perbandingan bahan beton untuk 1 benda uji (kg)	49
23. Tabel 4.5	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	49
24. Tabel 4.6	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	50
25. Tabel 4.7	Jumlah Abu Sekam Padi terhadap berat semen	51
26. Tabel 4.8	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 16 benda uji	52
27. Tabel 4.9	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan	

dalam 16 benda uji	53
28. Tabel 4.10 Hasil pengujian nilai <i>slump</i>	60
29. Tabel 4.11 Hasil pengujian Kuat tekan beton normal rendaman air tawar	63
30. Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan campuran Abu Sekam Padi (ASP) 3% + <i>Viscocrete</i> 1%	63
31. Tabel 4.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan campuran Abu Sekam Padi (ASP) 7% + <i>Viscocrete</i> 1%	64
32. Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan campuran Abu Sekam Padi (ASP) 10% + <i>Viscocrete</i> 1%	65
33. Tabel 4.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Rendaman Air Sulfat	67
34. Tabel 4.16 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan campuran Abu Sekam Padi (ASP) 3% + <i>Viscocrete</i> 1%	68
35. Tabel 4.17 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan campuran Abu Sekam Padi (ASP) 7% + <i>Viscocrete</i> 1%	69
36. Tabel 4.18 Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan campuran Abu Sekam Padi (ASP) 10% + <i>Viscocrete</i> 1%	70
37. Tabel 4.19 Hasil Uji Kuat Tekan Beton (Mpa)	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Benda Uji Kuat Tekan Beton	25
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	29
Gambar 3.2	Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	36
Gambar 3.3	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	42
Gambar 4.1	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).	55
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)	56
Gambar 4.3	Berat isi beton pada fas 0,44 (SNI 03-2834-2000).	57
Gambar 4.4	Grafik perbandingan nilai <i>slump</i>	61
Gambar 4.5	Pengujian Kuat tekan pada benda uji Silinder	62
Gambar 4.6	Grafik Persentase Nilai Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari Pada Rendaman Air tawar	65
Gambar 4.7	Grafik persentase nilai kuat tekan beton umur 28 hari Pada perendaman air sulfat.	70
Gambar 4.8	Gambar grafik hasil kuat tekan pada rendaman air tawar dan air sulfat	72
Gambar 4.9	Gambar presentase perbandingan nilai kenaikan rata-rata kuat Tekan beton umur 28 hari pada rendaman air tawar	73
Gambar 4.10	Gambar grafik presentase perbandingan nilai kenaikan rata-rata Kuat tekan beton umur 28 hari pada rendaman air sulfat	

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

DAFTAR SINGKATAN

- SP = *SuperPlasticizer*
- ASP = Abu Sekam Padi
- SNI = Standart nasional indonesia

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

Kebutuhan beton dalam konstruksi bangunan terus berkembang. Beton dibutuhkan dalam setiap konstruksi ketekniksipilan. Beton digunakan dalam dunia teknik sipil seperti pada pondasi, kolom, balok, plat lantai, bendung, bendungan, gorong-gorong. Dengan demikian dituntut adanya peningkatan kualitas beton, maka diperlukan suatu rencana campuran dengan syarat tertentu agar didapat mutu beton dengan syarat yang telah ditentukan. (Tika Oktaria, 2013)

Pada dasarnya syarat utama dalam konstruksi bangunan adalah mengenai kekuatan beton, keawetan, dan harga yang ekonomis. Namun, akibat lingkungan yang agresif membawa dampak pada kerusakan beton karena dilingkungan ini banyak zat-zat kimia reaktif yang menyebabkan kerusakan pada beton. Sehingga durabilitas atau keawetan bangunan menjadi salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam pembuatan beton. (Tika Oktaria, 2013)

Durabilitas beton merupakan salah satu persyaratan dalam dunia konstruksi. Dimana beton harus tahan dan kuat dari bahan-bahan kimia yang berasal dari lingkungan seperti konstruksi-konstruksi pantai atau bangunan yang terkena langsung oleh zat-zat kimia. ACI Committee 201 mendefinisikan durabilitas beton dengan Semen Portland sebagai kemampuan beton untuk menahan cuaca, serangan kimia, abrasi, atau proses pengrusakan lain, dengan demikian durabilitas beton adalah kemampuan beton untuk mempertahankan bentuk asli, kualitas, dan kemampuan saat terekspose di lingkungan. (Tika Oktaria, 2013)

Newmann dan Choo mengemukakan bahwa durabilitas tidak hanya sekedar berhenti pada terminologi 'baik' atau 'lebih baik'. Durabilitas bukanlah sifat

(properties), melainkan perilaku (behaviour) yang menyatakan kinerja beton saat terekspose dengan lingkungan. Salah satu lingkungan yang memungkinkan adalah lingkungan air laut karena air laut ini mengandung magnesium sulfat. Untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan dengan mengganti sebagian semen dengan zat pozolonik. (Tika Oktaria, 2013)

Menurut Susilorini dan Sumbowo (2011) pozzolan bahan yang berbentuk halus yang mengandung senyawa silica alumina, memiliki sifat tidak mengikat namun dengan penambahan air senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida dan membentuk senyawa kalsium silica hidrat dan kalsium hidrat yang bersifat hidraulik serta mempunyai angka kelarutan yang rendah. Salah satu zat yang bersifat pozzolan adalah abu sekam padi. (Tika Oktaria, 2013)

Pada daerah penghasil batu bata terdapat limbah berupa abu sekam. Abu Sekam Padi mampu menjadi unsur yang mampu meningkatkan kekuatan beton karena mengandung pozzolan yang juga terdapat pada semen. hal ini sejalan dengan pendapat Thomas dan Jones (1970) dalam Lembang (1995), bahwa pada lapisan terluar dari sekam padi terkonsentrasi silika yang tinggi dengan tingkat porositas yang tinggi, ringan dan permukaan eksternal yang luas sehingga sangat bermanfaat sebagai adsorben dan isolator serta kuat tekan beton. (Tika Oktaria, 2013)

Komponen kimia yang paling dominan terkandung pada abu sekam padi yaitu SiO_2 sebesar 72,28 %. Sedangkan persentase kandungan senyawa CaO , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 , tergolong sangat rendah yaitu masing-masing sebesar 0,65 %, 0,37 %, dan 0,32 % (Bakri, 2008 : 10). Sedangkan Susunan kimia yang membentuk semen terdiri dari : CaO 60-67 % , SiO_2 17-25 % , Al_2O_3 , 3-8 % , Fe_2O_3 0,5-6 % , MgO 0,1-4 % , Alkali ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) 0,2-1,3 % , SO_3 1-3 % . Mengingat senyawa yang terdapat dalam abu sekam padi yang sebagian senyawanya juga ada dalam semen sehingga sangat memungkinkan untuk menambahkan atau mensubstitusi parsial abu sekam padi sebagai pengganti sebagian semen ke dalam campuran pemuatan beton. Selain itu tujuan substitusi abu sekam padi untuk memodifikasi beton keras, mortar dan grauting yaitu untuk menambah sifat keawetan beton atau ketahanan dari gangguan luar, mengurangi panas hidrasi dan mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat. (Tika Oktaria, 2013)

Abu Sekam padi merupakan limbah dari proses pembakaran batu bata. Abu Sekam Padi (ASP) belum banyak dimanfaatkan, selama ini hanya dimanfaatkan sebagai abu gosok . Keberadaan abu sekam padi yang sangat banyak, melimpah dan belum termanfaatkan, namun adanya kandungan pozzolan yang terdapat pada abu sekam padi, maka pada kajian tugas akhir ini penulis akan mengkaji tentang “ANALISIS KETAHANAN BETON MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI PADA LINGKUNGAN SULFAT.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

- 1) Apakah dengan penambahan Abu Sekam Padi (ASP) dapat menghasilkan mutu beton yang lebih baik?
- 2) Bagaimana pengaruh *Viscocrete 3115 N* terhadap mutu beton itu sendiri?
- 3) Apakah dengan penambahan Abu Sekam Padi (ASP) dan *Viscocrete 3115 N* Menambah kuat tekan beton itu sendiri?
- 4) Apakah beton dengan campuran Abu Sekam Padi (ASP) dan *Viscocrete 3115 N* lebih tahan terhadap lingkungan sulfat dibandingkan dengan beton normal?
- 5) Berapa variasi optimum penambahan Abu Sekam Padi (ASP) pada kuat tekan beton dilingkungan sulfat?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dibatasi pada:

- 1) Campuran beton dengan bahan tambah abu sekam padi pada campuran pembuatan beton dengan variasi proporsi ASP sebesar 3%, 7% dan 10% dari berat semen yang lolos saringan No 50.
- 2) Campuran beton menggunakan bahan tambah kimia Superplasticizer dengan proporsi sebesar 1% dari berat semen. Superplasticizer yang digunakan adalah Sika *Viscocrete 3115 N*.
- 3) Cairan sulfat yang digunakan sebagai campuran perendaman benda uji sebesar 5% dari berat air rendaman.
- 4) Melakukan pengujian pada beton, yang terdiri dari:

- (1) Pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan variasi penambahan abu sekam padi pada perendaman Air biasa pada umur 28 hari.
- (2) Pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan variasi penambahan abu sekam padi pada perendaman Air dengan campuran cairan sulfat pada umur 28 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui pengaruh penambahan *Viscocrete 3115 N* terhadap mutu beton dan juga workability (kemudahan pengerjaannya).
- 2) Untuk mengetahui perbandingan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah Abu Sekam Padi (ASP) dan *Viscocrete 3115 N*
- 3) Untuk mengetahui apakah beton dengan penambahan Abu Sekam Padi (ASP) dan *Viscocrete 3115 N* lebih tahan terhadap lingkungan sulfat dibandingkan dengan beton normal.
- 4) Untuk mengetahui variasi optimum penambahan abu sekam padi pada kuat tekan beton di lingkungan sulfat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan ketahanan dan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah Abu Sekam Padi (ASP) dan *Viscocrete 3115N* 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 Penulisan

Adapun rencana sistematika penulisan pada proposal laporan tugas akhir ini disusun menjadi lima bab, dengan sistematika sebagai berikut:

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 METODE 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 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ditujukan untuk memberikan batasan-batasan sistem yang nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut, dengan mengacu kepada referensi yang digunakan diharapkan pengembangan sistem nanti dapat melahirkan suatu sistem baru yang belum ada pada referensi sebelumnya.

Pada dasarnya syarat utama dalam konstruksi bangunan adalah mengenai kekuatan beton, keawetan, dan harga yang ekonomis. Namun, akibat lingkungan yang agresif membawa dampak pada kerusakan beton karena dilingkungan ini banyak zat-zat kimia reaktif yang menyebabkan kerusakan pada beton. Sehingga durabilitas atau keawetan bangunan menjadi salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam pembuatan beton.

Salah satu penelitian mengenai abu sekam padi sebagai bahan tambah pada campuran beton oleh Dina Heldita Program Teknik Sipil Politeknik Kotabaru (2018). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan persentase optimal penambahan abu sekam padi yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Dalam penelitiannya menggunakan variasi penambahan abu jerami sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dari berat semen dan waktu perendamannya adalah 14 dan 28 hari. Penelitian ini menggunakan benda uji silinder 15 x 30 cm. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa pada penambahan abu sekam padi pada perendaman 14 hari beton dengan abu sekam padi tidak mencapai target yg di harapkan akan tetapi pada umur 28 hari target tercapai. Persentase dengan nilai tertinggi adalah 10% pada umur 28 hari. (Dina Heldita, 2018)

Penelitian lain dilakukan oleh Drs. Djaka Suhirkam,S.T., M.T. dan Ir. A. Latif, MT Penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri sriwijaya untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari abu

sekam padi sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton pada beton mutu K-400. Dalam penelitian persentase penggantian pemakaian abu sekam padi terhadap semen adalah 2,5 % ; 5% ; 7,5 % dan 10 % . Dalam penelitian ini benda uji beton mempunyai bentuk kubus berukuran (15x15x15) cm untuk kuat tekan dan untuk kuat tarik beton benda uji berbentuk silinder yang mempunyai ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm digunakan untuk uji tarik belah. Dari percobaan di laboratorium didapat suatu hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang menggunakan abu sekam padi lebih besar bila dibandingkan dengan beton normal. Lebih besar persentase penggunaan abu sekam padi kekuatannya lebih meningkat. (Djaka Suhirkam & Latif, 2006)

Penelitian lain dilakukan oleh Djaka Suhirkam dan Dafrimon penelitian dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruhnya bila sebagian semen diganti dengan abu sekam padi pada beton K±400. Dalam penelitian ini persentase semen yang diganti dengan abu sekam padi sebesar 2,5% , 5% , 7,5% , dan 10% dengan menggunakan superplastizicer sebesar 0,6% terhadap air yang digunakan. Dalam penelitian menggunakan benda uji kubus untuk kuat tekan dan benda uji silinder untuk kuat tarik. Hasil kuat tekan dan kuat tarik beton yang menggunakan abu sekam padi dan superplastizicer hasilnya lebih basar bila dibandingkan dengan beton normal. Lebih besar persentase penggunaan abu sekam kekuatannya lebih meningkat. (Djaka Suhirkam & Dafrimon, 2014)

Penelitian lain juga dilakukan oleh Dina Heldita, Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan persentase optimal abu sekam padi pada beton. Material untuk pencampuran beton menggunakan agregat halus dari Desa Karang Bintang, agregat kasar dari Desa Sungai Kacil dan semen Tiga Roda yang diproduksi PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk, Desa Tarjun Kabupaten Kotabaru. Adapun sekam padi yang di dapat yaitu dari Desa Berangas Pulau Laut Timur. Benda uji berbentuk silinder, persentase penambahan abu sekam padi yaitu 2,5%, 5% 7,5% dan 10% dari berat semen dan juga beton tanpa campuran abu sekam padi atau beton normal. Dengan usia beton yang diuji kuat tekannya adalah 14 dan 28 hari. Dari pengujian ini diperoleh nilai kuat tekan yaitu, beton normal tanpa campuran abu sekam padi pada umur 14 hari tidak mencapai target yaitu sebesar 17,25 MPa namun untuk 28 hari sebesar 20,50 MPa dapat mencapai target. Untuk campuran

abu sekam padi umur 14 hari pada tiap masing-masing persentase tidak ada yang mencapai target yang diharapkan, nilai tertinggi yang didapat yaitu 19,24 MPa pada campuran abu sekam padi 5% dari berat semen. Dan di umur 28 hari pada tiap masing-masing persentase dapat mencapai target yang diharapkan. Pada pengujian ini hasil kuat tekan beton yang tertinggi diperoleh pada campuran abu sekam padi 10% dari berat semen sebesar 21,36 Mpa. (Din Heldita, 2018)

penelitian lain juga dilakukan oleh Tika Oktaria, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan abu sekam padi pada kuat tekan beton. Prosentasi jumlah abu sekam padi sebagai bahan substitusi adalah 5%, 10%, 15%, 20%. Masing-masing varian dibuat 4 sample dengan faktor air semen 0.456. Beton dirawat atau curing selama 28 hari dengan air biasa kemudian direndam sampai umur 45 hari dan 60 hari didalam 5% MgSO₄. setelah itu dilakukan pengujian kuat tekan beton dan uji SEM (Scanning Electron Microscope) untuk mengetahui microstruktur dari beton tersebut dan untuk mengetahui sejauh mana perkembangan reaksi yang terjadi. Pengujian kuat tekan beton pada umur 28, 45 dan 60 hari. Hasil dari penelitian dengan substitusi abu sekam padi pada umur 60 hari diperoleh peningkatan sebesar 14.60% pada penambahan 5% ASP yaitu 29,88 Mpa. Pada hasil SEM menunjukkan bahwa pada penambahan abu sekam padi 5% sudah terjadi ikatan antara abu sekam padi dengan campuran beton. (Tika Oktaria, 2013)

Lukas Raymon Sitorus dan Torang Sitorus menyimpulkan bahwa Penggunaan superplasticizer meningkatkan kuat tekan terhadap mutu rencana sebesar 10,95% untuk variasi SP 1%, 16,59% untuk variasi SP 1,5%, sedangkan yang tertinggi diperoleh pada variasi SP 2% yaitu sebesar 22,75% menggunakan benda uji silinder 15 cm x 30 cm. Ditinjau dari nilai slump-flow, superplasticizer memberikan dampak pada peningkatan nilai slump-flow. Untuk variasi SP 1% diperoleh nilai slump-flow sebesar 630 mm sedangkan pada variasi SP 1,5% nilai slump-flow sebesar 650 mm dan yang tertinggi diperoleh pada variasi SP 2% yaitu sebesar 690 mm. Nilai koefisien umur maksimum dicapai pada variasi penggunaan SP 2%. (Sitorus)

2.2 Dasar Teori

A. Pengertian Umum

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-2847-2002). Menurut Pedoman Beton 1989, Draft Konsensus (SKBI.1.4.53, 1989: 4-5) beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. (Pustaka, 1991)

Mulyono (2004), mengungkapkan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolis, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah.

Beton juga didefinisikan sebagai suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta itu mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar dicor, ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air sehingga membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama, (Ferguson, 1991, dalam Muhammad Ikhsan Saifuddin, 2012).

Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi, kuat tarik tinggi, kuat lekat tinggi, rapat air tahan aus, tahan cuaca (panas, dingin, sinar matahari, hujan), tahan terhadap zat-zat kimia (terutama sulfat), susutan pengerasannya kecil, elastisitasnya (modulus elastisitas) tinggi. (Pustaka, 2012).

Campuran beton yang baik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) Kekuatan (strength) tinggi, sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat dikatakan mampu dibuat untuk struktur berat.
- 2) Tahan lama (awet), yaitu mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan.
- 3) Kemudahan pengerjaan (workability), sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran beton untuk diaduk, dituangkan dan dipadatkan. (Umum, 1996)

Menurut (Mulyono. T, 2004) Beton pun memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu: (Teori, 2016)

1. Kelebihan :

- Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- Mampu memikul beban yang berat
- Tahan terhadap temperatur tinggi
- Biaya pemeliharaan yang kecil.

2. Kekurangan :

- Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- Berat
- Daya pantul suara yang besar.

B. Bahan – bahan Campuran Pembuatan Beton

Kekuatan, keawetan dan sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukannya, maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodinuljo, 1996).(Umum, 1996). Berikut ini adalah bahan campuran yaitu :

1. Semen Portland

Semen *portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menghaluskan *klinker* terutama terdiri dari atas *silikat calsium* yang bersifat hidrolis, dengan *gips* sebagai bahan tambahannya. Semen portland diperoleh dengan membakar secara bersamaan suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Secara mudahnya kandungan semen portland adalah kapur, silika, dan alumina. Ketiga bahan tadi dicampur dan dibakar dengan suhu 1550 °C dan menjadi klinker. Setelah itu kemudian dikeluarkan, didinginkan, dan dihaluskan sampai halus seperti bubuk. Biasanya lalu klinker digiling halus secara mekanis sambil ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO_4) kira - kira 2 - 4% sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambah lain kadang

ditambahkan untuk membentuk semen khusus (Tjokrodimuljo, 1996). Senyawa kimia yang utama dari semen portland antara lain kapur (CaO), silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), besi (Fe₂O₃), magnesia (MgO), sulfur (SO₃), soda/potash (K₂O, Na₂O). Susunan kimia yang terjadi diperoleh komposisi seperti pada tabel. (Pustaka, 2015).

Pada dasarnya semen portland terdiri dari 4 unsur yang paling penting, yaitu:

1. Trikalsium Silikat (C₃S) atau 3CaO.SiO₂
2. Dikalsium Silikat (C₂S) atau 2CaO.SiO₂
3. Trikalsium Aluminat (C₃A) atau 3CaO.Al₂O₃
4. Tetrakalsium Aluminoforit (C₄AF) atau 4CaO.Al₂O₃.Fe₂O₃. (Pustaka, n.d.)

Berikut komposisi lengkap dari bahan utama semen dalam tabel berikut :

Tabel 2.1 Komposisi Bahan Utama Semen

Oksida	Komposisi (%)
Kapur CaO	60-65
Silika SiO ₂	17-25
Alumina Al ₂ O ₃	3-8
Besi Fe ₂ O ₃	0.5-6
Magnesia MgO	0.5-4
Sulfur SO ₃	1-2
Potash K ₂ O, Na ₂ O	0.5-1

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1996

a.) Pengelompokan Semen

Pengelompokan Semen dibagi menjadi dua yaitu:

1. Semen *non hidraulis*

Semen *non hidraulis* adalah semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air. Contoh semen *non hidraulis (hydraulic binder)* adalah *lime* dimana *lime* ini merupakan perekat klasik dalam bangunan yang dibuat dengan

memanaskan *limestone* pada suhu 850° C. CaCO_3 dari *limestone* akan melepaskan CO_2 dan menghasilkan *burn lime* atau *quick lime* (CaO). $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2$ Produk ini bereaksi cepat dengan air menghasilkan Ca(OH)_2 dalam butiran yang halus dan Ca(OH)_2 ini tidak dapat mengeras dalam air tetapi dapat mengeras bila bereaksi dengan CO_2 dari udara membentuk CaCO_3 kembali.

2. Semen *hidraulis*

Semen *hidraulis* adalah semen yang dapat mengeras dalam air menghasilkan padatan yang stabil dalam air. Oleh karena mempunyai sifat *hidraulis*, maka semen tersebut bersifat:

- Dapat mengeras bila dicampur air
- Tidak larut dalam air
- Dapat mengeras walau didalam air

Contoh semen *hidraulis* adalah semen Portland, semen campur, semen khusus dan sebagainya. (Ii & Pustaka)

b.) Jenis – jenis Semen Portland

ASTM (*American Standard for Testing Material*) menentukan komposisi semen berbagai tipe sebagai berikut :

1. Tipe I : Semen Portland untuk konstruksi umum, jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
2. Tipe II : Semen Portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Tipe III : Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV : Semen Portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V : Semen portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat. Umumnya dipakai di daerah dimana tanah atau airnya mengandung sulfat yang tinggi. (Pustaka, 2015)

Tabel 2.2 Jenis-jenis semen portland dengan sifat-sifatnya

Tipe Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Kehalusan blaine (m ² /kg)	Kuat 1 hari (kg/cm ²)	Panas hidrasi (J/g)
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF			
I	Umum	50	24	11	8	350	1000	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	350	900	250
III	Kekuatan awal tinggi	60	13	9	8	450	2000	500
IV	Panas hidrasi rendah	25	50	5	12	300	450	210
V	Tahan sulfat	40	40	9	9	350	900	250

Sumber:PaulNugraha&Antoni,2007

C. Air

Air diperlukan oleh beton untuk terjadinya proses hidrasi, sangat menentukan kemudahan dalam pekerjaan pencampuran dan menentukan kekuatan dari beton. Perbandingan jumlah air dan semen (fas) sangat mempengaruhi mutu beton dimana semakin besar perbandingan jumlah air terhadap semen, maka beton akan semakin mudah dikerjakan tetapi mutu beton akan semakin rendah. Air yang kotor dapat mempengaruhi pengikatan semen, pengurangan kekuatan beton dan bisa menimbulkan korosi pada tulangan beton, sehingga sebaiknya air yang digunakan untuk pencampuran beton memakai air tawar yang memenuhi persyaratan untuk diminum (Mulyono T., 2003).

Menurut Edward G. Nawy (2008) penggunaan air dalam suatu campuran beton biasanya berkisar antara 150-200 kg/m³ dan beton yang kuat dapat diperoleh dengan menggunakan air yang konsisten dan workability yang maksimal.(Ii, 2003)

SKSNI mensyaratkan air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan sebagai berikut:

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.

3. Tidak mengandung benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (CL) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.

D. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998). Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar. (Pustaka, 1991)

a) Agregat Halus (pasir alami dan buatan)

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).

Syarat Mutu Agregat Halus menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F yaitu:

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 %
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
- 5) Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton
Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 - 3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maks 2 % dari berat
- Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maks 10 % dari berat
- Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maks 15 % dari berat

7) Tidak boleh mengandung garam.

b) Agregat Kasar

Agregat Kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).

Syarat Mutu Agregat Kasar menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F yaitu:

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 %.
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1 %. Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.
- 5) Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- 6) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - Sisa di atas ayakan 38 mm, harus 0 % dari berat
 - Sisa di atas ayakan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat
 - Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, maks 60% dan min 10% dari berat.
- 7) Tidak boleh mengandung garam. (Pustaka, 1991)

E. Bahan Tambah

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

a) Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Bahan tambah mineral ini merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Pada saat ini, bahan tambah mineral ini lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja tekan beton, sehingga bahan tambah mineral ini cenderung bersifat penyemenan. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah abu terbang (*fly ash*), *slag*, *silica fume*, abu sekam padi dan abu ampas tebu (*cane pulpash*). Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah mineral abu sekam padi.

b) Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Bahan Tambah Kimia (*chemical admixture*) untuk beton ialah bahan tambahan (bukan bahan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat-sifat kusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan maksud-maksud lainnya (Spesifikasi Bahan Menggunakan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F).

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 faktor air semen lebih

rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau 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.

Sedangkan (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 yang 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 *viscocrete*. 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. (Umum, 2007). Bahan tambah yang di gunakan dalam penelitian ini adalah Tipe F yaitu *Viscocrete 3115N*.

2.3 Abu Sekam Padi (Bahan Tambah Admixture)

Abu sekam padi merupakan bahan tambah berupa pozzollan termasuk bahan tambah mineral yang digunakan untuk memperbaiki kinerja beton dan mengurangi komposisi semen sehingga penggunaan semen tidak terlalu banyak. Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi dimana sekam padi didapatkan dari limbah pembakaran batubata. Sekam padi dioven pada suhu antara 600°C - 700°C di laboratorium sehingga menghasilkan Abu. Dari hasil pengujian abu sekam padi di laboratorium menurut penelitian sebelumnya didapat hasil kandungan senyawa kimia yang terdapat didalam abu sekam padi adalah SiO₂ : 89,64%; Fe₂O₃ : 0,06%; Al₂O₃ : 0,73%; CaO : 3,56%. Dilihat dari kandungan senyawa tersebut, maka abu sekam padi dapat digunakan sebagai pozzollan karena mengandung SiO₂ + Fe₂O₃ + Al₂O₃ lebih dari 70% sesuai dengan mutu pozzollan yang disyaratkan. (Rahman)

Tabel 2.3 : Komposisi Kandungan Kimia Abu Sekam padi

Komposisi Abu Sekam Padi Komponen	% Berat
SiO ₂	86,90 – 97,30
K ₂ O	0,58 – 2,50
Na ₂ O	0,00 – 1,75
CaO	0,20 – 1,50
MgO	0,12 – 1,96
Fe ₂ O ₃	0,00 – 0,54
P ₂ O ₅	0,20 – 2,84
SO ₃	0,10 – 1,13
Cl	0,00 – 0,42

Sumber: Haryadi, 2006

2.4 Superplasticizer Viscocrete 3115N (Bahan Tambah Kimia)

Superplasticizer adalah bahan tambah yang bersifat kimiawi (chemical admixture) yang lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Penggunaan superplasticizer dapat mengurangi jumlah pemakaian air, mempercepat waktu pengerasan, mempermudah pengerjaan campuran beton (workability) dan membuat beton kedap air.

Sika *Viscocrete-3115 N* adalah generasi terbaru dari superplasticizer untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi dengan sifat daya alir yang tahan lama. Sika *Viscocrete-3115 N* memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya. Sika *Viscocrete-3115 N* digunakan untuk tipe-tipe beton sebagai berikut:

- a) Beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi
- b) Beton yang memadat dengan sendirinya (Self Compaction Concrete/ SCC)
- c) Beton dengan kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi (hingga 30 %)
- d) Beton mutu tinggi
- e) Beton kedap air
- f) Beton pracetak

Kombinasi pengurangan air dalam jumlah besar, kemampuan mengalir yang tinggi dan kuat awal yang tinggi menghasilkan keuntungan- keuntungan yang jelas seperti tersebut dalam aplikasi diatas.

Keuntungan sika *Viscocrete-3115 N* bekerja melalui penyerapan permukaan partikel-partikel semen yang menghasilkan suatu efek-efek separasi sterikal. Sika *Viscocrete-3115 N* tidak mengandung klorin atau bahan-bahan lain yang dapat menyebabkan karat atau bersifat korosif pada tulangan baja. Sehingga cocok digunakan untuk beton dengan tulangan atau pratekan.

Sika *Viscocrete-3115 N* memberikan beton dengan kelecikan yang panjang dan tergantung pada desain pencampuran dan kualitas material yang digunakan, partikel-partikel self-compacting dapat dipertahankan lebih dari 1 jam pada suhu 30° C. Pencampuran sika *Viscocrete-3115 N* ditambahkan ke air yang sudah ditakar atau ditambahkan ke dalam mixer (pengaduk). Untuk memperoleh manfaat optimal dari pengurangan air dalam jumlah besar, disarankan pengadukan dalam kondisi basah minimal 60 detik. Penambahan air takaran yang tersisa (untuk memperoleh konsistensi beton yang baik) hanya dapat dimulai setelah 2/3 waktu pengadukan dalam kondisi basah, untuk menghindari jumlah air yang berlebihan dalam beton. (Sitorus)

Sebagai bahan yang sudah sering digunakan untuk kebutuhan campuran beton, *Superplasticizer* memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu :

- Kelebihan superplasticizer

- a) Meningkatkan workability sehingga menjadi lebih besar dari pada water reducer biasa
- b) Mengurangi kebutuhan air (25-35%)
- c) Memudahkan pembuatan beton yang sangat cair. Memungkinkan penuangan pada tulangan yang rapat atau pada bagian yang sulit dijangkau oleh pemadatan yang memadai
- d) Karena tidak terpengaruh oleh perawatan yang dipercepat, dapat membantu mempercepat pelepasan kabel prategang dan acuan
- e) Dapat membantu penuangan dalam air karena gangguan menyebarnya beton dihindari

- Kekurangan superplasticizer

- a) Slump loss perlu lebih diperhatikan untuk tipe naphthalene, dipengaruhi oleh temperatur dan kompatibilitas antara merek semen dan superplasticizer
- b) Ada risiko pemisahan (segregasi) dan bleeding jika mix design tidak dikontrol dengan baik
- c) Harga relatif mahal

2.5 Beton

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar (krikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir). Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah $\pm 70\% - 75\%$ dari seluruh beton. Nilai kekuatan dan daya tahan (durability) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, antaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, dan merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9% - 15% dari kuat tekannya, pada

penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik (Dipohusodo, 1994) . (Oliver, 2013)

2.6 *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 kelecakanatau keenceran adukan beton.Makin cair adukan maka makin mudah carapengerjaannya.Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengandilakukan pengujian *slump*.Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan betonmakin 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.

2.7 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). (Rusmania, 2015). Perawatan beton dilakukan untuk memenuhi tujuan:

A. Tujuan perawatan (*curing*) beton antara lain adalah:

- Mencegah terjadinya keretakan pada beton
- Agar menghasilkan mutu beton yang direncanakan
- Mencegah kehilangan air pada beton karena penguapan
- Menjaga kestabilan dari struktur beton tersebut
- Menjaga beton dari kehilangan air semen ketika setting time concrete
- Menjaga beton dari perbedaan yang terjadi pada suhu beton dengan suhu lingkungan

B. Metode perawatan (*curing*) beton antara lain adalah:

1. Perawatan dengan pembasaha beton dengan air (*water curing*)

Perawatan ini dilakukan dengan menggunakan media air. Metode perawatan dengan pembasahan terhadap beton dapat dilakukan dengan cara-cara seperti dibawah ini:

- Meletakkan beton didalam air
- Meletakkan Meletakkan beton di dalam air
- Menyelimuti beton dengan karung goni basah
- Melapisi permukaan beton dengan air dengan melakukan compound
- Menyirami seluruh permukaan beton

2. Perawatan dengan membran (*membrane curing*)

Salah satu metode perawatan (*curing*) beton adalah dengan menggunakan membran. Perawatan jenis ini umumnya dikerjakan pada daerah yang sulit untuk mendapatkan air. Oleh karena itu, pelapisan dengan membran diperlukan agar air pada beton tidak langsung menguap dengan cepat.

3. Perawatan dengan penguapan (*application of heat curing*)

Jenis perawatan yang satu ini umumnya dilakukan pada daerah yang memiliki musim dingin. Sebelum dilakukan perawatan dengan proses Steam, beton harus

dipertahankan terlebih dahulu pada suhu 10°-30°C selama beberapa jam. Perawatan metode uap ini harus diawali dengan pembasahan terlebih dahulu selama 7 hari pertama. Perawatan dengan penguapan terdiri dari dua cara yaitu perawatan dengan tekanan rendah dan perawatan dengan tekanan tinggi.

4. Perawatan lainnya

Perawatan pada beton lainnya yang dapat dilakukan adalah perawatan dengan menggunakan sinar infra merah, hidrotermal, karbonisasi, dan pelapisan dengan kalsium klorida.

2.8 Pengaruh Air Laut

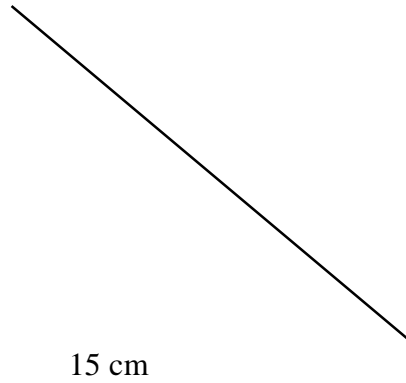
Pengaruh kimia air laut terhadap beton terutama disebabkan oleh serangan Magnesium Sulfat ($MgSO_4$), yang diperburuk dengan adanya kandungan Clorida didalamnya, reaksinya akan menghambat perkembangan beton. Biasanya digolongkan sebagai bagian dari serangangan sulfat oleh air laut yang mengakibatkan 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).

2.9 Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air. Perbandingan dari air semen, semakin tinggi kekuatan tekannya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton,

kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990).(umum, 1990)

Benda uji yang digunakan untuk kuat tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar 2.1 Benda Uji Kuat Tekan Beton

Cara menentukan nilai kuat tekan beton:

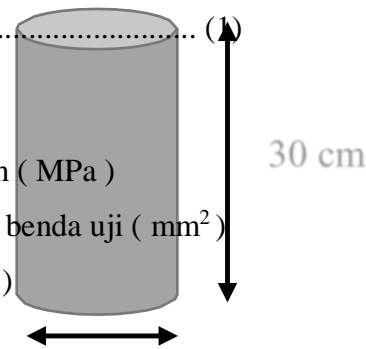
$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

A = luas penampang benda uji (mm²)

P = beban tekan (N)



BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton rencana $f_c = 26$ Mpa sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Kedua beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton dan untuk mengetahui durabilitas beton, dilakukan pengujian kuat tekan beton juga dengan merendam beton di dalam magnesium sulfat. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap kuat tekan beton dan durabilitas terhadap magnesium sulfat.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Teknik Pengumpulan data terbagi menjadi dua yaitu :

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 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 serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.3 Bahan Baku dan Peralatan

3.3.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini adalah

1. Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengisi dan pengikat pada campuran beton. pada penelitian ini semen yang kan digunakan semen padang kemasan 40 kg.

2. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu batu pecah dari kota binjai.

3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan adalah pasir dari kota binjai dan sebelum melakukan pembuatan beton dilakukan penyaringan untuk menentukan zona pasir dan kandungan lumpurnya.

4. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Sumatera Utara. Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5. Abu sekam padi

Abu sekam padi yang dipakai adalah abu dari pembakaran sekam padi kilang padi terdekat.

6. Superplasticizer

Superplasticizer yang digunakan adalah tipe-f yaitu *viscocrete 3115 N* yang diperoleh dari toko terdekat.

7. Magnesium sulfat

Magnesium sulfat yang digunakan magnesium sulfat yang berbentuk cairan diperoleh dari toko kimia terdekat.

3.3.2 Peralatan

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

- a. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.
- b. Satu set alat untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus dan kasar.
- c. Timbangan digital.
- d. Alat pengaduk beton (*mixer*).
- e. Cetakan benda uji berbentuk kubus.
- f. Mesin kompres (*compression test*).
- g. Mesin *Los Angeles*.
- h. Satu set alat *Slump test*.

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

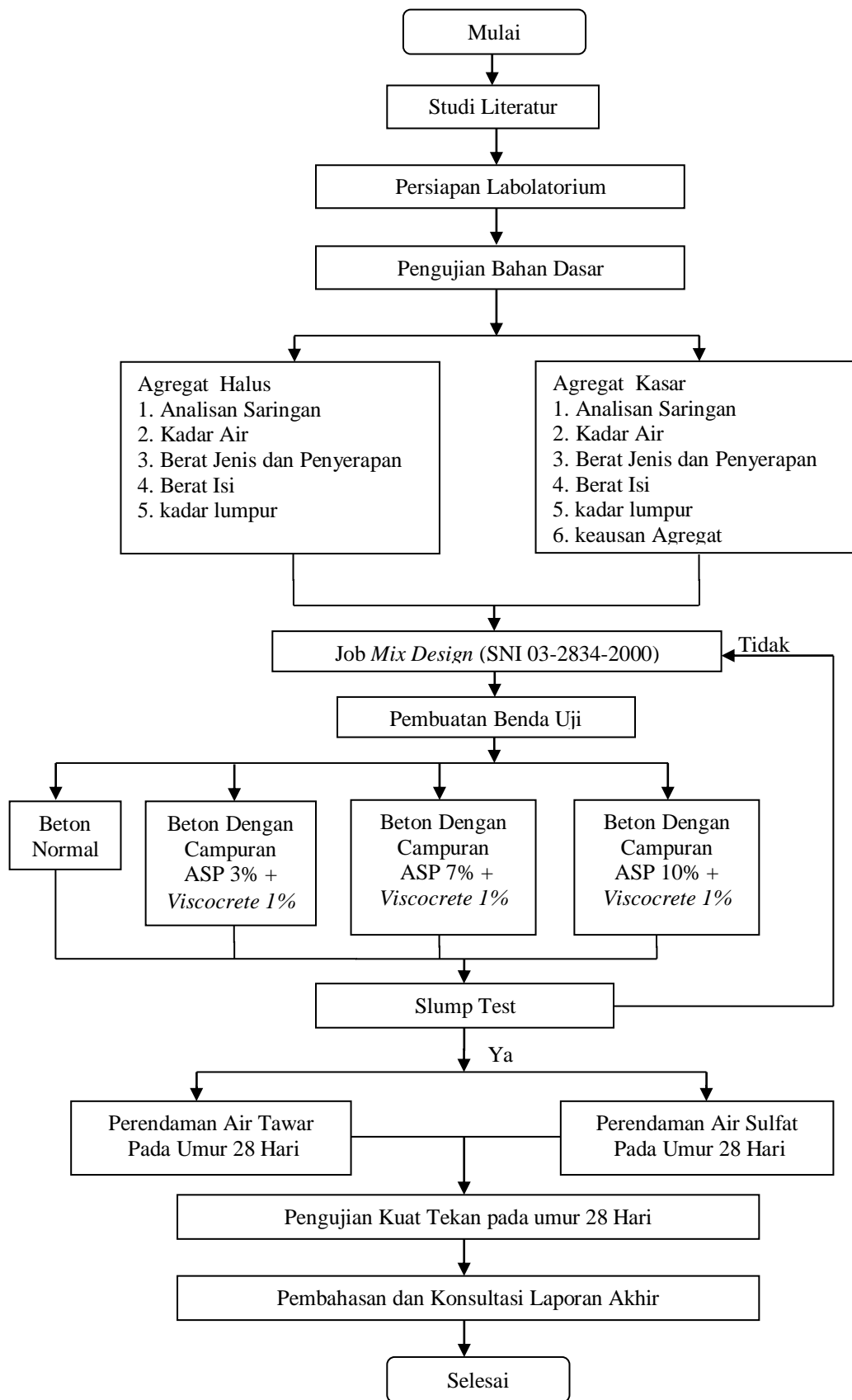
Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Dengan kelengkapan peralatan laboratorium yang berstandar.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2020 hingga April 2020.



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 ASTM 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 agregat 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
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

Tabel 3.3: *Lanjutan.*

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
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 $>1,125 \text{ gr/cm}^3$.

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:

$$\text{No.4} = \frac{43}{2200} \times 100\% = 1,95 \%$$

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

- Persentase berat kumulatif tertahan:

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

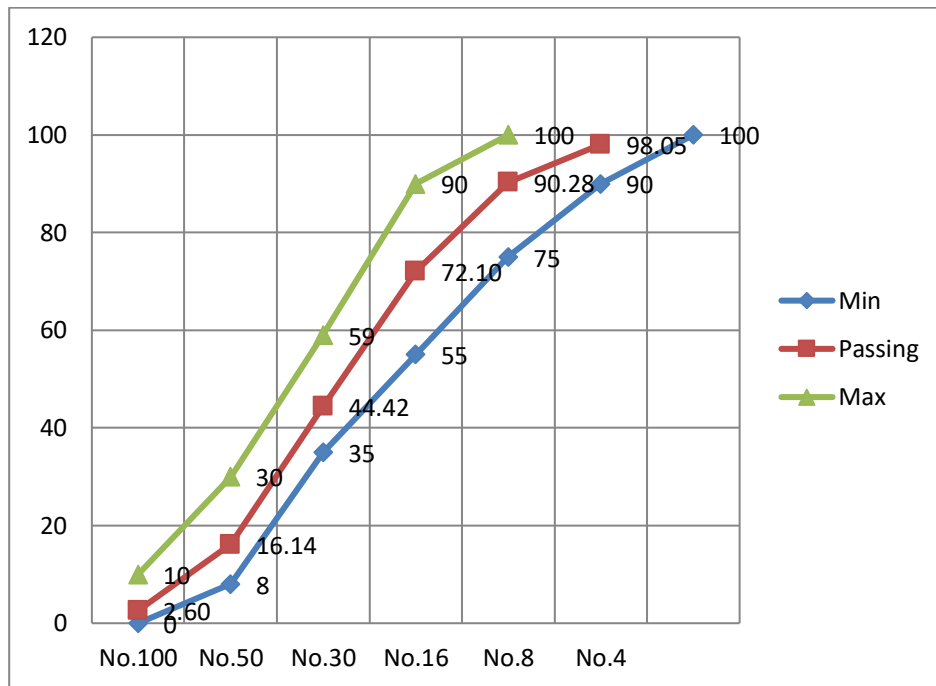
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 276,41 %

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

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
\text{No.4} &= 100 - 1,95 = 98,05 \% \\
\text{No.8} &= 100 - 9,72 = 90,28 \%
\end{aligned}$$

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

Tabel 3.8 *lanjutan*

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
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	4,77	4,77	95,23
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:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= \frac{267}{5600} \times 100\% = 4,77 \% \\
 3/4 &= \frac{1925}{5600} \times 100\% = 34,37 \% \\
 3/8 &= \frac{2581}{5600} \times 100\% = 46,09 \% \\
 \text{No. 4} &= \frac{827}{5600} \times 100\% = 14,77 \%
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 0 + 4,77 = 4,77 \% \\
 3/4 &= 4,77 + 34,37 = 39,14 \% \\
 3/8 &= 39,14 + 46,09 = 85,23 \% \\
 \text{No.4} &= 85,23 + 14,77 = 100,00 \%
 \end{aligned}$$

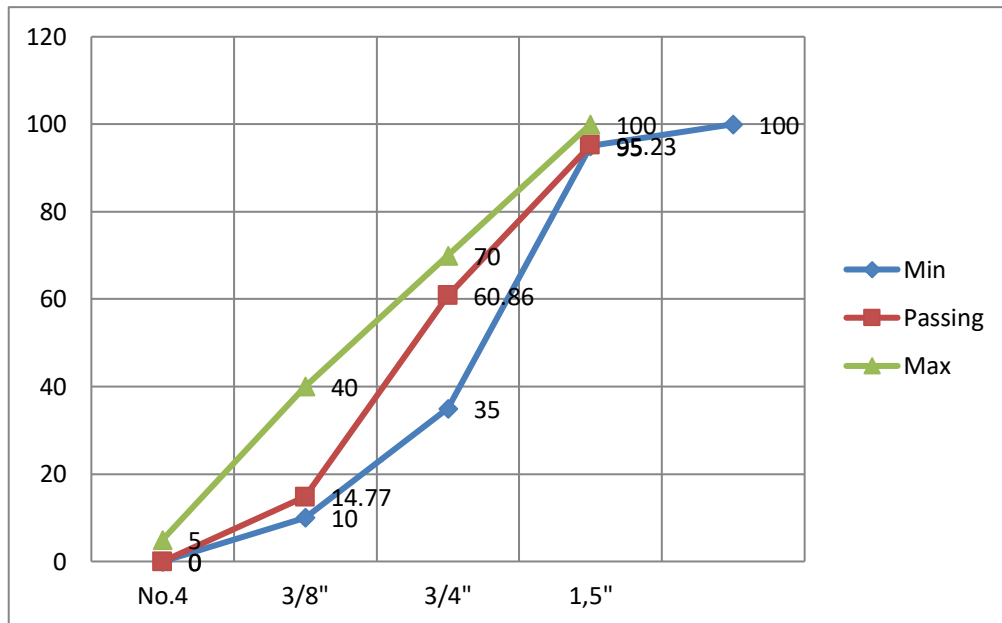
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 729,14

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

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 100 - 4,77 = 95,23 \% \\
 3/4 &= 100 - 39,14 = 60,86 \% \\
 3/8 &= 100 - 85,23 = 14,77 \% \\
 \text{No. 4} &= 100 - 100 = 0 \%
 \end{aligned}$$

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</i> (keausan) %		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.

3.10.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

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 penguji 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 3.12 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 ASP 3% + <i>Viscocrete 1%</i>	2 buah	2 buah
3.	Beton dengan campuran ASP 7% + <i>Viscocrete 1%</i>	2 buah	2 buah
4.	Beton dengan campuran ASP 10% + <i>Viscocrete 1%</i>	2 buah	2 buah
Total		16 buah	

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Hasil Perencanaan Campuran Pembuatan 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	3,61	

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

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

$$= 1094,42 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$$

$$= 5,8 \text{ kg}$$

4) Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

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

$$= 190,52 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3$$

$$= 1 \text{ kg}$$

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)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	4,77	$\frac{4,77}{100} \times$	5,8	0,28
3/4	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 3/4 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)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat pasir	
No.4	1,95	$\frac{1,95}{100} \times$	3,55	0,07
No.8	7,77	$\frac{7,77}{100} \times$	3,55	0,27
No.16	18,18	$\frac{18,18}{100} \times$	3,55	0,64
No.30	27,68	$\frac{27,68}{100} \times$	3,55	0,98
No.50	28,23	$\frac{28,23}{100} \times$	3,55	1,00
No.100	13,54	$\frac{13,54}{100} \times$	3,55	0,48
Pan	2,64	$\frac{2,64}{100} \times$	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 Abu Sekam Padi (ASP)

Untuk penggunaan bahan tambah menggunakan Abu Sekam Padi sebesar 3%, 7% dan 10% dari berat semen.

- Abu Sekam Padi (ASP) yang dibutuhkan sebanyak 3% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{3}{100} \times 2,23 \text{ kg} \\
 &= 0,669 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Abu Sekam Padi (ASP) yang dibutuhkan sebanyak 7% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{7}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{7}{100} \times 2,23 \text{ kg} \\
 &= 0,1561 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Abu Sekam Padi (ASP) yang dibutuhkan sebanyak 10% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{10}{100} \times 2,23 \text{ kg} \\
 &= 0,2230 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7: Jumlah Abu Sekam Padi terhadap berat semen.

No	Abu Sekam Padi (%)	Jumlah (Kg)
1.	3	0,669
2.	7	0,1561
3.	10	0,2230

- c. Bahan *admixture Viscocrete 3115 N*

Untuk penggunaan bahan *admixture Viscocrete 3115 N* sebanyak 1% akan didapatkan dari jumlah semen yang akan digunakan.

Viscocrete 3115N yang dibutuhkan sebanyak 1% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{1}{100} \times 2,23 \text{ kg} \\
 &= 0,0223 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

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

- Semen yang dibutuhkan untuk 16 benda uji
 - = Banyak semen 1 benda uji x 16 benda uji
 - = 2,23 x 16
 - = 35,68 kg

- Pasir yang dibutuhkan untuk 16 benda uji
 - = Banyak pasir untuk 1 benda uji x 16
 - = $3,55 \times 16$
 - = $56,8 \text{ kg}$
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 16 benda uji
 - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 16
 - = $5,8 \times 16$
 - = $92,8 \text{ kg}$
- Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak air untuk 1 benda uji x 16
 - = 1×16
 - = 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 50 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	4,43
3/4"	34,38	31,91
3/8"	46,10	42,78
No. 4	14,77	13,71
Total		92,83

Agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 16 benda uji ialah saringan 1,5” sebesar 4,43 kg, saringan 3/4” sebesar 31,91 kg, saringan 3/8” sebesar 42,78 kg dan saringan No.4 sebesar 13,71 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 12 benda uji sebesar 92,83 kg.

Sedangkan untuk berat tertahan setiap saringan untuk agregat halus dilihat berdasarkan Tabel 4.9 dalam 12 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 1,10 kg, saringan No.8 sebesar 4,42 kg, saringan No.16 sebesar 10,33 kg, saringan No.30 sebesar 15,73 kg, saringan No.50 sebesar 16,03 kg, saringan No.100 sebesar 7,7 kg, dan Pan sebesar 1,49 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 12 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	4,42
No.16	18,18	10,33
No.30	27,68	15,73
No.50	28,23	16,03
No.100	13,54	7,7
Pan	2,64	1,49
Total		56,8

4.1.1 Metode Pengerjaan Mix Design

Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

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

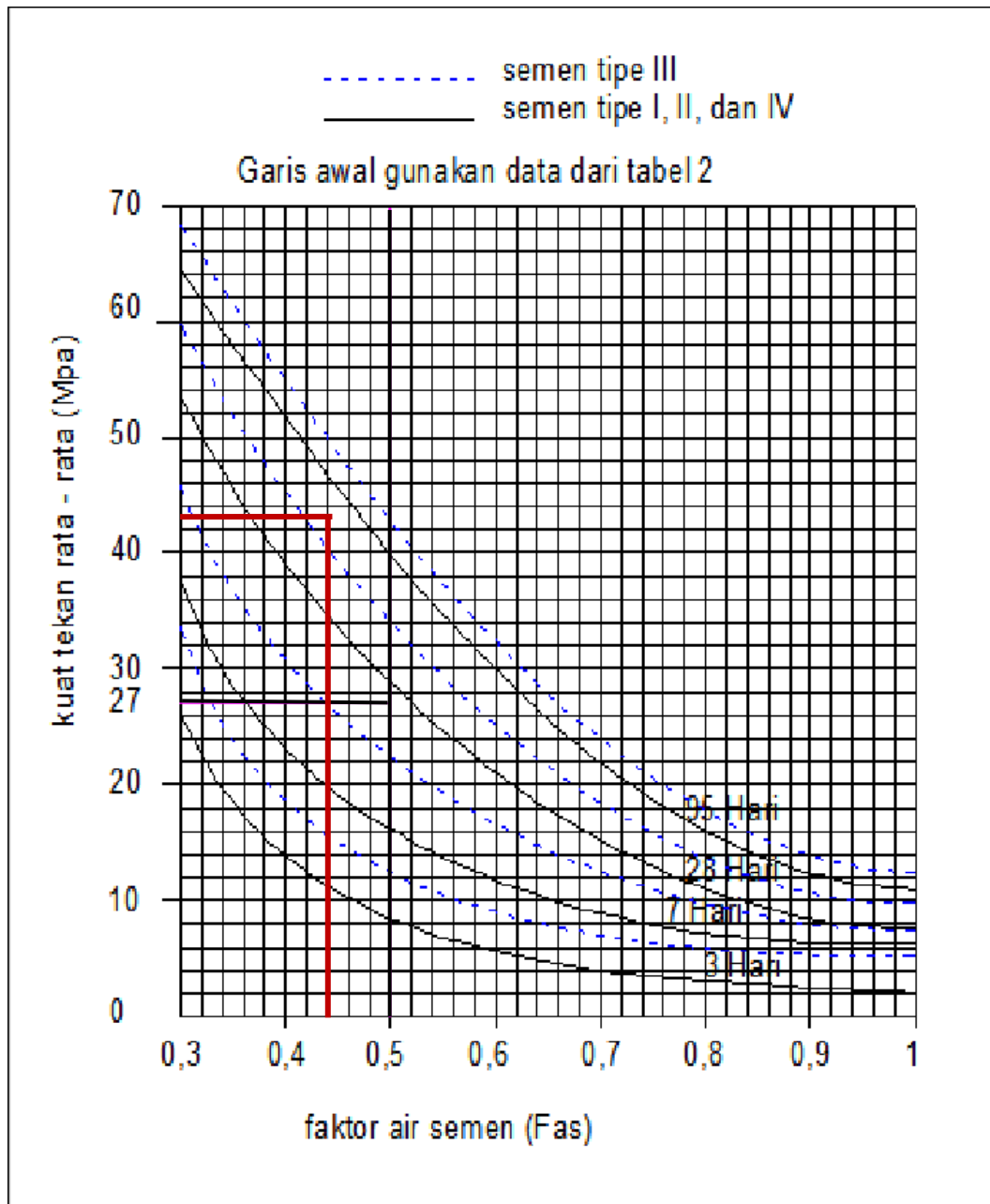
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan :

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

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

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

- e. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I.
- f. Jenis agregat diketahui :
 - Agregat halus : Pasir alami
 - Agregat kasar : Batu pecah
- g. 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.



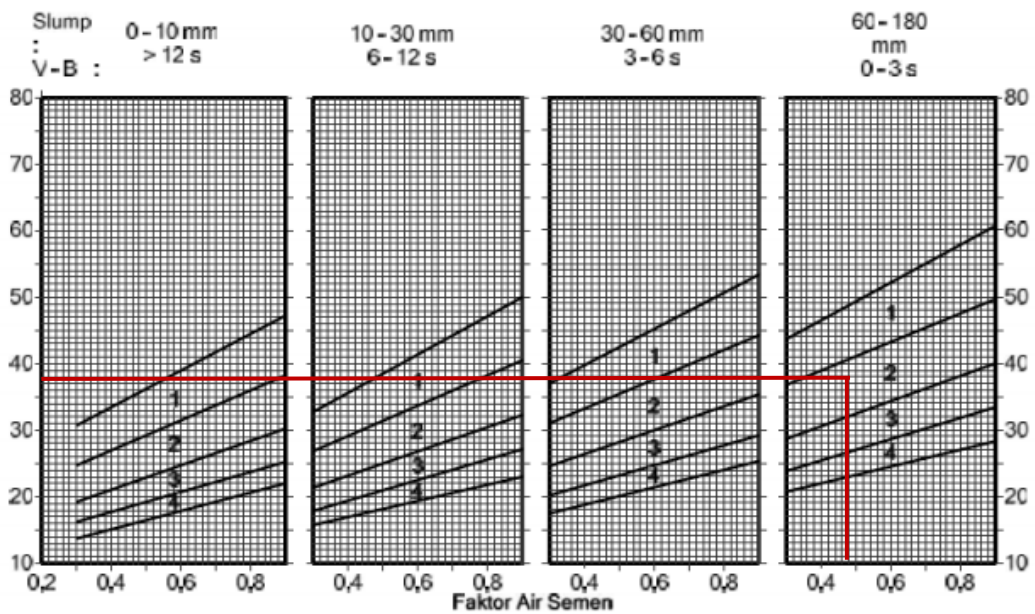
Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekanbetonsilinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).

- 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.

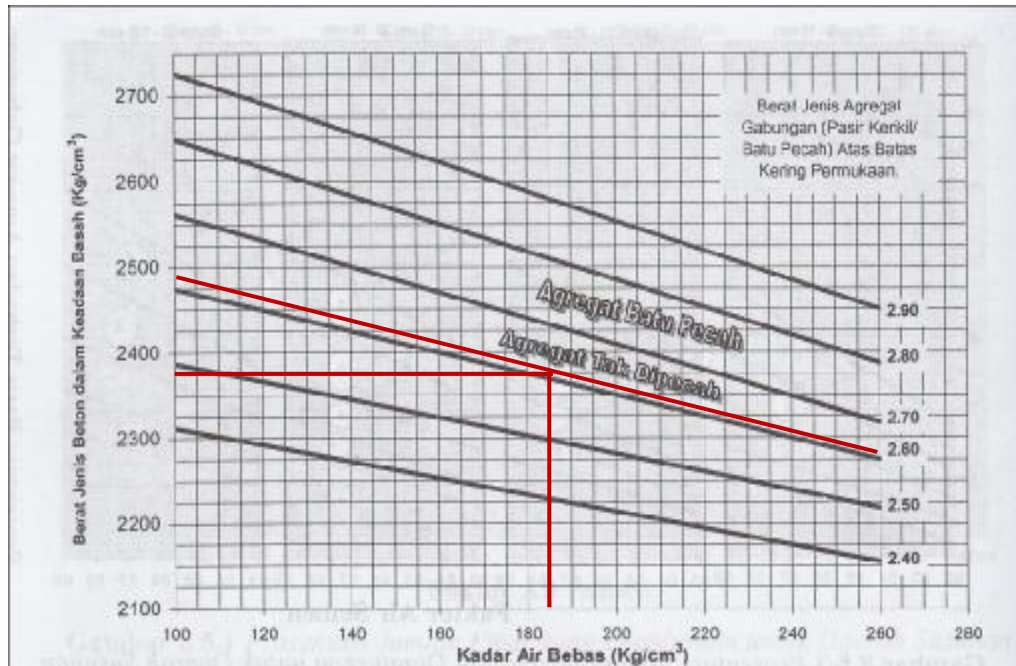
Kh = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

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 berat isi beton pada fas 0,44 (SNI 03-2834-2000).

r. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$W_{\text{agrcamp}} = W_{\text{btm}} - W_{\text{air}} - W_{\text{snn}}$$

Dengan:

W_{agrcamp} = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{btm} = 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).

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

- 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:

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

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

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

- 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 :

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

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

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

- 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 :

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 190,52 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregat halus} &= 669,60 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregat kasar} &= 1094,42 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Semen} &= 420,454 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4.2 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan kubus sebagai benda uji dengan ukuran sisi 15 cm, jumlah benda uji yang 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 ke dalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan yang telah disediakan, masukkan adukan beton ke dalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu dilakukan pemadatan dengan cara 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 di dalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton.

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

4.3 Slump Test

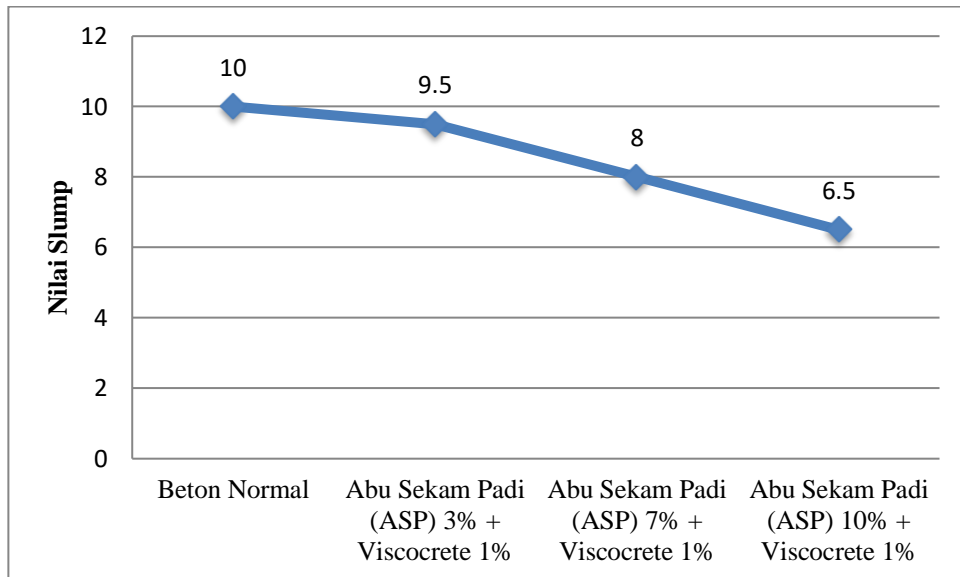
Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian 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 cm
2	Beton Dengan Campuran Abu Sekam Padi 3% + <i>Viscocrete</i> 1 %	9 cm
3	Beton Dengan Campuran Abu Sekam Padi 7% + <i>Viscocrete</i> 1%	8,5 cm
4	Beton Dengan Campuran Abu Sekam Padi 10 % + <i>Viscocrete</i> 1%	7,5 cm

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal, beton dengan campuran ASP 3% + *Viscocrete* 1%, beton dengan campuran ASP 7% + *Viscocrete* 1%, beton dengan campuran ASP 10% + *Viscocrete* 1%, dimana pada beton normal didapatkan nilai *slump* tertinggi yaitu

10 cm, sedangkan beton dengan campuran ASP dan *Viscocrete* 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% dari berat air

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 : Pengujian Kuat tekan pada benda uji Silinder.

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

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2)$$

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 22,15 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	18,68	22,50	22,15
2	12525	320000	18,11	21,81	

4.6.2 Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi (ASP) 3% + *Viscocrete* 1%

Pengujian beton dengan campuran Abu Sekam Padi 3% + *Viscocrete* 1% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton pada rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran Abu Sekam Padi 3% + *Viscocrete* 1% pada umur 28 hari. Dari masing-masing 2 buah benda uji beton yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 24,86 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.12: Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran Abu Sekam Padi 3% + *Viscocrete* 1% pada 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	12739	370000	20,92	25,20	24,86
2	12619	360000	20,36	24,53	

4.6.3 Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi 7% + *Viscocrete* 1%

Pengujian beton dengan campuran Abu Sekam Padi 7% + *Viscocrete* 1% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton pada rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Berdasarkan Tabel 4.13 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran Abu Sekam Padi 7% + *Viscocrete* 1% pada umur 28 hari. Dari masing-masing 2 buah benda uji beton yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 25,23 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.13 : Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran Abu Sekam Padi 7% + *Viscocrete* 1% pada 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	12733	380000	21,51	25,91	25,23
2	12651	360000	20,38	24,55	

4.6.4 Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi 10% + *Viscocrete* 1%

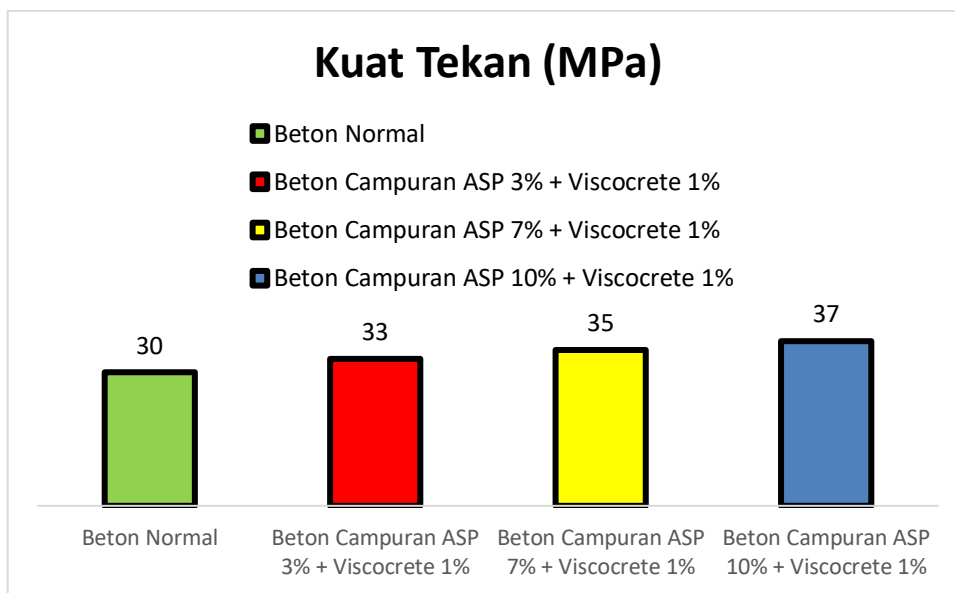
Pengujian beton dengan campuran Abu Sekam Padi 10% + *Viscocrete* 1% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton pada rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Berdasarkan Tabel 4.14 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran Abu Sekam Padi 10% + *Viscocrete* 1% pada umur 28 hari. Dari masing-masing 2 buah benda uji beton yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 26,59 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.14 : Hasil pengujian tekan beton dengan campuran Abu Sekam Padi 10% + *Viscocrete* 1% 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	12630	400000	22,64	27,27	26,59
2	12611	380000	21,51	25,91	

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan diatas didapatkanlah grafik persentase nilai kuat tekan rendaman air tawar sebagai berikut :



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

Dari hasil Gambar 4.6, menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi 3%, 7%, dan 10% + *Viscocrete* 1% pada beton 28 hari dapat meningkatkan kuat tekan beton. Beton yang memiliki kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran abu sekam padi 7% + *Viscocrete* 1% dengan nilai 26,54 Mpa. Hasil kuat tekan rata-rata paling rendah diperoleh pada beton Normal pada umur 28 hari sebesar 22,15 Mpa. Penggunaan abu sekam padi dan *Viscocrete* sebagai campuran

pembuatan beton sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton karena menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton normal sebagai 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 abu sekam padi 10% + *Viscocerete* 1% pada rendaman 28 hari memperoleh nilai f'_c sebesar 26,59 Mpa. Nilai tersebut dapat dikatakan melampaui dari nilai kuat tekan rencana 26 Mpa.

4.7 Kuat Tekan Beton Pada 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 Abu Sekam Padi 3% + *Viscocrete* 1%

Pengujian beton dengan campuran abu sekam padi 3% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran abu sekam padi 3% + *Viscocrete* 1% pada rendaman air sulfat 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Berdasarkan Tabel 4.16 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran abu sekam padi 3% + *Viscocrete* 1% 28 hari. Dari masing-masing 2 buah benda uji beton 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 abu sekam padi 3% + *Viscocrete* 1% pada 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	12417	300000	16,79	20,45	20,45
2	12357	300000	16,79	20,45	

4.7.3 Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Abu Sekam Padi 7% + *Viscocrete* 1%

Pengujian beton dengan campuran abu sekam padi 3% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran abu sekam padi 7% + *Viscocrete* 1% pada rendaman air sulfat 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Berdasarkan Tabel 4.17 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran abu sekam padi 3% + *Viscocrete* 1% 28 hari. Dari masing-masing 2 buah benda uji beton yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 21,81 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.17: Hasil pengujian tekan beton dengan campuran abu sekam padi 7% + *Viscocrete* 1% pada 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	12158	320000	18,11	21,81	21,81
2	12103	320000	18,11	21,81	

4.7.4 Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Abu Sekam Padi 10% + *Viscocrete* 1%

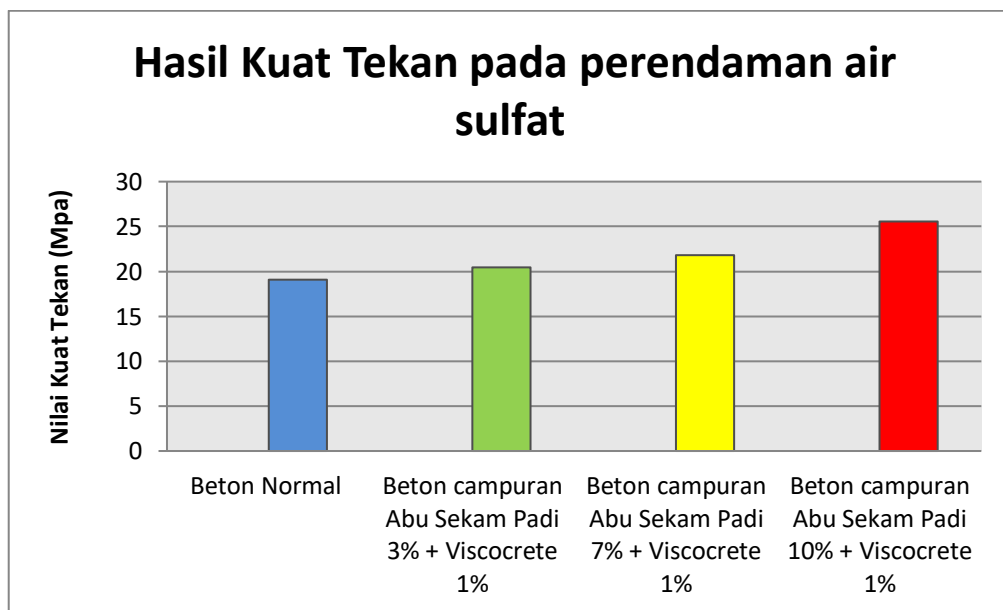
Pengujian beton dengan campuran abu sekam padi 3% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran abu sekam padi 10% + *Viscocrete* 1% pada rendaman air sulfat 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Berdasarkan Tabel 4.18 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran abu sekam padi 10% + *Viscocrete* 1% 28 hari. Dari masing-masing 2 buah benda uji beton yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 25,56 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.18 : Hasil pengujian tekan beton dengan campuran abu sekam padi 10% + *Viscocrete* 1% pada 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	380000	21,51	25,91	25,56
2	12611	370000	20,94	25,22	

Dari hasil kuat tekan beton pada perendaman campuran air sulfat dibuatlah grafik persentase nilai kuat tekan beton sebagai berikut :



Gambar 4.7 Grafik persentase nilai kuat tekan beton umur 28 hari pada perendaman air sulfat.

Dari hasil Gambar 4.7, menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi 3%, 7%, dan 10% + *Viscocrete* 1% pada beton 28 hari dapat meningkatkan kuat tekan beton. Beton yang memiliki kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran abu sekam padi 7% + *Viscocrete* 1% dengan nilai 25,5 Mpa. Hasil kuat tekan rata-rata paling rendah diperoleh pada beton Normal pada umur 28 hari

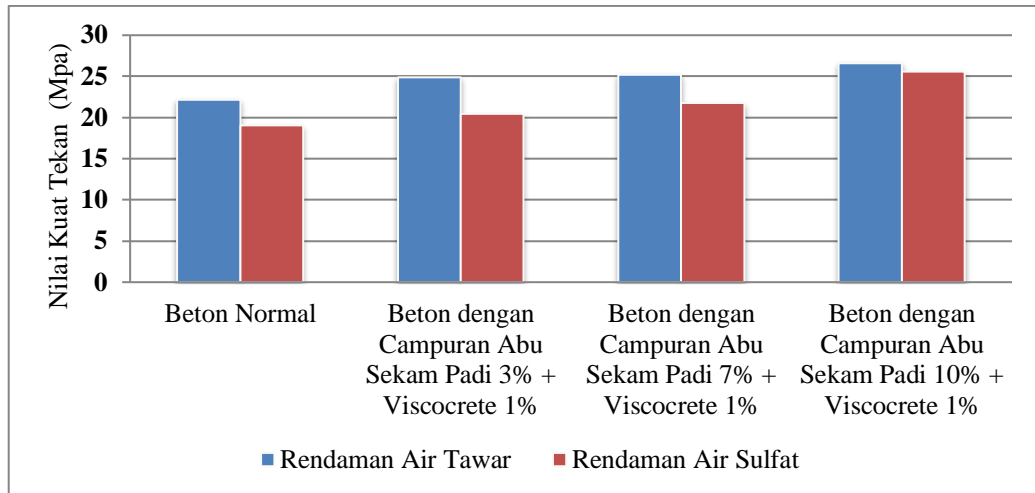
sebesar 19,08 Mpa. Penggunaan abu sekam padi dan *Viscocrete* sebagai campuran pembuatan beton sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton karena menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton normal sebagai campuran beton. Berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari kenaikannya tidak terlalu signifikan. Untuk hasil nilai f'_c pada penelitian ini untuk beton normal pada rendaman 28 hari memperoleh nilai f'_c sebesar 19,08 Mpa. Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton yang diuji semua beton berada di bawah kuat tekan rencana 26 Mpa.

4.8 Pembahasan

Tabel 4.19 : Hasil Uji Kuat Tekan Beton (Mpa)

Variasi Benda Uji	Variasi Perendaman	Umur Perendaman (hari)	Kuat Tekan (Mpa)
Beton Normal	Air Tawar	28	22,15
	Air Sulfat	28	19,08
Beton ASP 3% + 1% <i>Viscocrete</i>	Air Tawar	28	24,86
	Air Sulfat	28	20,45
Beton ASP 7% + 1% <i>Viscocrete</i>	Air Tawar	28	25,23
	Air Sulfat	28	21,81
Beton ASP 10% + 1% <i>Viscocrete</i>	Air Tawar	28	26,59
	Air Sulfat	28	25,56

Selain tabel adapun penggambaran dalam bentuk grafik hasil kuat tekan beton rendaman air tawar dan air sulfat seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Gambar grafik hasil kuat tekan pada rendaman air tawar dan air sulfat

Dari hasil penelitian kuat tekan beton normal dan beton dengan campuran abu sekam padi + *Viscocrete 3115N* dengan persentase Abu sekam padi 3%, 7% dan 10% + *Viscocrete 1%* pada setiap benda uji, maka diperoleh persentase peningkatan kuat tekan beton dengan campuran abu sekam padi terhadap beton normal.

1. Peningkatan kuat tekan beton dengan campuran ASP variasi 3%, 7% dan 10% + *Viscocrete 1%* dibandingkan dengan Beton normal baik pada perendaman air tawar dan juga air sulfat yaitu :

A. Pada Perendaman Air Tawar :

- Beton Normal = 22,15 Mpa
- Beton ASP 3% = 24,86 Mpa
- Beton ASP 7% = 25,23 Mpa
- Beton ASP 10% = 26,59 Mpa

Besar nilai kenaikan beton (umur 28 hari) rendaman air tawar pada Beton ASP 3% = 12,24%, Beton ASP 7% = 13,91 dan Beton ASP 10% = 20,05%

B. Pada Perendaman Air Sulfat :

- Beton Normal = 19,08 Mpa
- Beton ASP 3% = 20,45 Mpa
- Beton ASP 7% = 21,81 Mpa
- Beton ASP 10% = 25,56 Mpa

Besar nilai kenaikan beton (umur 28 hari) rendaman air sulfat pada Beton ASP 3% = 7,18%, Beton ASP 7% = 14,31% dan Beton ASP 10% = 33,96%.

2. Dari hasil pengujian kuat tekan didapatkan kuat tekan paling besar pada perendaman air tawar pada beton campuran ASP 10% yaitu sebesar 26,59 Mpa, begitu juga pada perendaman air sulfat kuat tekan paling besar juga berada pada campuran beton ASP 10% yaitu sebesar 25,56 Mpa.

3. Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh penurunan atau kenaikan kuat tekan beton yaitu :

- Beton dengan campuran Abu Sekam Padi 3% + *Viscocrete 3115 N 1%*
Besarnya nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air tawar)

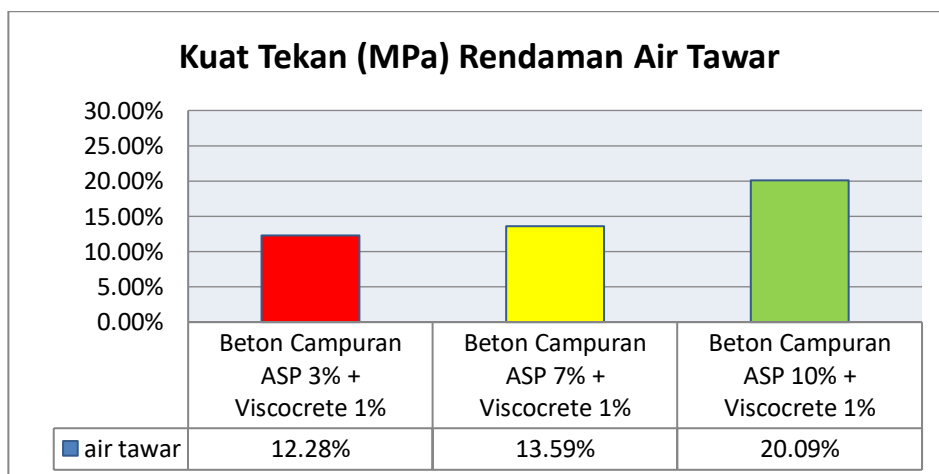
$$= \frac{24,86 - 22,14}{22,14} \times 100\% = 12,28\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$

- Beton dengan campuran Abu Sekam Padi 7% + *Viscocrete 3115 N 1%*
Besarnya nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air tawar)

$$= \frac{25,23 - 22,14}{22,14} \times 100\% = 13,59\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$

- Beton dengan campuran Abu Sekam Padi 10% + *Viscocrete 3115 N 1%*
Besarnya nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air tawar)

$$= \frac{26,59 - 22,14}{22,14} \times 100\% = 20,09\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$



Gambar 4.9 : Grafik Persentase perbandingan nilai kenaikan rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar

4. Persentase perbandingan kenaikan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah abu sekam padi dan *viscocrete 3115 N* pada rendaman air sulfat dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Beton normal dengan campuran abu sekam padi 3% + *viscocrete 3115 N* 1%
Besarnya nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air sulfat)

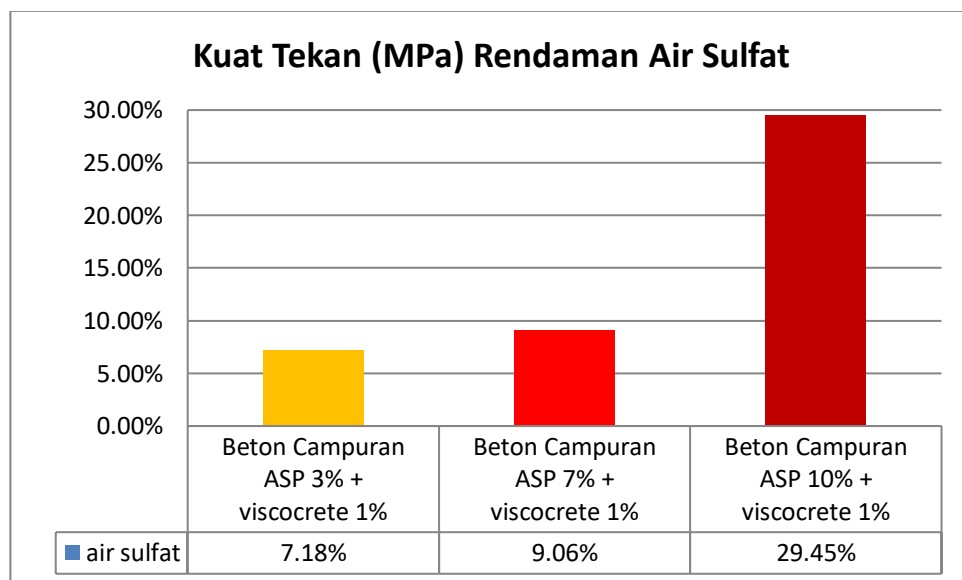
$$= \frac{20,45 - 19,08}{19,08} \times 100\% = 7,18\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$

- Beton normal dengan campuran abu sekam padi 7% + *viscocrete 3115 N* 1%
Besarnya nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air sulfat)

$$= \frac{21,81 - 19,08}{19,08} \times 100\% = 9,06\% \text{ (mengalami kenaikan)}$$

- Beton normal dengan campuran abu sekam padi 10% + *viscocrete 3115 N* 1%
Besarnya nilai kenaikan umur 28 hari perbandingan (rendaman air sulfat)

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



Gambar 4.10 : Grafik persentase perbandingan nilai kenaikan rata-rata kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air sulfat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan untuk beton normal dan beton dengan penggunaan bahan tambah ASP sebesar 3%, 7% dan 10% dapat ditarik kesimpulan :

1. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa *Viscocrete* 3115 N berfungsi untuk mengurangi penggunaan air pada campuran pembuatan beton. Selain mengurangi penggunaan air *Viscocrete* juga berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan awal jadi umur perawatan beton juga berpengaruh pada kuat tekannya.
2. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa beton yang menggunakan bahan tambah Abu Sekam Padi dan *Viscocrete* 3115 N mengalami kenaikan dibandingkan dengan beton normal. Hasil dari kuat tekan beton normal dan beton dengan bahan tambah Abu sekam padi yaitu :
 - Beton Normal = 22,15 MPa
 - Beton ASP 3% = 24,86 Mpa
 - Beton ASP 7% = 25,23 MPa
 - Beton ASP 10% = 26,59 MPa
3. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa beton yang menggunakan bahan tambah Abu Sekam Padi dan *Viscocrete* 3115 N lebih tahan terhadap serangan sulfat. Hasil dari kuat tekan beton pada rendaman air sulfat yaitu :
 - Beton Normal = 19,08 Mpa
 - Beton ASP 3% = 20,45 Mpa
 - Beton ASP 7% = 21,81 Mpa
 - Beton ASP 10% = 25,56 MPa
4. Variasi optimum penambahan Abu Sekam Padi dan *Viscocrete* 3115 N adalah ASP 10% baik pada rendaman air tawar dan rendaman campuran air sulfat dengan nilai :

- Beton Normal Rendaman Air Tawar = 22,15 MPa
- Beton ASP 10% Rendaman Air Tawar = 26,59 MPa
- Beton Normal Rendaman Air Sulfat = 19,08 MPa
- Beton ASP 10% Rendaman Air Sulfat = 25,56 Mpa

5.2 Saran

1. Semakin besar persentase abu sekam padi memang menambah kuat tekan pada rendaman air sulfat tetapi sebaiknya jangan melewati batas maksimal campuran karena justru akan mengurangi kuat tekan beton itu sendiri.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pemakaian abu sekam padi dan *Viscocrete* dengan variasi yang lebih banyak lagi, agar mengetahui sampai batas persentase dimana kuat tekan beton mengalami kenaikan dan juga penurunan kuat tekan.
3. Perlu adanya variasi umur perendaman benda uji pada perendaman air sulfat dan air tawar agar mengetahui kuat tekan beton pada jangka waktu pendek dan juga pada jangka waktu yang lama.
4. Perlu adanya peningkatan persentase jumlah sulfat yang lebih tinggi untuk mengetahui pengaruh air sulfat terhadap beton dalam jangka waktu yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian Slump Beton. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Iii, B. A. B., & Penelitian, M. (n.d.). *Tika Oktaria, 2013 DURABILITAS BETON DENGAN SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN DENGAN ABU SEKAM PADI Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu* 28. 28–50.
- kardiyono tjokrodimulyo, Pengertian Umum Beton A. P. (2007). *No Title*. 5–24.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1991). SNI 03-2495-1991 tentang Spesifikasi bahan tambahan untuk beton. *Yayasan LPMB Bandung*.
- Heldita, D. (2018). *KUAT TEKAN BETON (Agregat Kasar Ex Desa Sungai Kacil , Agregat Halus Ex Desa Karang Bintang , Abu Sekam Padi Ex Desa Berangas)*. 8(1), 46–52.
- Ii, B. A. B. (2003). *TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI*. 7–49.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (n.d.). *Pengertian Cemen*. 4–29.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (1991). (*impact resistance*). 5, 6–38.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (2012). *No Title*.
- Ii, B. A. B., & Teori, L. (2016). *No Title*. 5–36..
- Iii, B. A. B. (1990). *No Title*.
- Mulyono, T. (2003). Teknologi Beton. In *Penerbit Andi*.
<https://doi.org/10.1038/cddis.2011.1>
- Padi, A. S., & Pendahuluan, A. (2006). *PENGARUH PENGANTIAN SEBAGIAN SEMEN DENGAN ABU SEKAM PADI TERHADAP*

KEKUATAN BETON K-400. 6, 3–8.

Pengajar, S., Teknik, J., Polsri, S., Srijaya, J., Bukit, N., Palembang, B., & Kunci,

K. (2014). *BETON MUTU K-400 DENGAN PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI. 10(1), 92–98.*

Rahman, D. F. (n.d.). *Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton.*

Sitorus, L. R., Sitorus, T., Sipil, D. T., Utara, U. S., No, J. P., & Medan, K. U. S.

U. (n.d.). *ANALISIS KUAT TEKAN TERHADAP UMUR BETON DENGAN MENGGUNAKAN ADMIXTURE SUPERPLASTICIZER VISCOCRETE-3115 N.*

LAMPIRAN



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 Abu Sekam Padi (ASP)



Gambar L11: Dokumentasi bahan tambah Sika *Viscocrete 3115N*

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : WISNU DERLANGGA SINAMBELA
Panggilan : WISNU
Tempat/Tanggal Lahir : Jawa Timur, 11 Mei 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jln. Datuk Kabu Pasar 3 Tembung No. 82
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : ISMAIL SINAMBELA
Ibu : LILIK DERMO
No. HP : 082277232576
E-mail : wisnuderlangga8@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1607210021
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 1108251 TANJUNG SIRAM
2.	SMP	MTS SWASTA USWATUN HASANAH
3.	SMK	SMK SWASTA SITI BANUN
4.	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016	