

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU
SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN DENGAN
BAHAN TAMBAH SILICA FUME TERHADAP KUAT
TEKAN BETON**

(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh:

APENDI

1607210185



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Apendi

NPM : 1607210185

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian).

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 28 Juni 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain.

Dosen Pembimbing I



Tondi Amirsyah Putera, S.T, M.T

Dosen Pembimbing II



Wiwin Nurzanah, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain



LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Apendi
Npm : 1607210185
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian).
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 28 juni 2021

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Apendi
Tempat, Tanggal Lahir : Suka Makmur, 13 SEPTEMBER 1996
NPM : 1607210185
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian).”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya 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 atau kesarjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 28 Juni 2021

Saya yang menyatakan


apendi



ABSTRAK

Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian).

Apendi

1607210185

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

Beton merupakan bahan yang sangat penting digunakan dalam bidang konstruksi. Pada penelitian kali ini beton yang dibuat menggunakan bahan tambah abu ampas tebu, yang mana diketahui ampas tebu mengandung silikat dan pozzolan yang tinggi. Selain itu, dalam usaha untuk menghasilkan mutu beton yang lebih baik digunakan *silica fume concrete additive* sebagai bahan kimia tambahan campuran beton. Silica fume sendiri digunakan untuk membuat kualitas beton lebih baik. Penelitian kali ini menggunakan abu ampas tebu sebesar 3%, 6%, dan 9% dari berat semen, dan *silikafume concrete additive* yang digunakan sebesar 15% dari berat semen. Untuk dimensi benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran 15 x 30 cm dengan umur beton 14 dan 28 hari, untuk nilai slump 60-180 cm. Perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan beton. Setiap variasi dibuat 3 benda uji, sehingga jumlah keseluruhannya 24 buah benda uji. Dari hasil penelitian beton normal memperoleh kuat tekan sebesar 21,08 Mpa, pada umur 14 dan 30,11 Mpa pada umur 28 hari. Sedangkan beton yang diberi campuran abu ampas tebu 3% dan silikafume 15% adalah sebesar 22,08 Mpa pada umur 14 hari dan 33,46 Mpa pada umur 28 hari. Lalu beton abu ampas tebu 6% dan silikafume 15% adalah sebesar 26,1 Mpa pada umur 14 hari dan 35,13 Mpa pada umur 28 hari. Dan beton dengan campuran abu ampas tebu 9% dan silikafume 15% adalah sebesar 29,11 MPa pada umur 14 hari dan 37,14 Mpa pada umur 28 hari. Hasil kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran abu ampas tebu 9% dan silica fume 15 % yaitu sebesar 38,09% Mpa.

Kata Kunci : beton, silikafume concrete additive, abu ampas tebu, kuat tekan

ABSTRACT

The Effect of Utilization of Sugarcane Bagasse Ash as a Partial Substitution of Cement with Silica Fume Added Materials on the Compressive Strength of Concrete

(RESEARCH STUDY)

Apendi

1607210185

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

Concrete is a very important material used in the construction sector. In this study, the concrete made using bagasse ash added, which is known to contain high levels of silicates and pozzolans. In addition, in an effort to produce better quality concrete, silica fume concrete additive is used as an additional chemical for concrete mixtures. Silica fume itself is used to make better quality concrete. This study used bagasse ash of 3%, 6%, and 9% of the weight of cement, and silicafume concrete additive used of 15% of the weight of cement. For the dimensions of the test object used is a cylinder measuring 15 x 30 cm with a concrete age of 14 and 28 days, for a slump value of 60-180 cm. Planning of concrete mix using SNI 03-2834-2000 method. The test carried out is the compressive strength test of concrete. Each variation made 3 specimens, so the total number of specimens 24 test specimens. From the results of the normal concrete research obtained a compressive strength of 21.08 Mpa, at the age of 14 and 30.11 Mpa at the age of 28 days. while the concrete which was mixed with 3% bagasse ash and 15% silicafume was 22.08 MPa at the age of 14 days and 33.46 MPa at the age of 28 days. then 6% bagasse ash concrete and 15% silicafume amounted to 26.1 Mpa at the age of 14 days and 35.13 Mpa at the age of 28 days. and concrete with a mixture of 9% bagasse ash and 15% silicafume was 29.11 MPa at the age of 14 days and 37.14 MPa at the age of 28 days. Optimum compressive strength results occur in concrete with a mixture of 9% bagasse ash and 15% silica fume, which is 38.09% Mpa.

Keywords: concrete, silica fume concrete additive, bagasse ash, compressive strength

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhirini, dan juga sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil.
2. Bapak Tondi Amirsyah Putera, ST, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhirini.
3. Ibu Wiwin Nurzanah, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhirini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, M.Sc selaku selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Irma Dewi, ST, M.T selaku Sekretaris Jurusan Prodi Teknik Sipil yang ikut andil dalam prose administrasi penelitian.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
8. Bapak/Ibu StafAdministrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas

Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Terima kasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Supianto dan Ibunda tercinta Ani dan juga yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta memberikan semangat kepada saya serta senantiasa mendo'akan saya sehingga penulisan dapat menyelesaikan studi ini tepat pada waktunya.
10. Terima kasih kepada Saudara-Saudara penulis, Rifai, dan Satria yang senantiasa menjadi inspirasi dan motivasi serta memberikan dukungan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini..
11. Terima kasih kepada Sahabat-sahabat penulis: Feri Iman Hasibuan, Irfan Sukuri, Bobby Nazar, Reynaldo, Bustanul Kamil, Wasis, 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 membangun untuk menjadi Bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, 28 Juni 2021



APENDI

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEALSIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	6
2.2. Penelitian Terdahulu	8
2.3. Bahan Campuran Beton	11
2.3.1. Semen	11
2.3.2. Air	12
2.3.3. Agregat	12
2.3.4. Agregat Halus	14
2.3.5. Agregat Kasar	14
2.4. Pengaruh Bahan Tambah	15
2.4.1. Batang Tebu	15
2.4.2. Silica Fume	16

2.5.	Slump Test	17
2.6.	Pengujian Kuat Tekan	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Metode Penelitian	20
3.2.	Lokasi Penelitian Dan Waktu Penelitian	22
3.3.	Teknik Pengumpulan Data	22
3.4.	Bahan Dan Peralatan	22
3.4.1.	Bahan	23
3.4.2.	Peralatan	23
3.5.	Persiapan Penelitian	24
3.6.	Pemeriksaan Agregat	24
3.7.	Pelaksanaan Penelitian	25
3.7.1.	Perencanaan Pembuatan Campuran (Mix Desain)	25
3.8.	Pemeriksaan Agregat	34
3.8.1	Analisa Pemeriksaan Agregat Halus	34
3.8.2	Kadar Air Agregat Halus	34
3.8.3	Berat Isi Agregat Halus	35
3.8.4	Kadar Lumpur Agregat Halus	36
3.8.5	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	37
3.8.6	Analisa Saringan Agregat Halus	37
3.8.7	Analisa Pemeriksaan Agregat Kasar	40
3.8.8	Kadar Air Agregat Kasar	40
3.8.9	Berat Isi Agregat Kasar	41
3.8.10	Kadar Lumpur Agregat Kasar	41
3.8.11	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	42
3.8.12	Analisa Saringan Agregat Kasar	43
3.9.	Perencanaan Campuran Beton	45
3.10.	Pelaksanaan Penelitian	45
3.10.1.	Trial Mix	45
3.10.2.	Pembuatan Benda Uji	46
3.10.3.	Pengujian Slump	46
3.10.4.	Perawatan Beton	46

3.10.5. Pengujian Kuat Tekan	46
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Perencanaan Campuran Beton	48
4.2. Metode Pengerjaan Mix Desain	55
4.3. Pembuatan Benda Uji	60
4.4. <i>Slump test</i>	61
4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	62
4.6. Kuat Tekan Beton normal	63
3.6.1 Kuat Tekan Beton Abu Ampas Tebu 3% Dan Silica Fume 15%	64
3.6.2 Kuat Tekan Beton Abu Ampas Tebu 6% Dan Silica Fume 15%	65
3.6.3 Kuat Tekan Beton Abu Ampas Tebu 9% Dan Silica Fume 15%	66
4.7. Pembahasan	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	72
5.2. Saran	73

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia	26
Tabel 3.2	Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	27
Tabel 3.3	Perkiraan kadar air bebas (Kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	29
Tabel 3.4	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.	30
Tabel 3.5	Data-data hasil penelitian kadar air halus.	35
Tabel 3.6	Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus.	35
Tabel 3.7	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus.	36
Tabel 3.8	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus	37
Tabel 3.9	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.	38
Tabel 3.10	Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar.	40
Tabel 3.11	Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.	41
Tabel 3.12	Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.	41
Tabel 3.13	Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.	42
Tabel 3.14	Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.	43
Tabel 3.15	Jumlah variasi sampel pengujian beton.	47
Tabel 4.1	Data-data analisis yang diperoleh saat penelitian	48
Tabel 4.2	Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).	49
Tabel 4.3	Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1 m ³ .	50
Tabel 4.4	perbandingan bahan beton untuk 1 benda uji (kg).	51
Tabel 4.5	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.	51
Tabel 4.6	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan	

	dalam 1 benda uji.	52
Tabel 4.7	Jumlah Abu ampas tebu terhadap berat semen.	53
Tabel 4.8	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 24 benda uji.	54
Tabel 4.9	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 24 benda uji.	55
Tabel 4.10	Hasil pengujian nilai <i>slump</i> .	61
Tabel 4.11	Hasil pengujian kuat tekan beton normal.	64
Tabel 4.12	Hasil pengujian kuat tekan beton aat 3% dan silica fume 15%.	65
Tabel 4.13	Hasil pengujian kuat tekan beton aat 6% dan silica fume 15%.	66
Tabel 4.14	Hasil pengujian kuat tekan beton aat 9% dan silica fume 15%.	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Klasifikasi agregat berdasarkan sumber material	13
Gambar 3.1	Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.	21
Gambar 3.2	Grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen	28
Gambar 3.3	Batas gradasi pasir (sedang) no.2	31
Gambar 3.4	Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 40mm	31
Gambar 3.5	Persentase pasir terhadap total agregat yang dianjurkan ukuran Butir 40 mm	32
Gambar 3.6	Hubungan kandungan air, berat jenis, agregat campuran dan berat isi beton	33
Gambar 3.7	Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)	40
Gambar 3.8	Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40 mm	45
Gambar 4.1	Hubungan faktor air semen dengan kuat tekan beton silinder ukuran 15cm x 30cm	56
Gambar 4.2	grafik persentase terhadap kadar total agregat yang dianjurkan maksimum 40 mm	57
Gambar 4.3	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dengan berat isi beton	58
Gambar 4.4	Grafik pengujian nilai slump	62
Gambar 4.5	Kuat tekan pada benda uji	63
Gambar 4.6	Grafik persentase nilai kuat tekan beton umur 14 hari rendaman	68
Gambar 4.7	Grafik persentase nilai kuat tekan beton umur 28 hari rendaman	68
Gambar 4.8	Grafik persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari.	70
Gambar 4.9	Grafik persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.	70

DAFTAR NOTASI

A	= Luas Penampang
B _j	= Berat Jenis
FM	= Modulus Kehalusan
f _c	= Kuat Tekan
n	= Jumlah Benda Uji
P	= Beban Tekan
t	= Tinggi Benda Uji
V	= Volume
W	= Berat
Ø	= Diameter
M	= Nilai Tambah
S _r	= Standar Rencana
Wh	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
Wk	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
B	= Jumlah Air
C	= Agregat Halus
D	= Agregat Kasar
Ca	= Absorpsi Air Pada Agregat Halus
Da	= Absorpsi Agregat Kasar
Ck	= Kandungan Air Dalam Agregat Halus
Dk	= Kandungan Air Dalam Agregat Kasar
BN	= Beton Normal
BC-5	= Beton Campuran <i>sica fume</i> 5%
BC-8	= Beton Campuran <i>sica fume</i> 8%

DAFTAR SINGKATAN

SSD = Saturated Surface Dry

SNI = Standart Nasional Indonesia

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan konstruksi di Indonesia semakin meningkat. Menurut artikel Kementerian Perindustrian Republik Indonesia akibat terjadinya peningkatan pembangunan konstruksi beton maka permintaan terhadap kebutuhan semen juga mengalami peningkatan bahkan konsumsi semenmen capai 48 juta ton pada tahun 2011 atau naik 17,7% dari tahun 2010. Kebutuhan permintaan semen yang tinggi tidak diimbangi dengan adanya produksi semen yang berimbang sehingga Indonesia masih menggunakan semen impor untuk memenuhi kebutuhan pembangunan di Indonesia. Menjawab kebutuhan ini maka perlu dipikirkan suatu alternatif bahan pengganti semen dalam sebuah konstruksi beton untuk dapat mengurangi pemakaian semen.(Rompas, 2013)

Dalam pelaksanaannya, perkembangan bahan bangunan beton diperlukan suatu inovasi baru agar pembangunan dapat dilaksanakan dengan baik dan cepat. Dalam hal ini perlunya menciptakan beton berkualitas dengan memanfaatkan sumber daya alam yang pemanfaatannya masih kurang maksimal. Selain itu dapat menggunakan limbah industri yang sudah tidak terpakai dan dapat diolah kembali menjadi bahan tambah pada campuran beton.(Nazar,2020)

Beton sebagai komponen struktur dalam kontruksi teknik sipil, dapat diperoleh dengan mencampurkan semen *Portland*, air dan agregat. Terkadang ada pula pemberian bahan tambah yang sangat bervariasi jenisnya. Salah satu bahan tambah yang sering digunakan adalah *pozzolan* yaitu bahan yang mengandung mineral silica yang apabila bercampur dengan pasta semen akan bereaksi untuk memberi daya lekat pada campuran beton. (Beton, 2020)

Dari hasil pengujian oleh Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado di peroleh kandungan silikat abu ampas tebu sebesar 68,5% sehingga memiliki sifat *pozzolan*. Menurut standar ASTM C 125-07 (2007), *pozzolan* ialah bahan yang mempunyai silica atau silika alumina yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tetapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan dengan kehadiran

kelembaban, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa bersifat semen (Rompas, 2013).

Penggunaan limbah industri merupakan alternatif yang baik, oleh karena itu pada penelitian ini dicoba menambah abu ampas tebu dan dikaji terhadap kuat tekan beton. Abu ampas tebu (AAT) merupakan sisa hasil pembakaran dari ampas tebu. Ampas tebu sendiri merupakan limbah hasil buangan dari proses pembuatan gula. Dari uji porositas pada penelitian beton telah terbukti bahwa AAT dapat berfungsi sebagai pozzolan. AAT mempunyai kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O , MgO , dan P_2O_5 yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen dan diharapkan menambah kuat tekan beton karena butirannya yang relatif kecil dan mampu mengisi lubang pori pada beton (Setyawan, dkk., 2016).

Penelitian tentang pemanfaatan AAT telah dilakukan oleh Rompas, dkk (2013) yang hasilnya menunjukkan bahwa AAT yang dibakar kembali pada suhu pembakaran 600 0C menghasilkan kuat tekan terbesar dicapai pada kadar AAT sebanyak 5% . Namun demikian perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai variasi suhu pembakaran AAT (400, 500, 600, 700, 800)⁰C untuk mendapatkan nilai kuat tekan dan berat jenis beton maksimum dengan substitusi kadar abu ampas tebu sebanyak 5%. Penggunaan pozzolan pada campuran beton selain dapat mengikat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ menjadi CSH pada proses hidrasi antara air dan semen, juga dapat mengurangi panas hidrasi karena reaksi pozzolan yang cukup lambat (Karimah dkk, 2016).

Silika fume adalah material pozzolan yang sangat halus yang sebahagian besar terdiri dari unsur silika, yang dihasilkan dari tanur tinggi sebagai produk sampingan industri metal silikon (ASTM C 1240-93).

Silika fume berwarna abu-abu, diameter butiran rata-rata 0,1 m, dengan specific surface 20000 m² /kg, seperseratus kali lebih halus dari pada semen, berat jenis silika fume 2,2 dan berat volumenya sebesar 200-300 kg/m³ (Burge, 1988). Silika fume mengandung senyawa silikat yang sangat tinggi yaitu sekitar 93 % (Ryan, 1992), senyawa silikat minimum pada silika fume sebesar 85 % (ASTM C 1240-93)

Penambahan *Silica Fume* dalam penelitian menggunakan 6 (enam) variasi, yaitu: 0 %; 3%; 6%; 9%; 12% Dan 15% *Silica Fume*. Adukan beton ditetapkan dengan f.a.s 0,45, *sikamen NN3,98* dan *plastimen vz 0,7* dari berat semen. Pengujian yang dilakukan pada kuat tekan dilakukan setelah beton umur 56 hari. Data untuk setiap variasi campuran *Silica Fume* diperoleh dari 3 (tiga) benda uji silinder berukuran 15 x 30 cm (Susilo, 2019).

Kuat tekan beton sangat penting terhadap kualitas beton tersebut sehingga perlu melakukan penelitian tentang “pengaruh pemanfaatan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen dengan bahan tambah *silica fume* terhadap kuat tekan beton”.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh yang diberikan oleh abu ampas tebu dan *silica fume* terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana perbedaan antara kuat tekan beton abu ampas tebu dan *silica fume* dibandingkan kuat tekan beton normal?
3. Pada persentase berapa persen abu ampas tebu dan *silica fume* yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat tekan beton?
4. Apakah terdapat perbedaan peningkatan beton normal dengan beton abu ampas tebu dan *silica fume*?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).
2. Persentase abu ampas tebu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 3%, 4%, dan 5% terhadap berat semen yang digunakan pada umur 28 hari.
3. Persentase *silica fume* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar

15% terhadap berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.

4. Melakukan pengujian kuat tekan dari beton normal dan beton dengan bahan tambah abu ampas tebu dan silica fume.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh yang diberikan oleh abu ampas tebu dan silica fume terhadap kuat tekan beton
2. Untuk mengetahui bagaimana perbedaan kuat tekan antara beton normal dan beton abu ampas tebu ditambah silica fume.
3. Untuk mengetahui pada persentase berapa persen abu ampas tebu yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat tekan beton
4. Untuk mengetahui seberapa signifikan perbedaan antara beton normal dan beton yang diberi abu ampas tebu ditambah silica fume

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kualitas kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan abu ampas tebu dan *silica fume* dengan persentase yang telah ditentukan sehingga nantinya dapat membantu mendapatkan campuran beton yang kuat namun dengan menggunakan bahan yang lebih ekonomis dan apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan pada tahap pelaksanaan di lapangan dan dapat dikembangkan pada penelitian yang lebih lanjut.

1.6. Sistematika Penulisan

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

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

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

BAB 3 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. Pengertian Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolik (portland cement), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (admixture atau additive). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan. DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (Han dkk, 2019).

Beton terdiri dari ± 15 % semen, ± 8 % air, ± 3 % udara, selebihnya pasir dan kerikil. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda, tergantung pada cara pembuatannya. Perbandingan campuran, cara pencampuran, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, dan sebagainya akan mempengaruhi sifat-sifat beton (Beton, 2020).

Hal ini memberi gambaran bahwa untuk memproduksi beton di seluruh dunia telah dipakai semen sebanyak 1,6 milyar ton, agregat (pasir dan batuan) 10 milyar ton, dan air 1 milyar ton. Selain itu jumlah agregat yang digunakan untuk pembuatan klinker semen mencapai 12,6 milyar ton. Keseluruhan proses produksi beton ini memberikan dampak buruk pada ekologi dan konsumsi energi di bumi, setiap tahunnya menghasilkan 1,35 milyar ton emisi gas rumah kaca atau berkontribusi sebesar 7% dari total emisi gas rumah kaca yang diproduksi dari industri-industri modern (Beton, 2020).

Demi menanggulangi permasalahan tersebut, banyak penelitian telah dilakukan dalam upaya untuk mengurangi penggunaan semen dan bahan alam pada pembuatan beton sehingga menghasilkan beton yang ramah lingkungan (Alkhaly dkk, 2015).

Tidak semua material substitusi berhasil meningkatkan kinerja beton karena berbagai sebab seperti karakteristiknya yang tidak baik sehingga interaksinya dengan komponen-komponen lain pembentuk beton tidak efektif, demikian pula halnya dengan komposisi penyusun material substitusi yang pada tingkat tertentu justru menurunkan kinerja beton (Karwur, dkk2013).

Tingkat mutu beton atau sifat-sifat lain yang hendak dicapai, dapat dihasilkan dengan perencanaan yang baik dalam pemilihan bahan-bahan pembentuk serta komposisinya. Beton yang dihasilkan diharapkan memenuhi ketentuan-ketentuan seperti kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton dengan mudah tanpa menimbulkan segregasi atau pemisahan agregat dan bleeding, ketahanan terhadap kondisi khusus yang diinginkan, memenuhi kekuatan yang hendak dicapai, serta ekonomis dari segi biayanya (Pujo, dkk,2010).

Tinggi rendahnya kinerja beton tergantung pada karakteristik material penyusunnya dan material substitusi yang digunakan. Semakin baik interaksi kimiawinya maka karakteristik beton akan semakin baik. Bentuk material substitusi bervariasi, antara lain : berbentuk serat, bubuk, serbuk, bahkan cairan dengan hasil bervariasi ditampilkan melalui uji karakteristik mekanik, kimiawi, dan termal.

Beton adalah suatu massa yang terjadi dengan mencampurkan bahan semen, air dan agregat dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan. Beton dapat diklasifikasikan atas :

- a. Beton non struktural, yaitu beton yang hanya terdiri dari bahan campuran semen, air dan agregat serta bahan tambah (*admixture*) bila di perlukan.
- b. Beton struktural, yaitu beton yang menggunakan bahan campuran semen, air, agregat dan bahan tambah bila di perlukan serta baja tulangan (besi beton).

Perbaikan kualitas serta sifat beton dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mengganti maupun menambah material pokok semen dan agregat, sehingga dihasilkan beton dengan sifat-sifat spesifik seperti beton ringan, beton berat, beton tahan bahan kimia tertentu dan sebagainya. Beton serat (*fibre reinforced concrete*) merupakan modifikasi beton konvensional dengan

menambahkan serat pada adukannya. Serat yang digunakan dapat dibuat dari berbagai jenis bahan antara lain kawat, plastik, limbah kain, bambu, dan lain-lain.

2.2. Penelitian Terdahulu

Cristiadi dkk menyimpulkan pada penelitian ini, Dalam penelitian ini menggunakan Abu Ampas Tebu (AAT) sebesar 5% sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap variasi umur dari umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari dan 40 hari untuk mengetahui kenaikan uji kuat tekan beton. Dalam perancangan campuran beton (Mix Design) ini digunakan SK SNI : 03-2847-2002 (Tjokrodinuljo, 2007). didapatkan hasil uji kuat tekan masing-masing variasi umur dengan penambahan abu ampas tebu sebesar 5% pada umur 3 hari dengan kuat tekan rata-rata sebesar 19,677 MPa, pada umur 7 hari sebesar 23,720 MPa, pada umur 14 hari sebesar 26,063 MPa, pada umur 21 hari sebesar 28,013 MPa, pada umur 28 hari sebesar 31,838 MPa, dan pada umur 40 hari sebesar 33,838 MPa (Saragi, 2014)

Amran dkk, menyimpulkan bahwa penambahan Silica fume pada campuran beton Dalam penelitiannya disebutkan bahwa penelitian eksperimental dan analisis dari penggunaan bahan tambahan dalam bentuk Silica Fume dan Sikament NN dilakukan untuk mengetahui nilai variasi kekuatan compressive beton dari penambahan silica fume dari 0% sampai 20% dan Sikament NN untuk pencampuran dari 0% hingga 2% dari berat semen. Sehingga dapat ditentukan seberapa besar pengaruhnya yang 7 terlihat dari hasil penelitian ini telah ditunjukkan bahwa adanya peningkatan kekuatan. Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dan setiap umur terdiri dari 3 benda uji. Sehingga dibutuhkan 3 benda uji untuk setiap penambahan variasi kandungan silika fume dan Sikament NN. Dengan penambahan silica fume sebanyak 4 variasi yaitu 5%, 10%, 15%, dan 20% serta Sikament NN 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% memiliki total tes benda uji sebanyak 27 unit benda uji. Hasil menunjukkan bahwa pengaruh dari Silica Fume pada beton segar dapat meningkatkan kelecakan beton, ini dipengaruhi oleh bentuk partikel-partikel dari Silica Fume yang halus.

Rahmat dkk, dengan penelitian betonnya dengan 4 variasi dan kekuatan tekan rencana sebesar 25 MPa. Tiap variasi terdiri dari 9 benda uji benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Campuran beton dengan bahan tambahan Reduced Water and Accelerated Admixture (Bestmittel) yang diuji pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan variasi 0,2 %, 0,4 % dan 0,6 % dari berat semen dan air dengan 9 benda uji untuk tiap variasinya serta beton silinder normal sebagai perbandingan. Maksud dari penambahan bahan berupa Reduced Water and Accelerated Admixture (Bestmittel) adalah agar terjadi peningkatan kemampuan kerja serta kuat tekan rata-ratanya. Pelaksanaan penelitian meliputi kegiatan berupa pemeriksaan bahan, perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji, perawatan beton dan pengujian kuat tekan beton.

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

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

A.Junaidi menyimpulkan penambahan abu batang pisang sebanyak 15% diperoleh kuat tekan beton maksimum yaitu sebesar 255,18 kg/cm². Peningkatan optimum penambahan abu batang pisang terjadi pada kondisi 15% sebesar 255,18 kg/cm² mengalami kenaikan sebesar 11,67% dari beton normal dengan hasil kuat

tekannya sebesar 225,40 kg/cm². Pada pengujian slump dilakukan sebanyak 3 kali berturut - turut pada tiap adukan diperoleh hasil yang berbeda antara adukan beton, rata - rata mengalami penurunan. Ini disebabkan oleh penambahan abu yang terlalu banyak, maka beton mengalami kekurangan air (Nazar, 2020).

Penelitian ini juga dilakukan dari beberapa skripsi terdahulu yang terbaru dari pembimbing yang sama. Pada penelitian kuat tekan beton mereka menggunakan SNI 03-2834-2000, dengan campuran bahan tambah yang berbeda-beda. Penggunaan air kapur sebagai air campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan rata-rata karena menghasilkan kuat tekan rata-rata yang lebih rendah dari pada penggunaan air tawar sebagai air campuran beton (Ilham Sani et al., 2020). 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 (Sukuri et al., 2020). 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 (Sinambela, dkk, 2020).

Hasil kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran abu batang pisang 6% dan sikacim concrete additive 0,8% yaitu sebesar 30,74 MPa (Nazar et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa beton yang dihasilkan dengan bahan tambah serbuk kayu dan *am 78 concrete additive* 0,8% memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal, maka beton campuran serbuk kayu dan *am 78 concrete additive* 0,8% ini dapat diaplikasikan untuk struktur bangunan (Fani Surya et al., 2020). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa peningkatan penambahan serbuk kaca dengan sikacim concrete additive dalam jumlah tetap dalam campuran beton, maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi (Hidayat et al., 2020). Maka dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton campuran abu cangkang kelapa sawit dan bondcrete mengalami penurunan kuat tekan, serta tidak mencapai kuat tekan rencana yaitu 25 MPa disebabkan pengaruh persentase abu cangkang kelapa sawit dan zat adiktif bondcrete (Muhammad Indra, dkk, 2020).

2.3. Bahan Penyusun Campuran Beton

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacamnya lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susunan kasar pencampuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (durability) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Jika diperlukan, bahan tambah (admixture) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. (Muliadi, 2015).

2.3.1. Semen

Semen dalam pengertian umum adalah bahan yang mempunyai sifat adhesive dan cohesive, digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material), yang dipakai bersama-sama dengan batu kerikil dan pasir. Semen dapat dibagi atas dua kelompok, yaitu:

- a. 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 oC. 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.
- b. 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.(Farhan, 2016)

2.3.2. Air

Air merupakan bahan yang penting juga dalam pembuatan suatu campuran beton. Air yang dicampur dengan semen akan membungkus agregat halus dan agregat kasar menjadi satu kesatuan. Pencampuran semen dan air akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan istilah reaksi hidrasi. Dalam reaksi hidrasi komponen-komponen pokok dalam semen bereaksi dengan molekul air membentuk hidrat atau produksi hidrasi. Dalam pembuatan campuran beton, hendaknya digunakan air yang bersih yang tidak tercampur dengan kotoran-kotoran kimia yang memungkinkan timbulnya reaksi sampingan dari reaksi hidrasi. Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak memiliki rasa atau bau dapat digunakan sebagai air pencampuran dalam pembuatan beton. Adanya kotoran yang berlebih pada air tidak saja berpengaruh pada waktu ikat beton, kekuatan beton, dan stabilitas volume (perubahan panjang), namun juga dapat mengakibatkan pengkristalan atau korosi tulangan. Sedapat mungkin air dengan konsentrasi padatan terlarut sebaiknya dihindari.(Beton, 2020)

Perbandingan antara jumlah berat air dengan jumlah berat semen (rasio air semen) memegang peranan vital dalam hal kuat tekan beton. Jumlah air yang terlalu banyak akan menurunkan mutu beton, sedangkan jumlah air yang sedikit akan menimbulkan permasalahan dalam pelaksanaan konstruksi, karena beton menjadi sulit dicetak. Karena beton harus cukup kuat dan mudah untuk dicetak, maka keseimbangan antara berat air dan semen harus mendapat perhatian yang cukup (Setiawan, 2016).

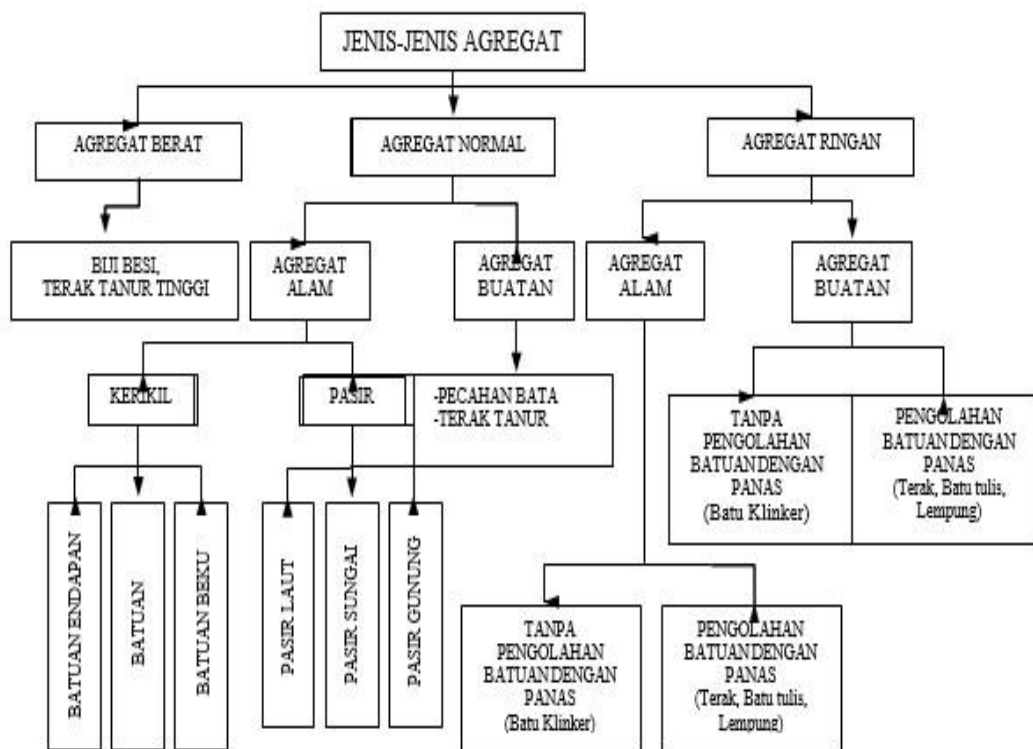
2.3.3. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F).Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang

dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karekteristik

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat pembagian jenis agregat berdasarkan sumber materialnya.



Gambar 2.1 : Klasifikasi agregat berdasarkan sumber material (Mulyono, 2003).

penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Nugraha, 2007).

Agregat dapat dibedakan atas dua jenis yaitu: agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan buatan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi) dan tekstur permukaannya.

2.3.4 Agregat Halus

Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*) dan mempunyai ukuran butir 5 mm.

Agregat alami yang digunakan untuk agregat campuran beton dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu:

a. Pasir galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam, tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara mencucinya.

b. Pasir sungai

Pasir sungai adalah salah satu pasir yang berasal dari sungai dan mempunyai ukuran butiran yang sedang dan tidak terlalu besar. Pasir sungai memiliki ukuran 0.063 mm hingga 5 mm. Pasir sungai bisa dimanfaatkan sebagai salah satu campuran dalam proses pengecoran

c. Pasir laut

Pasir laut ini adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.

2.3.5. Agregat Kasar

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002, bahwa agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm. Agregat yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat di pakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.

2.4. Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama percampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Admixture atau bahan tambah yang didefinisikan dalam *Standard Definitions of terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.1251995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) adalah sabagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi (Mulyono, 2003).

Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton.

2.4.1. Batang Tebu

Tebu (bahasa Inggris: sugar cane) adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. (Savir, dkk, 2013)

Ampas tebu adalah suatu residu atau limbah dari proses penggilingan tanaman tebu (*Saccharum oicinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri pembuatan gula, limbah berserat yang biasa disebut sebagai ampas tebu (*bagasse*). Pada proses penggilingan tebu, terdapat lima kali proses penggilingan dari batang tebu sampai dihasilkan ampas tebu. (Savira & Suharsono, 2013)

Dari hasil pengujian oleh Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado di peroleh kandungan silikat abu ampas tebu sebesar 68,5% sehingga memiliki sifat pozzolan. Menurut standar ASTM C 125-07 (2007), pozzolan ialah bahan yang mempunyai silika atau silika alumina yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tetapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan dengan kehadiran kelembaban, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa bersifat semen.

2.4.2. *silica fume*

Silica Fume adalah bahan hasil produksi sampingan dari reduksi quarsa murni (SiO_2) dengan batu bara ditanur listrik dalam pembuatan campuran silicon dan ferro silicon (ASTM.C.1240, 2003). Silica Fume mengandung kadar SiO_2 yang cukup tinggi.

Dewasa ini dalam praktek pembuatan beton bahan tambahan baik *additive* maupun *admixture* merupakan bahan yang dianggap penting. Penggunaan bahan tersebut dimaksud untuk memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan sifat yang diinginkan. Bahan tambahan tersebut ditambahkan kedalam campuran beton atau mortar, dan dengan adanya bahan tambahan ini diharapkan beton yang dihasilkan memiliki sifat yang lebih baik.

Inovasi dibidang teknologi material beton, salah satunya adalah memperbaiki sifat-sifat beton diantaranya dapat dilakukan dengan penambahan bahan tertentu yaitu admixture atau additive ke dalam campuran beton. Salah satu bahan tambah adalah Silica Fume yang merupakan bahan yang sangat halus berbentuk bulat berdiameter 1/100 kali diameter butiran semen portland dan berfungsi sebagai pengisi diantara partikel-partikel semen. Sehingga penambahan Silica Fume ke dalam campuran beton dengan kadar tertentu distribusi porositas beton menjadi kecil, kepadatan beton bertambah dan selanjutnya kekuatan beton akan meningkat. (Riyanto, dkk, 2017)

2.5. Slump Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan.

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

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

2.6. Pengujian Kuat Tekan Beton

Menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) (2002) beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat, sedangkan yang dimaksud beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³. Terdapat juga agregat halus (pasir) alam sebagai hasil disintegrasi secara 'alami' dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, sedangkan agregat kasar (kerikil)

sebagai hasil disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Menurut Tjokrodinuljo (2007) beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kondisi yang demikian, yaitu rendahnya kuat tarik, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tagangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, dan kemudian dikenal dengan sebutan beton bertulang. Khusus beton saja yang tidak bertulang disebut beton tampa tulang (plain concrete). Untuk struktur tertentu yang tidak menginginkan retak tarik pada beton misalnya, dilakukan manipulasi (strategis) dengan memberikan tegangan tekan awal sebelum struktur dibebani, yaitu pada struktur beton prategang (prestressed concrete).

Kuat tekan beton merupakan parameter utama yang harus diketahui dan dapat memberikan gambaran tentang hampir semua sifat-sifat mekanisnya yang lain dari beton. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Beton dengan kinerja baik dapat dilihat dari kuat tekan yang dihasilkan. Semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan, maka beton tersebut memiliki mutu beton yang baik. Faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi campuran, pengadukan pada saat pembuatan, pembuatan, pemadatan dan perawatan beton itu sendiri. Kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan persamaan :

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

dengan:

f_c' = kuat tekan silinder beton (MPa),

P = Beban tekan maksimum (N),

A = luas bidang tekan (mm²)

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005). Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang digunakan berbentuk silinder. Dimensi

benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda

uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Tahapan awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU adalah pengambilan data sekunder pengujian bahan dasar agregat dan melakukan pengujian bahan dasar agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran beton. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

a. Data primer

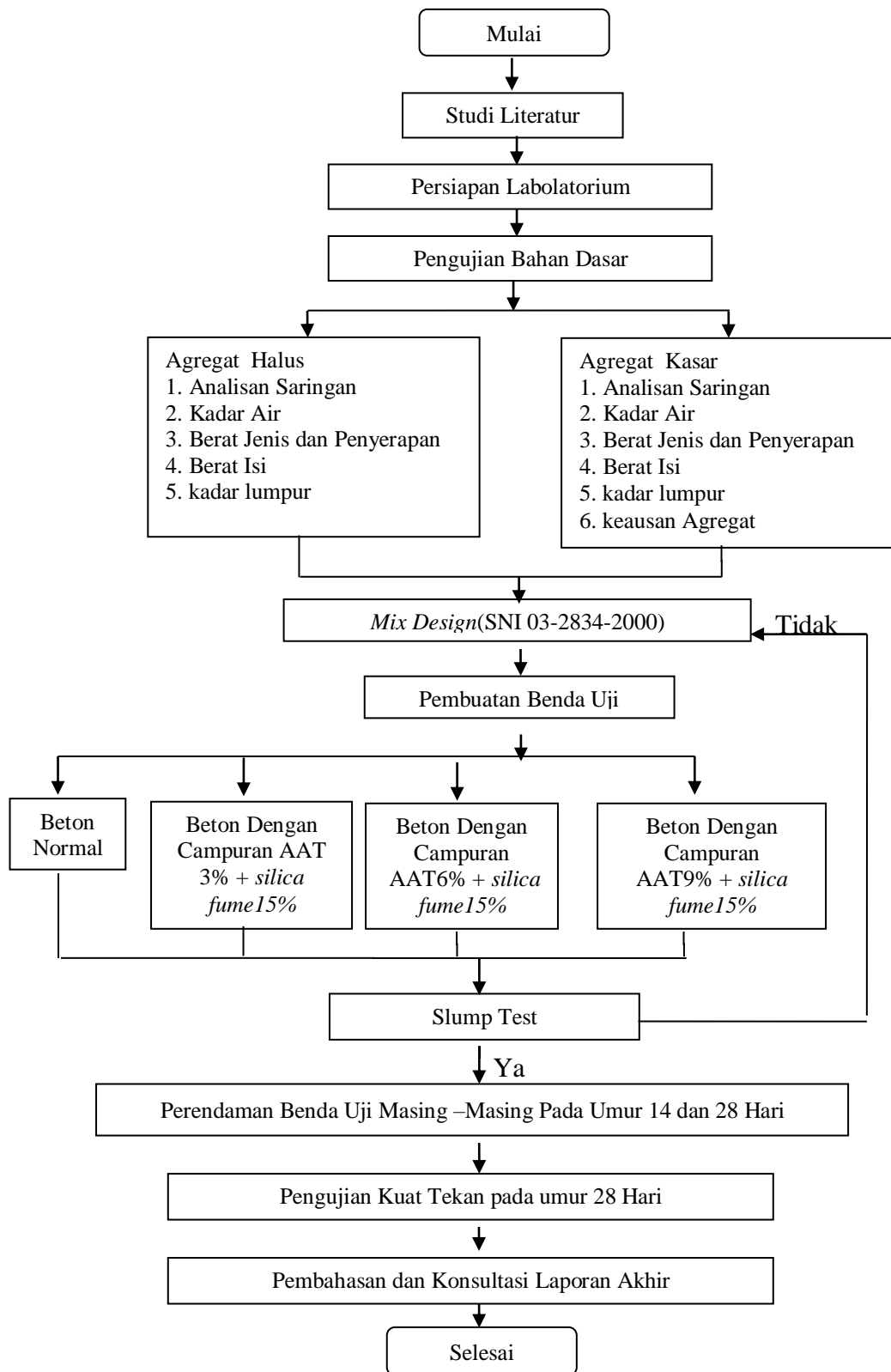
Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil yang dilaksanakan di laboratorium. Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

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

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing. Data teknis mengenai SNI-03-2834-2000, PBI (Peraturan Beton Indonesia), serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

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



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini dilakukan pada awal bulan Maret sampai akhir bulan maret 2021.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Untuk beberapa hal pada pengumpulan data, digunakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur), konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing dan Asisten Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.4. Bahan dan Peralatan

3.4.1. Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang tipe 1 PPC (*Portland Pozolan Cement*).

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

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

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Abu Ampas Tebu

Abu ampastebu yang dipakai dalam penelitian ini berdiameter dibakar sampai halus dalam kondisi jenuh kering muka atau SSD (*Saturated Surface Dry*) dan

dengan persentase 3%, 6%, dan 9% terhadap berat semen yang digunakan. Abu ampas tebu dibeli dari pabrik.

f. Bahan *Admixture*

Bahan *admixture* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *silicafume* dengan persentase 15% dari berat semen. *silica fume* ini merupakan produk sika dan dibeli di toko bangunan.

3.4.2. Peralatan

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

Peralatan material :

- a. Saringan agregat kasar : Saringan 1,5", 1/2", 3/4", 3/8", dan no.4
 - b. Saringan agregat halus : Saringan no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, dan no.100
 - c. Timbangan digital
 - d. Plastik ukuran 10 kg Peralatan pembuatan beton :
 - e. Pan
 - f. Ember
 - g. Satu set alat *slump test* : kerucut *abrams*, tongkat pemadat, mistar, dan plat baja.
 - h. Skop tangan
 - i. Skrap
 - j. Tabung ukur
 - k. Sarung tangan
 - l. Cetakan silinder ukuran 15 x 30 cm
 - m. Vaseline
 - n. Kuas
 - o. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
 - p. Bak perendam
- Alat pengujian kuat tekan beton :
- a. Mesin kuat tekan (*compression test*)

3.5. Persiapan Penelitian

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

3.6. Pemeriksaan Agregat

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

1. Kadar Lumpur

Menurut SNI-03-4141-1996, metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.

2. Analisa Saringan

Menurut SNI-03-1968-1990, metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

3. Kadar Air Agregat

Menurut SNI-1971-2011, cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan.

4. Berat Jenis Agregat Kasar

Menurut SNI-1969-2008, agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air.

5. Berat Jenis Agregat Halus

Menurut SNI-1970-2008, agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Cara uji ini digunakan untuk menentukan setelah (24+4) jam di dalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air.

6. Berat Isi Agregat

Menurut SNI-1973-2008, penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

3.7. Pelaksanaan Penelitian

3.7.1 Perencanaan Pembuatan Campuran (Mix Desain) SNI 03-2834-2000

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian slump. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.1)$$

Dengan :

s adalah deviasi standar

x_i adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.2)$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji) dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

- 1) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- 2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan $f'c$ yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- 3) Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- 4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.1.

Tabel 3.1 :Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'c + 12 \text{ Mpa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Menghitung nilai tambah.

$$M = 1,64 \times S_r \quad (3.3)$$

Dengan:

M adalah nilai tambah

1,64 adalah ketetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

S_r adalah deviasi standar rencana

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}).

$$f_{cr} = f'_c + M$$

$$f_{cr} = f'_c + 1,64 S_r \quad (3.4)$$

5. Menetapkan jenis semen.
6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
7. Menentukan faktor air semen

Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel

3.3. Bila dipergunakan gambar 3.1 ikuti langkah-langkah berikut :

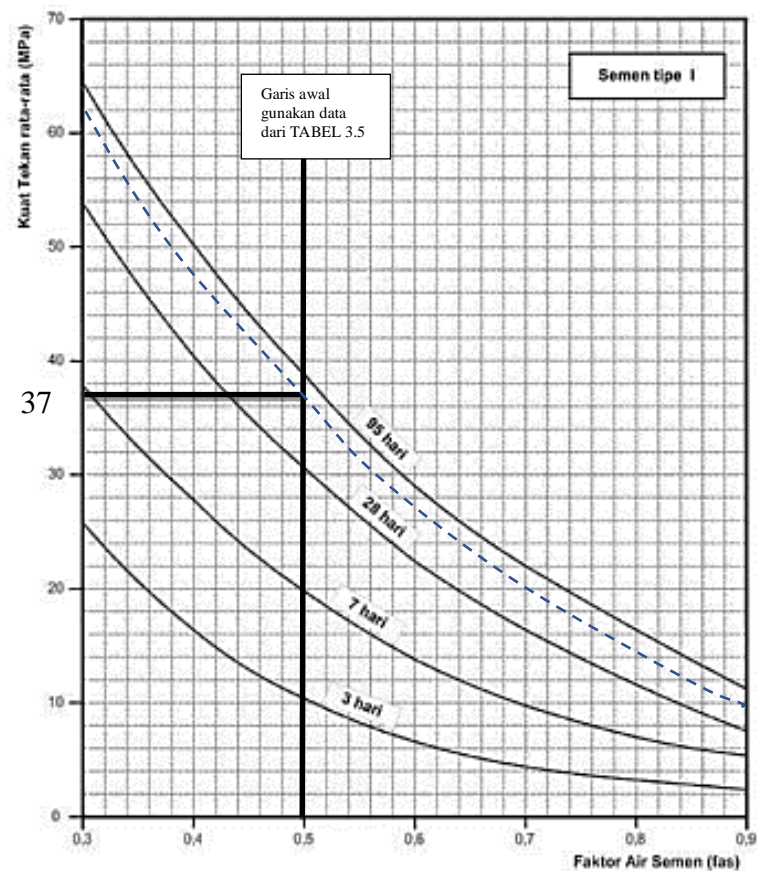
- 1) Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.2, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Melihat gambar 3.2 untuk benda uji berbentuk silinder;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- 4) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 3 secara proporsional;
- 5) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- 6) Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan;

Tabel 3.2 : Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen <i>portland</i> Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	

Tabel 3.2 : Lanjutan

Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3.2 :Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak.
Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.
9. Menentukan slump.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.

10. Menentukan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan.

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
- 2) Sepertiga dari tebal pelat.
- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Menentukan nilai kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 3.3.
- 2) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.5)$$

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Tabel 3.3 :Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

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

Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m^2 adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.4, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

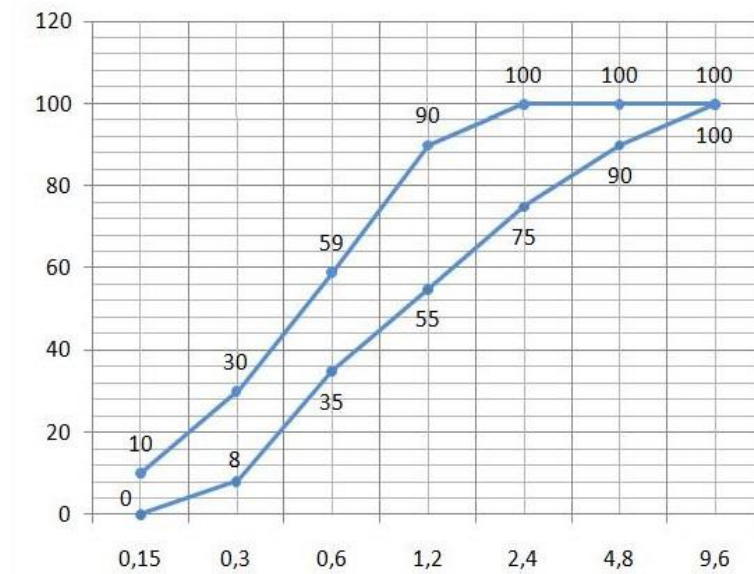
Tabel 3.4 :Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan;		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel 2.10
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		Lihat Tabel 2.11
b. Air laut		Lihat Tabel 2.11

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih

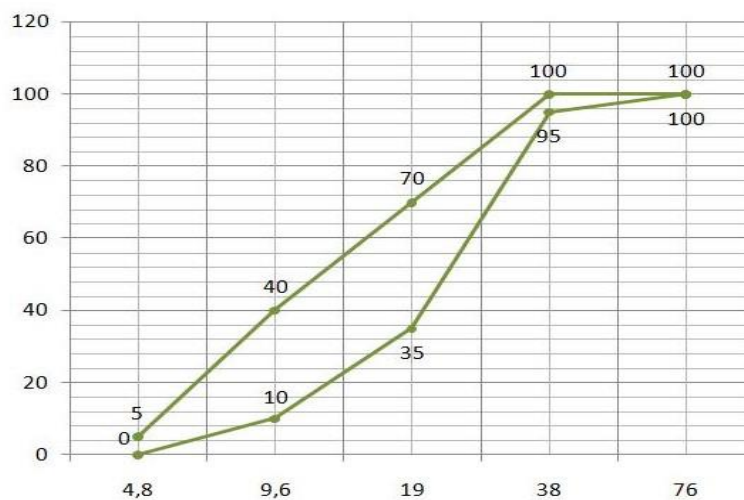
besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.

16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 3.3. (ukuran mata ayakan (mm))



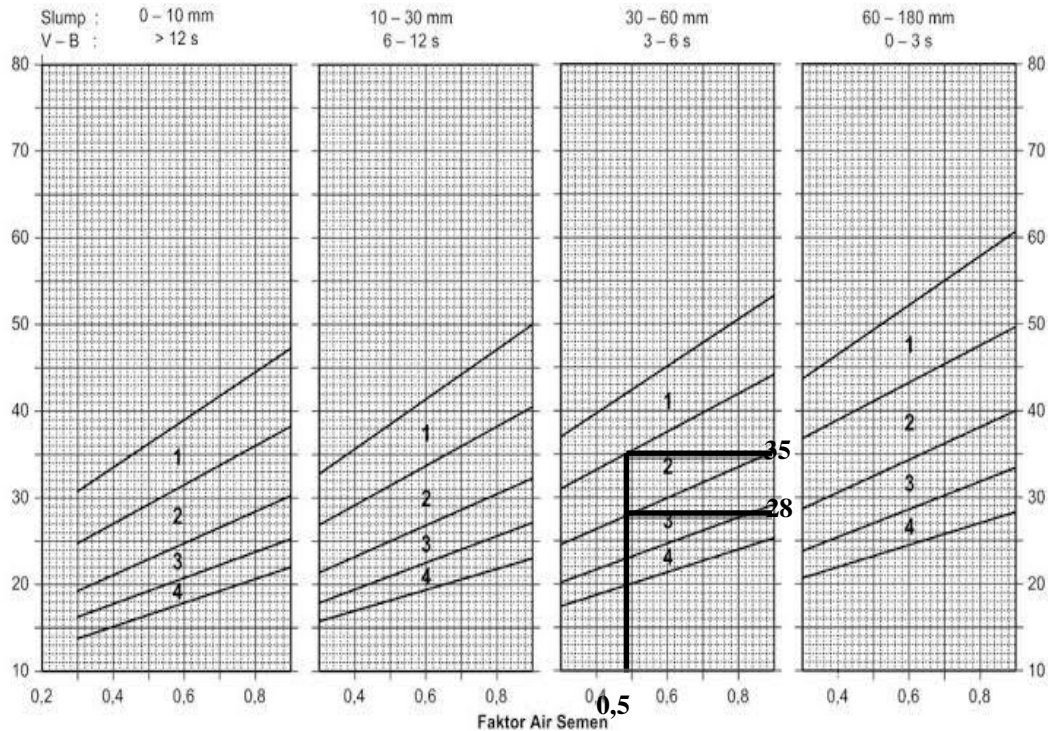
Gambar 3.3 :Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2

17. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 3.4.



Gambar 3.4 : Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm

18. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik.



Gambar 3.5 :Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

19. Menghitung berat jenis relative agregat.

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

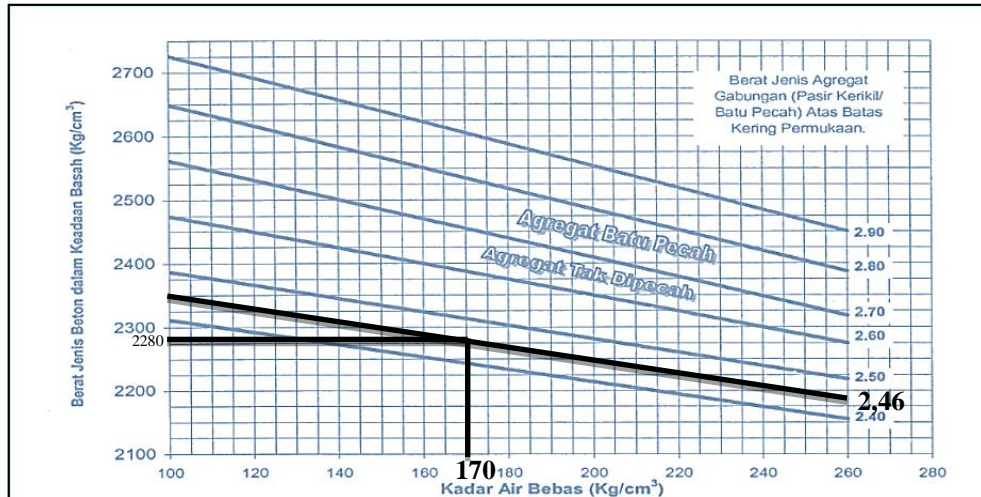
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- agregat tak dipecah : 2,5
- agregat dipecah : 2,6 atau 2,7

2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

berat jenis agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar

20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.6 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.4 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.6 :Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m³ beton;
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

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

$$a. \text{ Air} = B - (C_k - C_a)x \frac{C}{100} - (D_k - D_a)x \frac{D}{100} \quad (3.6)$$

$$b. \text{ Agregat halus} = C - (C_k - C_a)x \frac{C}{100} \quad (3.7)$$

$$c. \text{ Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (3.8)$$

Dengan:

B = jumlah air (kg/m³).

C = agregat halus (kg/m³).

D = agregat kasar (kg/m³).

Ca = absorpsi air pada agregat halus (%).

Da = absorpsi agregat kasar (%).

Ck = kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%).

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

3.8 Pemeriksaan Agregat

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

3.8.1 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir Binjai, secara umum mutu pasir Binjai telah memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai bahan bangunan.

3.8.2 Kadar Air Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan SNI 03-2834-2000. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.1 sehingga diketahui kadar air agregat

halus yang diperiksa. Dari sampel 2 (dua) data yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing 1000 gr.

Tabel 3.5: Data-data hasil penelitian kadar air halus.

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD dan wadah	1595	1504	1549,5
Berat contoh SSD	1000	1000	1000
Berat contoh kering oven & wadah	1583	1493	1538
Berat wadah	595	504	549,5
Berat air	12	11	11,5
Berat contoh kering	988	989	988,5
Kadar air	1,2%	1,1%	1,15%

3.8.3 Berat Isi Agregat Halus

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.2 sehingga diketahui berat isi agregat halus yang diperiksa.

Tabel 3.6: Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus.

No	Pengujian	Contoh I	Contoh II	Contoh III	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	20766	21024	20961	20917
2	Berat wadah (gr)	5336	5336	5336	5336
3	Berat contoh (gr)	15430	15688	15625	15581
4	Volume wadah (cm ³)	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,39	1,41	1,40	1,40

Berdasarkan Tabel 4.2 menjelaskan hasil pemeriksaan yang dilakukan didapat hasil berat isi agregat halus dengan rata-rata sebesar $1,40 \text{ gr/cm}^3$. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu $>1,125 \text{ gr/cm}^3$.

3.8.4 Kadar Lumpur Agregat Halus

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 566. Hasil dari kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 4.3.

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

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	1000	1000	1000
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	968	970	979
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	32	30	31
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	3,2	3	3,1

Berdasarkan Tabel 4.3 pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dilakukan dengan mencuci sampel dengan menggunakan air, kemudian disaring dengan menggunakan saringan No. 200, persentase yang didapat dihitung dari pembagian berat kotoran agregat yang lolos saringan dibagi dengan berat contoh awal contoh, kemudian membuat hasilnya di dalam persentase. Dari percobaan ini didapat persentase kadar lumpur untuk sampel yang pertama sebesar 3,2%, dan sampel kedua sebesar 3%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 3,1%.

3.8.5 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.4. 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 2,471 gr/cm³ < 2,506 gr/cm³ < 2,57 gr/cm³ dan nilai penyerapan rata-rata sebesar 1,42%.

Berdasarkan standar tentang absorpsi yang baik adalah dibawah 2% dan nilai absorpsi agregat halus yang diperoleh telah memenuhi syarat.

Tabel 3.8: 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	495	491	493
Berat piknometer penuh air	674	674	674
Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air	974	975	974,5
Berat jenis contoh kering ($E/(B+D-C)$)	2,475	2,467	2,471
Berat jenis contoh SSD ($B/(B+D-C)$)	2,5	2,512	2,506
Berat jenis contoh semu ($E/(E+D-C)$)	2,54	2,58	2,57
Penyerapan ($(B-E)/E \times 100\%$)	1,01	1,83	1,42

3.8.6 Analisa Saringan Agregat Halus

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.5 dan batas gradasi agregat halus pada Gambar 4.1, sehingga diketahui modulus kehalusan agregat halus yang diperiksa.

Berdasarkan Tabel 4.5 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 3.9: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus.

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample 1	Sample 2	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
4.75 (No. 4)	9	13	22	2	1,95	98,05
2.36 (No. 8)	33	52	85	7,73	9,72	90,28
1.18 (No.16)	90	109	199	18,1	27,9	72,1
0.60 (No. 30)	144	161	305	27,72	55,58	44,42
0.30 (No. 50)	145	166	311	28,27	83,81	16,19
0.15 (No. 100)	67	82	149	13,54	97,35	2,65
Pan	12	17	29	2,64	100	0
Total	500	600	1100	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 = 1000 gram

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$\text{No.4} = \frac{22}{1100} \times 100\% = 2 \%$$

$$\text{No.8} = \frac{85}{1100} \times 100\% = 7,73 \%$$

$$\text{No.16} = \frac{199}{1100} \times 100\% = 18,1 \%$$

$$\text{No.30} = \frac{305}{1100} \times 100\% = 27,72 \%$$

$$\text{No.50} = \frac{311}{1100} \times 100\% = 28,27 \%$$

$$\text{No.100} = \frac{149}{1100} \times 100\% = 13,54 \%$$

$$\text{Pan} = \frac{29}{1100} \times 100\% = 2,64 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

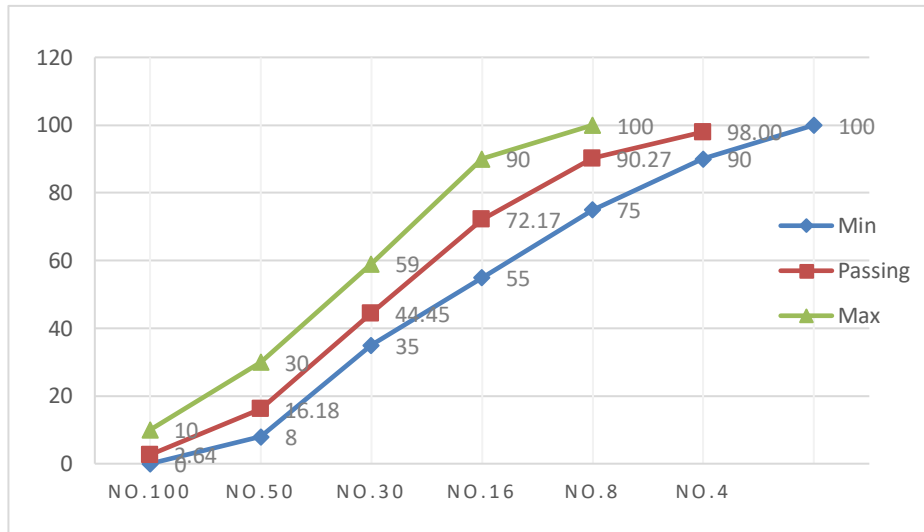
No.4	=	0	+	2	=	2	%
No.8	=	2	+	7,73	=	9,73	%
No.16	=	9,73	+	18,1	=	27,83	%
No.30	=	27,83	+	27,72	=	55,55	%
No.50	=	55,55	+	28,27	=	83,82	%
No.100	=	83,82	+	13,54	=	97,36	%
Pan	=	97,36	+	2,64	=	100	%

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 276,29 %

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{jumlah \% kumulatif berat tertahan}}{100} \\
 &= \frac{276,29}{100} \\
 &= 2,76
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

No.4	=	100	-	2	=	98	%
No.8	=	100	-	9,73	=	90,27	%
No.16	=	100	-	27,83	=	72,17	%
No.30	=	100	-	55,55	=	44,45	%
No.50	=	100	-	83,82	=	16,18	%
No.100	=	100	-	97,36	=	2,64	%
Pan	=	100	-	100	=	0,00	%



Gambar 3.7: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

3.8.7 Analisa Pemeriksaan Agregat Kasar

Berdasarkan hasil dari pengujian analisis gradasi agregat kasar (batu pecah) dari Binjai ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm.

3.8.8 Kadar Air Agregat Kasar

Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.6 sehingga diketahui kadar air agregat halus yang diperiksa. Dari 2 data yang dilakukan pengujian dengan berat masing-masing 1500 gr.

Tabel 3.10: Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh SSD & berat wadah	2001	1997	1999
Berat wadah	501	497	499
Berat air	5	4	4,5
Berat contoh kering	1495	1496	1495,5
Kadar air	0,5%	0,4%	0,45%

3.8.9 Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 3.11: Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar.

No	Pengujian	Contoh I	Contoh II	Contoh III	Rata-rata
1	Berat contoh & wadah (gr)	21539	21707	21630	21625,3
2	Berat wadah (gr)	5336	5336	5336	5336
3	Berat contoh (gr)	16203	16371	16294	16289,3
4	Volume wadah (cm ³)	11125,4	11125,4	11125,4	11125,4
5	Berat Isi (gr/cm ³)	1,46	1,47	1,46	1,463

Berdasarkan Tabel 4.7 menjelaskan tentang nilai berat isi agregat kasar yang rata-ratanya didapat sebesar 1,463 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 1,46 gr/cm³. Percobaan kedua menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,47 gr/cm³. Sedangkan percobaan ke tiga menghasilkan nilai berat isi agregat sebesar 1,46 gr/cm³ dan hasil tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan yang yaitu > 1,125 gr/cm³.

3.8.10 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 3.12: Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar.

Pengujian	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering : A (gr)	1500	1500	1500
Berat contoh setelah dicuci : B (gr)	1497	1494	993
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci C (gr)	3	6	4

Tabel 3.12: *Lanjutan.*

Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200 setelah dicuci (%)	0,3	0,6	0,4
---	-----	-----	-----

Berdasarkan Tabel 4.8 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 0,3%, dan sampel kedua sebesar 0,6%. Maka, untuk mengambil nilai kadar lumpur diambil dari rata-rata pengujian yakni sebesar 0,4%.

3.8.11 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 3.13: Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Pengujian	Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat contoh SSD kering permukaan jenuh (A)	2492	2465	2478,5
Berat contoh SSD kering oven 110°C sampai konstan (C)	2476	2450	2463
Berat contoh jenuh (B)	1571	1527	1549
Berat jenis contoh kering $C/(A-B)$	2,688	2,612	2,650
Berat jenis contoh SSD $A/(A-B)$	2,706	2,628	2,667
Berat jenis contoh semu $C/(C-B)$	2,736	2,654	2,695
Penyerapan $((A-C)/C) \times 100\%$	0,646	0,612	0,629

Berdasarkan hasil pemeriksaan di dapat data-data pada Tabel 4.9 sehingga dapat diketahui nilai berat jenis maupun penyerapan (*absorbtion*) pada agregat

halus yang diteliti. Pada Tabel 4.9 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 2,650 gr/cm³, nilai rata-rata berat jenis SSD sebesar 2,667 gr/cm³, dan nilai rata-rata berat jenis contoh semu sebesar 2,695 gr/cm³.

Selain berat jenis, pada pemeriksaan ini juga didapat nilai penyerapan pada agregat kasar yang didapat nilai rata-ratanya sebesar 0,629%.

3.8.12 Analisa Saringan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan ASTM C 33. Dari hasil penelitian didapat data-data pada Tabel 4.10 sehingga diketahui modulus kehalusan agregat kasar yang diperiksa.

Tabel 3.14: 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)	126	119	245	4,71	4,77	95,23
19.0 (3/4 in)	965	860	1825	35,10	39,15	60,85
9.52 (3/8 in)	1030	1351	2381	45,79	85,25	14,75
4.75 (No. 4)	479	270	749	14,40	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>	2600	2600	5200	100		

- Persentase berat tertahan rata-rata:

$$1,5 = \frac{245}{5600} \times 100\% = 4,71 \%$$

$$\frac{3}{4} = \frac{1825}{5600} \times 100\% = 35,10 \%$$

$$\begin{aligned}
 3/8 &= \frac{2381}{5600} \times 100\% = 45,79 \% \\
 \text{No. 4} &= \frac{749}{5600} \times 100\% = 14,40 \%
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 0 + 4,71 = 4,71 \% \\
 3/4 &= 4,71 + 35,10 = 39,81 \% \\
 3/8 &= 39,81 + 45,79 = 85,60 \% \\
 \text{No.4} &= 85,60 + 14,40 = 100,00 \%
 \end{aligned}$$

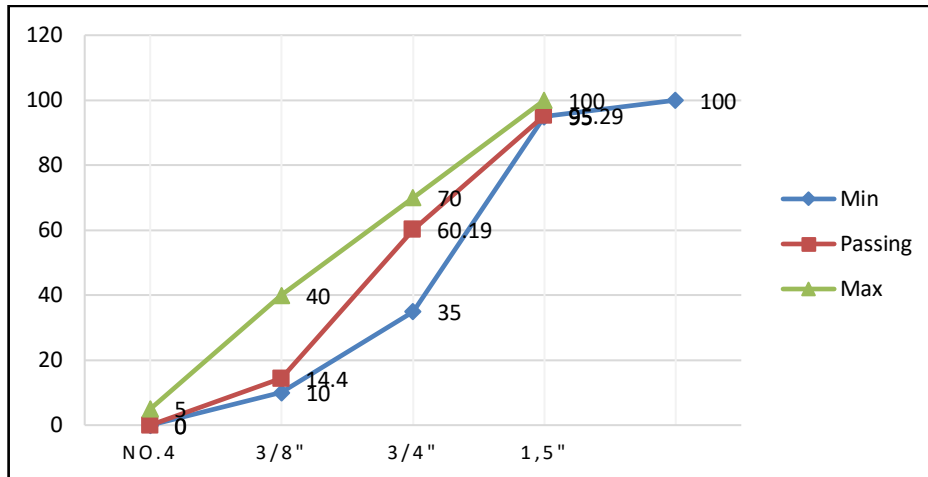
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 730,12

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{730,12}{100} \\
 &= 7,30
 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned}
 1,5 &= 100 - 4,71 = 95,29 \% \\
 3/4 &= 100 - 39,81 = 60,19 \% \\
 3/8 &= 100 - 85,60 = 14,4 \% \\
 \text{No. 4} &= 100 - 100 = 0 \%
 \end{aligned}$$

Batas gradasi maksimum 40 mm dapat dilihat pada Gambar 4.2 batu pecah sebagai agregat kasar dengan kriteria berdiameter maksimum 40 mm.



Gambar 3.8: 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.

3.9. 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).

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 12 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 garam dihari ke 14 dan hari ke 28 untuk mendapatkan variasi dari kuat tekan sampelsampai saat uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 24 buah.

3.10.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 1974-2011. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji diletakkan pada arah berdiri di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 12 buah dapat dilihat pada Tabel 3.12 berikut:

Tabel. 3.15: Jumlah variasi sampel pengujian beton.

No	Variasi Campuran Beton	Air Tawar	
		14 Hari	28 Hari
1	Beton Normal	3 Buah	3 Buah
2	Beton Dengan Campuran Abu Ampas Tebu 3%+ Bahan Tambah Silika Fume 15%	3 Buah	3 Buah
3	Beton Dengan Campuran Abu Ampas Tebu 6%+ Bahan Tambah Silika Fume 15%	3 Buah	3 Buah
4	Beton Dengan Campuran Abu Ampas Tebu 9%+ Bahan Tambah Silika Fume 15%	3 Buah	3 Buah
Total		24 Buah	

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Campuran Beton

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

Tabel 4.1 : Data-data analisis yang diperoleh saat penelitian

Nama percobaan	Satuan	Hasil percobaan
Berat jenis agregat kasar	Gr/cm ³	2,677
Berat jenis agregat halus	Gr/cm ³	2,506
Kadar lumpur agregat kasar	%	0,4
Kadar lumpur agregat halus	%	3,7
Berat isi agregat kasar	Gr/cm ³	1,463
Berat isi agregat halus	Gr/cm ³	1,40
Kadar air agregat kasar	%	0,45
Kadar air agregat halus	%	1,15
FM agregat kasar		7,3
FM agregat halus		2,76
Penyerapan agregat halus	%	1,42
Penyerapan agregat kasar	%	0,629
Nilai slump rencana	Mm	60-180
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 24 MPa yang terlampir pada tabel 4.11 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		24 MPa	
2	Deviasi Standar	-		12 MPa	
3	Nilai tambah (margin)	-		5,7 MPa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		41,7 MPa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
		Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas	-		0,455	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		60-180 m m	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7		185 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11:7		406,59 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		406,59 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,455	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2		35,5%	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	-		2,617	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2377 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1785,41 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		633,82 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1151,59 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
		- Tiap m ³	406,59	185	633,82
- Tiap campuran uji m ³	1	0,45	1,56	2,83	

Tabel lanjutan: 4.2

24	- Tiap campuran uji (1 silinder)	0,0053 m ³	2,15	0,98	3,36	6,1
25	Koreksi proporsi campuran					
	- Tiap m ³		406,59	188,77	632,11	1149,53
	- Tiap campuran uji m ³		1	0,46	1,55	2,82
	Tiap campuran uji (1 silinder)	0,0053 m ³	2,155	1	3,350	6,092
	Tiap campuran dengan angka penyusutan 20 %		2,586	1,2	4,02	7,310

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)	406,59	632,1	1149,53	188,77
Perbandingan	1	1,55	2,82	0,46

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

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak semen} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 406,59 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 2,155 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2) Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 632,11 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 3,350 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3) Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak kerikil} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 1149,53 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 6,092 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4) Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{Banyak air} \times \text{Volume 1 benda uji} \\
 &= 188,77 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\
 &= 1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg adalah:

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

Material	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
Berat (kg)	2,155	3,550	6,092	1

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	$\times \text{ berat kerikil}$	
1,5	4,71	$\frac{4,71}{100}$	$\times 6,092$	0,28
$\frac{3}{4}$	35,10	$\frac{35,10}{100}$	$\times 6,092$	2,14
3/8	45,79	$\frac{45,79}{100}$	$\times 6,092$	2,79
No. 4	14,40	$\frac{14,40}{100}$	$\times 6,092$	0,87
Total				6,092

Berdasarkan Tabel 4.15 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 2,14 kg, saringan 3/8 sebesar 2,79 kg dan saringan no 4 sebesar 0,87 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 6,092 kg.

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

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	X berat pasir	
No.4	2	$\frac{2}{100}$	X 3,55	0,07
No.8	7,73	$\frac{7,73}{100}$	X 3,55	0,27
No.16	18,1	$\frac{18,1}{100}$	X 3,55	0,64
No.30	27,72	$\frac{27,72}{100}$	X 3,55	0,98
No.50	28,27	$\frac{28,27}{100}$	X 3,55	1,00
No.100	13,54	$\frac{13,54}{100}$	X 3,55	0,48
Pan	2,64	$\frac{2,64}{100}$	X 3,55	0,09
Total				3,55

Berdasarkan Tabel 4.16 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 Ampas Tebu

Untuk penggunaan bahan tambah menggunakan abu ampas tebu 3%, 6% dan 9% dari berat semen.

- Abu ampas tebu yang dibutuhkan sebanyak 3% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{3}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\
 &= 0,064 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Abu ampas tebu yang dibutuhkan sebanyak 6% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{6}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\
 &= 0,129 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Abu ampas tebu yang dibutuhkan sebanyak 9% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{9}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{9}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\
 &= 0,194 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7: Jumlah Abu ampas tebu terhadap berat semen.

No	Abu ampas tebu (%)	Jumlah (kg)
1.	3	0,064
2.	6	0,129
3.	9	0,194

c. Bahan *admixture Silika fume Additive*

Untuk penggunaan bahan *admixture Silika fume Additive* sebanyak 15% akan didapatkan dari jumlah semen yang akan digunakan.

Silika fume Additive yang dibutuhkan sebanyak 15% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{15}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{15}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\
 &= 0,323 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 24 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 24 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 24 benda uji
= Banyak semen 1 benda uji x 24 benda uji

$$= 2,155 \times 24$$

$$= 51,72 \text{ kg}$$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 24 benda uji

$$= \text{Banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 24$$

$$= 3,550 \times 24$$

$$= 85,2 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 24 benda uji

$$= \text{Banyak batu pecah untuk 1 benda uji} \times 24$$

$$= 6,092 \times 24$$

$$= 146,20 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 24 benda uji

$$= \text{Banyak air untuk 1 benda uji} \times 24$$

$$= 1 \times 24$$

$$= 24 \text{ kg}$$

Perbandingan untuk 24 benda uji dalam satuan kg adalah:

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{Semen} & : & & \text{Pasir} & : & & \text{Batu pecah} & : & & \text{Air} \\ 51,72 & : & & 85,2 & : & & 146,208 & : & & 24 \end{array}$$

Berdasarkan analisa saringan untuk 24 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 24 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat kasar}$
1,5"	4,71	6,88
3/4"	35,10	51,31
3/8"	45,79	66,94
No. 4	14,40	21,05
Total		146,18

Berdasarkan Tabel 4.8 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 24 benda uji ialah saringan 1,5” sebesar 6,88 kg, saringan 3/4” sebesar 51,31 kg, saringan 3/8” sebesar 66,94 kg dan saringan No.4 sebesar 21,05 kg dan total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 24 benda uji sebesar 146,18 kg.

Sedangkan untuk berat tertahan setiap saringan untuk agregat halus dilihat berdasarkan Tabel 4.9 dibawah ini dalam 24 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 1,70kg, saringan No.8 sebesar 6,58 kg, saringan No.16 sebesar 15,42kg, saringan No.30 sebesar 23,61kg, saringan No.50 sebesar 24,08 kg, saringan No.100 sebesar 11,55kg, dan Pan sebesar 2,24kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 24 benda uji sebesar 85,16 kg.

Tabel 4.9: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 24 benda uji.

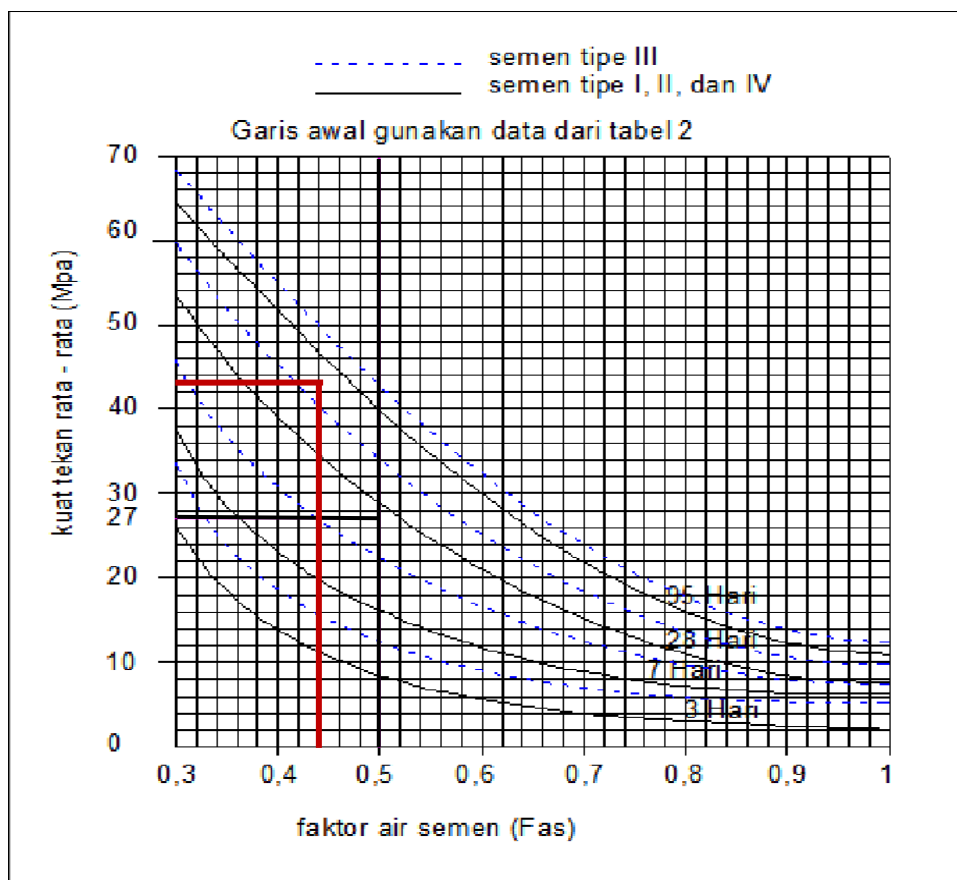
Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{jumlah agregat halus}$
No.4	2	1,70
No. 8	7,73	6,58
No.16	18,1	15,42
No.30	27,72	23,61
No.50	28,27	24,08
No.100	13,54	11,53
Pan	2,64	2,24
Total		85,16

4.2. Metode Pengerjaan *Mix Design*

Pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan yaitu 24 MPa untuk umur 14 hari dan 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 4.3.



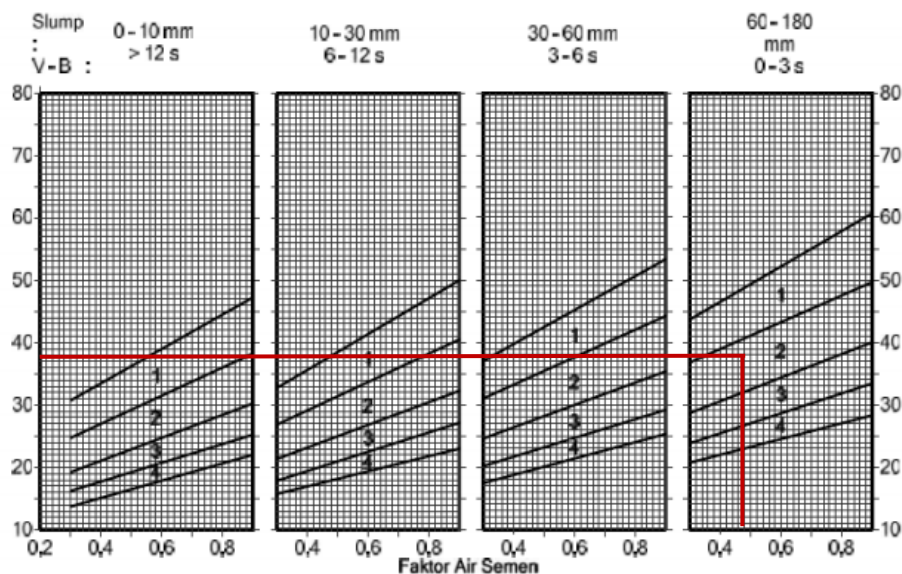
Gambar 4.1: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).

- h. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.1 tidak sama dengan yang ditetapkan,
- i. untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
- j. Nilai slump ditetapkan setinggi 60-180 mm.
- k. Ukuran agregat maksimum ditetapkan yaitu 40 mm.
- l. Jumlah kadar air bebas.
Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut :

$$= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

$$= (\frac{2}{3} \times 175) + (\frac{1}{3} \times 205)$$

$$= 185 \text{ kg/ m}^3$$
- m. Jumlah semen, yaitu : $185/0.44 = 420,45 \text{ kg/m}^3$
- n. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin l.
- o. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada daerah gradasi pasir zona 2.
- p. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran ini dicari dengan cara melihat gambar 4.4 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 4.4.



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).

q. 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.

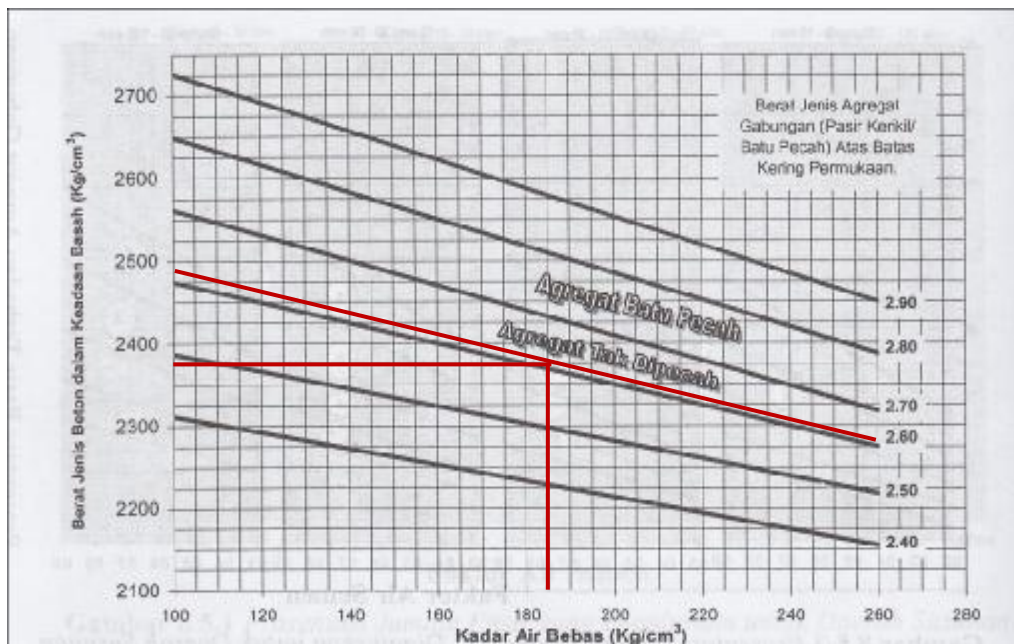
K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

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

r. Perkiraan berat isibeton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5.



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

s. Menghitung kebutuhan berat agregatcampuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

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

Dengan:

$W_{agr\ camp} =$ 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).

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

$W_{agr\ camp} = 2375 - (185 + 420,45)$

$= 1769,55\ kg/m^3$

- t. 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:

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

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

$W_{agr\ h} = 0,38 \times 1769,55$

$= 672,43\ kg/m^3$

- u. 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 :

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

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

$W_{agr\ k} = 1769,55 - 672,43$

$= 1056\ kg/m^3$

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

- w. 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:

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

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

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar} &= D + (D_k - D_a) \times D/100 \\ &= 1097,12 + (0,5 - 0,746) \times 1097,12/100 \\ &= 1094,42 \text{ kg/m}^3. \end{aligned}$$

Jadi, koreksi proporsi campuran per benda uji adalah :

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

4.3. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran 15 x 30 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 24 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

a. Pengadukan beton.

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

b. Pencetakan.

Sebelum beton dimasukkan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah disediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus

dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu dilakukan pemadatan dengan cara dirojok/tusuk menggunakan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

c. Pemeliharaan beton.

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

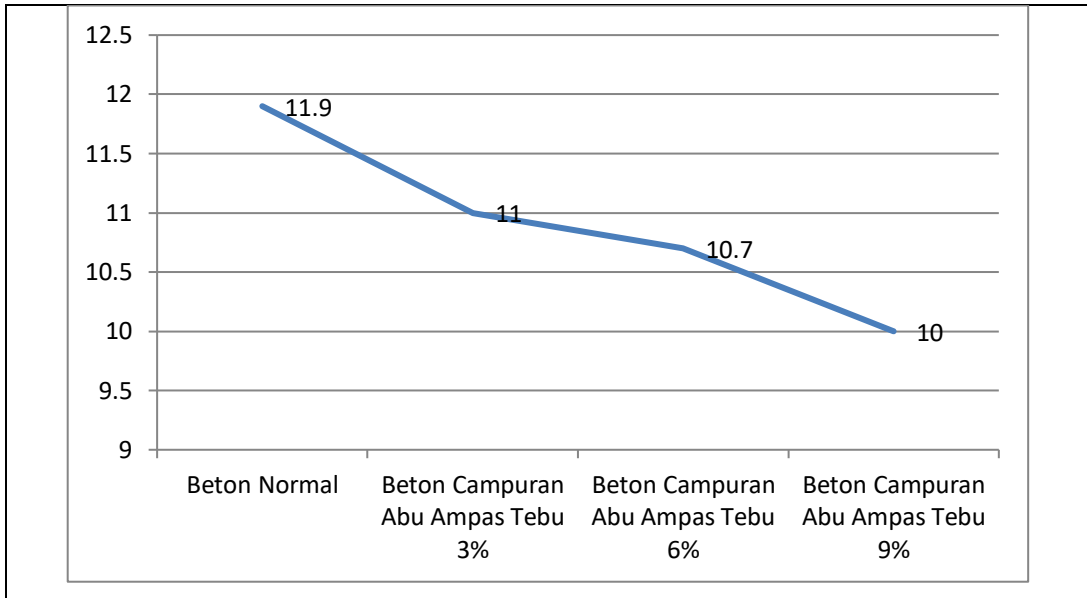
4.4. Slump Test

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	11,9 cm
2	Beton Campuran Abu Ampas Tebu 3%	11 cm
3	Beton Campuran Abu Ampas Tebu 6%	10.7 cm
4	Beton Campuran Abu Ampas Tebu 9%	10cm

Berdasarkan Tabel 4.10 menjelaskan perbandingan nilai slump antara beton normal, beton dengan abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15%, beton dengan abu



Gambar 4.4: Grafik perbandingan nilai *slump*.

ampas tebu 6% dan *sikacim* 15%, beton dengan abu ampas tebu 9 % dan *sikacim* 15%, dimana pada beton normal didapatkan nilai *slump* tertinggi yaitu 11,9 cm, sedangkan beton dengan campuran abu ampas tebu dan *silica fume* mengalami penurunan pada nilai slump. Berikut pada Gambar 4.6 dapat dilihat grafik naik dan turunnya nilai *slump*.

4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 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 12 buah pada umur rendaman 14 hari dan 12 buah lagi pada umur rendaman 28 hari, seperti pada Gambar 4.5, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.5: Kuat tekan pada benda uji.

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

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

Dimana: f_c = kuat tekan beton (Mpa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

4.6. Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji masing-masing 3 buah. Hasil kuat tekan beton normal 14 dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Berdasarkan Tabel 4.11 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton normal 14 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 21,08 MPa dan 30,11 MPa pada umur beton 14 hari dan 28 hari .

Tabel 4.11: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	31500	17.49	21.07	21.08
2	30000	16.66	20.07	
3	33000	18.32	22.08	
Umur 28 hari				
1	43500	24.16	29.11	30.11
2	45000	24.99	30.11	
3	46500	25.83	31.12	

4.6.1 Kuat Tekan Beton Abu Ampas Tebu 3% Dan Silica Fume 15%

Pengujian beton abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15% dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji masing-masing 3 buah. Hasil kuat tekan beton abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15% 14 dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Berdasarkan Tabel 4.12 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15% 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 22,08 MPa 33,46 MPa dan pada umur beton 14 dan 28 hari.

Tabel 4.12: Hasil pengujian kuat tekan beton aat 3% dan silica fume 15%.

Benda Uji	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	34500	19.16	23.09	22.08
2	33000	18.33	22.08	
3	31500	17.49	21.08	
Umur 28 hari				
1	48000	26.66	32.12	33.46
2	52500	29.16	35.13	
3	49500	27.49	33.12	

Pada penelitian yang dilakukan di dapatkan kuat tekan beton abu ampas tebu 3% dan silica fume 15% pada pengujian 14 hari dengan rata-rata sebesar 22.08 MPa dan pada pengujian 28 hari dengan rata-rata sebesar 33.46 MPa, terjadi peningkatan dari beton normal.

4.6.2 Kuat Tekan Beton Abu Ampas Tebu 6% Dan Silica Fume 15%

Pengujian beton abu ampas tebu 6% dan *silikafume* 15% dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji masing-masing 3 buah. Hasil kuat tekan beton abu ampas tebu 6% dan *silikafume* 15% 14 dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Berdasarkan Tabel 4.13 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton abu ampas tebu 6% dan *silikafume* 15% 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton abu ampas tebu 6% dan *silikafume* 15% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 26,1 MPa 35,13 MPa dan pada umur beton 14 dan 28 hari.

Tabel 4.13: Hasil pengujian kuat tekan beton aat 6% dan silica fume 15%.

Benda Uji	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	40500	22.49	27.10	26.1
2	39000	21.66	26.09	
3	37500	20.83	25.09	
Umur 28 hari				
1	51000	28.33	34.13	35.13
2	54000	29.99	36.13	
3	52500	29.16	35.13	

Pada penelitian yang dilakukan di dapatkan kuat tekan beton abu ampas tebu 6% dan silica fume 15% pada pengujian 14 hari dengan rata-rata sebesar 26.1 MPa dan pada pengujian 28 hari dengan rata-rata sebesar 35.13 MPa, terjadi peningkatan dari beton normal dan beton abu ampas tebu 3% dan silica fume 15%.

4.6.3 Kuat Tekan Beton Abu Ampas Tebu 9% Dan Silica Fume 15%

Pengujian beton abu ampas tebu 9% dan *silikafume* 15% dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari dengan jumlah benda uji masing-masing 3 buah. Hasil kuat tekan beton abu ampas tebu 9% dan *silikacfume* 15% 14 dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.14.

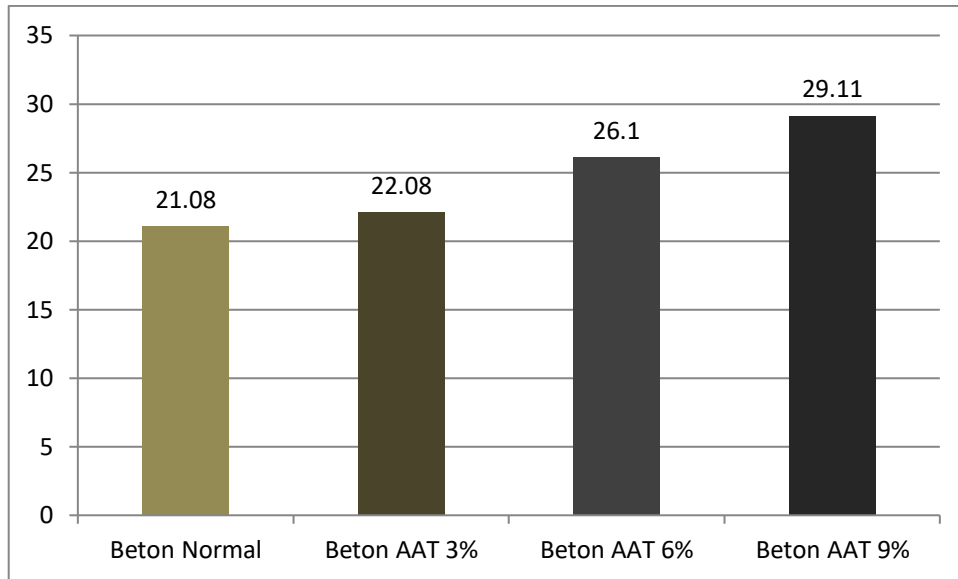
Berdasarkan Tabel 4.14 menjelaskan hasil uji kuat tekan beton abu ampas tebu 9% dan *silikafume* 15% 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton abu ampas tebu 9% dan *silikafume* 15% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 29,10 MPa 37,14 MPa dan pada umur beton 14 dan 28 hari.

Tabel 4.14: Hasil pengujian kuat tekan beton at 9% dan silica fume 15%.

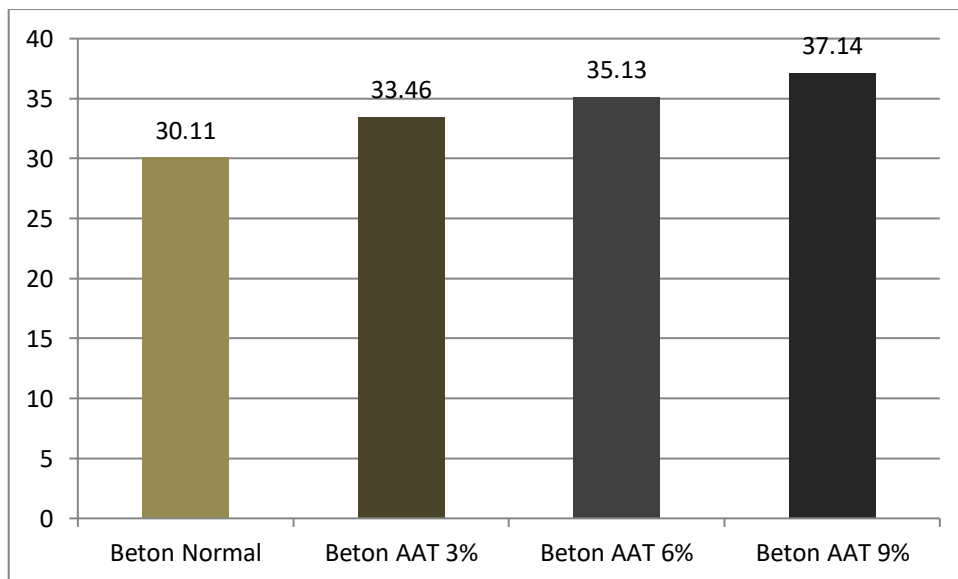
Benda Uji	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 14 hari				
1	42000	23.33	28.10	29.11
2	43500	24.16	29.10	
3	45000	24.99	30.11	
Umur 28 hari				
1	57000	31.65	38.14	37.14
2	54000	29.99	36.13	
3	55500	30.82	37.14	

Pada penelitian yang dilakukan di dapatkan kuat tekan beton abu ampas tebu 6% dan silica fume 15% pada pengujian 14 hari dengan rata-rata sebesar 29.11 MPa dan pada pengujian 28 hari dengan rata-rata sebesar 37.14 MPa, terjadi peningkatan dari beton normal, beton abu ampas tebu 3% dan silica fume 15% dan abu ampas tebu 6% dan silica fume 15%.

Dari hasil Gambar 4.6, menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu dan sika fume 3%, 6%, 9% dan 15% sika fume dapat meningkatkan kuat tekan beton dari pada beton normal. Beton yang memiliki kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran abu ampas tebu 3% dan sika fume 15% pada rendaman di umur 28 hari dengan nilai 33,46 MPa. Hasil kuat tekan rata-rata paling rendah diperoleh pada beton dengan campuran abu ampas tebu dan sika fume 3%, dan 15% dan 9% dan 15% pada rendaman di umur 14 hari dan 28 hari dengan nilai 22,08 MPa, 25,09 MPa. Penggunaan abu ampas tebu dan silica fume sebagai bahan tambah beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton .



Gambar 4.6: Grafik persentase nilai kuat tekan beton umur 14 hari rendaman.



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

4.8. Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15%, abu ampas tebu 6% dan *silikafume* 15%, abu ampas tebu 9% dan *silikafume* 15% mengalami kenaikan pada umur 14 hari

dan 28 hari perendaman. Persentase kenaikan kuat tekan beton usia 14 dan 28 hari rendaman dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Pengisian abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{22.08-21.08}{21.08} \times 100\% \\ &= 4.74\% \end{aligned}$$

- Pengisian abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15% 28 hari

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{33.46-30.11}{30.11} \times 100\% \\ &= 11,12\% \end{aligned}$$

- Pengisian abu ampas tebu 6% dan *silikafume* 15%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{26,1-21.08}{21.08} \times 100\% \\ &= 23,81\% \end{aligned}$$

- Pengisian abu ampas tebu 6% dan *silikafume* 15%

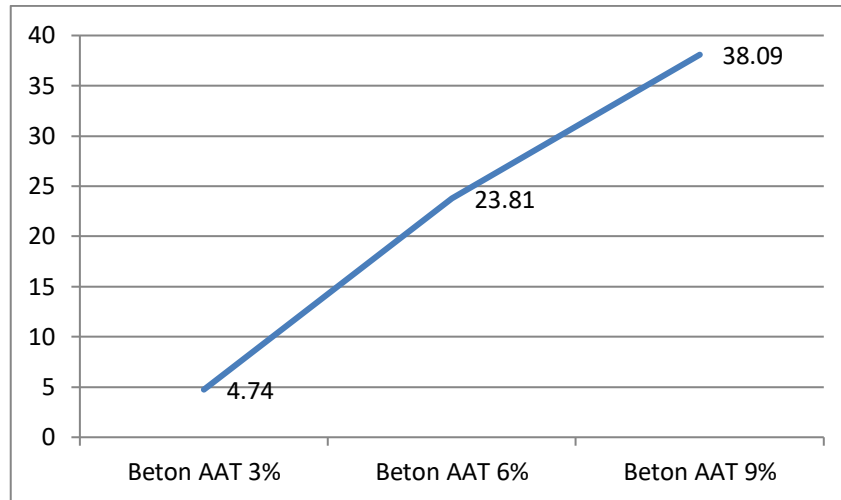
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{35,13-30.11}{30.11} \times 100\% \\ &= 16.67\% \end{aligned}$$

- Pengisian abu ampas tebu 9% dan *silikafume* 15%

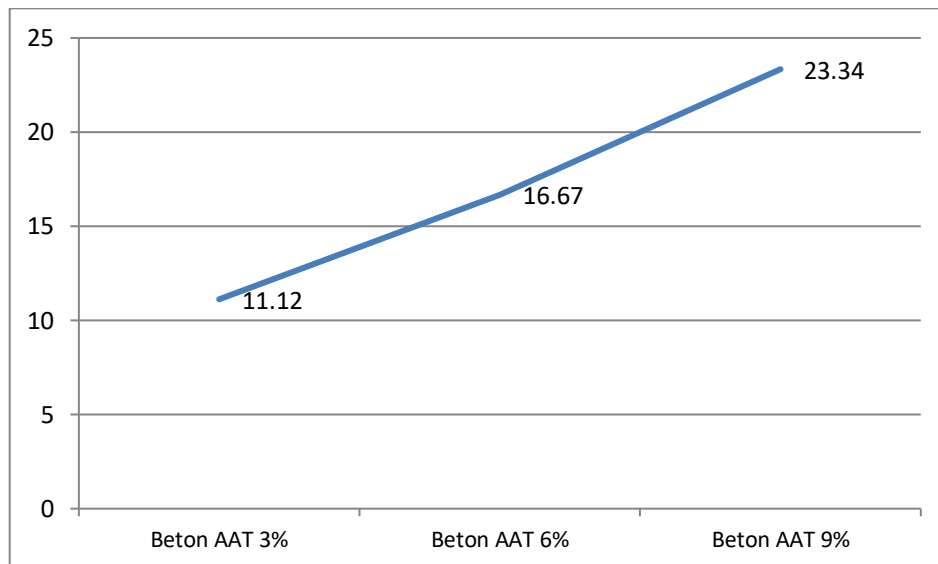
$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 14 hari)} &= \frac{29,11-21.08}{21.08} \times 100\% \\ &= 38.09\% \end{aligned}$$

- Pengisian abu ampas tebu 9% dan *silikafume* 15%

$$\begin{aligned} \text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{29,11-30.11}{30.11} \times 100\% \\ &= 23.34\% \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Grafik persentase kenaikan kuat tekan beton 14 hari.



Gambar 4.9 Grafik persentase kenaikan kuat tekan beton 28 hari.

Perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan abu ampas tebu 3% dan *silikafume* 15%, abu ampas tebu 6% dan *silikafume* 15%, abu ampas tebu 9% dan *silikafume* 15%, persentasenya mengalami kenaikan. Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan kuat tekan beton. Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat menaikkan kuat tekan. Adapun faktor yang dapat mengakibatkan hal ini terjadi adalah karena persentase abu ampas tebu yang memang digunakan untuk menaikkan kuat tekan beton, dan keserasian abu ampas tebu dengan zat di dalam *silikafume concrete*

additive semakin membuat kuat tekan beton semakin tinggi. Persentase paling tinggi berada pada beton dengan variasi abu ampas tebu 9% dan *silikafume* 15% sebesar 38,09% untuk umur 14 hari.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian beton dengan menggunakan abu ampas tebu dan *Silika fume*, maka didapatlah beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian kali ini hasil perpaduan antara beton abu ampas tebu ditambah *silikafume* seluruhnya berpengaruh positif pada kekuatan tekan beton
2. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu beton yang diberi abu ampas tebu ditambah *silikafume* memiliki kuat tekan yang lebih baik dari beton normal
3. Hasil dari kuat tekan beton normal rata-rata adalah sebesar 21,08 Mpa pada umur 14 hari dan 30,11 Mpa pada umur 28 hari. sedangkan beton yang diberi campuran abu ampas tebu 3% dan silikafume 15% adalah sebesar 22,08 Mpa pada umur 14 hari dan 33,46 Mpa pada umur 28 hari. lalu beton abu ampas tebu 6% dan silikafume 15% adalah sebesar 26,1 Mpa pada umur 14 hari dan 35.13 Mpa pada umur 28 hari . dan beton dengan campuran abu ampas tebu 9% dan silikafume 15% adalah sebesar 29,11MPa pada umur 14 hari dan 37,14 Mpa pada umur 28 hari.
4. Pada penelitian kali ini perbandingan kuat tekan beton normal dan beton campuran abu ampas tebu ditambah silikafume mengalami kenaikan yang cukup signifikan.

5.2. Saran

1. Perlu mencoba untuk mencampur abu ampas tebu yang beda kehalusan, misalkan lolos saringan 30 atau bahkan lolos saringan 100 agar lebih halus sehingga lebih menyatu dengan beton
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari persentase bahan tambah yang paling baik diangka berapa persen
3. Perlu dicoba menggunakan bahan kimia lain.
4. Perlu diadakan penelitian untuk melihat dari sisi kuat tarik belah maupun lentur
5. Alangkah baiknya dilakukan penelitian ditempat yang lebih memadai alat alat nya untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Daftar Pustaka

- Beton, T. (2020). *PENGARUH ABU BATANG PISANG DITAMBAH SIKACIM CONCRETE ADDITIVE TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)*.
- Farhan, M. (2016). Penambahan Abu Batubara sebagai Bahan Campuran untuk Proses Pembuatan Semen. Other thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya. *Semen Non Hidraulic*, 4–29.
- Han, E. S., & goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Kuat, P., Beton, T., Menggunakan, D., Kelapa, C., Dengan, S., Tambah, B., & Indra, M. (2020). *Disusun Oleh: MUHAMMAD INDRA 1607210210*.
- Muliadi, D. (2015). *Universitas Sumatera Utara* 7. 7–37.
- Riyanto, S., & Suliyanto. (2017). *JURNAL TEKNIK SIPIL Jurnal PROKONS Politeknik Negeri Malang PENGARUH PENAMBAHAN SILICA FUME DALAM CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN PADA KONDISI DIRENDAM AIR TAWAR DAN AIR LAUT*. 169–176.
- Saragi, Y. R. R. (2014). *Analisa Perbandingan Kualitas Lapisan*.
- Savira, F., & Suharsono, Y. (2013). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 01(01), 1689–1699.
- Serbuk, P., Pada, K., Tekan, K., Substitusi, S., Semen, P., Tambah, B., Concrate, S., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). (*Studi Penelitian*).
- Sinambela, W. D., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). *TAMBAH ABU SEKAM PADI PADA LINGKUNGAN SULFAT*.
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2018). *Studi Penelitian*).
- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020a). *PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR SERTA PENGARUH PENAMBAHAN SIKACIM TERHADAP KETAHANAN BETON MUTU TINGGI (Studi Penelitian)*.

- Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020b). *SIKACIM CONCRETE ADDITIVE TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)*.
- Susilo, D. A. (2019). Efek Penggantian Sebagian Semen Dengan Silica Fume Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Ringan. *Efek Penggantian Sebagian Semen Dengan Silica Fume Terhadap Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton Ringan*, 53(9), 1689–1699.
- Tugas-tugas, D. U. M., Untuk, D. S., Gelar, M., Fakultas, P., Program, T., Sipil, S., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2020). *Tugas akhir pengaruh penambahan limbah serbuk kayu sebagai substitusi parsial agregat halus dengan bahan tambah am 78 concrete additive terhadap kuat tekan beton*.

LAMPIRAN



Gambar L1: Dokumentasi Pencucian agregat kasar



Gambar L2: Dokumentasi Pencucian agregat halus



Gambar L3: Dokumentasi penjemuran agregat



Gambar L4: Dokumentasi Analisa saringan halus



Gambar L5: Dokumentasi Analisa saringan kasar



Gambar L6: Dokumentasi berat isi halus



Gambar L7: Dokumentasi berat isi kasar



Gambar L8: Dokumentasi Persiapan bahan kadar air



Gambar L9: Dokumentasi berat jenis kasar



Gambar L10: Dokumentasi kehausan agregat



Gambar L11: Dokumentasi bahan tambah lolos saringan 200



Gambar L12: Dokumentasi Mix design



Gambar L13: Dokumentasi pemberian pelicin pada cetakan



Gambar L14: Dokumentasi Slump test



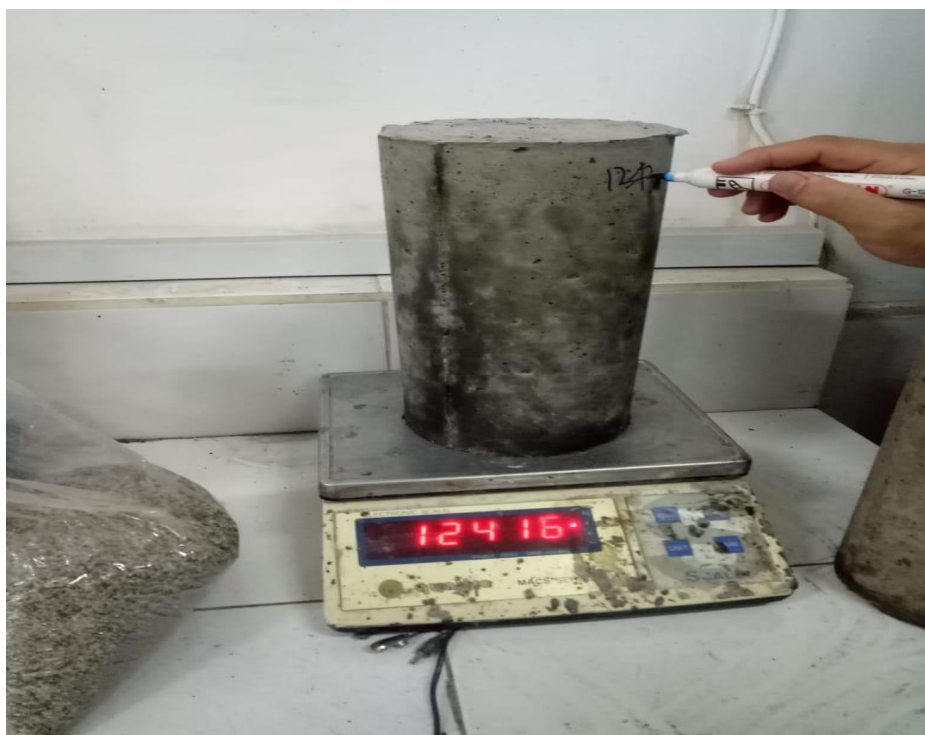
Gambar L15: Dokumentasi pengisian cetakan



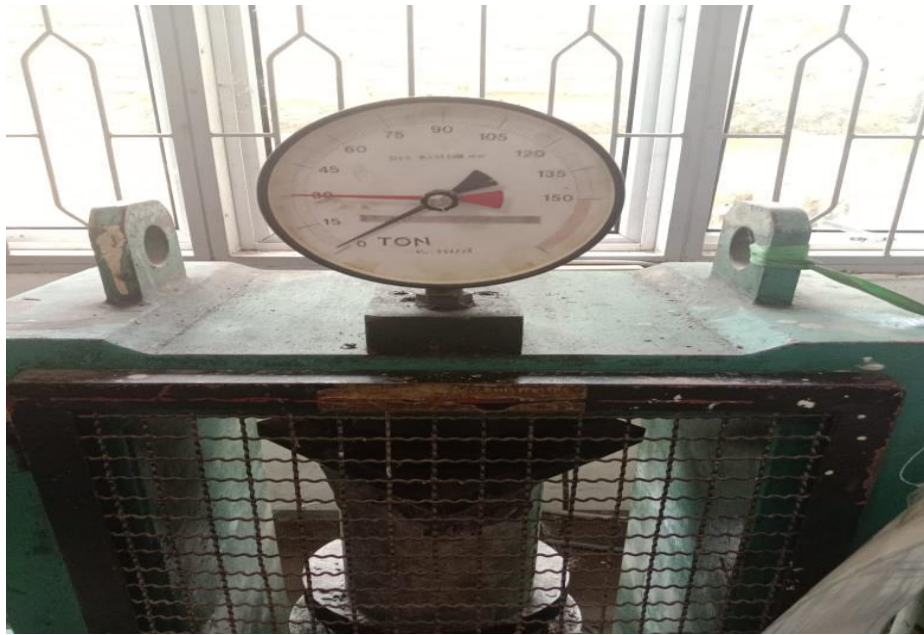
Gambar L16: Dokumentasi pengetukan benda uji



Gambar L17: Dokumentasi perendaman benda uji



Gambar L18 : Penimbangan Beton



Gambar L19: Dokumentasi Pengujian Kuat Tekan Beton

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nana Lengkap : APENDI
Panggilan : PENDI
Tempat/Tanggal Lahir : SUKA MAKMUR, 13 SEPTEMBER 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Dusun Suka Rahmat
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : SUPRIATO
Ibu : ANI
No. HP : 082261571792
E-mail : Avendi19@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1607210185
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jln.Kapten Mughtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	NamadanTempat
1.	SekolahDasar	SD Swasta Suka Makmur
2.	SMP	SMP Negeri 7 Kejuruan Muda
3.	SMK	SMK Negeri 2 Karang Baru
4.	MelanjutkanKuliah di UniversitasMuhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2016	