

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN
BAHAN TAMBAH *SILICA GEL* TERHADAP KUAT
TARIK BELAH BETON**

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

Disusun Oleh:
REYNALDO ARIFFIANTO GINTING
1607210167



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Kapten Mucthar Basri No.3 Medan 20238 (061) 6622400

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : REYNALDO ARIFFIANTO GINTING
NPM : 1607210167
Program Studi : Teknik Sipil
Judul skripsi : Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Bahan Tambah
Silica Gel Terhadap Kuat Tarik Belah Beton
Bidang ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan Kepada
Panitia Ujian

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : REYNALDO ARIFFIANTO GINTING
NPM : 1607210167
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Bahan
Tambah *Silica Gel* Terhadap Kuat Tarik Belah Beton
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, Maret 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

Dosen Pembanding I

Dosen Pembanding II



Fetra Venny Riza B.Sc., M.Sc., Ph.D



Rizki Efrida S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : REYNALDO ARIFFIANTO GINTING
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 30 September 1998
NPM : 1607210167
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu dan Bahan Tambah Silica Gel Terhadap Kuat Tarik Belah 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 keserjana 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, Maret 2022
Saya yang menyatakan,

Reynaldo Ariffianto Ginting

ABSTRAK

PENGARUH PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU DAN BAHAN TAMBAH SILICA GEL TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON (STUDI PENELITIAN)

Reynaldo Ariffianto Ginting

1607210167

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

Beton merupakan bahan yang sangat penting digunakan dalam bidang konstruksi. Pada penelitian kali ini hasil perpaduan antara beton dengan bahan tambah *sika fume* seluruhnya berpengaruh positif pada kekuatan tekan beton. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu beton yang diberi *sika fume* memiliki kuat tekan yang lebih baik dari beton normal. Pada beton normal dengan lama perendaman air laut 14 hari dan 28 hari menghasilkan kuat tekan rata-rata lebih rendah dari pada beton normalnya dengan lama perendaman air tawar 14 hari dan 28 hari. Hal ini menunjukkan bahwa beton normal memiliki ketahanan yang lemah terhadap larutan asam sulfat yang terkandung dalam air laut. Hasil tersebut menunjukkan bahwa reaksi asam sulfat menyebabkan semen terlarut dan terkikis. Reaksi beton terhadap asam sulfat mulai terlihat pada rendaman 14 hari sampai 28 hari namun kuat tekan rata-rata yang terjadi mengakibatkan penurunan atau selisih terhadap kuat tekan awal antara redaman air tawar dan air laut yaitu: Beton normal 20,57 Mpa menjadi 18,56 Mpa umur 14 hari. Beton dengan campuran *sika fume* 5% 29,61 Mpa air tawar menjadi 5% 24,59 Mpa air laut 14 hari. Beton dengan campuran *sika fume* 8% 36,63 Mpa air tawar menjadi 28,6 Mpa air laut Mpa 14 hari. Beton normal 29,61 Mpa menjadi 25,59 Mpa umur 28 hari. Beton dengan campuran *sika fume* 5% 35,63 Mpa air tawar menjadi 33,62 Mpa air laut umur 28 hari. Beton dengan campuran *sika fume* 8% 37,64 Mpa air tawar menjadi 34,62 Mpa air laut umur 28 hari. Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan tambah *sika fume* dapat menaikkan kuat tekan beton, semakin besar persentase penggunaan bahan tambah *sika fume* maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan.

Kata Kunci :Beton, Zat Adiktif *sika fume*, Kuat tekan

ABSTRACT

COMPARISON OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH USING WAMPU RIVER SAND AS FINE AGGREGATE WITH SICA FUME ADDITIONAL VARIATIONS ON SEA WATER IMMERSION (RESEARCH STUDY)

Reynaldo ariffianto ginting

1607210167

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

Concrete is a very important material used in the construction sector. In this study, the results of the combination of concrete with added Sika fume all had a positive effect on the compressive strength of concrete. The results obtained in this study are that the concrete given Sika fume has a better compressive strength than normal concrete. Normal concrete with 14 days and 28 days of seawater immersion resulted in a stronger average compression than normal concrete with 14 days and 28 days of fresh water immersion. This shows that normal concrete has a weak resistance to sulfuric acid solution contained in seawater. These results indicate that the sulfuric acid reaction causes the semen to dissolve and erode. The reaction of concrete to sulfuric acid begins to be seen in immersion of 14 days to 28 days but the average compressive strength that occurs will result in a decrease or difference in initial compressive strength between attenuation of fresh water and sea water, namely: Normal concrete 20.57 Mpa 18.56 Mpa 14 days old. Concrete with 5% sika fume mixture 29.61 MPa fresh water to 5% 24.59 MPa seawater 14 days. Concrete with a mixture of 8% sika fume 36.63 MPa fresh water 28.6 MPa sea water 14 days. Normal concrete 29.61 MPa to 25.59 MPa at 28 days. Concrete with a mixture of 5% sika fume 35.63 MPa fresh water to 33.62 MPa seawater aged 28 days. Concrete with a mixture of 8% sika fume 37.64 MPa fresh water to 34.62 MPa seawater aged 28 days. The key words are that the use of sika fume additives can increase the compressive strength of concrete, the greater the percentage of use of sika dditives, the higher the compressive strength produced.

Keywords: Concrete, Sika fume Addictive Substance, 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 Dan Bahan Tambah *Silica Gel* Terhadap Kuat Tarik Belah 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., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan juga sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil.
2. Ibu Fetra Venny Riza B.Sc., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. 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 proses administrasi penelitian.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas

Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Terima kasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Edy Ariffianto Ginting dan Ibunda tercinta Rini Mulyani 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 Sahabat-sahabat penulis: Feri Iman Hasibuan, Avendi, Bustanul, Irfan Syukuri, Yusril 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, 3 Februari 2022

Reynaldo Ariffianto Ginting

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sitematika Pembahasan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Bahan Campuran Beton	8
2.2.1 Semen	8
2.2.2 Air	10
2.2.3 Agregat	12
2.2.3.1 Agregat Halus	13
2.2.3.2 Agregat Kasar	14
2.3 Pengaruh Bahan Tambah	16
2.3.1 Beton Normal	18
2.3.2 Silica Gel	18
2.3.3 Abu Ampas Tebu	19
2.4 Slump Test	19
2.5 Pengujian Kuat Tarik Belah	20
2.6 Perawatan Beton	23
2.7 Penelitian Terdahulu	24

BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Metode Penelitian	28
3.2 Lokasi Penelitian Dan Waktu Penelitian	29
3.3 Bahan Dan Peralatan Penelitian	29
3.3.1 . Bahan	29
3.3.2 . Peralatan	29
3.4 Bagan Alir Penelitian	30
3.5 Persiapan Penelitian	32
3.6 Pemeriksaan Material	32
3.7 Pelaksanaan Penelitian	33
3.7.1 Perencanaan Pembuatan Campuran	33
3.7.2 Pembuatan Benda Uji	43
3.7.3 Pengujian Slump	43
3.7.4 Perawatan Beton	43
3.7.5 Pengujian Kuat Tarik Belah	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Analisa Pemeriksaan Agregat	45
4.1.1 Analisa Pemeriksaan Agregat Halus	45
4.1.2 Kadar Air Agregat Halus	45
4.1.3 Berat Isi Agregat Halus	46
4.1.4 Kadar Lumpur Agregat Halus	47
4.1.5 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	48
4.1.6 Analisa Saringan Agregat Halus	49
4.1.7 Analisa Pemeriksaan Agregat Kasar	51
4.1.8 Kadar Air agregat Kasar	51
4.1.9 Berat Isi Agregat Kasar	52
4.1.10 Kadar Lumpur Agregat Kasar	53
4.1.11 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	54
4.1.12 Analisa Saringan Agregat Kasar	55
4.2 Perencanaan Campuran Beton	57
4.3 Metode Pengerjaan Mix Design	66
4.4 Pembuatan Benda Uji	70

4.5 Slump Test	71
4.6 Pembuatan Larutan Perendaman Beton	73
4.7 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	73
4.7.1 Kuat Tarik Belah Beton Normal	74
4.7.2 Kuat Tarik Belah Beton Silica Gel 8% dan Abu Ampas Tebu 4%	74
4.7.3 Kuat Tarik Belah Beton Silica Gel 8% dan Abu Ampas Tebu 8%	75
4.7.4 Kuat Tarik Belah Beton Silica Gel 8% dan Abu Ampas Tebu 12%	76
4.8 Pembahasan	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	82

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Faktor pengali untuk standar devisi berdasarkan benda uji yang tersedia
- Tabel 3.2 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia
- Tabel 3.3 Perkiraan kadar air bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton
- Tabel 3.4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembeconan dalam lingkungan khusus
- Tabel 3.5 Jumlah variasi sampel pengujian beton
- Tabel 4.1 Data-data hasil penelitian kadar air halus
- Tabel 4.2 Data-data hasil penelitian berat isi agregat halus
- Tabel 4.3 Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat halus
- Tabel 4.4 Data-data hasil penelitian berat jenis dan penyerapan agregat halus
- Tabel 4.5 Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat halus
- Tabel 4.6 Data-data hasil penelitian kadar air agregat kasar
- Tabel 4.7 Data-data hasil penelitian berat isi agregat kasar
- Tabel 4.8 Data-data hasil penelitian kadar lumpur agregat kasar
- Tabel 4.9 Data-data penelitian berat jenis dan penyerapan agregat kasar
- Tabel 4.10 Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar
- Tabel 4.11 Data-data analisis yang diperbolehkan saat penelitian
- Tabel 4.12 Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000)
- Tabel 4.13 Hasil Perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1m^3
- Tabel 4.14 Perbandingan bahan beton untuk 1 benda uji (kg)

Tabel 4.15 Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji

Tabel 4.16 Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji

Tabel 4.17 Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji

Tabel 4.18 Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 benda uji

Tabel 4.19 Hasil pengujian nilai Slump

Tabel 4.20 Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal

Tabel 4.21 Hasil pengujian kuat tarik belah beton silica gel 8% dan abu ampas tebu 4%

Tabel 4.22 Hasil pengujian kuat tarik belah beton silica gel 8% dan abu ampas tebu 8%

Tabel 4.23 Hasil pengujian kuat tarik belah beton silica gel 8% dan abu ampas tebu 12%

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian yang dilaksanakan

Gambar 3.2 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen

Gambar 3.3 Batas gradasi pasir (sedang) No.2

Gambar 3.4 Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40mm

Gambar 3.5 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40mm

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

Gambar 4.1 Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang)

Gambar 4.2 Grafik gradasi agregat kasar diameter maksimum 40mm

Gambar 4.3 Hubungan faktor air semen dan kuat tarik belah beton silinder 15 x 30 cm

Gambar 4.4 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada f_{as} 0,44 (SNI 03-2834-2000)

Gambar 4.5 Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada f_{as} 0,44 (SNI 03-2834-2000)

Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai slump

Gambar 4.7 Kuat tarik belah pada benda uji silinder

Gambar 4.8 Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton umur 28 hari

Gambar 4.9 Grafik persentase kenaikan kuat tarik belah beton 28 hari

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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

Beton normal dipakai untuk struktur beton bertulang, bagian-bagian struktur penahan beban, misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban, dan sebagainya. Kuat tekan beton normal berkisar antara 15-30 MPa. Ukuran agregat maksimum dan gradasi butir mempengaruhi workabilitas, durabilitas, serta kuat tekan beton. Selain itu sifat / *texture* permukaan agregat mempengaruhi beban retak beton [Arbi, 2012]. Jenis semen yang paling banyak dipakai saat ini adalah jenis semen *Portland*. Semen *portland* adalah material berbentuk bubuk berwarna abu – abu dan banyak mengandung kalsium dan aluminium silika [Arioz, 2007]. Sedangkan fungsi semen sendiri ialah menjadi pasta semen apabila telah beraksi dengan air. Fungsi dari pasta semen adalah untuk merekatkan butir – butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat (Chou 2012).

Penggunaan abu ampas tebu (AAT) tersebut di dasari pada penelitian. Penelitian dilakukan memanfaatkan abu ampas tebu sebagai bahan pengganti semen dengan komposisi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari volume semen. Hasil pengujian kuat tekan mengalami kenaikan nilai tertinggi pada persentase 5% pada penelitian beton telah membuktikan bahwa AAT telah berfungsi sebagai pozzolan dengan kuat tekan besar (Setyowati, 2014).

Silica gel adalah butiran seperti kaca dengan bentuk yang sangat berpori. Walaupun namanya *silica gel* namun bentuknya padat. *silica gel* merupakan mineral alami yang dimurnikan dan diolah menjadi salah satu bentuk butiran atau manik-manik. Luas permukaan *silica gel* yang besar 300 – 800 m²/g, akibat dari banyaknya pori yang dimilikinya. Ukuran pori rata-rata 2,4 nanometer. Sifat yang paling penting dari *silica gel* adalah sebagai adsorben yang dapat diregenerasi.

Silica gel memiliki kemampuan menyerap yang sangat besar terhadap molekul-molekul air. Dengan bertambahnya luas permukaan *silica gel*, porositas *silica gel* juga akan bertambah. Sifat ini menjadikan *silica gel* dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering dan penopang katalis. Terdapat dua jenis *silica gel* yaitu : 1. *Silica Gel* Biru. Berwarna biru merupakan indikator warna berubah menjadi merah bata pada kondisi jenuh. Namun sebaiknya *Silica Gel* Biru dihindari penggunaannya dari produk makanan. 2. *Silica Gel* Putih, *Silica Gel* Putih yaitu butiran berwarna putih/bening. (Villega 2013)

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah dengan penambahan pemanfaatan abu ampas tebu dapat berpengaruh terhadap kuat tarik belah beton?
2. Apakah pengaruh bahan tambah *silica gel* terhadap kuat tarik belah beton?
3. Apakah dengan penambahan pemanfaatan abu ampas tebu dan bahan *silica gel*, dapat berpengaruh terhadap kuat tarik belah beton?

1.3. Ruang Lingkup

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

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000).
2. Kuat tarik beton karakteristik beton normal rencana adalah 3,10 MPa
3. Perancangan campuran beton normal menjadi acuan pada perencanaan campuran beton normal dengan bahan tambah. Perbedaannya adalah pada beton normal dengan bahan tambah adalah penambahan *silica gel* dan abu ampas tebu.
4. Semen yang digunakan adalah semen padang.
5. Agregat kasar pada beton normal adalah batu pecah Binjai.
6. Agregat halus pada beton normal adalah pasir alami Binjai.

7. Ukuran agregat maksimum pada beton normal ditetapkan 40 mm.
8. Bahan tambah yang digunakan adalah *silica gel* dan abu ampas tebu.
9. Persentase *silica gel* yang digunakan adalah sebesar 8%.
10. Abu ampas tebu yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 4%, 8%, 12% dari konsentrasi semen *Portland*.
11. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
12. Pengujian dibatasi pada kuat tarik belah beton.
13. Melakukan pengujian kuat tarik belah beton yang berumur 28 hari dan membandingkan hasilnya.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan penambahan abu ampas tebu terhadap kuat tarik belah beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *silica gel* terhadap kuat tarik belah beton.
3. Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan penambahan abu ampas tebu dan bahan tambah *silica gel* terhadap kuat tarik belah beton.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan abu ampas tebu dan bahan tambah *silica gel* terhadap kuat tarik belah beton.

1.6. Sistematika Pembahasan

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

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

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

BAB 3 Metodologi Penelitian

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

BAB 4 Hasil dan Pembahasan

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

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

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

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton menurut SNI-03-2847-2002 adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolik, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Proses pengerasan pada beton terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Penambahan umur beton akan membuat beton semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c') pada usia 28 hari (Hasanah, Gunawan, dan Afrizal 2019).

Beton sebagai material konstruksi sudah dikenal dan digunakan sejak ribuan tahun yang lalu. Walaupun istilah semen *Portland* baru dikenal pada abad 19, namun bangunan dengan menggunakan beton sudah dikenal sejak jaman Romawi, seperti *Colosseum* di Roma atau *Pont du Gard* di Perancis. Pada abad ke 17, perkembangan beton terus mengalami peningkatan seiring berkembangnya bahan-bahan pembentuknya, terutama semen. Pada masa sekarang ini beton merupakan material yang dibuat atas dasar perencanaan yang teliti, sehingga dapat dioptimalkan kekuatannya, yaitu dengan menggunakan bahan-bahan yang lebih dahulu melalui proses terpilih dan diketahui sifat-sifatnya (Rahamudin, Manalip, dan Mondoringin 2016).

Menurut (SNI 03-2834-2000, 2000) beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen *hidrolik (portland cement)*, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*) (Dari, Tarik, dan Beton 2020).

Beton merupakan suatu konstruksi yang umumnya tersusun dari air semen dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur saja, akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur. Banyak komponen non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya, dinding, kolom praktis, perabot rumah, maupun berbagai macam hiasan. Penggunaan beton pada

komponen non struktur tentulah berbeda dengan struktur di mana komposisi di desain sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan nilai estetika maupun dari segi ekonomi yang lebih (Sipil 2017).

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). Berdasarkan mutu kinerjanya, maka beton dikelompokkan menjadi dua yaitu beton mutu tinggi normal dan beton mutu tinggi. Berdasarkan ACI Committee 211.4R-93 beton mutu normal adalah beton yang mempunyai nilai kuat tekan kurang dari 41 MPa, dan berdasarkan ACI Committee 363R-92 , beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai nilai kuat tekan 41 MPa atau lebih.

Klasifikasi beton berdasarkan kekuatan-nya, dapat dibagi dalam tiga kelas yaitu:

- a. Kuat tekan karakteristiknya 200-500 kg/cm² disebut beton normal *Normal Strength Concrete* (NSC).
- b. Kuat tekan karakteristiknya 500-800 kg/cm² disebut Beton Mutu tinggi *High Sterngth Concrete* (HSC).
- c. Kuat tekan karakteristiknya lebih dari 800 kg/cm² disebut Beton Sangat Tinggi *Very High Strength Concrete* (VHSC).

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 reinorced 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. Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen,

agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat/fibre. Bahan- bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat beton pada beton serat antara lain baja, plastik, kaca, karbon serta serat dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan lain (Akhir et al. 2020).

Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuatan. Menurut Kardiono beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan additive. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (*curing*) (Harahap et al. 2019).

Menurut SNI 03-2847-2002, beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk suatu massa padat. Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah: kualitas semen, proporsi semen terhadap campuran, kekuatan dan kebersihan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, penyelesaian, pemadatan beton dan perawatan beton (Kuat et al. 2020).

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar atau krikil/batu pecah dan agregat halus atau pasir. Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton. Beton digunakan sebagai material struktur karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain: mudah untuk

dicetak, tahan api, kuat terhadap tekan, dan dapat dicor di tempat. Disamping keuntungan beton juga memiliki kelemahan, yaitu beton merupakan bahan yang getas, mempunyai tegangan tarik yang rendah dan volume beton yang tidak stabil akibat terjadinya penyusutan (Surbakti 2020).

2.2. Bahan Campuran Beton

Beton merupakan bahan konstruksi yang didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Leily et al. 2020).

2.2.1. Semen

Semen adalah hasil paduan bahan baku: batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk/*bulk*, tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras bila ditambah air akan terjadi reaksi hidrasi sehingga dapat mengeras dan digunakan sebagai pengikat (*mineralglue*).

Sifat-sifat semen terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Semen non-hidrolik adalah semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, seperti gips dan kapur keras.
2. Semen hidrolik, semen yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air, seperti semen *Portland* (Villela 2013).

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen merupakan bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidrolik (*hydraulic cements*). Semen *portland* atau biasa disebut semen adalah bahan pengikat hidroli berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolik), dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Semen yang digunakan adalah Semen *Portland* Tipe I (Sutrisno dan Widodo 1900).

Menurut SNI 15-2049-2004, semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama

yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

. Standar Industri Indonesia SII 0013 – 1977 menetapkan lima jenis (type) semen yaitu:

1. Type I adalah semen *portland* yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan secara umum. Untuk penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Type II adalah semen *portland* yang mempunyai ketahanan sedang terhadap garam-garam sulfat di dalam air. Semen ini digunakan untuk konstruksi bangunan atau beton yang berhubungan terus menerus dengan air kotor atau air tanah.
3. Type III adalah semen *portland* yang mempunyai sifat yang mengeras cepat atau mempunyai kekuatan awal tinggi pada umur muda. Semen ini digunakan untuk pekerjaan konstruksi atau beton yang mempunyai suhu rendah terutama di negara-negara beriklim dingin.
4. Type IV adalah semen *portland* yang mempunyai panas hidrasi rendah, semen jenis ini pengerasan dan perkembangan kekuatannya rendah. Semen ini 7 digunakan untuk pembuatan konstruksi beton berdimensi besar dan bentuknya gemuk.
5. Type V adalah semen *portland* tahan sulfat, artinya tahan terhadap larutan garam sulfat di dalam air. Semen ini digunakan untuk konstruksi yang berhubungan dengan air laut, air limbah industri, untuk bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif (Tugas-tugas et al. 2020).

2.2.2. Air

Air yang digunakan untuk proses pembuatan beton yang paling baik adalah air bersih yang memenuhi persyaratan air minum. Pada pengerjaan beton, air merupakan salah satu bahan yang diperlukan dalam pencampuran beton, karena mampu membantu mempercepat terjadinya proses kimia antara air dengan semen. Selain itu air juga berfungsi memudahkan pekerjaan pembuatan beton agar sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Air di alam dapat diperoleh dari berbagai sumber

seperti dari sungai, laut, dan sumur. Air yang dapat digunakan sebagai bahan pencampur pada pekerjaan beton adalah air yang tidak mengandung zat yang dapat menghalangi proses pengikatan antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang tidak berbau dan dapat diminum dapat dipakai untuk campuran beton. Air yang digunakan untuk beton harus bebas dari asam, alkali, minyak atau bahan kimia lainnya (Villela 2013).

Air di dalam campuran beton berfungsi untuk menghidrasi semen dan sangat menentukan *workability* dari pekerjaan semen. Kental atau encernya campuran ditentukan oleh banyaknya air yang terdapat dalam beton yang baru diaduk. Kandungan air dalam beton segar harus sesuai dengan yang ditetapkan dalam *mix design* dan kondisi lapangan sewaktu pembuatan beton. Jumlah kadar air yang tinggi akan menyebabkan beton menjadi encer sedangkan kadar air yang rendah akan menyebabkan daya rekat campuran beton berkurang (Hasanah, Gunawan, dan Afrizal 2019).

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam pembuatan beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 persen dari berat semen. Tetapi pada kenyataan di lapangan apabila faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan, maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton itu sendiri akan menurun (Sutrisno dan Widodo 1900).

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 (Studi et al. 2020c).

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 (Studi et al. 2020c).

Kondisi air yang digunakan harus bersih bebas dari asam, alkali dan minyak atau yang dapat dikonsumsi (diminum). Air sangatlah berpengaruh terhadap komposisi beton, hal ini dapat terlihat bahwa w/c sangat mempengaruhi kekuatan tekan terhadap beton.

Fungsi dari air pencampur adalah sebagai berikut ini:

- a. Membasahi agregat dan melindungi dari absorpsi dari reaksi kimia.
- b. Menjadi formulasi terhadap semen untuk menjadikan pasta yang gabungan antara keduanya menjadi reaksi kimia yang berubah menjadi panas hidrasi.
- c. Menjadi flux material semen untuk melewati ke seluruh permukaan agregat.
- d. Membuat adukan beton mudah dikerjakan.
- e. Melumasi campuran beton agar mudah ditempatkan dan seragam pada pengecoran disudut maupun pada kolom dan balok (MPOC 2020).

2.2.3. Agregat

Dalam perencanaan beton, agregat mendapat perhatian yang utama karena bahan tersebut menempati volume yang paling besar dalam campuran beton dan sangat mempengaruhi kekuatan dan sifat-sifat beton lainnya. Biasanya, beton

mutu tinggi diproduksi dengan menggunakan agregat ringan untuk struktur beton dan agregat berat untuk beton *density* tinggi (Studi et al. 2020a).

Penjelasan di dalam SNI-15-1991-03, agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil dan batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan satu media pengikat untuk membentuk beton semen hidrolik atau adukan. Dalam struktur beton biasanya agregat biasa menempati kurang lebih 70 % – 75 % dari volume beton yang telah mengeras. Pada umumnya penggunaan agregat dalam campuran beton terdiri atas agregat kasar yang berupa kerikil atau batu pecah dan agregat halus berupa pasir (Villela 2013).

Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70% - 75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan dengan kepadatan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik pula. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran 8 kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm (MPOC 2020).

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga berupa hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70%-75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8mm, 2,4 mm, 1,2

mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm. Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi:

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

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm (Studi et al. 2018).

2.2.3.1. Agregat Halus

Agregat Halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4.8 mm (SII.0052, 1980) atau 4.75 mm (ASTM C33, 1982) atau 5.0 mm (BS812, 1976) (Tri Mulyono, 2003). Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir, Ukuranya bervariasi antara ukuran No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika (Nawy, 1998). Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik, yang sesuai dengan standar analisis saringan dari ASTM (*American Society of Testing and Materials*) (Lisantonono dan Purnandani 2010) (Wallah dan Manalip 2018).

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Agregat halus pada penelitian ini menggunakan jenis agregat halus yaitu pasir alami, pasir ini merupakan pasir alami yang diambil dari sungai Gendol, kecamatan Cangkringan, kabupaten Bantul. Berdasarkan jenis pasir yang disyaratkan oleh Wuryati dan Candra di atas, pasir yang diambil dari sungai Gendol, kecamatan Cangkringan, kabupaten Bantul termasuk ke dalam jenis pasir galian karena dalam pengambilannya dengan cara digali. Ditinjau dari asalnya, pasir yang dipakai dalam pengujian ini adalah pasir yang berasal dari erupsi

gunung berapi pada tahun 2010 silam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pasir yang digunakan adalah pasir yang kasar, tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan karena tidak terkena air laut (Sutrisno dan Widodo 1900).

Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir lebih kecil dari 4,80 mm. Agregat halus disebut juga dengan pasir, pasir bisa diperoleh dari sungai, tanah galian atau dari hasil pemecahan batu. Syarat-syarat agregat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut:

1. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%
2. Agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding
3. Agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80
4. Agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali
5. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15% (Jurusan, Industri, dan Teknologi 2018).

2.2.3.2. Agregat Kasar

Agregat kasar berupa pecahan batu, pecahan kerikil atau kerikil alami dengan ukuran butiran minimal 5mm dan ukuran butiran maksimal 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa agregat tersebut harus dengan mudah dapat mengisi cetakan dan lolos dari celah-celah yang terdapat di antara batang-batang baja tulangan (Studi et al. 2020b).

Agregat kasar berdasarkan SNI 03-2847- 2002 adalah kerikil hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5,0 mm - 40 mm. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik, kandungan bahan organik maksimum pada agregat kasar adalah sebesar 1% dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen. Syarat agregat kasar yang dapat digunakan adalah sesuai dengan SNI-03-6821-2002 (Hasanah, Gunawan, dan Afrizal 2019).

Agregat kasar didefinisikan sebagai butiran yang tertahan saringan 4,75 mm (No.4 standart ASTM). Agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen. Agregat kasar sebagai bahan campuran untuk membentuk beton dapat berupa kerikil atau batu pecah. Adapun persyaratan batu pecah yang digunakan dalam campuran beton menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982) adalah sebagai berikut:

1. Syarat fisik.

- Kadar lumpur, maksimal 1%.
- Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin Los Angeles, tidak boleh lebih dari 27 % berat.
- Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari 1/5 jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan, 1/3 tebal pelat atau 3/4 dari jarak bersih minimum tulangan.
- Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana Rudelhof tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm lebih dari 16% berat.
- Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimum 20% berat, terutama untuk beton mutu tinggi.

2. Syarat kimia.

- Kekekalan terhadap Na₂SO₄ bagian yang hancur, maksimum 12% berat, dan kekekalan terhadap MgSO₄ bagian yang hancur, maksimum 18%.
- Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya (Serbuk et al. 2020).

2.3. Pengaruh Bahan Tambah

Bahan tambah adalah suatu bahan bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Bahan tambah ada 2 jenis yaitu *additive* dan *admixture*. Bahan tambah (*Additive*) adalah bahan tambah yang ditambahkan pada saat proses pembuatan semen di pabrik, bahan tambah *additive* yang ditambahkan pada beton untuk meningkatkan kinerja kuat tekan beton. Beton

yang kekurangan butiran halus dalam agregat menjadi tidak kohesif dan mudah *bleending*, untuk mengatasi kondisi ini biasanya ditambahkan bahan tambah *additive* yang berbentuk butiran padat yang halus. Penambahan *additive* dilakukan pada beton yang kekurangan agregat halus dan beton dengan kadar semen biasa tetapi perlu dipompa pada jarak yang jauh.

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan atau material selain air, semen dan agregat ditambahkan ke dalam beton selama pengadukan. *Admixture* digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton.

Tujuan penggunaan *admixture* pada beton segar adalah untuk memperbaiki *workability* beton, mengatur faktor air semen pada beton segar, mengatur waktu pengikatan adukan beton, meningkatkan kekuatan beton keras, meningkatkan sifat kedap air pada beton keras, dan meningkatkan sifat tahan lama pada beton keras termasuk terhadap zat-zat kimia dan tahan terhadap gesekan.

Ketentuan dan syarat mutu bahan tambah *admixture* sesuai dengan ASTM C 494-81 "*Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete*". Defenisi tipe dan jenis bahan tambah kimia tersebut dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Tipe A, *Water Reducing Admixture*. Adalah bahan tambah yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu.
2. Tipe B, *Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi yang menghambat pengikatan beton.
3. Tipe C, *Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D, *Water Reducing And Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
5. Tipe E, *Water Reducing And Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.

6. Tipe F, *Water Reducing And High Range Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.
7. Tipe G, *Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton (Rahmat, Hendriyani, dan Anwar 2016).

Menurut SNI 03-2847-2002, bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya. Bahan tambah (*Admixture*) didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan fiber yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan (Untuk dan Dan 2020)

2.3.1. Beton Normal

Pada beton normal berat jenisnya mencapai $2200 - 2600 \text{ kg/m}^3$. Berat sendiri beton normal yang besar ini dapat berpengaruh pada tidak ekonomisnya desain struktur dan beton (Rahamudin, Manalip, dan Mondoringin 2016).

Menurut SNI 03-2834-2000, beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi ($2200-2500$) kg/ m^3 menggunakan agregat alam yang dipecah (Lhokseumawe et al. 2010)

2.3.2. Silica Gel

Silica gel merupakan silika *amorf* yang terdiri atas globula-globula SiO_4 tetrahedral yang tersusun secara teratur dan beragregasi membentuk kerangka tiga dimensi yang lebih besar ($1-25 \mu\text{m}$). Rumus kimia silika gel secara umum adalah $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Struktur satuan mineral silika pada dasarnya mengandung kation Si^{4+} yang terkoordinasi secara tetrahedral dengan anion O^{2-} . Akan tetapi, susunan SiO_4 pada silika gel tidak beraturan. Susunan ini terbentuk karena kondensasi asam ortosilikat atau asam monosilikat. Silika yang larut dan pada umumnya ditulis sebagai H_4SiO_4 , $\text{Si}(\text{OH})_4$ atau $\text{SiO}_2 \cdot (\text{OH})_2$ (Ismiati Sholikhah

2010).

Silica gel adalah butiran seperti kaca dengan bentuk yang sangat berpori, silika dibuat secara sintesis dari natrium silikat. *Silica gel* adalah mineral alami yang dimurnikan dan diolah menjadi salah satu bentuk butiran atau manik-manik. Sebagai pengering, ia memiliki ukuran pori rata-rata 2,4 nanometer dan memiliki afinitas yang kuat untuk molekul air. *Silica gel* mencegah terbentuknya kelembapan yang berlebih, karena itu silica gel umum digunakan dalam setiap pengiriman barang-barang yang disimpan dalam kotak. *Silica gel* merupakan produk yang aman digunakan untuk menjaga kelembapan obat-obatan, bahan sensitif, elektronik, bahkan makanan sekalipun. Sifat yang paling penting dari *silica gel* adalah sebagai adsorben yang dapat diregenerasi. *silica gel* memiliki kemampuan menyerap yang sangat besar terhadap molekul- molekul air. Dengan bertambahnya luas permukaan *silica gel*, porositas *silica gel* juga akan bertambah. Sifat ini menjadikan *silica gel* dimanfaatkan sebagai zat penyerap, pengering dan penopang katalis (MPOC 2020).

2.3.3 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu adalah abu yang diperoleh dari ampas tebu yang telah diperas niranya dan telah melalui proses pembakaran pada ketel-ketel uap di mana ampas tebu ini digunakan sebagai bahan bakar pada ketel uap. Ketel uap merupakan sumber pembangkit tenaga untuk menggerakkan alat penggilingan tebu.

Adapun proses terjadinya abu ampas tebu adalah sebagai berikut :

- Setelah tebu ditebang kemudian diangkut ke pabrik gula.
- Batang-batang tebu tersebut kemudian digiling untuk dikeluarkan air gulanya sehingga tersisa ampas tebu yang dalam keadaan kering.
- Ampas tebu ini kemudian dengan peralatan mekanik diangkut ke dapur pembakaran ketel-ketel uap.
- Apabila ampas tebu tersebut telah terbakar halus/ habis abu tersebut dikeluarkan dari dapur pembakaran untuk kemudian dibuang. Abu inilah yang merupakan limbah yang akan dimanfaatkan sebagai substitusi parsial semen dalam campuran beton.

Abu ampas tebu yang dihasilkan harus dibakar kembali dengan suhu pembakaran lebih dari 600⁰C sehingga abu ampas tebu mengalami perubahan

warna dari yang semula berwarna hitam karena masih mengandung karbon berubah warna menjadi cokelat agak kemerahan di mana dalam keadaan ini abu ampas tebu memiliki kandungan silikat yang tinggi.

2.4. Slump Test

Slump menurut SNI 1972-2008 adalah suatu teknik untuk memantau homogenitas dan *workability* adukan beton segar dengan suatu kekentalan tertentu yang dinyatakan dengan satu nilai *slump*. Nilai *slump* umumnya meningkat sebanding dengan nilai kadar air campuran beton, dengan demikian berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Cara uji ini dapat diterapkan pada beton plastis yang memiliki ukuran maksimum agregat kasar hingga 37,5 mm (1½ in) (Hasanah, Gunawan, dan Afrizal 2019).

Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar. Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah carapengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengandilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan (Sinambela et al. 2020).

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

- Slump sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- Slump geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
- Slump runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya (Sinambela et al. 2020).

2.5. Pengujian Kuat Tarik Belah

Penelitian ini dilakukan berdasarkan SNI 2491-2014 tentang metode pengujian kuat tarik belah beton.

Kuat tarik belah beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji ditekan.

Kuat tarik belah merupakan alternatif terhadap kuat tarik langsung dengan melakukan uji kuat tarik dengan gaya aksial secara langsung. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah adalah berupa silinder atau kubus sebagaimana yang digunakan untuk pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah umumnya menggunakan benda uji silinder (hidayah 2019).

Kekuatan tarik belah digunakan dalam mendesain elemen struktur beton untuk mengevaluasi ketahanan geser beton dan untuk menentukan panjang penyaluran dari tulangan (SNI 2491 : 2014). Kekuatan tarik belah pada umumnya lebih besar dari kekuatan tarik langsung dan lebih rendah dari kekuatan lentur (*modulus of rupture*). Metode pengujian ini mencakup cara penentuan kuat tarik belah benda uji yang dicetak berbentuk silinder. Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara *lateral* sampai pada kekuatan maksimumnya. Beton merupakan material yang lemah terhadap tegangan tarik. Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan.

Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan membebani setiap benda uji silinder secara *lateral* sampai pada kekuatan maksimumnya. Kuat tarik beton merupakan suatu bagian yang penting dalam menahan retak akibat perubahan kadar air, suhu dan pembebanan. Kuat tarik beton sangat dipengaruhi oleh lekatan antara pasta semen dengan agregat kasar. Penambahan serat pada adukan beton ternyata dapat memberikan pengaruh yang

besar pada kuat tarik beton. Hal ini disebabkan bertambahnya ikatan pada beton karena lekatan antara pasta semen dengan serat cukup besar. Sifat kuat tarik dipengaruhi oleh mutu betonnya. Setiap usaha perbaikan mutu beton untuk kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan yang kecil dari kuat tariknya. Dalam SI ditentukan hubungan kuat tarik dengan kuat tekannya ($f'c$) adalah $0,5\sqrt{f'c} - 0,6\sqrt{f'c}$. Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Jurusan, Industri, dan Teknologi 2018).

Pengujian kuat tarik belah dilakukan sesuai SNI 2491:2014 tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder. Untuk mesin pengujianya yang dipakai adalah *compression machine*. Berikut ini adalah prosedur pengujian kuat tarik belah beton menurut SNI 2491:2014.

1. Mengambil benda uji dari bak perendaman, kemudian keringkan selama ± 24 jam.
2. Menimbang berat benda uji.
3. Memberikan penandaan pada benda uji. Dengan cara menarik garis tengah pada setiap sisi ujung benda uji dengan menggunakan alat bantu yang sesuai, sehingga dapat memastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada dalam bidang aksial yang sama.
4. Meletakkan sebuah pelat atau batang penekan tambahan di atas meja tekan bagian bawah mesin uji tekan secara simetris.
5. Meletakkan benda uji secara mendatar (horisontal) pada pelat.
6. Atur posisi pengujian hingga tercapai kondisi. Proyeksi dari bidang yang ditandai oleh garis tengah pada kedua ujung benda uji tepat berpotongan dengan titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin uji. Bila digunakan pelat atau batang penekan tambahan pada titik tengahnya dan titik tengah benda uji harus berada tepat di bawah titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin uji.
7. Melakukan pembebanan sampai benda uji terbelah.
8. Mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian benda uji.

9. Menghitung kuat tarik belah beton.

Setelah hasil dari mesin uji didapatkan maka nilai kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$T = 2P/\pi LD$$

keterangan:

T = kekuatan tarik belah (Mpa)

P = beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (N)

L = panjang (mm)

D = diameter (mm) (Botol et al. n.d.).

2.6. Perawatan Beton

Perawatan beton/*curing* adalah suatu usaha untuk mencegah kehilangan air pada beton segar dan membuat kondisi suhu di dalam beton berada pada suhu tertentu segera setelah beton dicor sehingga sifat-sifat beton yang diinginkan dapat berkembang dengan baik. Perawatan beton sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton keras seperti keawetan, kekuatan, sifat rapat air, ketahanan abrasi, stabilitas volume dan ketahanan terhadap pembekuan.

Perawatan beton normal seperti perawatan dengan perendaman biasanya minimum 7 hari pada suhu 20 - 30°C. Waktu ini dapat dikurang sampai 3 hari untuk jenis pemakaian semen yang menghasilkan kuat tekan awal yang tinggi. Waktu *curing* bisa sampai 3 minggu terutama untuk beton dengan semen yang sedikit yang digunakan pada struktur masif seperti bendungan. Apabila dengan perawatan dengan pemanasan maka dapat dipersingkat sampai 24 jam. Suhu *curing* yang tinggi pada awal umur beton akan meningkatkan kuat tekan beton. Pada umur 28 hari, peningkatan suhu *curing* akan menurunkan kuat tekan beton. *Temperature* maksimum perawatan beton terletak diantara 40-100°C. Akan tetapi, temperatur optimum terletak di antara 65-80°C. Temperatur yang membahayakan berada pada jarak antara naiknya kekuatan dan batas kekuatan. Lebih tinggi temperatur yang ada, semakin rendah batas kekuatan. Temperatur optimum tergantung kegunaan dari beton. Penggunaan temperatur yang lebih rendah membutuhkan perawatan yang lebih lama tapi memberikan kekuatan batas yang lebih baik. Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton.

Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain: faktor air-semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air-semen semakin lambat kenaikan kekuatan beton, semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatan beton. Laju kenaikan kuat tekan beton ini mula-mula cepat, akan tetapi semakin lama laju kenaikan itu makin lambat (Angjaya et al. 2013).

2.7. Penelitian Terdahulu

Berbagai cara serta penelitian dilakukan dan terus berkembang dengan tujuan meningkatkan kekuatan beton, salah satunya pada material pembentuk beton itu sendiri. Pada abu ampas tebu memiliki kandungan silika (SiO_2), aluminat (Al_2O_3) dan Ferrit (Fe_2O_3) yang merupakan bahan utama pembentuk semen portland. Abu ampas tebu memiliki ukuran partikel-partikel SiO_2 yang sangat halus memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi. Partikel-partikel tersebut berinteraksi dengan bahan-bahan penyusun material sehingga partikel-partikel ini akan mengisi rongga-rongga kosong yang ada pada beton sehingga mengurangi jumlah pori-pori yang ada pada beton. Dengan adanya silika maka porositas beton akan 2 menjadi lebih kecil, hal ini menyebabkan kekuatan material meningkat. Abu ampas tebu tersebut diambil dari limbah penjual es tebu yang ampas tebunya dikeringkan kemudian dibakar sehingga menjadi abu kemudian disaring menggunakan ayakan yang lolos saringan 50. Ada peneliti telah mencoba abu ampas tebu sebesar 15 % dari berat semen, menyebabkan peningkatan kuat tekton beton pada umur 28, 56 dan 90 hari masing - masing sebesar 10,66 %, 13,89 %, dan 15,62 % dari beton normal.(Studi et al. 2019)

Pada peneliltian lain, menyimpulkan dengan semakin majunya teknologi, sumber daya manusia dituntut untuk berinovasi dalam hal melakukan perkerayaan beton, peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan campuran di antaranya adalah *silica gel*. *Silica gel* mengandung unsur silica yang sangat tinggi kadar *silica* (SiO_2) yang terkandung pada *silica gel* yaitu 98,85% yang bisa digunakan untuk campuran beton dan berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan kuat tarik yang dipengaruhi oleh *silica gel* sebagai bahan pada campuran beton yang dihasilkan dengan variasi campuran

sebesar 6%,7%,8%,9%,10% dan 11% terhadap berat semen, dengan mutu beton yang digunakan f_c' 25 MPa. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan penggunaan bahan tambah *silica gel* mengalami kenaikan sebesar 13,13%. Untuk hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan penggunaan bahan tambah *silica gel* mengalami kenaikan sebesar 8,67% (Villela 2013).

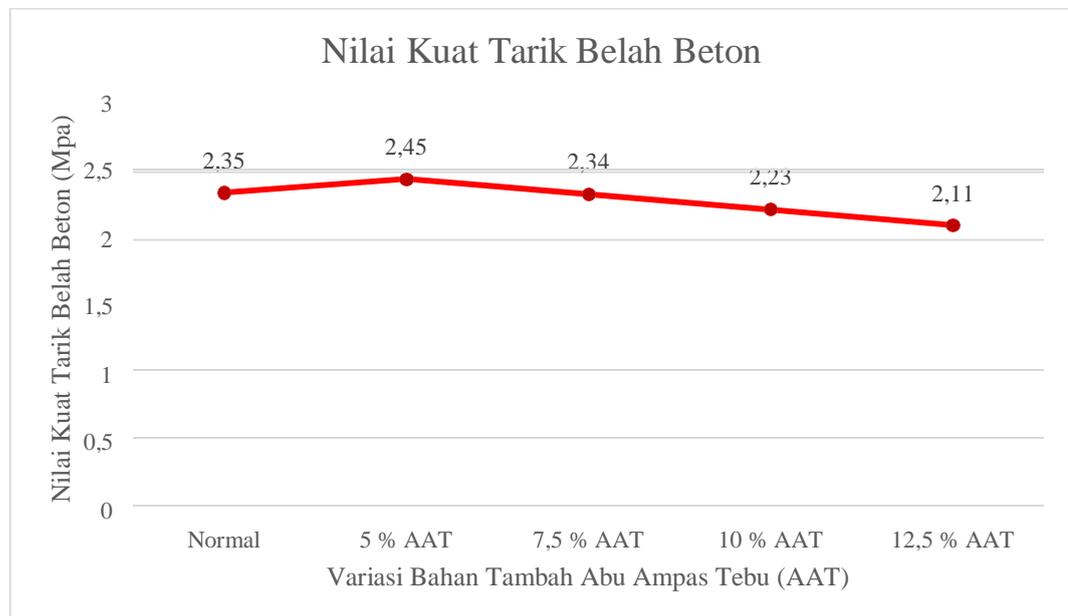
Pada penelitian lain, menyimpulkan bahwa penelitian terhadap abu ampas tebu (AAT) dilakukan sebagai bahan substitusi parsial semen dengan presentase secara berturut-turut 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% terhadap berat semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh AAT terhadap kuat tarik dan modulus elastisitas. Penggunaan air untuk campuran beton dalam penelitian ini dibuat sama untuk setiap presentase AAT. Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi prosentase AAT maka semakin rendah *workability* beton segar. Penggunaan AAT tidak mempengaruhi peningkatan kuat tarik lentur tetapi memberi peningkatan pada modulus elastisitas dan kuat tekan. Modulus elastisitas beton dengan AAT lebih besar dari beton tanpa AAT kecuali pada presentase 15%. Kuat tekan yang diperoleh melebihi kuat tekan yang direncanakan dan peningkatan terbesar terjadi pada Presentase 5%. secara keseluruhan AAT dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi parsial semen dalam campuran beton dengan presentase optimum pada prosentase 5% berdasarkan kekuatan dan *workability*nya (Pangouw, Pandaleke, dan Mangare 2013).

Pada penelitian lain, menyimpulkan bahwa penelitian ini dilakukan dengan menggunakan abu ampas tebu sebagai bahan tambah semen dengan variasi penambahan abu ampas tebu sebesar 0%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% dari total berat semen. Mutu beton yang direncanakan adalah 20 Mpa dengan jumlah benda uji 75 buah, dengan menggunakan benda uji silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu ampas tebu terhadap absorpsi, kuat tekan, kuat tarik belah, dan elastisitas beton yang menggunakan pasir Siantar, yang dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari. Hasil pengujian yang didapat adalah variasi penambahan 5% abu ampas tebu mengalami peningkatan pada pengujian absorpsi, kuat tekan, kuat tarik belah, dan elastisitas beton. Nilai absorpsi beton menurun seiring bertambahnya kadar abu ampas tebu pada campuran beton (Rajagukguk 2017).

Pada penelitian lain, pengujian kuat tarik belah dilakukan setelah beton mencapai umur 28 hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kuat tarik belah beton normal dengan kuat tarik belah beton yang menggunakan abu ampas tebu sebagai bahan tambah dengan perbandingan terhadap volume semen per variasinya. Hasil pengujian kuat tarik belah dapat dilihat pada tabel 3.2.

Keterangan	Kuat Tarik Belah Beton Rata – Rata (Mpa)
Normal	2,35
5 % bahan tambah abu ampas tebu	2,45
7,5 % bahan tambah abu ampas tebu	2,34
10 % bahan tambah abu ampas tebu	2,23
12,5 % bahan tambah abu ampas tebu	2,11

Tabel 3.2 Hasil kuat tarik belah beton untuk tiap variasi



Grafik 3.2 Grafik nilai kuat tarik belah dengan bahan tambah abu ampas tebu

Grafik 3.2 menunjukkan beton dengan bahan tambah abu ampas tebu sebesar 5% merupakan kuat tarik belah tertinggi, yaitu 2,45 Mpa, atau 4,25% lebih besar dari beton normal yang memiliki nilai kuat tarik belah 2,35 Mpa. Dari grafik diatas dapat dilihat persentase penambahan abu ampas tebu paling optimal untuk nilai kuat tarik beton adalah sebesar 5% abu ampas tebu (Rajagukguk 2017).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

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

a. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

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

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (*literatur*) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia. Data teknis mengenai SNI-03-2834-2000, serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.2. Lokasi Penelitian 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. Bahan dan Peralatan Penelitian

3.3.1 Bahan

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

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Sungai Wampu.
2. Semen yang digunakan adalah semen Padang kemasan 40 kg..
3. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bahan tambah yang digunakan adalah *silica gel* dan abu ampas tebu.

3.3.2. Peralatan

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

Peralatan material :

- a. Saringan agregat halus : Saringan no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, dan no.100
- b. Timbangan digital
- c. Plastik ukuran 10 kg

Peralatan pembuatan beton :

- a. Pan
- b. Ember
- c. Satu set alat *slump test* : kerucut *abrams*, tongkat pemadat, mistar, dan plat baja.
- d. Skop tangan
- e. Skrap
- f. Tabung ukur

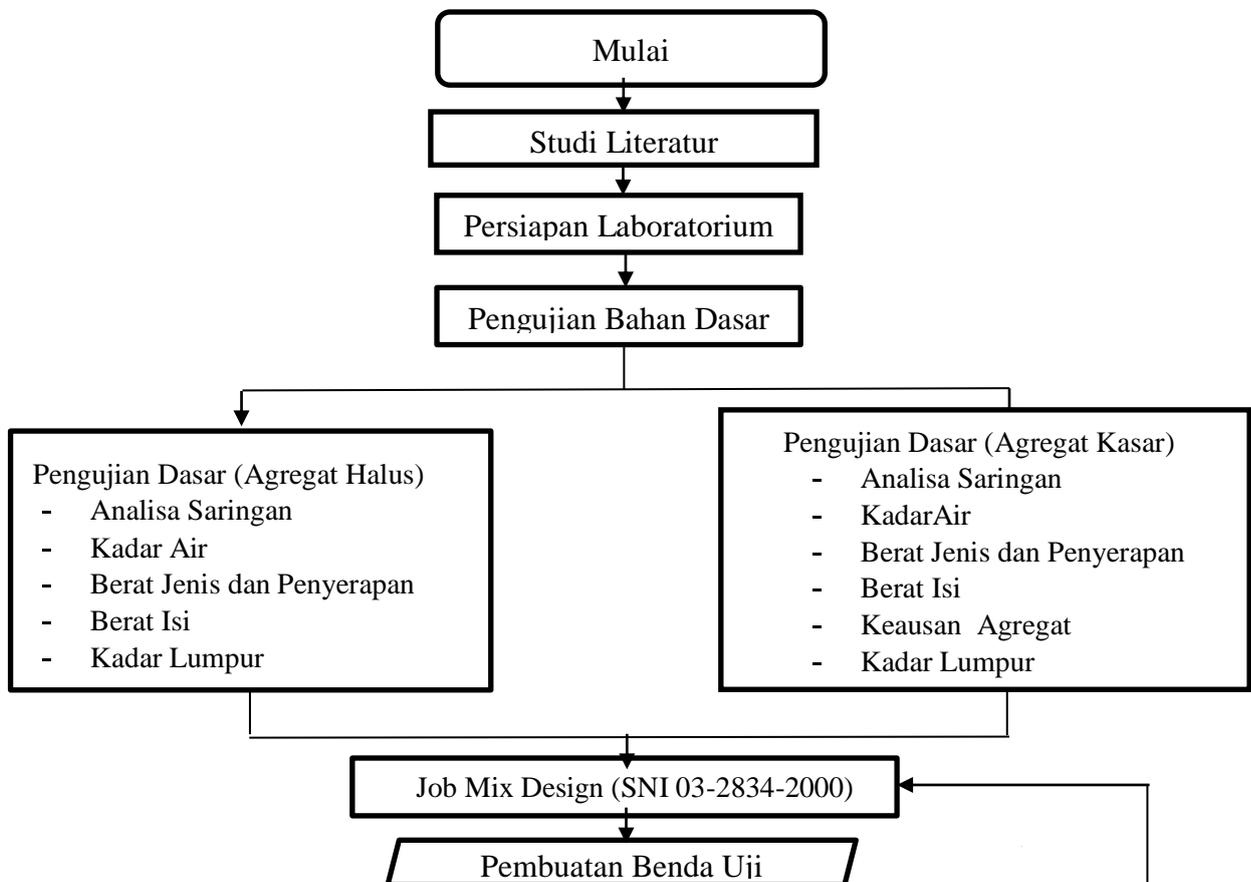
- g. Sarung tangan
- h. Cetakan silinder ukuran 15 x 30 cm
- i. Vaseline
- j. Kuas
- k. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
- l. Bak perendam

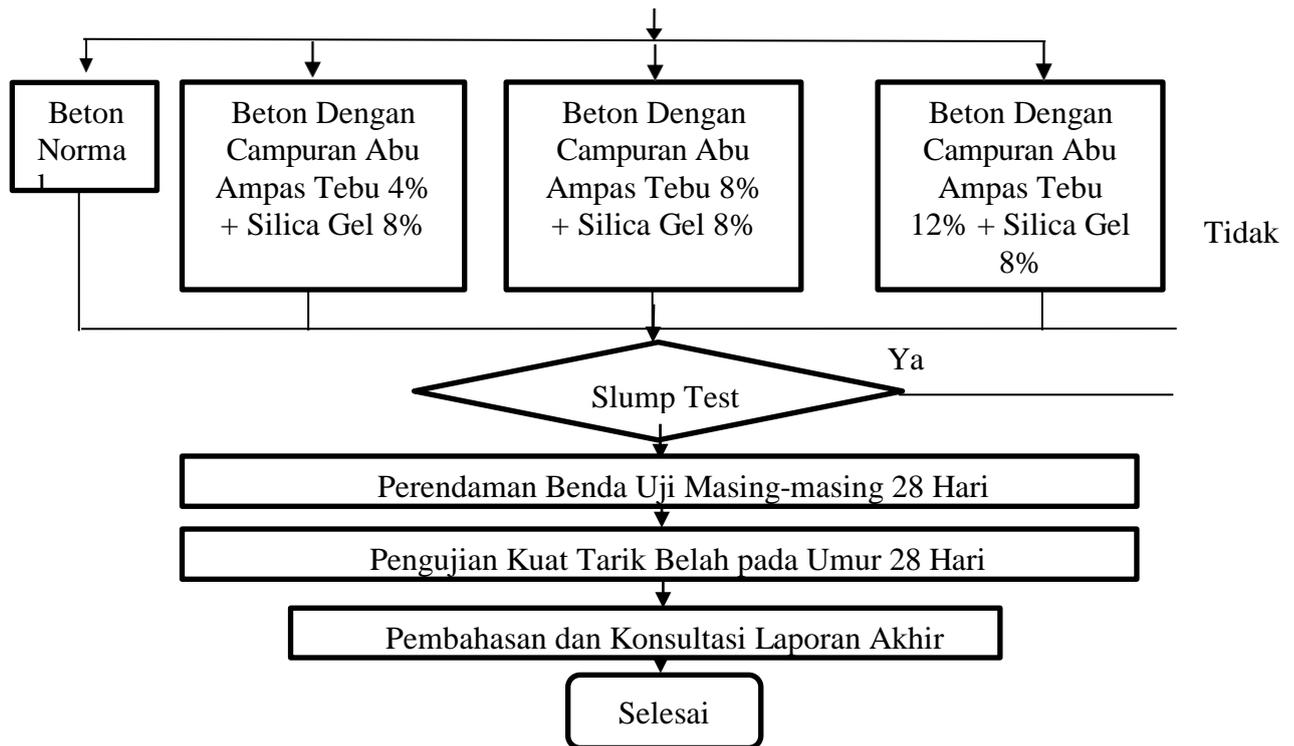
Alat pengujian kuat tarik belah :

- a. Mesin kuat tarik belah

3.4. Bagan Alir Penelitian

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





Gambar 3.1. Bagan alir penelitian yang dilaksanakan.

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 Material

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.

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

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.

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

Dengan:

M adalah nilai tambah

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

Sr adalah deviasi standar rencana

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

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

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

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

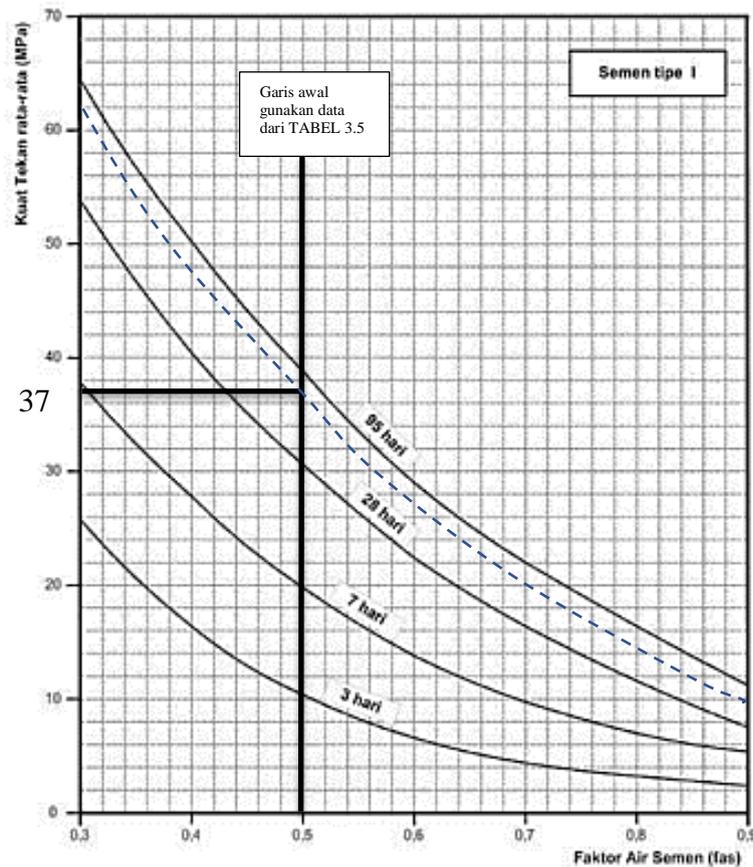
tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 3.3. Bila dipergunakan gambar 3.1 ikuti langkah-langkah berikut :

- 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 faktor 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)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
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	

Semen <i>Portland</i> 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	Silinder



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.
Besarnya butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:
 - 1) Sepertiga 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

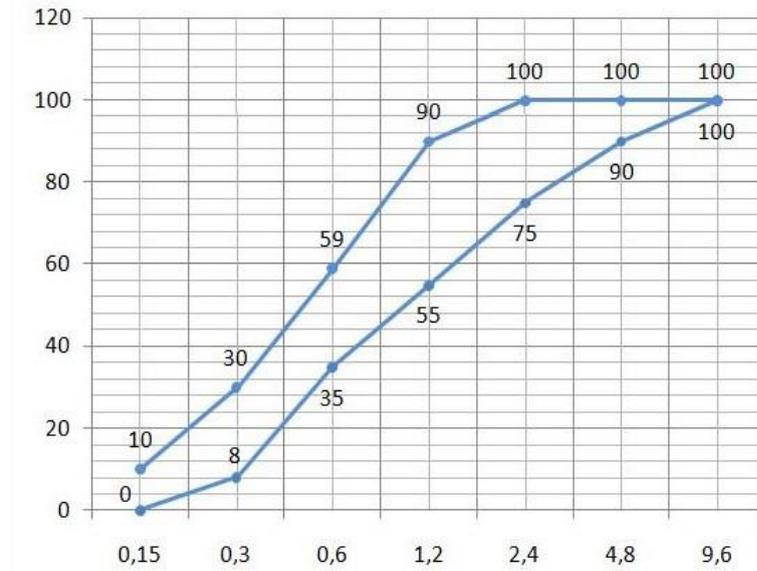
Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m^2 adukan beton.

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 pembeconan dalam lingkungan khusus.

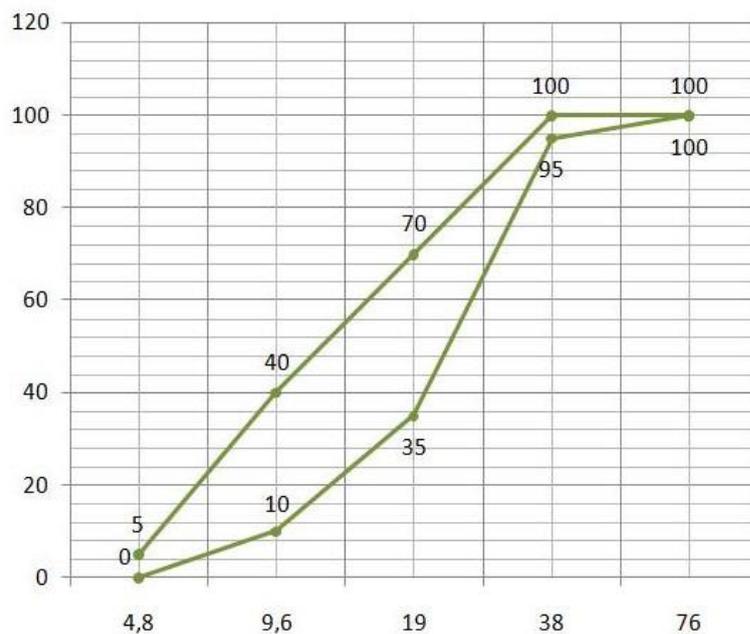
Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan;		
a. Tidak terlindung dari hujan dan 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		

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)).



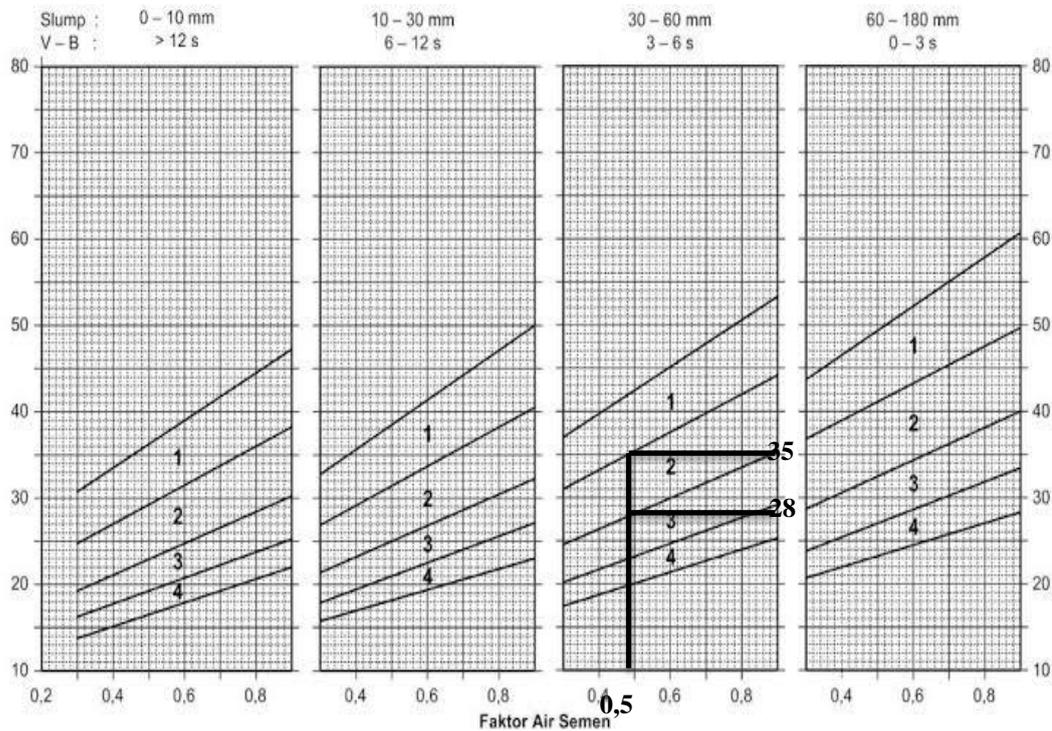
Gambar 3.3 :Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2

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:

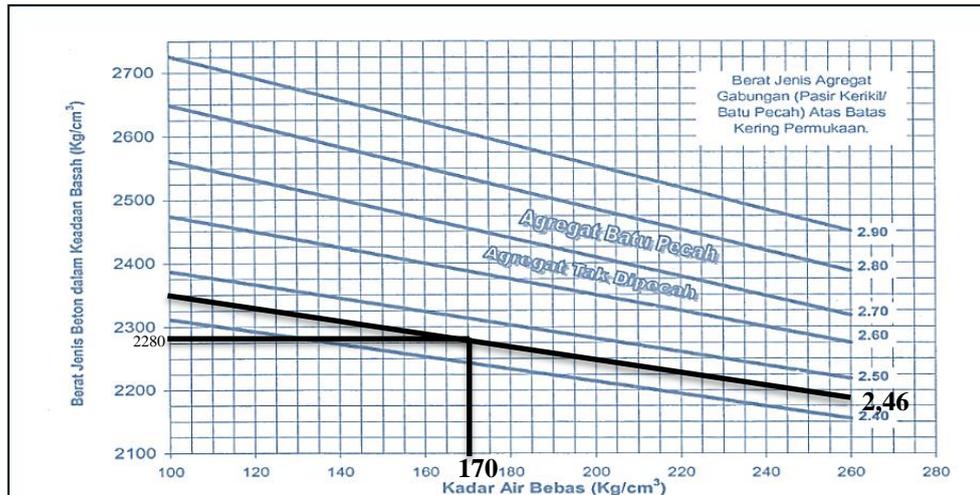
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- 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 3.5 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:

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

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

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

Dengan:

B = jumlah air (kg/m^3).

C = agregat halus (kg/m^3).

D = agregat kasar (kg/m^3).

Ca = absorpsi air pada agregat halus (%).

Da = absorpsi agregat kasar (%).

Ck = kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.7.2 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.

3.7.3 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.

3.7.4 Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air tawar sampai saat uji kuat tarik belah dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 12 buah.

3.7.5. Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-2491-2002. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji diletakkan pada arah memanjang di atas alat penguji kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak dari atas pada seluruh panjang silinder. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 12 buah dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut:

Tabel. 3.5. Jumlah variasi sampel pengujian beton.

No	Variasi Campuran Beton	Jumlah Sampel Pengujian
		28 hari
1.	Beton normal	3 buah
2.	Beton dengan campuran abu ampas tebu 4% + <i>silica gel</i> 8%	3 buah
3.	Beton dengan campuran abu ampas tebu 8% + <i>silica gel</i> 8%	3 buah
4.	Beton dengan campuran abu ampas tebu 12% + <i>silica gel</i> 8%	3 buah
	Total	12 buah

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa 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.

4.1.1. 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.

4.1.2. 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 4.1: 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

Tabel 4.1: *Lanjutan*

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Berat contoh kering	988	989	988,5
Kadar air	1,2%	1,1%	1,15%

4.1.3. Berat Isi Agregat Halus

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

Tabel 4.2: 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 gr/cm³. Hasil ini didapat dari rata-rata ketiga contoh, yang berdasarkan perbandingan nilai berat

contoh yang didapat dengan volume wadah yang dipakai dalam percobaan. Hasil dari percobaan tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan yaitu $>1,125 \text{ gr/cm}^3$.

4.1.4. 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 4.3: 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%.

4.1.5. 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 $2,471 \text{ gr/cm}^3 < 2,506 \text{ gr/cm}^3 < 2,57 \text{ gr/cm}^3$ 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 4.4: 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

4.1.6. 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 4.5: 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:

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{No.100} &= \frac{149}{1100} \times 100\% = 13,54 \% \\ \text{Pan} &= \frac{29}{1100} \times 100\% = 2,64 \% \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 0 + 2 = 2 \% \\ \text{No.8} &= 2 + 7,73 = 9,73 \% \\ \text{No.16} &= 9,73 + 18,1 = 27,83 \% \\ \text{No.30} &= 27,83 + 27,72 = 55,55 \% \\ \text{No.50} &= 55,55 + 28,27 = 83,82 \% \\ \text{No.100} &= 83,82 + 13,54 = 97,36 \% \\ \text{Pan} &= 97,36 + 2,64 = 100 \% \end{aligned}$$

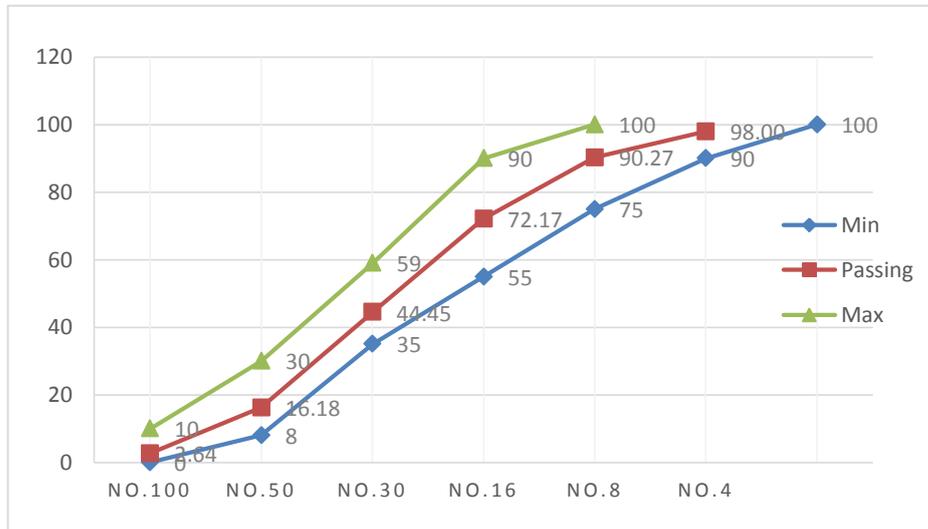
Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 276,29 %

$$\begin{aligned} \text{FM (Modulus kehalusan)} &= \frac{\text{jumlah \% kumulatif berat tertahan}}{100} \\ &= \frac{276,29}{100} \\ &= 2,7 \end{aligned}$$

- Persentase berat kumulatif yang lolos saringan:

$$\begin{aligned} \text{No.4} &= 100 - 2 = 98 \% \\ \text{No.8} &= 100 - 9,73 = 90,27 \% \\ \text{No.16} &= 100 - 27,83 = 72,17 \% \\ \text{No.30} &= 100 - 55,55 = 44,45 \% \\ \text{No.50} &= 100 - 83,82 = 16,18 \% \\ \text{No.100} &= 100 - 97,36 = 2,64 \% \end{aligned}$$

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



Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat halus (zona 2 pasir sedang).

4.1.7. 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.

4.1.8. 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 4.6: 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 contoh SSD	1500	1500	1500

Tabel 4.6 : *Lanjutan*

Pengujian	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Rata-rata
Contoh kering oven & wadah	1996	1993	1994,5
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%

4.1.9. Berat Isi Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 4.7: 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.

4.1.10. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 4.8: 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
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%.

4.1.11. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Alat, bahan dan cara kerja.

Tabel 4.9: 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%.

4.1.12. 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 4.10: Data-data hasil penelitian analisa saringan agregat kasar.

Ukuran Ayakan	Berat Tertahan				Kumulatif	
	Contoh I (gr)	Contoh II (gr)	Total berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	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:

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

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

$$\frac{3}{8} = \frac{2381}{5600} \times 100\% = 45,79 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{749}{5600} \times 100\% = 14,40 \%$$

- Persentase berat kumulatif tertahan:

$$1,5 = 0 + 4,71 = 4,71 \%$$

$$\frac{3}{4} = 4,71 + 35,10 = 39,81 \%$$

$$\frac{3}{8} = 39,81 + 45,79 = 85,60 \%$$

$$\text{No.4} = 85,60 + 14,40 = 100,00 \%$$

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:

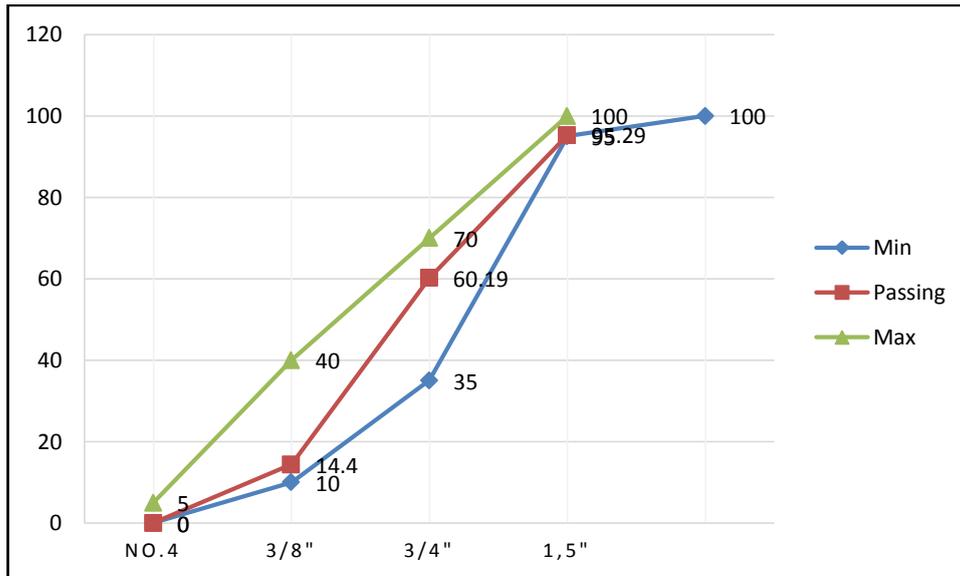
$$1,5 = 100 - 4,71 = 95,29 \%$$

$$\frac{3}{4} = 100 - 39,81 = 60,19 \%$$

$$\frac{3}{8} = 100 - 85,60 = 14,4 \%$$

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

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



Gambar 4.2: 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.

4.2. 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 4.11 : 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 4.12: 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 Ditetapkan	Batu pecah Binjai 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	-	0,455

	disesuaikan				
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	1151,59
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,45	1,56	2,83

Tabel 4.12 : Lanjutan

24	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	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 0,0053 m ³ (1 silinder)	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 4.13: Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1 m³.

Material	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
Berat (kg)	406,59	632,11	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

$$\begin{aligned}&= \text{Banyak pasir} \times \text{Volume 1 benda uji} \\ &= 632,11 \text{ kg/m}^3 \times 0,005304 \text{ m}^3 \\ &= 3,550 \text{ kg}\end{aligned}$$

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

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

Tabel 4.15: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat kerikil	
1,5	4,71	$\frac{4,71}{100}$	x 6,09 2	0,28
¾	35,10	$\frac{35,10}{100}$	x 6,09 2	2,14
3/8	45,79	$\frac{45,79}{100}$	x 6,09 2	2,79
No. 4	14,40	$\frac{14,40}{100}$	x 6,09 2	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 4.16: 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

		100		
Pan	2,64	2,64	X	3,55
		100		
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 *Silica Gel*

Untuk penggunaan bahan tambah *silica gel* sebanyak 8% akan didapatkan dari jumlah semen yang akan digunakan.

Silica Gel yang dibutuhkan sebanyak 8% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{8}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{8}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\
 &= 0,1724 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

Untuk penggunaan bahan tambah abu ampas tebu sebanyak 4%, 8%, 12% akan didapatkan dari jumlah semen yang akan digunakan.

1.) Abu Ampas Tebu yang dibutuhkan sebanyak 4% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{4}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\
 &= 0,0862 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2.) Abu Ampas Tebu yang dibutuhkan sebanyak 8% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{8}{100} \times \text{Berat semen} \\
 &= \frac{8}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\
 &= 0,1724 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3.) Abu Ampas Tebu yang dibutuhkan sebanyak 12% untuk 1 benda uji.

$$\begin{aligned}
&= \frac{12}{100} \times \text{Berat semen} \\
&= \frac{12}{100} \times 2,155 \text{ kg} \\
&= 0,2586 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 12 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 12 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak semen 1 benda uji x 12 benda uji
 - = $2,155 \times 12$
 - = $25,86 \text{ kg}$

- Pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak pasir untuk 1 benda uji x 12
 - = $3,550 \times 12$
 - = $42,6 \text{ kg}$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak batu pecah untuk 1 benda uji x 12
 - = $6,092 \times 12$
 - = $73,104 \text{ kg}$

- Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak air untuk 1 benda uji x 12
 - = 1×12
 - = 12 kg

Perbandingan untuk 24 benda uji dalam satuan kg adalah:

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air
51,72	:	85,2	:	146,208	:	24

Berdasarkan analisa saringan untuk 12 benda uji, maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18.

Tabel 4.17: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 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 4.17 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 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 12 benda uji sebesar 146,18 kg.

Sedangkan untuk berat tertahan setiap saringan untuk agregat halus dilihat berdasarkan Tabel 4.18 dibawah ini dalam 12 benda uji ialah saringan No.4 sebesar 1,70 kg, saringan No.8 sebesar 6,58 kg, saringan No.16 sebesar 15,42 kg, saringan No.30 sebesar 23,61 kg, saringan No.50 sebesar 24,08 kg, saringan No.100 sebesar 11,55 kg, dan Pan sebesar 2,24 kg dan total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 24 benda uji sebesar 85,16 kg.

Tabel 4.18 : Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 12 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

4.3. Metode Pengerjaan Mix Design

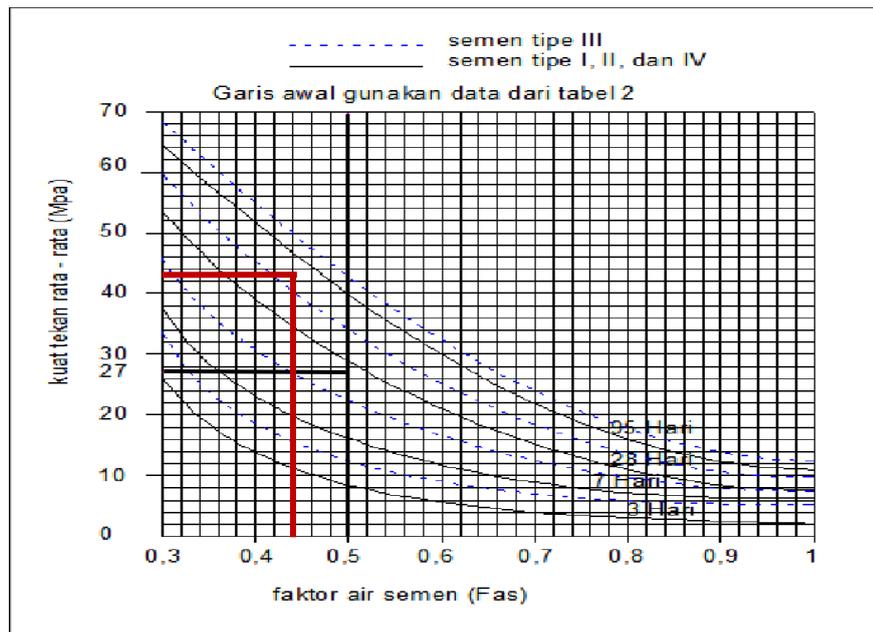
Pelaksanaan Mix Design dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kuat tarik belah beton yang disyaratkan sudah ditetapkan yaitu 24 MPa untuk umur 28 hari.
- b. Menentukan nilai standar deviasi = 12 MPa.
- c. Nilai tambah (margin) = 5,7 MPa
- d. Kuat tarik belah rata-rata perlu f'_{cr}
 Kuat tarik belah 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 4.3: Hubungan faktor air semen dan kuat tarik belah beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).

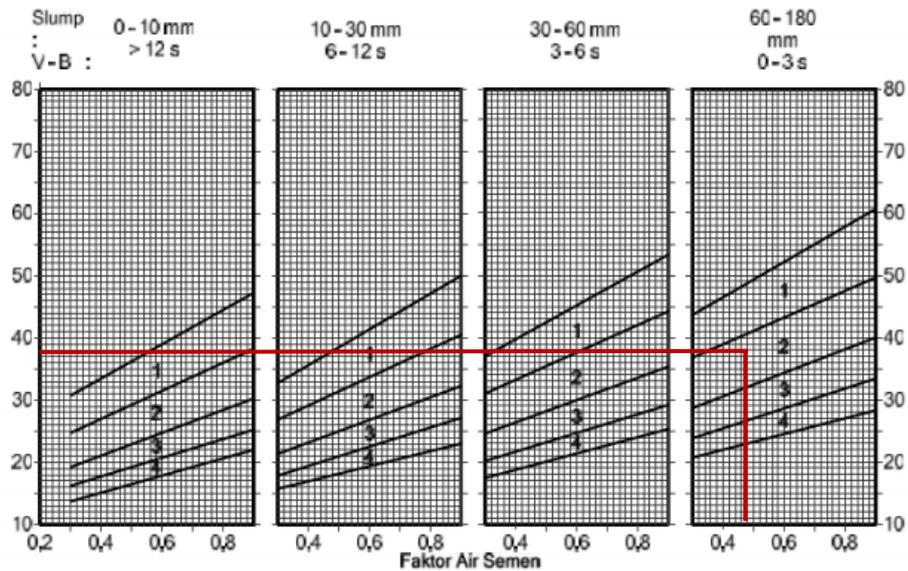
- h. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0.60. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar 4.1 tidak sama dengan yang ditetapkan,
- i. untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
- j. Nilai slump ditetapkan setinggi 60-180 mm.
- k. Ukuran agregat maksimum ditetapkan yaitu 40 mm.
- l. Jumlah kadar air bebas.

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

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

- 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 4.4 : 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:

$$B_{j \text{ camp}} = \frac{K_h}{100} \times B_{jh} + \frac{K_k}{100} \times B_{jk}$$

Dimana:

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

B_{jh} = berat jenis agregat halus.

B_{jk} = berat jenis agregat kasar.

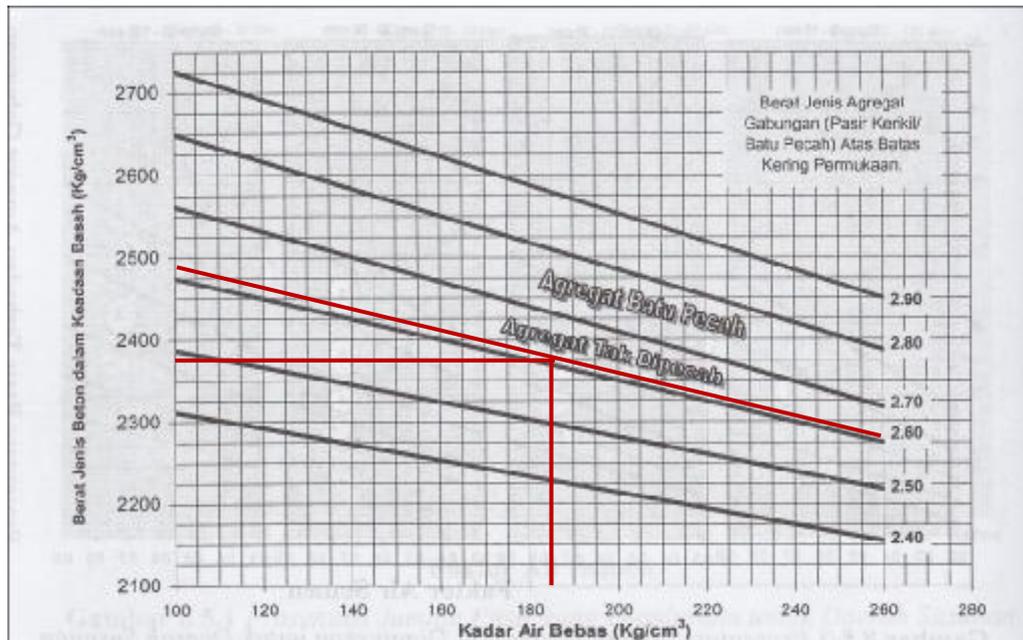
K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

$$B_{j \text{ camp}} = \left(\frac{38}{100} \times 2,5\right) + \left(\frac{62}{100} \times 2,7\right) = 2,624$$

r. Perkiraan berat isi beton

Perkiraan berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5.



Gambar 4.5 : Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,44 (SNI 03-2834-2000).

- s. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran.

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus:

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

Dengan:

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

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

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

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

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

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

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

Dengan:

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

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

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

- 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 :

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

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

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

- v. Proporsi campuran menurut, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ 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 :

$$\text{Air} = 190,52 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregat halus} = 669,60 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\text{Semen} = 420,454 \text{ kg/m}^3$$

4.4. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan silinder sebagai benda uji dengan ukuran 15 x 30 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 12 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.

4.5. Slump Test

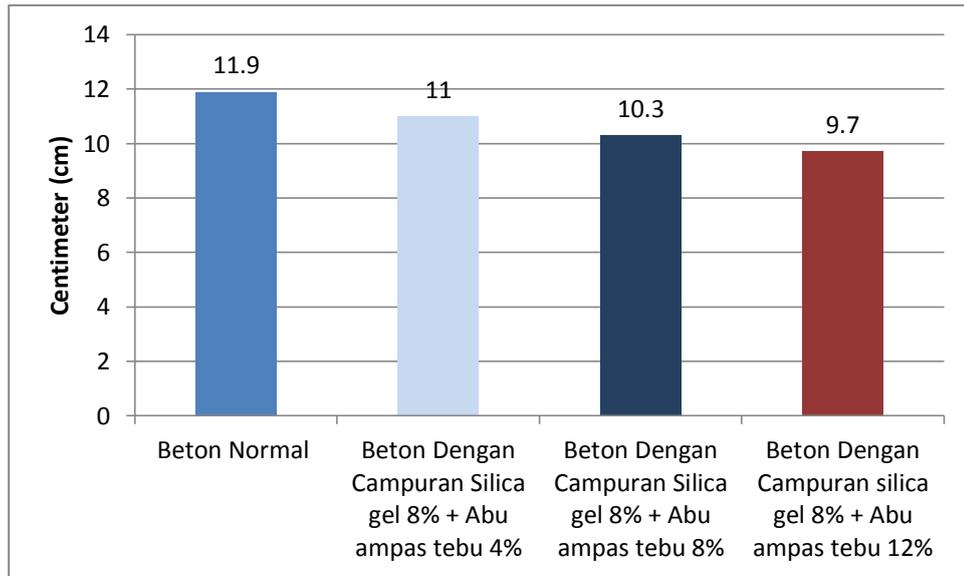
Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat

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 4.19: Hasil pengujian nilai *slump*.

No	Variasi	Tinggi Slump
1	Beton Normal	11,9 cm
2	Beton Dengan Campuran <i>Silica Gel</i> 8% + Abu Ampas Tebu 4%	11 cm
3	Beton Dengan Campuran <i>Silica Gel</i> 8% + Abu Ampas Tebu 8%	10,3 cm
4	Beton Dengan Campuran <i>Silica Gel</i> 8% + Abu Ampas Tebu 12%	9,7 cm

Berdasarkan Tabel 4.19 menjelaskan perbandingan nilai *slump* antara beton normal, beton dengan campuran *silica gel* 8%, beton dengan campuran abu ampas tebu 4%, beton dengan campuran abu ampas tebu 8%, beton dengan campuran abu ampas tebu 12% dimana pada beton normal didapatkan nilai *slump* tertinggi yaitu 11,9 cm, sedangkan beton dengan campuran variasi *silica gel* mengalami penurunan pada nilai *slump*. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengaruh bahan tambah *silica gel* terhadap campuran beton mengakibatkan penurunan nilai *slump*, semakin sedikit *silica gel* semakin tinggi nilai *slump*-nya. Berikut pada Gambar 4.6 dapat dilihat grafik naik dan turunnya nilai *slump*.



Gambar 4.6: Grafik perbandingan nilai *slump*.

Dari grafik tersebut dapat ditarik kesimpulan penurunan nilai slump terjadi karena pengaruh bahan tambah *silica gel*, yaitu karena *silica gel* menyerap zat cair dan ion-ion yang terdapat dalam campuran beton sehingga campuran beton menjadi lebih kering dan kental.

4.6. Pembuatan Larutan Perendaman Beton

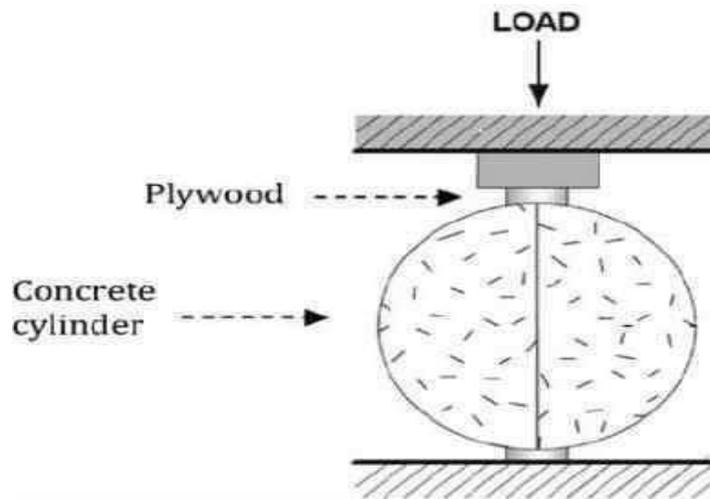
Pada penelitian ini menggunakan 2 perendaman yaitu air dan air laut yang dicampur dengan air. Adapun cara pembuatannya adalah sebagai berikut:

- a. Air laut 5%

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

4.7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian tarik belah beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan panjang 30 cm sebanyak 12 buah pada umur rendaman 28 hari, seperti pada Gambar 4.7, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.7: Kuat tarik belah pada benda uji silinder.

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

4.7.1 Kuat Tarik Belah Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tarik belah beton normal 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Berdasarkan Tabel 4.20 menjelaskan hasil uji kuat tarik belah beton normal 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton normal yang diuji kuat tarik belahnya, maka diperoleh nilai kuat tarik belah beton rata-rata sebesar 3,52 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.20: Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal.

Benda Uji	Beban (P) (kg)	$\pi LD = 1413$ cm^2 $F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct} / 0,83$ (MPa)	f'_C rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	20000	2,83	3,41	3,52
2	21000	2,97	3,58	
3	21000	2,97	3,58	

4.7.2 Kuat Tarik Belah Beton *Silica Gel 8% dan Abu ampas tebu 4%*

Pengujian beton *silica gel 8%* dan abu ampas tebu 4% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tarik belah beton *silica gel 8%* dan abu ampas tebu 4% 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Berdasarkan Tabel 4.21 menjelaskan hasil uji kuat tarik belah beton *silica gel 8%* dan abu ampas tebu 4% 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji *silica gel 8%* dan abu ampas tebu 4% yang diuji kuat tarik belahnya, maka diperoleh nilai kuat tarik belah beton rata-rata sebesar 3,69 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.21: Hasil pengujian kuat tarik belah beton *silica gel 8%* dan abu ampas tebu 4%

Benda Uji	Beban (P) (kg)	$\pi LD = 1413$ cm^2 $F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct} / 0,83$ (MPa)	f'_C rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	21000	2,97	3,58	3,69
2	21500	3,43	3,67	
3	22000	3,11	3,75	

4.7.3 Kuat Tarik Belah *Silica Gel* 8% dan Abu ampas tebu 8%

Pengujian beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 8% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tarik belah beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 8% 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Berdasarkan Tabel 4.22 menjelaskan hasil uji kuat tarik belah beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 8% 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 8% yang diuji kuat tarik belahnya, maka diperoleh nilai kuat tarik belah beton rata-rata sebesar 4,09 MPa pada umur beton 28 hari.

Tabel 4.22: Hasil pengujian kuat tarik belah beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 8%

Benda Uji	Beban (P) (kg)	$\pi LD = 1413$ cm^2 $F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct} / 0,83$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	23000	3,25	3,92	4,09
2	24500	3,47	4,18	
3	24500	3,47	4,18	

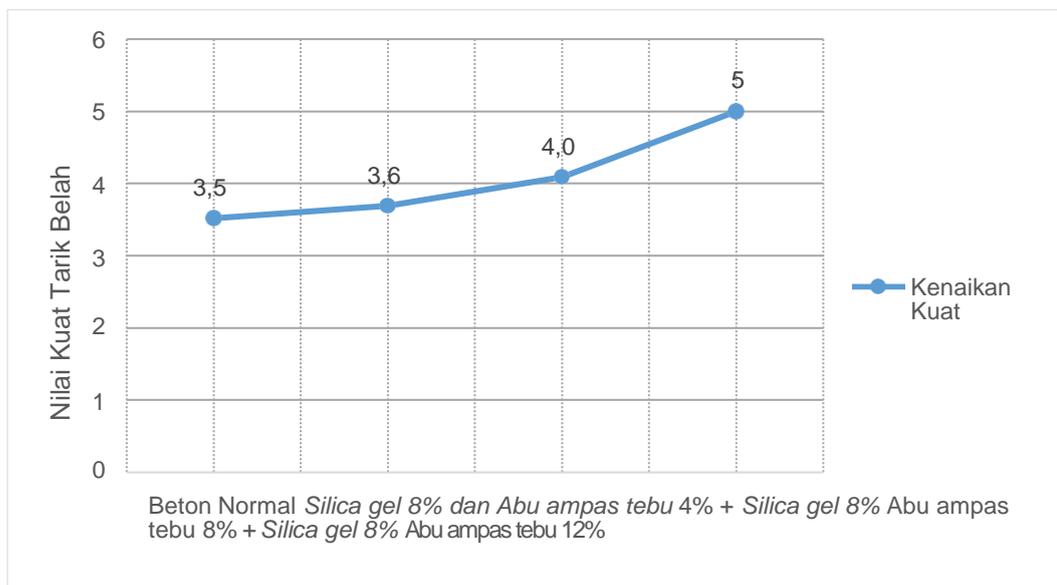
4.7.4 Kuat Tarik Belah Beton *Silica Gel* 8% dan Abu ampas tebu 12%

Pengujian beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 12% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah. Hasil kuat tarik belah beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 12% 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23: Hasil pengujian kuat tarik belah beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 12%

Benda Uji	Beban (P) (kg)	$\pi LD = 1413$ cm^2 $F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct} / 0,83$ (MPa)	f'_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
1	28500	4,03	4,86	5,00
2	29500	4,17	5,03	
3	30000	4,25	5,12	

Berdasarkan Tabel 4.23 menjelaskan hasil uji kuat tarik belah beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 12% 28 hari. Dari 3 masing-masing benda uji beton *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 12% yang diuji kuat tarik belahnya, maka diperoleh nilai kuat tarik belah beton rata-rata sebesar 5,00 MPa pada umur beton 28 hari.



Gambar 4.8: Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton umur 28 hari.

Dari hasil Gambar 4.8, dapat dilihat bahwa persentase kenaikan kuat tarik belah beton terjadi karena penambahan *silica gel* dan abu ampas tebu pada beton 28 hari.

4.8 Pembahasan

Bila dibandingkan kuat tarik belah beton normal dengan beton yang menggunakan *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 4%, *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 8%, *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 12% mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena *silica gel* mempunyai kemampuan tarik yang cukup kuat. Persentase kenaikan kuat tarik belah dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Pengisian *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 4%

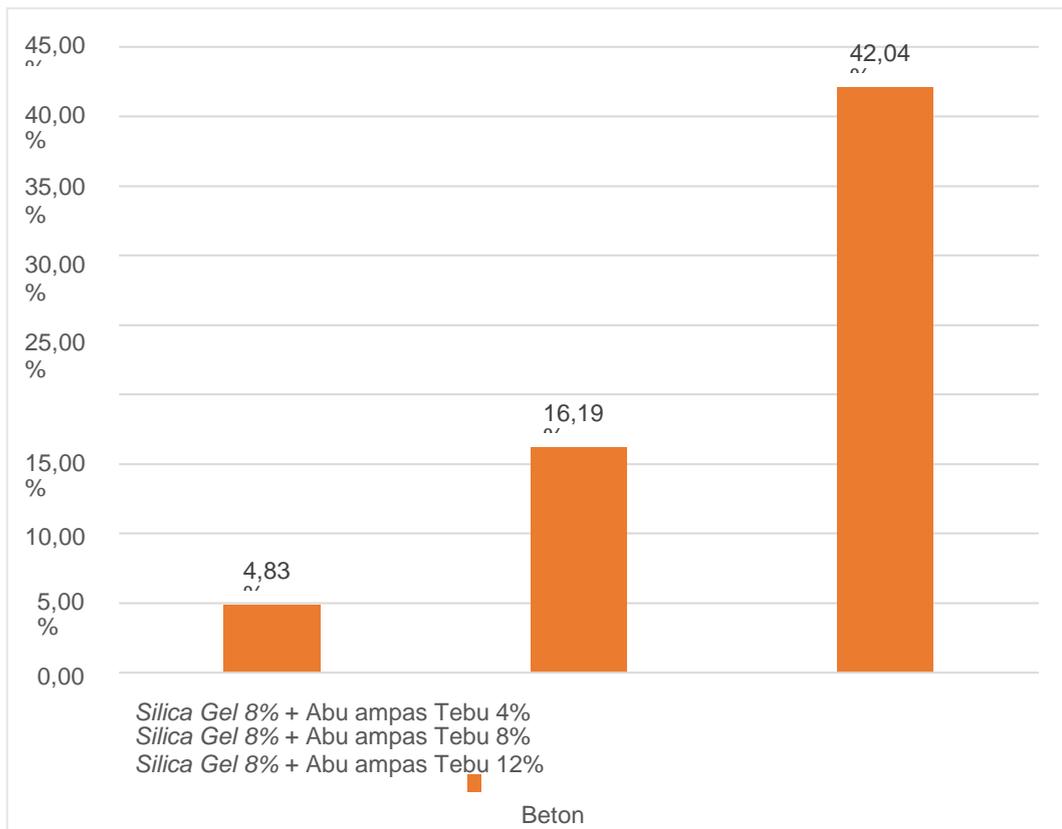
$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{3,69 - 3,52}{3,52} \times 100\% \\ &= 4,83\%\end{aligned}$$

- Pengisian *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 8%

$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{4,09 - 3,52}{3,52} \times 100\% \\ &= 16,19\%\end{aligned}$$

- Pengisian *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 12%

$$\begin{aligned}\text{Besar nilai kenaikan (umur 28 hari)} &= \frac{5,00 - 3,52}{3,52} \times 100\% \\ &= 42,04\%\end{aligned}$$



Gambar 4.9: Grafik persentase kenaikan kuat tarik belah beton 28 hari.

Perbandingan kuat tarik belah beton normal dengan beton yang menggunakan *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 4%, *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 8%, *silica gel* 8% dan abu ampas tebu 12%, persentasenya mengalami kenaikan.

Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan kuat tarik belah beton. Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat menaikkan kuat tarik belah. Adapun faktor yang dapat mengakibatkan hal ini terjadi adalah karena persentase *silica gel* yang memang digunakan untuk menaikkan kuat tarik belah beton. Persentase paling tinggi berada pada beton dengan variasi *silica gel* 8% dan Abu ampas tebu 12% sebesar 42,04 % untuk umur 28 hari.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian penambahan pemanfaatan abu ampas tebu dan *silica gel* terhadap kuat tarik belah beton dapat berpengaruh terhadap kuat tarik belah beton..

1. Penambahan pemanfaatan abu ampas tebu berpengaruh terhadap kuat tarik belah beton karena zat yang terdapat pada abu ampas tebu yang dibakar terdapat senyawa kimia.

Senyawa Kimia	Persentase(%)
SiO ₂	71
Al ₂ O ₃	2,5
Fe ₂ O ₃	8,2
CaO	3,6
Lain-Lain	14,7

2. Pengaruh penambahan bahan tambah *silica gel* terhadap kuat tarik belah beton adalah terdapat struktur satuan mineral silika yang mengandung kation Si⁴⁺ yang terkoordinasi secara tetrahedral dengan anion O²⁻.
3. Penambahan abu ampas tebu dan bahan tambah *silica gel* terhadap kuat tarik belah beton adalah untuk menambah kuat tarik belah karena abu ampas tebu dan *silica gel* mempunyai kandungan yang dapat mengisi rongga kosong terhadap beton yang berpengaruh terhadap kuat tarik belah.

5.2 Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pemakaian serat ijuk dan *sikacim concrete additive* dengan variasi yang lebih banyak lagi, agar mengetahui sampai batas persentase dimana yang mampu

membuat kuat tarik belah naik dan tidak turun lagi.

2. Pencampuran serat sebaiknya lebih diperhatikan untuk menghindari gumpalan yang lebih besar.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan alat-alat yang memadai agar hasil yang didapat lebih akurat lagi.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan bahan kimia yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhir, Tugas et al. 2020. “(Studi Penelitian).”
- Angjaya, Novi, Kumaat E. J, Wallah S. E, dan Tanudjaja H. 2013. “Perbandingan Kuat Tekan Antara Beton dengan Perawatan pada Elevated Temperature & Perawatan dengan Cara Perendaman serta Tanpa Perawatan.” *Jurnal Sipil Statik* 1(3): 153–58.
- Botol, Limbah, Plastik Polyethylene, Terephthalate Pet, dan Rocky Armidion. “Peningkatan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah botol plastik polyethylene terephthalate (pet).” : 117–26.
- Chou, Mei-In Melissa. 2012. “Fly Ash fly ash.” *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* 3: 3820–43.
- Dari, Ditinjau, Kekuatan Tarik, dan Belah Beton. 2020. “Disusun Oleh: HANDRIAN WIJAYA 1607210230.”
- Harahap, Wulan Rahayu et al. 2019. “ANALISA MODULUS ELASTISITAS PADA BETON SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI PASIR (Studi Penelitian).”
- Hasanah, Era Rizky, Agustin Gunawan, dan Yuzuar Afrizal. 2019. “PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KULIT PINANG DAN SERBUK KAYU TERHADAP KUAT TARIK BELAH BETON (Kajian Terhadap Ukuran Agregat Maksimal 10 mm).” *Inersia, Jurnal Teknik Sipil* 9(1): 15–22.
- Hidayah, Siti Nur. 2019. *Tugas Akhir*.
- Ismiati Sholikha, Friyatmoko. 2010. “SINTESIS DAN KARAKTERISASI SILIKA GEL DARI LIMBAH ABU SEKAM PADI(Oryza Sativa) DENGAN VARIASI KONSENTRASI PENGASAMAN.” *Pelita* V(2): 1–13.

- Jurusan, Pada, Teknik Industri, dan Fakultas Teknologi. 2018. “Tugas akhir.”
- Kuat, Pengujian et al. 2020. “Disusun Oleh: MUHAMMAD INDRA 1607210210.”
- Leily, Fatmawaty et al. 2020. “Kuat tekan dan kuat tarik belah beton recycle terhadap beton normal.” *Bangun Rekaprima* 06: 30–34.
- Lhokseumawe, Politeknik Negeri et al. 2010. “Tugas Akhir Tugas Akhir.” *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 2012* (1): 41–49.
- Lisantonno, Ade, dan Yoseph Purnandani. 2010. “Pengaruh Penambahan Kapur Padam terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Geopolymer.” *4(KoNTekS 4): 2–3.*
- MPOC. 2020. “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title.” *Malaysian Palm Oil Council (MPOC)* 21(1): 1–9. <http://mpoc.org.my/malaysian-palm-oil-industry/>.
- Pangouw, J D, R Pandaleke, dan J B Mangare. 2013. “Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur Dan Modulus Elastisitas.” *Jurnal Sipil Statik* 1(2): 82–89.
- Rahamudin, Rio Herdianto, Hieryco Manalip, dan Mielke Mondoringin. 2016. “Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan.” *Jurnal Sipil Statik* 4(3): 225–31.
- Rahmat, Rahmat, Irna Hendriyani, dan Moh Syaiful Anwar. 2016. “Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture.” *Infoteknik* 17(2): 205–18.
- Rajagukguk, Steven A T M. 2017. “Pengaruh Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Semen Terhadap Sifat – Sifat Mekanik Beton Dengan Menggunakan Pasir Siantar.”

- Serbuk, Pengaruh et al. 2020. “(Studi Penelitian).”
- Setiawan. 2006. “Analisa Kuat Tekan Beton Dan Penyerapan Air Kombinasi Filler Abu Ampas Tebu Dan Botol Kaca Substitusi Pasir.” *Reza Suhwandi Harahap*.
- Sinambela, Wisnu Derlangga et al. 2020. “Tambah Abu Sekam Padi Pada Lingkungan Sulfat.”
- Sipil, Jurnal Teknik. 2017. “12138-28421-1-Sm.” 19(2).
- SNI 03-2847. 2002. “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.” In *Badan Standardisasi Nasional*,.
- Studi, Program et al. 2018. “Studi Penelitian).”
- . 2019. “TEBU SEBAGAI FILLER PADA KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian).”
- . 2020a. “PEMANFAATAN SERAT IJUK PADA CAMPURAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH VISCOCRETE 3115N DITINJAU DARI KEKUATAN TARIK BELAH (Studi Penelitian).”
- . 2020b. “PERBANDINGAN PEMAKAIAN AIR KAPUR SERTA PENGARUH PENAMBAHAN SIKAFUME TERHADAP KETAHANAN BETON MUTU TINGGI (Studi Penelitian).”
- . 2020c. “SIKACIM CONCRETE ADDITIVE TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian).”
- Surbakti, M Uhammad Azizi. 2020. “PENGARUH PENAMBAHAN ABU BONGGOL JAGUNG DAN SILICA FUME TERHADAP KUAT LENTUR BETON (Studi Penelitian).”
- Sutrisno, Aris, dan Slamet Widodo. 1900. “Analisis variasi kandungan semen terhadap kuat tekan beton ringan struktur agregat pumice.” *Jurnal Teknik Sipil*: 286.

Tugas-tugas, Diajukan Untuk Memenuhi et al. 2020. “Tugas akhir pengaruh penambahan limbah serbuk kayu sebagai substitusi parsial agregat halus dengan bahan tambah am 78 concrete additive terhadap kuat tekan beton.”

Untuk, Diajukan, dan Memenuhi Tugas-tugas Dan. 2020. “BETON YANG MENGGUNAKAN BAHAN KIMIA (Studi Penelitian).”

Villela, lucia maria aversa. 2013. “~~濟無~~No Title No Title.” *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9): 1689–99.

Wallah, Steenie E, dan H Manalip. 2018. “Berbasis Abu Vulkanik.” 6(9): 657–64.















