TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN *WATER GLASS* TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat – Syarat Mempeloreh
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:

AULIANUL ARIFIN
2007210038

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2024

LEMBAR ASISTENSI PERSETUJUAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama	: Aulianul Arifin
NPM	: 2007210038
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Skripsi	: Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Water Glass Terhadap Kuat Tekan Beton
Bidang Ilmu	: Struktur

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

Medan, 8 September 2024
Disetujui Untuk Disampaikan
Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing

Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Aulianul Arifin
NPM : 2007210038
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Water Glass Terhadap Kuat Tekan Beton

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

Medan, 8 September 2024
Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing

Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

Dosen Pembanding I

adefaisal

Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal S.T, M.Sc, Ph.D

Dosen Pembanding II

Rizki Efrida, S.T., M.T

Kepala Prodi Teknik Sipil

Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Aulianul Arifin
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 17 Agustus 2002
NPM : 2007210038
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Water Glass Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian)". Bukanlah hasil plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan pribadi karena hubungan material dan nonmaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik. Bila kemudian hari, diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

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

Medan, 8 September 2024

Saya menyatakan di bawah ini

10000
TGL. 20
METERAI TEMPEL
C1997ALX393597038

Aulianul Arifin

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN WATER GLASS TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Aulianul Arifin
2007210038
Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

Indonesia sebagai negara agraris merupakan negara penghasil padi. Proses penggilingan padi menghasilkan limbah sekam padi yang biasanya digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk pembakaran batubata atau dibakar begitu saja di area penggilingan padi. Proses pembakaran tersebut menghasilkan sekam padi berupa abu sekam padi yang selama ini belum banyak dimanfaatkan selain untuk keperluan abu gosok. Abu sekam padi merupakan abu dari pembakaran sekam atau kulit padi menjadi limbah atau material terbuang yang bisa didapatkan dalam jumlah yang cukup besar dalam proses penggilingan padi. Abu Sekam Padi mengandung proporsi silicon oksida (SiO_2) yang cukup tinggi sehingga bersifat pozzolanic. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi dan water glass pada beton dan perbandingan antara beton variasi perendaman dengan tanpa perendaman. Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah abu sekam padi dengan variasi 3%, 6% dari berat agregat halus dan *water glass* dengan variasi 2% dari berat semen. Jumlah benda uji sebanyak 21 benda uji dengan ukuran beton silider yaitu 30x15 cm. kuat tekan yang direncakan sebesar 20 MPa. Nilai kuat tekan dari hasil pengujian di setiap variasi beton, tidak ada yang mencapai kuat tekan rencana. Pada beton campuran abu sekam padi 3% + *water glass* 2% dan abu sekam 6% + *water glass* 2% memiliki kuat tekan yang rendah. Hasil tersebut dikarenakan adanya ketidak cocokan pada abu sekam padi dan *water glass* ketika disatukan.

Kata Kunci: Abu Sekam Padi, Water Glass, Kuat Tekan.

ABSTRACT

EFFECT OF RICE HUSK ASH AND WATER GLASS ADDITION ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

Aulianul Arifin
2007210038
Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM

Indonesia as an agricultural country is a rice-producing country. The rice milling process produces rice husk waste, usually used as an alternative fuel for burning bricks or simply burning in the rice milling area. The burning process produces rice husk ash, which has not been widely utilized other than to scour ash. Rice husk ash is the ash from the burning of rice husks or skins into waste or waste material that can be obtained in large enough quantities in the rice milling process. Rice husk ash contains a fairly high proportion of silicon oxide (SiO_2) so it is pozzolanic. This study aims to determine the effect of adding rice husk ash and water glass on concrete and comparing concrete soaking variations and without soaking. In this research, the added materials used were rice husk ash with variations of 3%, 6% by weight of fine aggregate, and water glass with variations of 2% by weight of cement. The number of test specimens was 21 test specimens with a concrete cylinder size of 30x15 cm. The planned compressive strength was 20 MPa. The compressive strength value of the test results in each concrete variation, none of which reached the planned compressive strength. The concrete mixtures of 3% rice husk ash + 2% water glass and 6% rice husk ash + 2% water glass had low compressive strength. This result is due to the incompatibility of rice husk ash and water glass.

Keywords: Rice Husk Ash, Water Glass, Compressive Strength.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatulahi Wabarakatuh puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan limpahan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Dan Water Glass Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Struktur Bangunan". Penelitian ini merupakan kewajiban bagi penulis guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program Strata-1 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak yang tidak ternilai harganya.

Untuk itu dalam kesempatan ini dengan ketulusan hati penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah bersedia mendoakan, membantu, memotivasi, membimbing, dan mengarahkan selama penyusunan skripsi. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih sebesar - besarnya terutama kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM, Selaku Kepala Prodi Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Sekaligus Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal S.T, M.Sc, Ph.D, Selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sekaligus Dosen Pembanding I yang telah banyak meberi koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., Selaku Selaku Sekretaris Prodi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara sekaligus Dosen Pembanding II yang telah banyak meberi koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membimbing penulis dalam memberi ilmu ke tekniksipilan.
6. Kedua orang tua saya, Akhiruddin dan Mutiara Siregar yang selalu mendoakan saya dan mendukung saya sampai saat ini.
7. Kepada Seluruh Teman-Teman Stambuk 2020, Termasuk Teman Sekelas Saya Kelas A-1 Pagi Yang Bersama-sama Berjuang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna baik dari segi materi maupun penulisannya, untuk itu dengan kerendahan hati penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan skripsi ini dari semua pihak.

Akhir kata penulis ucapkan banyak terimakasih semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pembaca dan dapat memperluas cakrawala pemikiran kita dimasa yang akan datang dan berharap skripsi ini dapat menjadi lebih baik kedepannya Wassalammualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 8 September 2024

Penulis

arif

Aulianul Arifin
2007210038

DAFTAR ISI

LEMBAR ASISTENSI PERSETUJUAN
LEMBAR PENGESAHAN
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR
ABSTRAK i
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR NOTASI xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
- 1.1 Latar Belakang 1
- 1.2 Rumusan Masalah 2
- 1.3 Ruang Lingkup Penelitian 2
- 1.4 Tujuan Penelitian 2
- 1.5 Manfaat Penelitian 3
- 1.6 Sistematika Penulisan 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 4
- 2.1 Umum 4
- 2.2 Material Campuran Beton 4
  - 2.2.1 Semen 5
  - 2.2.2 Agregat Kasar 5
  - 2.2.3 Agregat Halus 5
  - 2.2.4 Air 5
- 2.3 Bahan Tambah Pada Beton 6
  - 2.3.1 Abu Sekam Padi 6
  - 2.3.2 Water Glass 7
- 2.4 Pengujian Terhadap Beton 8
  - 2.4.1 Slump Test 8
  - 2.4.2 Perawatan Beton (Curing) 9

2.4.3 Penyerapan Air 10
2.4.4 Pengujian Kuat Tekan Pada Beton 10
2.5 Penelitian Terdahulu 12
BAB 3 METODE PENELITIAN 13
3.1 Metodologi Penelitian 13
3.2 Tahapan Penelitian 13
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian 16
3.4 Sumber Data dan Pengambilan Data 16
3.5 Persiapan Bahan dan Alat 17
3.5.1 Bahan 17
3.5.2 Peralatan 17
3.6 Rancangan Benda Uji 18
3.7 Pemeriksaan Agregat 21
3.7.1 Analisa Saringan Agregat Kasar 21
3.7.2 Analisa Saringan Agregat Halus 21
3.7.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar 22
3.7.4 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus 24
3.7.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar 26
3.7.6 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus 28
3.7.7 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar 31
3.7.8 Pemeriksaan Kadar Air Agergat Halus 32
3.7.9 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 33
3.7.10 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus 34
3.8 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design) 36
3.9 Pembuatan Benda Uji 43
3.10 Pengujian Slump Test 44
3.11 Perawatan (Curing) 45
3.12 Penyerapan Air 45
3.13 Pengujian Kuat Tekan 45
DAFTAR PUSTAKA 46
LAMPIRAN 48

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Benda Uji Dan Campuran Pembuatan Beton 20
Tabel 3.2 Nilai Slump Yang Dianjurkan Untuk Konstruksi 36
Tabel 3.3 Hubungan Rasio Air Semen Dan Kekuatan Beton 38
Tabel 3.4 Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton 40
Tabel 3.5 Perkiraan Awal Berat Beton Segar 41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Abu Sekam Padi 7

Gambar 2.2: *Water Glass* 8

Gambar 2.3: Bak Perendaman 10

Gambar 2.4: Alat Pengujian Kuat Tekan Beton 11

Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian 15

Gambar 3.2: Benda Uji Silinder 19

DAFTAR NOTASI

$f'c$ = Kuat Tekan Beton (MPa)
P = Gaya Tekan Aksial (Kg)
A = Luas Penampang Benda Uji (cm^2)
V = Volume (m^3)
π = Konstanta
r = Jari – Jari Silinder (cm)
t = Tinggi Silinder (cm)
MHB = Modulus Kehalusan Butir
Ag. K = Agregat Kasar
Ag. H = Agregat Halus
A = Berat Benda Uji Kering Oven (gr)
B = Berat Benda Uji Kondisi Kering Permukan Udara (gr)
C = Berat Benda Uji Dalam Air (gr)
S = Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan (gr)
$P_1, P_2, P_3, \dots P_n$ = Persentase Berat Fraksi Pada Contoh Uji Asli
$G_1, G_2, G_3, \dots G_n$ = Berat Jenis Fraksi Sesuai Tipe Yang Diratakan
D = Berat Isi Beton (kg/m^3)
M_c = Berat Wadah Ukur Yang Diisi Beton (kg)
M_m = Berat Wadah Ukur (kg)
V_m = Volume Wadah Ukur (m^3)
M = Berat Total Material Dalam Campuran (kg)
Y = Volume Produksi Campuran (m^3)
R_y = Perbandingan Volume Produksi Campuran Aktif
Y_d = Volume Beton Yang Dirancang Untuk Diproduksi (m^3)
C = Kadar Semen Aktual (kg/m^3)
C_b = Berat Semen Dalam Campuran (kg)
A = Kadar Udara Dalam Beton (%)
T = Berat Isi Teoritis Beton (kg/m^3)
V = Volume Absolut Total (m^3)

P = Kadar Air Benda Uji (%)

W_1 = Massa Benda Uji (%)

W_2 = Massa Benda Uji Kering Oven (gr)

W_1 = Berat Kering Benda Uji + Wadah (gr)

W_2 = Berat Wadah (gr)

W_3 = Berat Kering Benda Uji Awal (gr)

W_4 = Berat Kering Benda Uji Sesudah Pencucian + Wadah (gr)

W_5 = Berat Kering Benda Uji Sesudah Pencucian (gr)

W_6 = Lolos Saringan Nomor 200 (0,075 mm) (%)

U = Berat Beton Segar (kg/m^3)

G_a = Berat Jenis Rata-Rata Agregat Halus Dan Kasar Kering Permukaan

G_c = Berat Jenis Semen

W = Syarat Banyaknya Air Pemcampur (kg/m^3)

C = Syarat Banyaknya Semen (kg/m^3)

P_A = Peneyerapan Air

a = Berat Beton Sebelum Direndam

b = Berat Beton Sesudah Direndam

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara agraris merupakan negara penghasil padi. Proses penggilingan padi menghasilkan limbah sekam padi yang biasanya digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk pembakaran batubata atau dibakar begitu saja di area penggilingan padi. Proses pembakaran tersebut menghasilkan sekam padi berupa abu sekam padi yang selama ini belum banyak dimanfaatkan selain untuk keperluan abu gosok. Sekam padi sebagai limbah yang berlimpah khususnya di negara agraris, merupakan salah satu sumber penghasil silika terbesar. Sekam padi mengandung silika sebanyak 87%-97% berat kering setelah mengalami pembakaran sempurna. Selain didukung oleh jumlah yang melimpah, silika sekam padi dapat diperoleh dengan sangat mudah dan biaya yang relatif murah, yakni dengan cara ekstraksi alkalis (Taurano, 2021).

Abu sekam padi merupakan abu dari pembakaran sekam atau kulit padi menjadi limbah atau material terbuang yang bisa didapatkan dalam jumlah yang cukup besar dalam proses penggilingan padi. Abu Sekam Padi mengandung proporsi silicon oksida (SiO_2) yang cukup tinggi. Kandungan tersebut hampir sama dengan microsilica yang mempunyai kandungan silicon yang cukup tinggi juga. Sehingga bersifat pozzolanic. Sekam padi dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan abu, yang kini dikenal di seluruh dunia dengan nama RHA (abu sekam padi). Abu sekam padi yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi pada suhu 400°C–500°C akan menjadi silica amorphous dan pada suhu lebih besar dari 1.000°C akan menjadi silica kristalin. Penggunaan abu sekam padi dengan kombinasi campuran yang sesuai pada semen akan menghasilkan beton yang lebih baik (Adha, 2011).

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang diambil pada penelitian ini yaitu pengaruh pennambahan abu sekam padi dan water glass pada campuran beton. Beberapa permasalahannya antara lain:

1. Berapa persen penambahan abu sekam padi dan *water glass* pada campuran beton yang bisa mencapai target kuat tekan rencana dan apakah beton dengan campuran sekam padi dan water glass akan menghasilkan nilai kuat tekan yang tinggi?
2. Bagaimana perbandingan antara beton variasi tanpa perendaman dengan beton variasi perendaman?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka ruang lingkup penelitian antara lain:

1. Bahan tambah yang digunakan adalah abu sekam padi dan *water glass*.
2. Metode pembuatan sampel beton berdasarkan SNI 7656-2012.
3. Metode pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974-2011.
4. Abu sekam padi penambahan pada campuran beton yaitu 3%, 6%. Dan untuk *water glass* penambahan pada campuran beton yaitu 2%.
5. Penelitian ini menggunakan cetakan silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan total sampel sebanyak 21 sampel.
6. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu sekam 3% + *water glass* 2%, penambahan abu sekam padi 6% + *water glass* 2% dan penambahan *water glass* 2% tanpa abu sekam padi.

2. Untuk mengetahui perbandingan antara beton variasi tanpa perendaman dengan beton variasi perendaman.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memenuhi tugas akhir dan membuat variasi campuran beton dengan menggunakan abu sekam padi dan *water glass* sebagai bahan tambah pada campuran beton.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini penulis membagi beberapa materi yang akan disampaikan ke dalam beberapa, yakni:

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berusaha menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang hasil penelitian, permasalahan dan pemecahan masalah selama penelitian.

BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari analisa yang telah dilakukan dan juga saran-saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton merupakan material penting yang sering diguanakan dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia. Beton pada dasarnya adalah campuran agregat kasar dan halus dengan air dan semen dicampur sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus. Terkadang juga ditambahkan bahan tambah *additive* (Haikal, 2018).

Pada dasarnya beton mempunyai sifat dasar yaitu kuat terhadap tegangan tekan dan lemah terhadap tegangan tarik. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh jenis bahan pembuatnya. Jika bahan awal mempunyai mutu dan kekuatan yang baik, maka akan dihasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi (Ardhiansyah, 2018).

Beton memiliki memiliki keunggulan dan kekurangan. Keunggulan beton yaitu bahan pembentuknya yang mudah didapat, mudah dibentuk, mampu memikul beban yang berat, relatif tahan terhadap temperatur yang tinggi, serta biaya pemeliharaan yang kecil dibandingkan dengan umur pemakaiannya. Sedangkan kekurangannya yaitu sulit merubah bentuknya yang sudah dibentuk, berat, pengerjaannya membutuhkan ketelitian yang tinggi, daya pantul suara yang besar, dan kuat terhadap tegangan tarik yang lemah (Stirk, 2019).

2.2 Material Campuran Beton

Bahan yang digunakan sebagai komponen utama dalam campuran beton adalah semen, agregat kasar, agregat halus dan air, dan bila diperlukan dapat ditambahkan bahan tambahan dengan persentase tertentu. Pada campuran ini digunakan abu sekam padi dan *water glass* sebagai bahan tambah pada campuran beton. Dalam pembuatan campuran beton, bahan yang digunakan harus berkualitas tinggi dan memenuhi persyaratan untuk menghasilkan beton dengan kuat tekan yang tinggi. Bahan yang digunakan adalah (Apriliawati, 2016).

2.2.1 Semen

Semen merupakan serbuk halus yang digunakan sebagai pengikat antara partikel-partikel agregat sehingga membentuk suatu massa yang kompak atau padat. Dan juga untuk mengisi rongga antar partikel agregat. Serbuk halus ini menjadi keras jika lama kelamaan bercampur dengan air dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolik. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk campuran yang disebut pasta semen, bila dicampur dengan agregat halus dan air membentuk campuran yang disebut mortar, dan bila dicampur dengan agregat kasar akan membentuk campuran yang biasa disebut beton (Stirk, 2019).

2.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua partikelnya tetap berada di atas ayakan 4,75 mm dan biasa disebut dengan kerikil. Material ini merupakan hasil peluruhan batuan secara alami atau hasil industri penghancuran batu. Partikel agregat harus memiliki sifat yang abadi, Artinya tidak akan pecah atau hancur karena cuaca seperti panas matahari dan hujan (Nursyafril, 2018).

2.2.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan bahan pengisi beton yang menyerupai pasir. Fungsi dari agregat halus sendiri adalah untuk mengisi celah antar agregat kasar dan memperkuat ikatannya. Agregat halus untuk beton adalah agregat dengan ukuran butir kurang lebih 5 mm, baik berupa pasir alam yang dihasilkan dari pembusukan batuan secara alami, maupun pasir buatan yang dibuat dengan menggunakan alat penghancur batu. Agregat halus untuk beton tersedia dalam bentuk pasir alam yang dihasilkan dari keruntuhan batuan secara alami dan dalam bentuk pasir buatan yang dihasilkan dari peralatan penghancur batuan (Bloom & Reenen, 2013).

2.2.4 Air

Air merupakan elemen penting dalam produksi campuran beton. Tentu saja air merupakan unsur penghubung dalam proses pencampuran agregat dan semen atau bahan tambahan dan zat *additive*. Air digunakan dalam campuran beton, sehingga terjadi reaksi kimia dengan semen yang melembabkan agregat, melumasi campuran dan membuatnya lebih mudah untuk dikerjakan. Tanpa air, semen tidak bisa menjadi pasta. Jika koefisien kelembaban semen adalah 0,65, jumlah air yang terikat pada beton kira-kira 20% dari berat semen setelah 4 minggu pemakaian. Dihitung dari komposit semen-mineral, jumlah air yang dibutuhkan untuk hidrasi secara teoritis 35-37% dari berat semen.

2.3 Bahan Tambah Pada Beton

Bahan tambahan adalah bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari material ini adalah untuk memodifikasi sifat-sifat beton agar lebih sesuai untuk pekerjaan tertentu atau untuk menghemat biaya. Bahan tambahan sebagaimana didefinisikan dalam Definisi Standar Ketentuan Beton dan Agregat Beton (ASTM C.1251995:61) dan Terminologi Semen dan Beton (ACI SP-19) meliputi air, agregat, dan semen hidrolik Dicampur ke dalam beton atau mortar sebelum atau selama pencampuran. Bahan tambahan digunakan untuk mengubah sifat atau karakteristik pada beton, seperti untuk mempercepat pengerjaan, mempercepat pengerasan, meningkatkan kuat tekan, menghemat, atau tujuan lain seperti konservasi energi (Fauzan, 2023).

2.3.1 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi diperoleh dengan cara membakar sekam padi. Warna abu sekam padi berkisar dari abu-abu putih hingga hitam, dan warna ini bervariasi tergantung pada sumber sekam padi dan suhu pembakaran. Abu sekam padi merupakan limbah dari beras dan mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa pozzolan. Sekam padi merupakan salah satu jenis abu terbang yang dihasilkan dari sisa pembakaran batu bata dan gerabah. Secara visual abu sekam padi merupakan zat berwarna abu-abu dengan partikel halus, padat, dan bulat. Abu sekam padi merupakan limbah dari beras yang mempunyai sifat khusus. Mengandung senyawa pozzolan yaitu silika (SiO2). Pozzolan tidak bertindak sebagai perekat seperti semen, tetapi dalam kondisi halus, jika bereaksi dengan air atau kapur pada suhu normal, ia akan membentuk massa padat yang tidak larut dalam air. Kandungan silika (SiO2) pada abu sekam padi dapat mencapai kurang lebih 80% dan biasanya tergolong pozzolan. Ukuran partikel abu sekam padi juga mempengaruhi kemampuan kerja dan kekuatan beton (Sandya, 2019).

Gambar 2.1: Abu sekam padi.

2.3.2 *Water Glass*

Water glass dengan reaksi kimia Na_2SiO_3 merupakan salah satu material yang digunakan dalam campuran semen dan fiber yang dapat terlindungi dari kebakaran. *Water glass* disebut air jernih atau larutan bening. *Water glass* berwarna putih, berbentuk padat, dan larut dalam air atau membentuk larutan basa. *Water glass* stabil dalam kondisi normal dan dalam larutan basa (senyawa yang reaktif). *Water glass* merupakan salah satu bahan tertua dan teraman serta umum digunakan dalam industri kimia. Zat kimia ini bisa diproduksi dengan dua cara: kering dan basah. Pada proses kering, pasir (SiO_2) dicampur dengan natrium karbonat (Na_2CO_3) atau kalium karbonat (K_2CO_3) pada suhu antara 1100°C dan 1200°C. Reaksi ini menghasilkan kaca atau pecahan, yang dilarutkan dalam air di bawah tekanan tinggi menghasilkan cairan bening dan sedikit kental. Sedangkan pada proses pembuatan basah, pasir (SiO_2) dan natrium hidroksida (NaOH) dicampur melalui proses filtrasi sehingga menghasilkan gelas air murni (Baktiar, 2021).

Gambar 2.2: *Water glass*.

2.4 Pengujian Terhadap Beton

Pengujian beton harus dilakukan untuk mengetahui apakah kekuatan beton tersebut sesuai dengan kebutuhan struktur yang direncanakan. Ada beberapa metode untuk pengujian kekuatan beton, namun yang paling umum yaitu (Kuncoro, 2021):

1) Pengujian Kekuatan Tekan (*Compression Test*).
2) Pengujian Kekuatan Tarik (*Tensile Test*).
3) Pengujian Kekuatan Lentur (*Flexural Test*).

2.4.1 *Slump Test*

Slump beton adalah penurunan tinggi titik tengah permukaan beton yang diukur segera setelah cetakan tes uji slump diangkat. *Slump* digunakan untuk mengetahui tingkat kemampuan kerja suatu campuran pada beton, dan hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan pada beton. Uji *test slump* ini dilakukan pada beton segar yang dituangkan ke dalam kerucut abrams. Pengisian pada kerucut abrams dilakukan dalam tiga lapisan yaitu 1/3, 2/3, dan 3/3, dan setiap lapisan harus dipadatkan dengan cara menusuk sebanyak 25 kali menggunakan batang pemadat. Setelah penusukan selesai, gunakan tongkat untuk meratakan permukaan benda uji. Selanjutnya angkat cetakan dan balikkan. Setelah itu, ukur selisih tinggi cetakan dengan tinggi benda uji. Tujuan dari uji *slump* adalah untuk mengetahui kecelakaan pada beton dengan cara mengukur penurunan benda uji terhadap tinggi kerucut (Kosim, 2021).

2.4.2 Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan beton (*Curing*) merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk mencegah hilangnya kadar air secara cepat pada beton segar agar tidak cepat retak. Salah satu metode perawatan beton yang paling umum digunakan adalah dengan mengalirkan air ke beton secara berkala. Namun cara ini memerlukan proses yang panjang. Tujuan perawatan pada beton adalah untuk mencegah hilangnya air dalam jumlah besar. Sekaligus karena tahap awal hidrasi membutuhkan air dan merupakan masa kritis. Pencegahan dapat dilakukan dengan cara: penyiraman, perendaman, dan penutup. Penelitian ini melakukan perawatan perendaman selama 28 hari. Hidrasi pada semen terjadi karena adanya air yang tercampur ke dalam campuran beton. Keadaan ini harus dipertahankan agar reaksi hidrasi kimia dapat terjadi sepenuhnya. Jika beton mengering terlalu cepat, akan terbentuk retakan pada permukaan. Kekuatan beton berkurang karena retakan ini dan kurangnya reaksi kimia yang sempurna (Supriani, 2019).

Perendaman juga bisa memakai air garam/laut. Air laut mengandung 30.000 – 36.000 mg/liter garam (3%-3,6%) dapat digunakan sebagai air pencampur beton tidak bertulang. Air laut yang mengandung garam di atas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pratekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangannya (Irawan, 2023).

Gambar 2.3: Bak perendaman.

2.4.3 Penyerapan Air

Laju penyerapan air permukaan pada sampel berbeda, dan laju penyerapan air di dalam beton sedikit berbeda. Selain itu, daya serap air permukaan yang tinggi hanya akan menurunkan kuat tekan perkerasan beton. Kuat tekan keseluruhan beton bergantung pada permukaan beton dan struktur internal beton. Dapat dikatakan bahwa kekuatan beton tidak dapat dinilai hanya berdasarkan daya serap air saja. Laju penyerapan air dapat dihitung berdasarkan Pers. 4 di bawah (Ardynatha, 2020):

$$P_A = \frac{b-a}{a} \text{ x } 100\% \tag{2.1}$$

Keterangan:

P_A = Penyerapan air (%)

a = Berat awal beton (Kg)

b = Berat setelah perendaman (Kg)

2.4.4 Pengujian Kuat Tekan Pada Beton

Kuat tekan beton adalah parameter terpenting yang perlu diketahui dan ini memberikan gambaran tentang hampir semua sifat mekanik beton lainnya. Semua tegangan tekan diasumsikan ditanggung oleh beton, meskipun tegangan tarik yang kecil terjadi di dalam beton. Kuat tekan yang dihasilkan menunjukkan bahwa beton mempunyai kinerja yang baik. Semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan maka semakin tinggi pula mutu beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah proporsi campuran, pencampuran pada saat pembuatan, pembuatan, pemadatan, dan pemeliharaan beton itu sendiri (Melinda, 2020).

Mesin uji universal digunakan untuk menguji kuat tekan spesimen. Beban tersebut didistribusikan secara merata dan terus menerus melintasi pusat gravitasi sepanjang sumbu longitudinal yang menghasilkan tegangan dengan menggunakan persamaan (Hermansyah, 2019):

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{2.2}$$

Keterangan:

$f'c$ = Kuat tekan pada saat pengujian (kg/cm^2).

P = Beban tekan aksial (kg).

A = Luas penampang (cm^2).

Gambar 2.4: Alat pengujian kuat tekan beton.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penambahan abu sekam padi meningkatkan kuat tekan beton sehingga menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan kuat tekan rencana yaitu 18,68 MPa. Laju penambahan abu sekam padi yang optimal adalah sebesar 6%, dan nilai kuat tekannya sebesar 19,44 MPa, meningkat sebesar 2,2% dibandingkan beton normal. Uji laboratorium menunjukkan bahwa material lokal cocok untuk digunakan sebagai campuran beton (Wahyuni, 2020).

Metode yang digunakan adalah penelitian destruktif laboratorium dengan menggunakan sampel yang akan diuji. Pembuatan benda uji dibedakan menurut tahapan yang ditentukan. Kadar abu sekam padi yang digunakan pada campuran beton yang digunakan adalah 8%, 9%, 10%, 11%, dan 12%. Benda uji silinder beton pada penelitian ini berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dan pengujian dilakukan pada saat silinder beton berumur 28 hari. Dari hasil analisa kuat tekan beton normal tanpa abu sekam padi adalah 22,39 MPa, namun bila kadar abu sekam padi berubah dari 10% maka kuat tekan beton abu sekam padi meningkat menjadi 25,70 MPa. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan abu sekam padi dapat mengurangi jumlah semen dalam campuran beton dan mencapai kuat tekan yang lebih tinggi (Anggraini, 2024).

Analisis penambahan *water glass* 0%, 5%, dan 10%, pengamatan beton umur 7, 14, dan 28 hari, serta perbandingan beton biasa dengan penambahan *water glass*. Metode eksperimen pada penelitian ini adalah dengan menyiapkan beton berbentuk silinder. Dalam pembuatan beton ini digunakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta *water glass* dengan perbandingan 0%, 5%, dan 10% dari berat semen. Nilai beton yang digunakan adalah beton *f* ‘c 20 MPa dan waktu uji kuat tekannya adalah setelah beton berumur 7 hari, setelah berumur 14 hari dan setelah 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian, pada penambahan varian dan penambahan *water glass* 5% kuat tekan maksimumnya mencapai 23,04 MPa, dan pada penambahan *water glass* 10% kuat tekan maksimumnya mencapai 21,91 MPa. Dari hasil pengujian kuat tekan beton curing selama 28 hari dapat disimpulkan bahwa peningkatan optimal terjadi pada penambahan *water glass* 5%. Sebaliknya penambahan *water glass* 10% pada kurang optimal (Baktiar, 2021).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode penelitian adalah tindakan yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan informasi dan data serta melakukan penelitian berdasarkan data yang diperoleh. Metode penelitian memberikan gambaran rancangan mengenai penelitian yang akan dilakukan seperti prosedur/langkah-langkah yang harus dilakukan, waktu penelitian, sumber data, dan melalui langkah-langkah apa data itu diperoleh, yang selanjutnya data tersebut akan diolah dan dianalisis.

3.2 Tahapan Penelitian

1. Persiapan

Persiapan peralatan dan pengujian bahan utama yang digunakan dalam produksi benda uji beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen portland, dan air. Dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Pemeriksaan bahan susun beton

Pemeriksaan ini dilakukan untuk memastikan sifat dan karakteristik material beton serta menentukan apakah memenuhi persyaratan yang ditentukan bila digunakan dalam campuran beton (*mixture design*).

3. Perencanaan campuran

Perancangan campuran dilakukan sesuai (SNI 7656, 2012). Rencana tersebut didasarkan pada hasil pengujian terhadap bahan, dan direncanakan campuran jenis beton meliputi semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Hasil *mix design* ini diperoleh berupa perbandingan antara komponen-komponen penyusun beton dan selanjutnya digunakan sebagai dasar pembuatan benda uji.

4. Pembuatan benda uji

Tahapan pekerjaan yang akan dilakukan sebagai berikut:

a. Membuat adonan beton.

b. Melakukan pengujian *slump test* sesuai dengan SNI 7656 – 2012.

c. Melakukan pengecoran ke dalam balok beton.

d. Melepaskan benda uji dari balok beton.

5. Perawatan terhadap benda uji Benda uji dirawat dengan cara merendam beton dalam bak mandi selama 28 hari.

6. Pengujian beton

   Pada tahap ini dilakukan uji penyerapan dan uji kuat tekan.

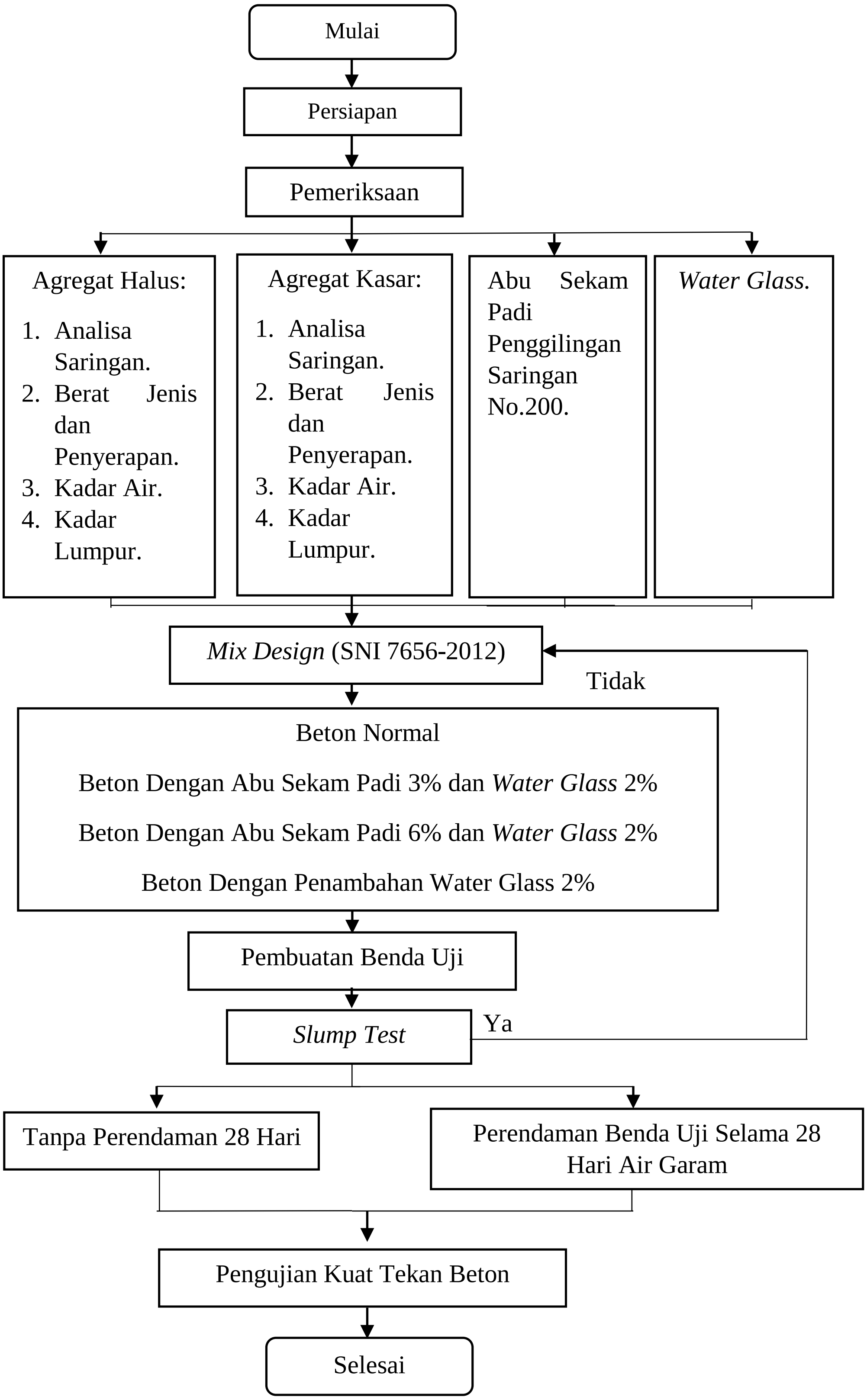
7. Analisis data dan pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data pengujian yang dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel, setelah itu dilakukan pembahasan hasil pengujian yang diperoleh.

8. Penarikan kesimpulan

Fase ini merupakan fase terakhir dari penelitian ini. Pada tahap ini dihasilkan hasil penelitian dari data yang dianalisis, terkait dengan tujuan penelitian dan juga saran untuk penelitian selanjutnya.

Seacara keseluruhan langkah–langkah penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1:


Mulai
Persiapan
Pemeriksaan
Agregat Halus:
1. Analisa Saringan.
2. Berat Jenis dan Penyerapan.
3. Kadar Air.
4. Kadar Lumpur.
Agregat Kasar:
1. Analisa Saringan.
2. Berat Jenis dan Penyerapan.
3. Kadar Air.
4. Kadar Lumpur.
Abu Sekam Padi Penggilingan Saringan No.200.
Water Glass.
Mix Design (SNI 7656-2012)
Tidak
Beton Normal
Beton Dengan Abu Sekam Padi 3% dan Water Glass 2%
Beton Dengan Abu Sekam Padi 6% dan Water Glass 2%
Beton Dengan Penambahan Water Glass 2%
Pembuatan Benda Uji
Slump Test
Ya
Tanpa Perendaman 28 Hari
Perendaman Benda Uji Selama 28 Hari Air Garam
Pengujian Kuat Tekan Beton
Selesai

Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara di Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan. Penelitian ini rencananya akan dilakukan pada bulan April 2024.

3.4 Sumber Data dan Pengambilan Data

Penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini tidak terlepas dari data pendukung. Data pendukung dari penelitian laboratorium meliputi:

1. Data Primer

Data primer berasal dari hasil yang dilakukan di laboratorium. Data diperoleh dari perhitungan laboratorium sebagai berikut:

a. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136:2012).
b. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969,2016).
c. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970,2016).
d. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971-2011).
e. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4142-1996).
f. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973:2008).
g. Perencanaan dalam campuran beton (*mix design*) (SNI 7656-2012).
h. Kekentalan adukan beton segar (*slump test*) (SNI 1972:2008).
i. Perawatan beton dengan perendaman (SNI 2493-2011).
j. Pengujian kuat tekan beton (SNI 1974-2011).

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari beberapa buku atau literatur dengan topik teknik beton dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing. Data teknis dan buku literatur sebagai pendukung untuk menyempurnakan penelitian yang akan dilakukan.

3.5 Persiapan Bahan dan Alat

3.5.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Semen

   Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen Portland tipe I.

2. Agregat Halus

   Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Medan Amplas, Sumatera Utara.

3. Agregat Kasar

   Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Medan Amplas, Smatera Utara

4. Air

   Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Abu Sekam Padi

   Abu sekam padi yang digunakan pada penelitian akan dibeli dari tempat kilang penggilingan padi.

6. *Water Glass*

   Water glass yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dari panglong sekitar.

3.5.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Saringan agregat halus No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, dan No.100, digunakan untuk memisahkan agregat halus sesuai dengan ukurannya.
2. Saringan agregat kasar 1½", ¾", ⅜", dan No.4, digunakan untuk memisahkan agregat kasar sesuai dengan ukurannya.
3. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang agregat halus, agregat kasar, dan benda uji.
4. Plastic, digunakan sebagai tempat agregat yang sudah disaring.
5. Kuas, digunakan untuk mngoleskan vaseline ke cetakan silinder.

6. Alat pengaduk beton (*mixer*), digunakan untuk membuat campuran beton.
7. Pan, digunakan sebagai wadah untuk menyaring agregat.
8. Kerucut abrams, digunakan sebagai tempat cetakan untuk uji slump test.
9. Sarung tangan, digunakan untuk melindungi tangan pada saat pengujian berlangsung di laboratorium.
10. Masker, digunakan untuk menghindari debu pada saat melakukan pengujian di laboratorium.
11. Bak perendam, digunakan untuk merendam benda uji.
12. Penggaris, digunakan untuk mengukur hasil dari nilai uji slump test.
13. Oven, digunakan untuk mengeringkan agregat.
14. Sekop tangan, digunakan untuk mengaduk dan memasukkan agregat ke dalam cetakan.
15. Tongkat penumbuk, digunakan untuk memadatkan benda uji.
16. Gelas ukur, digunakan untuk mengukur takaran air.
17. *Vaseline*, digunakan untuk mengoleskan cetakan agar tidak menempel pada saat membuka cetakan beton.
18. Cetakan silinder, digunakan untuk mencetak benda uji.
19. Mesin kompres (*compression test*), digunakan untuk menguji kekuatan tekan beton.

3.6 Rancangan Benda Uji

Rancangan penelitian yang akan digunakan adalah metode eksperimen. Pada rancangan penelitian ini abu sekam padi menggunakan persentase 3% dan 6% sebagai substitusi dari aggregat halus dan *water glass* sebanyak 2% sebagai penambahan (*filler*) pada benda uji. Benda uji yang akan di buat berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm untuk pengujian kuat tekan beton. Jumlah sampel pada penelitian ini sebanyak 21 buah dengan umur 28 hari. Untuk rinciannya sebagai berikut:

a. 3 sampel beton normal pada umur 28 hari.
b. 3 sampel beton dengan abu sekam padi 3% sebagai substitusi agregat halus dan *water glass* 2% sebagai bahan tambah (*filler*) dengan variasi 3 FAS pada umur 28 hari.

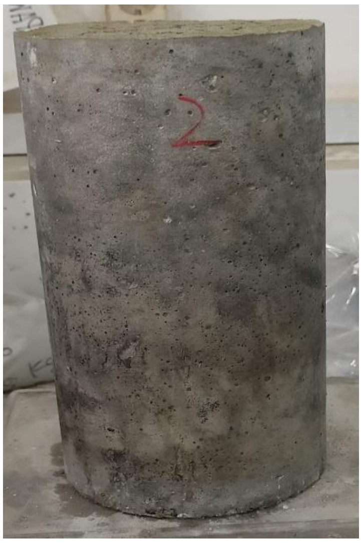
c. 3 sampel beton dengan abu sekam padi 6% sebagai substitusi agregat halus dan *water glass* 2% sebagai bahan tambah (*filler*) dengan variasi 3 FAS pada umur 28 hari.

d. 6 sampel beton *curing* (beton yang direndam di dalam air garam) dengan abu sekam padi 3%, 6%, dan sebagai substitusi agregat halus dan *water glass* 2% sebagai bahan tambah (*filler*) dengan variasi 3 FAS pada umur 28 hari.

e. 3 sampel beton normal *curing* (beton yang direndam di dalam air garam) pada umur 28 hari.

f. 3 sampel beton dengan *water glass* 2% sebagai bahan tambah (*filler*) dengan variasi 3 FAS pada umur 28 hari.

Penggambaran pada benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dapat dilihat pada Gambar 3.2:



Gambar 3.2: Benda uji silinder.

Dengan Rumus Volume:

$$V = \pi . r^2 . t \qquad (3.1)$$

Keterangannya:

V = Volume Silinder (m^3).

π = Konstanta.

r = Jari-Jari Silinder (cm).

t = Tinggi Silinder (cm).

Kondisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.1: Benda uji dan campuran pembuatan beton.

No	Kode Benda Uji	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Abu Sekam Padi	Water Glass	Jumlah Sampel
1	BTN	100%	100%	100%	0%	0%	3
2	BTPG 1	98%	100%	97%	3%	2%	3
3	BTPG 2	98%	100%	94%	6%	2%	3
4	BTNC	100%	100%	100%	0%	0%	3
5	BTPGC1	98%	100%	97%	3%	2%	3
6	BTPGC2	98%	100%	94%	6%	2%	3
7	BTWC	98%	100%	100%	0%	2%	3
Jumlah Total							21

Keterangan:

BTN = Beton normal.

BTPG1 = Beton dengan abu sekam padi 3% dan *water glass* 2%.

BTPG2 = Beton dengan abu sekam padi 6% dan *water glass* 2%.

BTNC = Beton normal dengan *curing* (air garam).

BTPGC1 = Beton dengan abu sekam padi 3% dan *water glass* 2% dengan *curing* (air garam).

BTPGC2 = Beton dengan abu sekam padi 6% dan *water glass* 2% dengan *curing* (air garam).

BTWC = Beton dengan *water glass* 2% *curing* (air garam).

3.7 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat dilakukan di laboratorium terhadap agregat kasar dan halus sesuai pedoman (SNI ASTM C136-2012,2012) tentang pemeriksaan agregat.

3.7.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Menurut (SNI ASTM C136-2012,2012) mengenai pemeriksaan Analisa gradasi agregat kasar, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk penelitian.
2. Mengambil dan menimbang agregat halus yang diperlukan.
3. Menyusun saringan sehingga membentuk satu set saringan 1,5”; 3/4"; 3/8”; dan No. 4.
4. Kemudian menyaring agregat kasar sampai benar-benar tersaring dengan sempurna.
5. Setelah tersaring dengan sempurna kemudian mengambil dan memasukkan agregat kasar yang tertahan disetiap saringan kedalam plastik.
6. Menimbang dan mencatat setiap agregat kasar yang tertahan pada tiap-tiap saringan.
7. Membersihkan dan mengembalikan peralatan ketempat semula.

Perhitungannya:

$$\text{M H B}_{\text{Ag .K}} = \frac{\sum(\%\ Berat\ Tertahan\ Kumulatif)}{100} \tag{3.2}$$

Keterangannya:

MHB = Modulus Kehalusan Butir.

Ag.K = Agregat Kasar.

3.7.2 Analisa Saringan Agregat Halus

Menurut (SNI ASTM C136-2012,2012) mengenai pemeriksaan analisa gradasi agregat halus, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk penelitian.
2. Mengambil dan menimbang agregat halus yang diperlukan.
3. Menyusun saringan sehingga membentuk satu set saringan No. 4; No. 8; No. 16; No. 30; No. 50; No. 100; No. 200 dan PAN.
4. Kemudian menyaring agregat halus sampai benar-benar tersaring dengan sempurna.
5. Setelah tersaring dengan sempurna kemudian mengambil dan memasukkan agregat halus yang tertahan disetiap saringan kedalam plastik.
6. Menimbang dan mencatat setiap agregat halus yang tertahan pada tiap-tiap saringan.
7. Membersihkan dan mengembalikan peralatan ketempat semula.

Perhitungannya:

$$\text{M H B}_{\text{Ag .H}} = \frac{\sum(\%\ \text{Berat Tertahan Kumulatif})}{100} \tag{3.3}$$

Keterangannya:

MHB = Modulus Kehalusan Butir.

Ag.H = Agregat Halus.

3.7.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Menurut SNI 1969:2016 (Badan Standarisasi Nasional SNI 1969, 2016). mengenai pemeriksaan berat jenis agregat kasar, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Keringkan contoh uji tersebut pada temperatur (110 ± 5) ℃ sampai berat tetap, dinginkan pada temperatur ruang selama 1 jam sampai dengan 3 jam untuk contoh uji dengan ukuran maksimum nominal 37,5 mm atau lebih lama untuk ukuran yang lebih besar sampai agregat cukup dingin pada temperatur yang dapat dikerjakan (kira-kira pada temperatur 50 temperatur 50℃).

Sesudah itu rendam agregat tersebut di dalam air pada temperatur ruangdalam air pada temperatur ruang selama 15 jam sampai dengan 19 jam.

2. Apabila nilai-nilai penyerapan dan berat jenis akan dipergunakanan dalam menentukan proporsi campuran beton yang agregatnya akan berada pada kondisi alami, maka persyaratan untuk pengeringan awal sampai berat tetap dapat dihilangkan, dan jika permukaan butir partikel contoh uji terjaga secara terus-menerus dalam kondisi basah, perendaman 15 jam sampai dengan 19 jam juga dapat dihilangkan.
3. Pindahkan contoh uji dari dalam air ke dalam lembaran penyerap air dan digulung bolak balik sampai semua lapisan air permukaan yang terlihat hilang. Keringkan air dari butiran yang besar secara tersendiri. Aliran udara yang bergerak dapat digunakan untuk membantu pekerjaan pengeringan. Kerjakan secara hati-hati untuk menghindari penguapan air dari pori-pori agregat dalam mencapai kondisi jenuh kering permukaan. Jika contoh uji mengering melewati kondisi jenuh kering permukaan, rendamlah contoh uji selama 30 menit, lalu lakukan kembali proses pengeringan permukaan contoh uji sampai dengan kondisi jenuh kering permukaan. Tentukan berat benda uji pada kondisi jenuh kering permukaan. Catat kering permukaan beratnya dengan ketelitian beratnya dengan ketelitian 1,0 gr atau 0,1 % dari berat contoh uji, pilih nilai yang paling besar.
4. Setelah berat ditentukan, segera tempatkan contoh uji yang berada dalam kondisi jenuh kering permukaan tersebut didalam wadah lalu tentukan beratnya di dalam air yang mempunya kerapatan (997 ± 2) kg/m3 pada temperatur (23,0 ± 1,7) °C. Hati-hatilah sewaktu berusaha menghilangkan udara yang terperangkap sebelum menentukan berat dengan cara menggoncangkan wadah dalam kondisi terendam.
5. Keringkan contoh uji tersebut pada temperatur (110 ± 5) °C sampai berat tetap, diinginkan pada temperatur ruang selama 1 jam sampai dengan 3 jam, atau sampai agregat telah dingin pada suatu temperatur yang dapat dikerjakan (kira-kira pada temperatur 50 °C), kemudian tentukan beratnya.

Perhitungannya:

a. Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)

$$S_d = \frac{A}{B-C} \tag{3.4}$$

b. Berat Jenis Curah Kondisi SSD (*Bulk Specific Gravity*)

$$S_s = \frac{B}{B-C} \tag{3.5}$$

c. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$S_a = \frac{B}{B-C} \tag{3.6}$$

d. Berat Jenis Rata – Rata

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100\ G_1} + \frac{P_2}{100\ G_2} + \frac{P_3}{100\ G_3}} \tag{3.7}$$

Keterangannya:

A = Berat benda uji kering oven (gr).

B = Berat benda uji kondisi kering permukaan di udara (gr).

C = Berat benda uji dalam air (gr).

S = Benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr).

$P_1, P_2, P_3, \ldots P_n$ = Persentase berat setiap fraksi pada contoh uji asli.

$G_1, G_2, G_3, \ldots G_n$ = Nilai berat jenis yang tepat untuk fraksi sesuai tipe berat jenis yang dirata-ratakan.

3.7.4 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Menurut SNI 1970:2016 (SNI 1970-2016 Berat Jenis Agregat Halus.Pdf, 2016.) mengenai pemeriksaan berat jenis agregat halus, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Penentuan dan pencatatan berat harus sampai ketelitian 0,1 gram.
2. Isi piknometer dengan air Sebagian saja. Segera setelah itu masukkan agregat halus ke dalam piknomter (500 ± 10) gram dalam kondisi jenuh kering permukaan yang telah disiapakan sebelumnya. Tambahkan air sampai kira-

kira 90% kapasitas piknometer. Putar dan guncangkan piknometer dengan tangan yang menghilangkan gelembung udara yang terdapat didalam air.

3. Keluarkan agregat halus dari dalam piknometer, keringkan sampai berat tetap pada temperatur (110 ± 5) °C, dinginkan pada temperatur ruang selama (1,0 ± 0,5) dan timbang beratnya.
4. Timbanglah berat piknometer pada saat terisi air saja sampai pembacaan yang ditentukan pada temperatur (23 ± 1,7) °C.

Perhitungannya:

a. Berat Jenis Curah Kering (*Bulk Specific Gravity*)

$$S_d = \frac{A}{(B+S+C)} \tag{3.8}$$

b. Berat Jenis Curah Kering Permukaan (*Bulk Specific Gravity*)

$$S_s = \frac{B}{(B+S-C)} \tag{3.9}$$

c. Berat Jenis Semu

$$S_a = \frac{B}{(B+A-C)} \tag{3.10}$$

d. Berat Jenis Rata-Rata

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100\ G_1} + \frac{P_2}{100\ G_2} + \frac{P_3}{100\ G_3}} \tag{3.11}$$

Keterangannya:

A = Berat benda uji kering oven (gr).

B = Berat benda uji kondisi kering permukaan di udara (gr).

C = Berat benda uji dalam air (gr).

S = Benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr).

P_1, P_2, P_3, … P_n = Persentase berat setiap fraksi pada contoh uji asli.

G_1, G_2, G_3, …G_n = Nilai berat jenis yang tepat untuk fraksi sesuai tipe berat jenis yang dirata-ratakan.

3.7.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Menurut (SNI 1973:2008,2008) mengenai pemeriksaan berat isi agregat kasar, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Pemilihan Metode Pemadatan

Pemilihan metode pemadatan berdasarkan nilai slump dilakukan jika tidak ditentukan dalam spesifikasi. Metode pemadatan dilakukan degan cara penusukan dan getaran internal. Untuk nilai slump yang lebih besar dari 75 mm pemadatan dilakukan dengan cara penusukan. Untuk nilai slump yang terletak di antara 25 mm sampai 75 mm pemadatan dapat dilakukan dengan cara penusukan atau penggetaran internal. Apabila nilai slump lebih kecil dari 25 mm maka pemadatan hanya boleh dilakukan dengan cara penggetaran.

2. Pemadatan

Beton ditempatkan dalam tiga lapis dengan volume yang sama pada setiap lapis. Untuk wadah ukur yang digunakan dengan volume 14 liter atau lebih kecil, tusuk-tusuk setiap lapis dengan 25 tusukan batang penusuk, 50 tusukan bila volume wadah ukur yang digunakan 28 liter, dan satu tusukan untuk setiap 20 cm2 dari permukaan untuk wadah ukur yang lebih besar. Tusukan lapisan bawah tidak menyentuh wadah ukur bagian bawah. Penusukan dilakukan secara merata di atas penampang melintang wadah ukur dan untuk dua lapis di atasnya, tusukan menembus lapisan di bawahnya sedalam 25 mm. Setelah setiap lapis ditusuk, pukul-pukul setiap sisi sebanyak 10 sampai 15 kali dengan menggunakan palu untuk mengurangi jumlah pori dalam beton.

3. Penggetaran Internal

Isi dan getarkan wadah ukur dalam dua lapis yang sama. Tempatkan semua beton dalam setiap lapis dalam wadah ukur sebelum penggetaran dimulai pada lapis tersebut. Masukkan alat penggetar pada tiga tempat yang berbeda di setiap lapis. Untuk pemadatan lapis bawah, alat penggetar diusahakan tidak mengenai bagian bawah wadah ukur. Dalam pemadatan lapis terakhir, alat penggetar harus menembus setiap lapis yang di bawahnya kira-kira 25 mm. Alat penggetar harus ditarik secara hati-hati agar tidak ada udara yang terperangkap dalam beton. mati lamanya waktu penggetaran yang diperlukan untuk berbagai jenis beton, penggetar dan alat ukur yang digunakan.

4. Penyelesain Pemadatan

Pada penyelesaian pemadatan, wadah ukur tidak boleh dalam keadaan kekurangan atau kelebihan beton. Jumlah maksimum kelebihan beton kirakira 3 mm di atas wadah ukur. Beton dapat ditambahkan dalam jumlah yang sedikit untuk menutupi kekurangan. Jika dalam wadah ukur terdapat kelebihan beton pada saat penyelesaian pemadatan, maka pindahkan kelebihan beton tersebut dengan menggunakan sendok semen atau sekop secepatnya seiring penyelesaian pemadatan dan sebelum wadah ukur diratakan.

5. Perataan

Setelah pemadatan, ratakan permukaan atas beton sampai batas atas wadah ukur dengan alat perata hingga permukaan beton benar-benar rata. Perataan sebaiknya dilakukan dengan menekan alat perata pada permukaan atas wadah ukur untuk menutupi sekitar 2/3 dari permukaan dan gerakkan pelat perata dengan gerakan menyapu sampai benar-benar tertutup. Kemudian letakkan pelat perata pada permukaan atas wadah ukur untuk menutupi 2/3 permukaan lainnya dan lakukan dengan tekanan vertikal dan gerakan menyapu untuk menutupi semua permukaan wadah ukur dan lanjutkan sampai permukaan wadah ukur benar-benar rata. Lakukan tusukan akhir dengan menggunakan pelat perata sampai permukaan mulus.

6. Pembersihan Dan Penimbangan

Setelah diratakan, bersihkan semua kelebihan beton yang terdapat pada bagian luar wadah ukur, lalu tentukan berat beton dan wadah ukur dengan timbangan sesuai dengan persyaratan pada SNI 1973:2008 untuk hasil yang akurat.

Perhitungannya:

a. Berat Isi

$$\mathrm{D} = \frac{\mathrm{Mc}-\mathrm{Mm}}{\mathrm{Vm}} \tag{3.12}$$

b. Volume Produksi Campuran

$$Y = \frac{M}{D} \tag{3.13}$$

c. Volume Produksi Campuran Relatif

$$R_y = \frac{Y}{Yd} \tag{3.14}$$

d. Kadar Semen

$$C = \frac{Cb}{Y} \tag{3.15}$$

e. Kadar Udara

$$A = \left[\frac{\{T-D\}}{T}\right] \text{ x } 100 \tag{3.16}$$

Atau

$$A = \left[\frac{\{Y-V\}}{Y}\right] \text{ x } 100 \tag{3.17}$$

Keterangannya:

D = Berat isi beton (kg/m^3).

M_c = Berat wadah ukur yang diisi beton (kg).

M_m = Berat wadah ukur (kg).

V_m = Volume wadah ukur (m^3).

M = Berat total material dalam campuran (kg).

Y = Volume produksi campuran (m^3).

R_y = Perbandingan volume produksi campuran aktif.

Y_d = Volume beton yang dirancang untuk diproduksi (m^3).

C = Kadar semen aktual (kg/m^3).

C_b = Berat semen dalam campuran (kg).

A = Kadar udara dalam beton (%).

T = Berat isi teoritis beton (kg/m^3).

V = Volume absolut total (m^3).

3.7.6 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Menurut (SNI 1973:2008) mengenai pemeriksaan berat isi agregat halus, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Pemilihan Metode Pemadatan

Pemilihan metode pemadatan berdasarkan nilai slump dilakukan jika tidak ditentukan dalam spesifikasi. Metode pemadatan dilakukan degan cara penusukan dan getaran internal. Untuk nilai slump yang lebih besar dari 75 mm pemadatan dilakukan dengan cara penusukan. Untuk nilai slump yang terletak di antara 25 mm sampai 75 mm pemadatan dapat dilakukan dengan cara penusukan atau penggetaran internal. Apabila nilai slump lebih kecil dari 25 mm maka pemadatan hanya boleh dilakukan dengan cara penggetaran.

2. Pemadatan

Beton ditempatkan dalam tiga lapis dengan volume yang sama pada setiap lapis. Untuk wadah ukur yang digunakan dengan volume 14 liter atau lebih kecil, tusuk-tusuk setiap lapis dengan 25 tusukan batang penusuk, 50 tusukan bila volume wadah ukur yang digunakan 28 liter, dan satu tusukan untuk setiap 20 cm2 dari permukaan untuk wadah ukur yang lebih besar. Tusukan lapisan bawah tidak menyentuh wadah ukur bagian bawah. Penusukan dilakukan secara merata di atas penampang melintang wadah ukur dan untuk dua lapis di atasnya, tusukan menembus lapisan di bawahnya sedalam 25 mm. Setelah setiap lapis ditusuk, pukul-pukul setiap sisi sebanyak 10 sampai 15 kali dengan menggunakan palu untuk mengurangi jumlah pori dalam beton.

3. Penggetaran Internal

Isi dan getarkan wadah ukur dalam dua lapis yang sama. Tempatkan semua beton dalam setiap lapis dalam wadah ukur sebelum penggetaran dimulai pada lapis tersebut. Masukkan alat penggetar pada tiga tempat yang berbeda di setiap lapis. Untuk pemadatan lapis bawah, alat penggetar diusahakan tidak mengenai bagian bawah wadah ukur. Dalam pemadatan lapis terakhir, alat penggetar harus menembus setiap lapis yang di bawahnya kira-kira 25 mm. Alat penggetar harus ditarik secara hati-hati agar tidak ada udara yang terperangkap dalam beton. mati lamanya waktu penggetaran yang diperlukan untuk berbagai jenis beton, penggetar dan alat ukur yang digunakan.

4. Penyelesain Pemadatan

Pada penyelesaian pemadatan, wadah ukur tidak boleh dalam keadaan kekurangan atau kelebihan beton. Jumlah maksimum kelebihan beton kirakira 3 mm di atas wadah ukur. Beton dapat ditambahkan dalam jumlah yang sedikit untuk menutupi kekurangan. Jika dalam wadah ukur terdapat kelebihan beton pada saat penyelesaian pemadatan, maka pindahkan kelebihan beton tersebut dengan menggunakan sendok semen atau sekop secepatnya seiring penyelesaian pemadatan dan sebelum wadah ukur diratakan.

5. Perataan

Setelah pemadatan, ratakan permukaan atas beton sampai batas atas wadah ukur dengan alat perata hingga permukaan beton benar-benar rata. Perataan sebaiknya dilakukan dengan menekan alat perata pada permukaan atas wadah ukur untuk menutupi sekitar 2/3 dari permukaan dan gerakkan pelat perata dengan gerakan menyapu sampai benar-benar tertutup. Kemudian letakkan pelat perata pada permukaan atas wadah ukur untuk menutupi 2/3 permukaan lainnya dan lakukan dengan tekanan vertikal dan gerakan menyapu untuk menutupi semua permukaan wadah ukur dan lanjutkan sampai permukaan wadah ukur benar-benar rata. Lakukan tusukan akhir dengan menggunakan pelat perata sampai permukaan mulus.

6. Pembersihan Dan Penimbangan

Setelah diratakan, bersihkan semua kelebihan beton yang terdapat pada bagian luar wadah ukur, lalu tentukan berat beton dan wadah ukur dengan timbangan sesuai dengan persyaratan pada SNI 1973:2008 untuk hasil yang akurat.

Perhitungannya:

a. Berat Isi

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm} \tag{3.18}$$

b. Volume Produksi Campuran

$$Y = \frac{M}{D} \tag{3.19}$$

c. Volume Produksi Campuran Relatif

$$R_y = \frac{Y}{Yd} \tag{3.20}$$

d. Kadar Semen

$$C = \frac{Cb}{Y} \tag{3.21}$$

e. Kadar Udara

$$A = \left[\frac{\{T-D\}}{T}\right] \text{ x } 100 \tag{3.22}$$

Atau

$$A = \left[\frac{\{Y-V\}}{Y}\right] \text{ x } 100 \tag{3.23}$$

Keterangannya:

D = Berat isi beton (kg/m^3).

M_c = Berat wadah ukur yang diisi beton (kg).

M_m = Berat wadah ukur (kg).

V_m = Volume wadah ukur (m^3).

M = Berat total material dalam campuran (kg).

Y = Volume produksi campuran (m^3).

R_y = Perbandingan volume produksi campuran aktif.

Y_d = Volume beton yang dirancang untuk diproduksi (m^3).

C = Kadar semen aktual (kg/m^3).

C_b = Berat semen dalam campuran (kg).

A = Kadar udara dalam beton (%).

T = Berat isi teoritis beton (kg/m^3).

V = Volume absolut total (m^3).

3.7.7 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Menurut (SNI 1971:2011) mengenai pemeriksaan kadar air agregat kasar, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Timbang benda uji sampai 0,1% massa terdekat (W_1); (Massa benda uji adalah massa wadah dan benda uji dikurangi massa wadah).

2. Keringkan benda uji langsung dalam wadah dengan menggunakan pemanas yang diinginkan dan jaga jangan sampai ada partikel yang hilang. Pemanasan yang terlalu cepat dapat menyebabkan partikel pecah dan keluar dari wadah sehingga mengurangi massa benda uji. Apabila pemanasan dapat merubah sifat benda uji agregat atau apabila disyaratkan pengujian yang lebih teliti maka gunakan oven yang memiliki pengatur temperatur. Apabila pemanas tidak menggunakan oven yang memiliki pengatur temperatur, aduk benda uji selama proses pengeringan untuk mempercepat proses dan menghindari pemanasan setempat.
3. Setelah dingin, sehingga tidak akan merusak atau mempengaruhi timbangan, timbang benda uji kering sampai 0,1% massa terdekat (W_2). Benda uji dianggap kering apabila pemanasan berikutnya hanya menyebabkan penurunan massa kurang dari 0,1%.

Perhitungannya:

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \qquad (3.24)$$

Keterangannya:

P = Kadar air benda uji (%).

W_1 = Massa benda uji (gr).

W_2 = Massa benda uji kering oven (gr).

3.7.8 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Menurut (SNI 1971:2011) mengenai pemeriksaan kadar air agregat halus, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Timbang benda uji sampai 0,1% massa terdekat (W_1); (Massa benda uji adalah massa wadah dan benda uji dikurangi massa wadah).
2. Keringkan benda uji langsung dalam wadah dengan menggunakan pemanas yang diinginkan dan jaga jangan sampai ada partikel yang hilang. Pemanasan yang terlalu cepat dapat menyebabkan partikel pecah dan keluar dari wadah sehingga mengurangi massa benda uji. Apabila pemanasan dapat merubah

sifat benda uji agregat atau apabila disyaratkan pengujian yang lebih teliti maka gunakan oven yang memiliki pengatur temperatur. Apabila pemanas tidak menggunakan oven yang memiliki pengatur temperatur, aduk benda uji selama proses pengeringan untuk mempercepat proses dan menghindari pemanasan setempat.

3. Setelah dingin, sehingga tidak akan merusak atau mempengaruhi timbangan, timbang benda uji kering sampai 0,1% massa terdekat (W_2). Benda uji dianggap kering apabila pemanasan berikutnya hanya menyebabkan penurunan massa kurang dari 0,1%.

Perhitungannya:

$$P = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \text{ x } 100\% \tag{3.25}$$

Keterangannya:

P = Kadar air benda uji (%).

W_1 = Massa benda uji (gr).

W_2 = Massa benda uji kering oven (gr).

3.7.9 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Menurut (SNI 03-4142-1996) mengenai pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Menyiapkan alat dan bahan dan bahan yang akan digunakan.
2. Timbang wadah tanpa benda uji.
3. Timbang benda uji dan masukkan kedalam wadah.
4. Masukkan air pencuci yang sudah berisi sejumlah bahan pembersih kedalam wadah, sehingga benda uji terendam.
5. Aduk benda uji dalam wadah sehingga menghasilkan pemisah yang sempurna antara butir-butir kasar dan halus yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Usahakan bahan halus tersebut menjadi melayang didalam larutan air pencuci sehingga mempermudah memisahkannya.

6. Tuangkan air pencuci diatas saringan nomor 16 (1,18 mm) yang dibawahnya dipasang saringan nomor 200 (0,075 mm) pada waktu menuangkan air pencuci harus hati-hati supaya bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
7. Kembalikan semua benda uji yang tertahan saringan nomor 16 (1,18 mm) dan nomor 200 (0,075 mm) ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5) ℃, sampai mencapai berat tetap dan timbang sampai ketelitian maksimum 0,1% dari berat contoh.
8. Hitung persen bahan yang lolos nomor 200 (0,075 mm) dengan rumus perhitungan sesuai SNI 03-4142-1969.

Perhitungannya:

a. Berat Kering Benda Uji Awal

$$W_3 = W_2 - W_3 \tag{3.26}$$

b. Berat Kering Benda Uji Sesudah Pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2 \tag{3.27}$$

c. Bahan Lolos Saringan Nomor 200 (0,075 mm)

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \text{ x } 100\% \tag{3.28}$$

Keterangannya:

W_1 = berat kering benda uji + wadah (gr).

W_2 = berat wadah (gr).

W_3 = berat kering benda uji awal (gr).

W_4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gr).

W_5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gr).

W_6 = lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) (%).

3.7.10 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Menurut (SNI 03-4142-1996) mengenai pemeriksaan kadar lumpur agregat halus, Langkah kerja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

Prosedur Pengujian:

1. Menyiapkan alat dan bahan dan bahan yang akan digunakan.
2. Timbang wadah tanpa benda uji.

3. Timbang benda uji dan masukkan kedalam wadah.
4. Masukkan air pencuci yang sudah berisi sejumlah bahan pembersih kedalam wadah, sehingga benda uji terendam.
5. Aduk benda uji dalam wadah sehingga menghasilkan pemisah yang sempurna antara butir-butir kasar dan halus yang lolos saringan nomor 200 (0,075 mm). Usahakan bahan halus tersebut menjadi melayang didalam larutan air pencuci sehingga mempermudah memisahkannya.
6. Tuangkan air pencuci diatas saringan nomor 16 (1,18 mm) yang dibawahnya dipasang saringan nomor 200 (0,075 mm) pada waktu menuangkan air pencuci harus hati-hati supaya bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
7. Kembalikan semua benda uji yang tertahan saringan nomor 16 (1,18 mm) dan nomor 200 (0,075 mm) ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C, sampai mencapai berat tetap dan timbang sampai ketelitian maksimum 0,1% dari berat contoh.
8. Hitung persen bahan yang lolos nomor 200 (0,075 mm) dengan rumus perhitungan sesuai SNI 03-4142-1969.

Perhitungannya:

a. Berat Kering Benda Uji Awal

$$W_3 = W_1 - W_2 \tag{3.29}$$

b. Berat Kering Benda Uji Sesudah Pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2 \tag{3.30}$$

c. Bahan Lolos Saringan Nomor 200 (0,075 mm)

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \text{ x } 100\% \tag{3.31}$$

Keterangannya:

W_1 = berat kering benda uji + wadah (gr).

W_2 = berat wadah (gr).

W_3 = berat kering benda uji awal (gr).

W_4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gr).

W_5 = berat kering benda uji sesudah pencucian (gr).

W_6 = lolos saringan nomor 200 (0,075 mm) (%).

3.8 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran beton sesuai standar SNI-7656-2012. Salah satu tujuan penelitian perencanaan campuran beton sesuai standar SNI-7656-2012 adalah menghasilkan beton yang mudah diolah dan memenuhi standar pengolahan Indonesia. Rencana campuran beton menurut SNI-7656- 2012 adalah:

1. Pemilihan *test slump*

Slump dapat ditambah bila digunakan bahan tambahan kimia, asalkan beton yang diberi bahan tambahan tersebut memiliki rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen yang sama atau lebihkecil dan tidak menunjukkan segregasi yang berarti atau bliding berlebihan. *Slump* boleh ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan penggetaran. Dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.2: Slump yang dianjurkan untuk konstruksi (SNI-7656-2012).

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

2. Pemilihan ukuran partikel agregat maksimum

Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil. Dengan demikian, beton dengan agregat berukuran lebih besar membutuhkan lebih sedikit adukan mortar per satuan isi beton.

Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi:

a. 1/5 dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting.

b. 1/3 tebal pelat lantai.

c. ¾ jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan atau tendon tulangan prategang (*pretensioning strands*).

Bila diinginkan beton berkekuatan tinggi, maka hasil terbaik dapat diperoleh dengan ukuran nominal agregat maksimum yang lebih kecil karena hal ini akan memberikan kekuatan lebih tinggi pada rasio air semen yang diberikan.

2. Estimasi volume campuran air dan udara

Banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentutergantung pada:

a. Ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat.

b. Temperatur beton.

c. Perkiraan kadar udara.

d. Penggunaan bahan tambahan kimia.

Slump tidak terlalu dipengaruhi oleh jumlah semen atau bahan bersifat semen lainnya dalam tingkat pemakaian yang normal, penggunaan sedikit bahan tambahan mineral yang halus dapat mengurangi kebutuhan air, perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target slump yang diinginkan.

Perbedaan dalam kebutuhan air tidak selalu ditunjukkan dalam kekuatan mengingat adanya faktor-faktor penyimpangan lainnya yang juga terlibat. Agregat kasar yang bundar dan bersudut, keduanya bermutu baik dan memiliki gradasi yang sama, dapat diharapkan menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang kira-kira sama untuk jumlah semen yang sama, sekalipun ada perbedaan dalam rasio air-semen atau rasio air- (semen+pozolanik) yang dihasilkan dari kebutuhan air pencampur yang berbeda. Bentuk partikel agregat tidak selalu merupakan indikator, baik lebih tinggi atau lebih rendah dari kekuatan rencana.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan perkiraan kebutuhan air diantaranya dalam menambhakan bahan tambah zat kimia. Bahan tambahan kimia dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan; awet; lebih ekonomis; menambah atau mengurangi waktu pengikatan; mempercepat kekuatan dan atau mengontrol panas hidrasi. Bahan tambahan kimia digunakan setelah dilakukan evaluasi secara cermat.

Bahan tambahan/aditif untuk mengurangi kadar air pencampur dan atau mengatur waktu pengikatan yang memenuhi syarat ASTM C 494, bila digunakan dengan atau tanpa campuran bahan tambahan kimia lainnya, akan banyak mengurangi jumlah air per satuan isi beton. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk slump yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti sifat pengerjaan, penyelesaian akhir (*finishing*), pemompaan, keawetan, dan kuat tekan serta kuat lenturnya. Penambahan bahan tambahan kimia cair dalam jumlah banyak harus dianggap sebagai bagian dari air pencampur.

3. Pemilihan rasio air dan semen.

Rasio w/c atau w/(c+p) yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan bersifat semen yang berbeda-beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio w/c atau w/(c+p) yang sama, sangat dibutuhkan adanya hubungan antarakekuatan dengan w/c atau w/(c+p) dari bahan-bahan yang sebenarnya akan dipakai. Bila data ini tidak ada, maka perkiraan dan nilai lama dari beton yang menggunakan semen Portland tipe I, diberikan dalam Tabel. Dengan bahanbahan tertentu, nilai w/c atau w/(c+p) akan memberikan kekuatan seperti dalam Tabel, berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku di laboratorium. Kekuatan rata- rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk menggunakan hasil-hasil uji yang rendah dalam rentang batas tertentu.

Tabel 3.3: Rasio air semen dan kekuatan beton (SNI-7656-2012).

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa	Rasio air semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52

Tabel 3.3: *Lanjutan*.

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa	Rasio air semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

4. Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh- contoh di langkah 3 dan langkah 4 tersebut di atas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (langkah 3) dibagi rasio air-semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak.

Penggunaan bahan pozolanik atau bahan tambahan kimia akan mempengaruhi sifat-sifat dari beton baik beton segar maupun beton yang telah mengeras.

5. Perkiraan kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat atau kondisi kering oven dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel. Atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafis.

Tabel 3.4: Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI-7656-2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Volume dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental atau kelecakan rendah, seperti untuk konstruksi lapis lantai (*pavement*), nilainya dapat ditambah sekitar 10 %.

6. Perkiraan kadar agregat halus

Berat per satuan volume beton dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang memakai bahan-bahan yang sama.

Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m^3 tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan seperti yang akan ditunjukkan dalam contoh-contoh.

Tabel 3.5: Perkiraan awal berat beton segar (SNI-7656-2012).

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton kg/m^3	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Diperhalus lagi dengan cara sebagai berikut: untuk setiap perbedaan air pencampur 5 kg dengan slump sebesar 75 mm sampai dengan 100 mm (Tabel 2), koreksi berat tiap m^3 sebanyak 8 kg pada arah berlawanan; untuk setiap perbedaan 20 kg kadar semen dari 330 kg, koreksi berat per m^3 sebesar 3 kg dalam arah bersamaan; untuk setiap perbedaan berat jenis agregat 0,1 terhadap nilai 2,7, koreksi berat beton sebesar 60 kg dalam arah yang sama. Untuk beton dengan tambahan udara, gunakan Tabel. Berat dapat ditambah 1 % untuk setiap 1 % berkurangnya kadar udara dari jumlah tersebut.

Bila diinginkan perhitungan berat beton per m^3, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan:

$$U = 10\, G_a\,(100 - A) + c\,(1 - G_a/G_c) - w\,(G_a - 1) \qquad (3.32)$$

Keterangan:

U = adalah berat beton segar (kg/m^3).

G_a = adalah berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan kasar, kering permukaanjenuh (SSD adalah *Saturated Surface Dry*).

G_c = adalah berat jenis semen (umumnya = 3,15).

A = adalah kadar udara (%).

w = adalah syarat banyaknya air pencampur (kg/m^3).

c = adalah syarat banyaknya semen (kg/m^3).

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

7. Adaptasi terhadap kelembapan agregat

Jumlah agregat yang harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembab, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran harus ditambahkan ke dalam campuran harus dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

Dalam beberapa hal diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air lebih besar dari 1%, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan slump yang lebih besar akibat berkurangnya air pencampur. Rasio air semen akan berkurang akibat air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan partikel semen tidak terbawa masuk ke dalam agregat.

Menurut SNI 03-2493-1991, prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium mengijinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1,0 % kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*). Disarankan oleh SNI 03-

2493-1991 bahwa jumlah yang diserap dianggap sebesar 80% dari perbedaan antara jumlah air sebenarnya yang terdapat dalam pori-pori agregat dan penyerapan jumlah nominal 24 jam yang ditentukan dalam SNI 03-1969- 1990 atau SNI 03-1970-1990.

Untuk agregat dengan penyerapan lebih besar, SNI 03-2493-1991 mensyaratkan pengondisian sebelumnya untuk memenuhi syarat penyerapan dengan pengaturan berat agregat didasarkan pada jumlah kadar air dan pengaturan termasuk air permukaan sebagai bagian dari air pencampur yang disyaratkan.

8. Mengatur campuran beton

Proporsi hasil perhitungan diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 03-2493-1991 atau sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air cukup untuk menghasilkan *slump* yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Beton diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan (*yield*) (SNI 03-1973-1990) dan kadar udara (SNI 03-3418-1994). Juga diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing*). Pengaturan harus dilakukan sesuai untuk campuran-campuran sebagai berikut.

Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai *slump* sama seperti campuran percobaan setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam m^3. Jika nilai *slump* campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak 2 kg/m^3 setiap pertambahan atau pengurangan nilai *slump* sebesar 10 mm.

Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam kg/m^3 dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan.

3.9 Pembuatan Benda Uji

Benda uji akan dibuat dengan menggunakan cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang berjumlah 21 benda uji. 21 benda uji tersebut dibagi dalam 7 jenis benda uji. Dengan persentase campuran abu sekam padi dan *water glass* yang berbeda beda. Dalam pembuatan benda uji, adapun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan untuk membuat beton.
2. Timbang bahan sesuai dengan informasi yang ditentukan.
3. Bersihkan cetakan dengan kain lap dan skrap. Setelah itu, oleskan dengan vaseline.
4. Menyalakan mesin pengaduk (*mixer*).
5. Memasukkan bahan-bahan mulai dari agregat kasar, agregat halus, abu sekam padi sebagai substitusi agregat halus, dan water glass sebagai bahan tambah (*filler*). Setelah itu, menunggu sampai adukan tercampur merata.
6. Tuangkan beton segar ke tempat pan dari mesin pengaduk (*mixer*).
7. Melakukan slump test pada beton segar tersebut.
8. Masukkan beton segar ke dalam cetakan (bekisting), pengisiannya 1/3 dengan menggunakan tongkat pemadat yang dilakukan sebanyak 25 kali tumbukan sampai penuh.
9. Ratakan permukaan cetakan dengan sendok semen.
10. Biarkan beton mengeras hingga 24 jam sampai beton tersebut bena-benar kering.
11. Setelah beton kering, buka cetakan beton dan masukkan beton ke dalam bak perendaman air selama 28 hari.
12. Setelah perendaman beton sudah 28 hari, angkat beton tersebut dari bak perendaman dan untuk beton perawatan (*curing*) periksa apakah beton tersebut menyerap banyak air atau tidak.
13. Setelah itu, melakukan pengujian kuat tekan beton.

3.10 Pengujian *Slump Test*

Nilai *slump* ditentukan untuk setiap beton yang mengandung campuran beton standar dan bahan tambahan (*admixture*). *Slump test* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan ke dalam wadah abramscone. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan, masing-masing lapisan 1/3 dari tinggi kerucut. Setiap lapisan harus dirojok sebanyak 25 kali menggunakan batang baja. Setelah diisi, ratakan permukaannya dengan sendok semen. *Slump test* selanjutnya dapat diukur dengan cara mengangkat kerucut secara vertikal dan mengukur selisih tinggi antara wadah dengan tinggi beton. Setelah wadah diangkat, Derajat kemampuan kerja erat kaitannya dengan derajat kemampuan kerja dan ketangguhan campuran beton. Semakin cair campuran betonnya, semakin mudah pengerjaannya. *Slump test* biasanya dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerja pada campuran beton. Semakin tinggi nilai slump maka campuran beton akan semakin mudah diolah.

3.11 Perawatan (*Curing*)

Perawatan terhadap benda uji dilakukan untuk memastikan proses hidrasi berjalan dengan baik dan proses pengerasan terjadi dengan sempurna, sehingga tidak terjadi keretakan pada beton dan terjamin mutu betonnya. Benda uji ini dirawat dengan cara ditempatkan pada bak perendaman. Benda uji kemudian dikeluarkan dari bak perendaman satu hari sebelum pengujian benda uji. untuk menghindari benda uji dalam keadaan basah. Pengujian dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari.

3.12 Penyerapan Air

Penyerapan air pada beton dilakukan setelah benda uji beton selesai menjalani proses perendaman. Untuk mengetahui penyerapan air pada beton, sebelum benda uji beton direndam terlebih dahulu benda uji tersebut di timbang untuk mengetahui berat benda uji tersebut. Dan setelah masa perendaman, beton tersebut di timbang kembali untuk mengetahui berat benda uji tersebut. Maka, dengan begitu kita bisa mengetahui penyerapan air pada beton tersebut dengan menggunakan rumus pada persamaaan (2.1).

3.13 Pengujian Kuat Tekan

Untuk pengujian kuat tekan digunakan SNI 1974-2011 “Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Uji Silinder”. Kuat tekan digunakan untuk mengetahui kekuatan beton. Sebelum benda uji ditekan, terlebih dahulu benda uji ditimbang berat benda ujinya untuk mengetahui berat jenis beton. Benda uji yang akan diuji ditempatkan pada mesin uji tekan dan dibebani hingga runtuh atau hancur. Artinya, sampai beban maksimum yang bekerja pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

Adha, I. (2011). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen. *Jurnal Rekayasa*, *15*(1), 33–40.

Anggraini, A. dan. (2024). *Pengaruh Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi (Rice Husk Ask) Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*. *05*(02), 42–51.

Apriliawati, A. (2016). Kajian Kuat Lekat Dan Kuat Tekan Pada Beton Serat. *Skripsi Sarjana, Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret*, 1–15.

Ardhiansyah, M. D. (2018). Pengaruh Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Beton. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 2018*, *2*(1), 41–49.

Ardynatha, C. (2020). Program Studi Teknik Sipil S1, ITN MALANG PENGARUH PENYERAPAN AIR PADA PENGGUNAAN SERAT BAMBU DENGAN TREATMENT NAOH TERHADAP MUTU BETON. *Student Journal GELAGAR*, *2020*(X), 1–9.

Baktiar. (2021). Pengaruh Penambahan Serbuk Kaca Terhadap Kuat Tekan Beton Non-Struktural. *Jurnal Teknika*, *13*(2), 73. https://doi.org/10.30736/jt.v13i2.632

Bloom, N., & Reenen, J. Van. (2013). Pengertian Agregat Halus. *NBER Working Papers*, 89. http://www.nber.org/papers/w16019

Fauzan. (2023). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Tetes Tebu (Molasse) Dan Kapur Alam. *Bangun Rekaprima*, *9*(1), 68. https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v9i1.4472

Ginting, A. (2019). *Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Pasir Terhadap Kuat Tarik Pada Beton Berserat (Studi Penelitian).*

Gunarti dkk. (2013). *Pengaruh-Penambahan-Waterglass-Pada-Sifat-Mekanik-Beton*. *1*(1).

Haikal, F. (2018). *beton yang direncanakan sebesar f'c 20 MPa. Persentase penambahan spanduk sebesar 0%, 0,15%*. *6*, 52–62.

Hermansyah. (2019). *TINJAUAN KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN SERAT BENDRAT SEBAGAI BAHAN TAMBAH*. *1*(2), 124–132.

Irawan. (2023). Pengaruh Perendaman Air Laut Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton. *Journal Rekayasa Sipil Dan Design*, *11*(4), 789–800.

Kosim. (2021). Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Bahan Limbah Cup Plastik. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*, *16*(01), 21–25.

https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/pilar/index

Kuncoro, F. B. (2021). Kajian Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Beton dengan Bahan Pengganti Semen Fly Ash Kadar 15%, 30%, dan 40% Terhadap Beton Normal. *Matriks Teknik Sipil*, *9*(3), 170. https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i3.54494

Melinda. (2020). Studi Eksperimental Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Kapur Dan Batu Apung Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen. *Jurnal Sipil Statik*, *8*(5), 671–678.

Nursyafril. (2018). *Pengaruh Perbedaan Gradasi Agregat Kasar Terhadap Kinerja Beton*. 9–20.

Safarizki dkk. (2021). Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Era New Normal. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, *4*(2), 63. https://doi.org/10.20961/jrrs.v4i2.42978

Sandya. (2019). Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Beton Geopolimer. *Educ. Build. J. Pendidik. Tek. Bangunan Dan Sipil*, *5*(2), 59–63.

Stirk, C. dan. (2019). Inovasi Beton. *Universitas Islam Riau*, 8–37. https://repository.uir.ac.id/2151/14/H.BAB III LANDASAN TEORI.pdf

Supriani. (2019). Pengaruh Metode Perlakuan Dalam Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Durabilitas Beton. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, *9*(2), 47–54. https://doi.org/10.33369/ijts.9.2.47-54

Taurano. (2021). Analisis Uji Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Kapur dan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Semen. *ORBITH: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa Dan Sosial*, *17*(1), 1–11.

Wahyuni. (2020). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Struktur Dan Sifat Mekanik Geopolimer Berbasis Fly Ash. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, *16*(2), 171. https://doi.org/10.35580/jspf.v16i2.15984

LAMPIRAN

LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK SIPILFAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Laman : https://umaiso17025.uma.ac.id Email : umaiso17025@uma.ac.id

Jalan Kolam No. 1 Medan Estate Medan 20371

KAN Komite Akreditasi Nasional

Laboratorium Penguji

LP-1728-IDN

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
SNI 1974-2011

F.PP/1-1/Rev.2

Nomor Laporan : **79 / LP / 0.3 / VI / 2024**

Pemohon Pengujian : **Aulianul Arifin**

Proyek : **Penelitian**

Lokasi : **UMSU**

Jenis Benda Uji : **Silinder (d=15;t=30)**

Mutu Benda Uji : **20 Mpa**

Jumlah Benda Uji **18**

Lembar 1 Dari 1

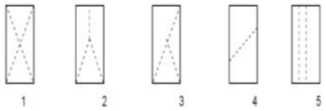
Diuji Oleh : Bahrian S Pohan, ST

Alat yang Dipakai : Machine Compression

Kap. 2000 KN

No	Identitas Benda Uji	T	D	T/D	Luasan	Berat Benda Uji	Tanggal		Umur Beton	Beban Tekan (Saat Pengujian)		Kuat Tekan Beton	Bentuk Kehancuran / Keterangan
		(cm)	(cm)		(cm^2)	(kg)	Cetak	Uji	(hari)	(kN)	(Kg)	(kg/cm^2)	
1	BTN 1.1	30	15	2	176,625	11,470	30-05-2024	27-06-2024	28	175,00	17845,03	**101,033**	1
2	BTN 1.2	30	15	2	176,625	11,118	30-05-2024	27-06-2024	28	250,00	25492,91	**144,334**	1
3	BTN 1.3	30	15	2	176,625	11,558	30-05-2024	27-06-2024	28	210,00	21414,04	**121,240**	1
4	BTW 1.1	30	15	2	176,625	11,280	30-05-2024	27-06-2024	28	205,00	20904,18	**118,353**	1
5	BTW 1.2	30	15	2	176,625	11,544	30-05-2024	27-06-2024	28	205,00	20904,18	**118,353**	1
6	BTW 1.3	30	15	2	176,625	11,958	30-05-2024	27-06-2024	28	180,00	18354,89	**103,920**	1
7	BTPG (1) 1.1	30	15	2	176,625	11,194	30-05-2024	27-06-2024	28	130,00	13256,31	**75,053**	1
8	BTPG (1) 1.2	30	15	2	176,625	11,426	30-05-2024	27-06-2024	28	165,00	16825,32	**95,260**	1
9	BTPG (1) 1.3	30	15	2	176,625	11,498	30-05-2024	27-06-2024	28	155,00	15805,60	**89,487**	1
10	BTPG (2) 2.1	30	15	2	176,625	10,726	30-05-2024	27-06-2024	28	150,00	15295,74	**86,600**	1
11	BTPG (2) 2.2	30	15	2	176,625	10,916	30-05-2024	27-06-2024	28	140,00	14276,03	**80,827**	1
12	BTPG (2) 2.3	30	15	2	176,625	10,950	30-05-2024	27-06-2024	28	150,00	15295,74	**86,600**	1
13	BTPG (C1) 1.1	30	15	2	176,625	11,604	30-05-2024	27-06-2024	28	175,00	17845,03	**101,033**	1
14	BTPG (C1) 1.2	30	15	2	176,625	11,774	30-05-2024	27-06-2024	28	175,00	17845,03	**101,033**	1
15	BTPG (C1) 1.3	30	15	2	176,625	11,856	30-05-2024	27-06-2024	28	140,00	14276,03	**80,827**	1
16	BTPG (C2) 2.1	30	15	2	176,625	11,180	30-05-2024	27-06-2024	28	125,00	12746,45	**72,167**	1
17	BTPG (C2) 2.2	30	15	2	176,625	11,338	30-05-2024	27-06-2024	28	125,00	12746,45	**72,167**	1
18	BTPG (C2) 2.3	30	15	2	176,625	11,534	30-05-2024	27-06-2024	28	145,00	14785,89	**83,713**	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantar satu)



Medan, 28 Juni 2024

Manajer Teknis

(Samsul A Sidik Hasibuan, ST, MT)

Manajer Puncak

(Susilawati, M.Kom)

LABORATORIUM PROGRAM STUDI TEKNIK SIPILFAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Laman : https://umaiso17025.uma.ac.id Email : umaiso17025@uma.ac.id

Jalan Kolam No. 1 Medan Estate Medan 20371

Laboratorium Penguji
LP-1728-IDN

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON
SNI 1974-2011

F.PP/1-1/Rev.2

Nomor Laporan : **80 / LP / 0.3 / VI / 2024**

Pemohon Pengujian : **Aulianul Arifin**

Proyek : **Penelitian**

Lokasi : **UMSU**

Jenis Benda Uji : **Silinder (d=15;t=30)**

Mutu Benda Uji : **20 Mpa**

Jumlah Benda Uji : **3**

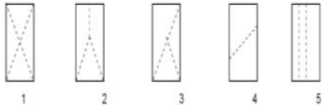
Lembar 1 Dari 1

Diuji Oleh : Bahrian S Pohan, ST

Alat yang Dipakai : Machine Compression
Kap. 2000 KN

No	Identitas Benda Uji	T	D	T/D	Luasan	Berat Benda Uji	Tanggal		Umur Beton	Beban Tekan (Saat Pengujian)		Kuat Tekan Beton	Bentuk Kehancuran / Keterangan
		(cm)	(cm)		(cm^2)	(kg)	Cetak	Uji	(hari)	(kN)	(Kg)	(kg/cm^2)	
1	BTNC 1	30	15	2	176,625	11,846	29-05-2024	26-06-2024	28	185,00	18864,75	**106,807**	1
2	BTNC 2	30	15	2	176,625	11,642	29-05-2024	26-06-2024	28	225,00	22943,61	**129,900**	1
3	BTNC 3	30	15	2	176,625	11,745	29-05-2024	26-06-2024	28	200,00	20394,32	**115,467**	1

Bentuk Kehancuran (pilih diantar satu)



Medan, 27 Juni 2024

Manajer Teknis

(Samsul A Sidik Hasibuan, ST, MT)

Manajer Puncak

(Susilawati, M.Kom)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA IDENTITAS DIRI

Nama Lengkap : Aulianul Arifin

Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 17 Agustus 2002

Jeni Kelamin : Laki - Laki

Agama : Islam

Alamat : JL. Mesjid GG. Teratai 32 Pasar XI No.7 Tembung

Nomor Hp : 085372672459

Nama Ayah : Ir. Akhiruddin

Nama Ibu : Mutiara Siregar

E-mail : aulianularifin@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

NIM : 2007210038

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Alamat Perguruan Tinggi : JL. Kapten Muchtar Basri No.3, Kota Medan, Sumatera Utara

PNDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar	:	SD Negeri 101764	2014
Sekolah Menengah Pertama	:	SMP Budisatrya	2017
Sekolah Menengah Atas	:	SMA Budisatrya	2020