

TUGAS AKHIR
PENGARUH CANGKANG KEMIRI DAN PECAHAN KACA
SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR
TERHADAP KUAT TEKAN BETON
(Studi Penelitian)

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

Disusun Oleh :

MUHAMMAD ABDILLAH
2107210117



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Abdillah

NPM : 2107210117

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca Sebagai
Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton

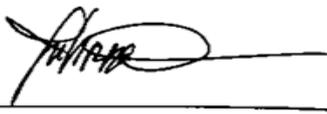
Bidang Ilmu : Struktur

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.

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 20 Agustus 2025

Dosen Pembimbing



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Abdillah

NPM : 2107210117

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca Sebagai
Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton

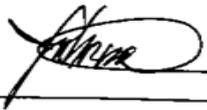
Bidang Ilmu : Struktur

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, 20 Agustus 2025

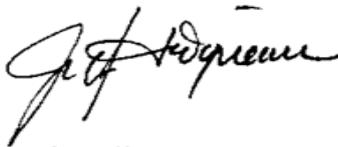
Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing



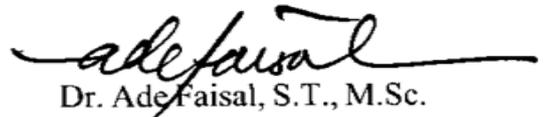
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., IPM.

Dosen Pembanding I



Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc.

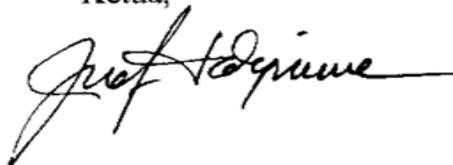
Dosen Pembanding II



Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc.

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,



Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Abdillah
Tempat/Tanggal Lahir : Tebing Tinggi/23 Juli 2003
NPM : 2107210117
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

” Pengaruh Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca Sebagai Subtitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton”

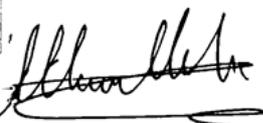
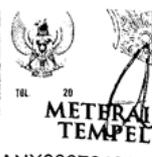
Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara.

Medan, 20 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



METERAI TEMPEL
C4ANX009721369
Muhammad Abdillah

ABSTRAK

**PENGARUH CANGKANG KEMIRI DAN PECAHAN KACA
SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR TERHADAP
KUAT TEKAN BETON**

Muhammad Abdillah
2107210117
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., IPM.

Beton merupakan campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture atau additive*). Dengan menggunakan Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca dalam pembuatan beton, dengan tekstur permukaan Cangkang Kemiri lebih kasar dan kekerasannya yang relatif tinggi menyebabkan ikatannya dengan pasta semen akan lebih kuat dan sulit lepas sehingga beton akan bertambah liat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui campuran Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca dapat menjadi bahan pembuat beton yang tahan terhadap penyerapan dan juga mengetahui nilai kuat tekan ideal beton. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji silinder berumur 28 hari. Dari hasil pengujian didapat nilai rata-rata dari setiap variasi dengan nilai BN 20,86 MPa, BCK 1% 19,90 MPa, BCK 2% 18,50 MPa, BCK 3% 16,80 MPa, BPK 5% 21,33 MPa, BCK 1% + PK 5% 20,30 MPa, BCK 2% + PK 5% 19,54 MPa, BCK 3% + PK 5% 18,88 MPa. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa semakin banyak presentase Cangkang Kemiri yang digunakan semakin rendah nilai kuat tekan beton dan semakin menurun presentase air yang terserap.

Kata Kunci : Cangkang Kemiri, Pecahan Kaca, Kuat Tekan, Pen

ABSTRACT

THE EFFECT OF CANDLECANNOUS SHELLS AND GLASS SHREDS AS A SUBSTITUTION FOR COARSE AGGREGATE ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

Muhammad Abdillah

2107210117

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

Concrete is a mixture of its constituent materials consisting of hydraulic materials (portland cement), coarse aggregate, fine aggregate, and water with or without the use of additional materials (admixture or additive). By using Candlenut Shells and Glass Shards in making concrete, with the rougher surface texture of Candlenut Shells and its relatively high hardness, its bond with the cement paste will be stronger and difficult to remove so that the concrete will become more elastic. The purpose of this study was to determine the mixture of Candlenut Shells and Glass Shards can be a material for making concrete that is resistant to absorption and also to determine the ideal compressive strength value of concrete. The compressive strength test used a 28-day-old cylindrical test object. From the test results, the average value of each variation was obtained with a BN value of 20.86 MPa, BCK 1% 19.90 MPa, BCK 2% 18.50 MPa, BCK 3% 16.80 MPa, BPK 5% 21.33 MPa, BCK 1% + PK 5% 20.30 MPa, BCK 2% + PK 5% 19.54 MPa, BCK 3% + PK 5% 18.88 MPa. From the results of this study, it can be seen that the more the percentage of Candlenut Shells used, the lower the compressive strength of the concrete and the lower the percentage of water absorbed.

Keywords: Candlenut Shells, Broken Glass, Compressive Strength, Absorption

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil'alamin, 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 Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan dukungan, bimbingan dan bantuan, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Josef Hadipramana, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan sekaligus selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida S.T., M.T., selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan memberikan saran demi kelancaran penulis dalam proses menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Bapak Dr. Munawar Alfansyury Siregar, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa sekali kepada Mami, Papi, Mbak yang dengan tulus memberikan doa, kasih sayang, nasihat, serta support yang penuh cinta yang tidak pernah ternilai harganya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Rekan seperjuangan Kelas C1 Pagi Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2021. Yang telah memberikan perhatian serta dukungan dalam menjalankan perkuliahan. Terimakasih saya ucapkan sudah menjadi bagian dari sebuah kisah yang takkan terlupakan, semoga kita tetap diberikan Kesehatan dan sukses selalu buat kedepannya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan masukan yang membangun demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin YaRabbal Alamin.

Medan, 20 Agustus 2025

Saya yang menyatakan,



Muhammad Abdillah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penulisan	4
1.6 Sistematis Pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Beton	6
2.2 Cangkang Kemiri	7
2.3 Pecahan Kaca	8
2.4 Kuat Tekan	8
2.5 Penyerapan	9
2.6 Penelitian Terdahulu	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	13
3.1 Metode Penelitian	13

3.2 Tahap Penelitian	13
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.4 Sumber Data dan Pengambilan Data	16
3.4.1 Data Primer	16
3.4.2 Data Sekunder	16
3.5 Alat dan Bahan	16
3.5.1 Alat	17
3.5.2 Bahan	18
3.6 Persiapan Bahan Tambah	18
3.6.1 Pecahan Cangkang Kemiri	18
3.6.2 Pecahan Kaca	19
3.7 Tahapan Pengujian	19
3.7.1 Persiapan Bahan – Bahan Dasar	19
3.7.2 Analisa Saringan	19
3.7.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan	20
3.7.4 Pengujian Kadar Air	20
3.7.5 Pengujian Berat Isi	21
3.7.6 Pengujian Kadar Lumpur	21
3.8 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	22
3.9 Pembuatan Benda Uji	28
3.10 Slump <i>Test</i>	29
3.11 Perawatan Benda Uji	30
3.12 Pengujian Kuat Tekan Beton	31
DAFTAR PUTSAKA	32

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Kuat Tekan beton	8
Tabel 3.1	Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi	22
Tabel 3.2	Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah	23
Tabel 3.3	Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen (w/(c+p)) dan kekuatan beton (SNI 7565:2012)	24
Tabel 3.4	Volume agregat per-satuan volume beton (SNI 7656:2012)	25
Tabel 3.5	Perkiraan berat beton segar (SNI 7656-2012)	26
Tabel 3.6	Variasi sampel pembuatan benda uji	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	15
Gambar 3.2	Benda Uji Silinder	28
Gambar 3.3	Dimensi Kerucut Abrams	30

DAFTAR NOTASI

PA	= Penyerapan Air	(%)
Ba	= Berat Awal Beton	(kg)
Bb	= Berat Akhir Beton	(kg)
Fc'	= Kuat Tekan Silinder Beton	(MPa)
P	= Beban Tekan Maksimum	(kg)
A	= Luas Bidang Tekan	(cm ²)
a	= Berat Benda Uji Kering Oven	(gr)
b	= Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan di Udara	(gr)
c	= Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan Dalam Air	(gr)
W_3	= Berat Benda Uji Semula	(gr)
W_5	= Berat Benda Uji Kering	(gr)
Mc	= Berat Wadah Ukur yang diisi Agregat	(kg)
Mm	= Berat Wadah Ukur	(kg)
Vm	= Volume Wadah Ukur	(m ³)
B_0	= Berat Agregat Sebelum Pengujian	(gr)
B_1	= Berat Agregat Setelah Pengujian	(gr)
r^2	= Jari-jari	(rad)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, beton merupakan material konstruksi paling dominan untuk berbagai proyek dari perumahan, perkantoran, jalan raya, jembatan, serta bendungan dikarenakan kekuatannya dan kepraktisan dalam bentuk basah yang mudah dicetak. Beton merupakan campuran semen (biasanya Portland), air, agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil atau batu pecah), yang diberi bahan tambahan (admixtures) berupa bahan kimia atau limbah non-kimia untuk memperbaiki karakteristik seperti keawetan, kekuatan, dan waktu pengerasan. Sifat-sifat utama yang diuji mencakup kuat tekan, tarik, dan lentur. Dengan kuat tarik yang biasanya jauh lebih rendah dibanding kuat tekan dan kinerja beton sangat dipengaruhi oleh kualitas masing-masing komponen, perbandingan campuran, umur beton (seperti 28 hari standar), serta kondisi lingkungan seperti iklim dan kelembapan (Pratiwi & Lakawa, 2022).

Ditinjau dari sudut estetika, beton hanya membutuhkan sedikit pemeliharaan. Selain itu, beton tahan terhadap serangan api. Sifat-sifat beton yang kurang disenangi adalah mengalami deformasi yang tergantung pada waktu dan disertai dengan penyusutan akibat mengeringnya beton serta gejala lain yang berhubungan dengan hal tersebut. Pengaruh keadaan lingkungan, rangkai, penyusutan, pembebanan yang mengakibatkan perubahan dimensi pada struktur beton dan elemen-elemennya harus mendapat perhatian yang cukup pada tahap perencanaan untuk mengatasi kesulitan yang akan terjadi (Zulkarnain, 2021).

Tanaman kemiri tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Berdasarkan data dari BPS, produksi kemiri nasional terus meningkat dari 97.600 ton pada tahun 2012 menjadi 97.900 ton pada 2013. Kemiri mempunyai dua lapis kulit yaitu kulit buah dan cangkang, Dimana dari setiap kilogram biji kemiri akan dihasilkan 30% inti dan 70% cangkang (Sabani dkk., 2023).

Cangkang kemiri menjadi salah satu bahan buangan yang ketersediaanya cukup banyak, setelah isi kemiri diambil cangkang kemiri dibuang begitu saja yang menumpuk sebagai sampah. Limbah cangkang kemiri berwujud padat tidak mudah

membusuk, hal ini berdampak negatif pada lingkungan karena merusak keindahan lingkungan, serta lingkungan akan menjadi kotor dan bau. Cangkang kemiri memiliki tekstur yang keras dan jika dipecah berbentuk menyudut, kemungkinan dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran beton, karena dapat mengisi rongga-rongga pada beton, sehingga akan membuat beton menjadi lebih padat. Pada hasil uji karakteristik cangkang kemiri sebagai substitusi kerikil pada pembuatan beton berpengaruh dalam menentukan sifat mekanik beton dan dipengaruhi oleh suhu pembakaran yang dapat mengakibatkan kerusakan struktur pada beton. Demikian juga beton yang menggunakan cangkang kemiri sebagai pengganti agregat kasar mengalami penurunan kuat tekan (Adman, 2019).

Beberapa peneliti terus berinovasi memperbaiki sifat-sifat beton antara lain mensubstitusi cangkang kemiri kedalam campuran beton yang dinamakan beton cangkang, yaitu beton yang terdiri dari campuran semen, agregat halus dan bahan substitusi cangkang. Cangkang alamiah (kulit kemiri) juga mengandung zat gizi dan non gizi. zat non gizi dalam kemiri misalnya saponin flavonoida dan polifenol. Penggunaan bahan cangkang kemiri sebagai suatu inovasi yang baru dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lebih maksimal. Dipastikan hal ini dapat meningkatkan nilai ekonomis cangkang kemiri yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan limbah dari tanaman kemiri. Pemanfaatan cangkang kemiri selama ini hanya bersifat konvensional, misalnya sebagai bahan pengganti kayu bakar, maupun sebagai bahan obat bakar nyamuk. Berdasarkan dari latar belakang, maka diharapkan penggunaan cangkang kemiri sebagai bahan substitusi agregat kasar dalam campuran beton bisa meningkatkan kekuatan beton. Beton yang bermutu tinggi adalah beton yang memerlukan material penyusunnya yang berkualitas (Zuraidah dkk., 2022).

Pada tahun 2008, berdasarkan data statistik Kementerian Negara Lingkungan Hidup Indonesia (KNLH) menyebutkan limbah kaca yang dihasilkan oleh 26 kota di Indonesia mendekati 700 kg setiap tahunnya. Tentu bila tidak dimanfaatkan dengan baik, limbah kaca akan menjadi hal yang mengganggu dan dapat membahayakan lingkungan sekitar (Maulana dkk., 2017).

Limbah pecahan botol kaca adalah salah satu jenis agregat yang menarik perhatian karena memiliki kemampuan untuk mengurangi dampak limbah kaca

yang terus meningkat pada lingkungan. Dengan mengubah botol kaca bekas menjadi bagian penting dari Campuran beton mengurangi penggunaan agregat alami seperti kerikil atau batu pecah, menurunkan tekanan pada sumber daya alam. Selain itu, limbah kaca ini dapat digunakan Kembali (Eustakius N. Tunti, Zafrin Zuraidah, 2024).

Dari latar belakang tersebut, maka penulis bertujuan melakukan penelitian tentang **“Pengaruh Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca Sebagai Substitusi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton”**. Dengan adanya penambahan limbah Cangkang Kemiri (CK) dan Pecahan Kaca (PK) pada material beton mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton serta mengurangi nilai ekonomis pada beton normal, dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang di dapat berdasarkan latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

1. Apakah campuran cangkang kemiri dan pecahan kaca dapat menjadi bahan pembuat beton yang tahan terhadap penyerapan?
2. Apakah campuran cangkang kemiri dengan persentase 1%, 2%, 3% serta 5% pecahan kaca mampu meningkatkan nilai kuat tekan beton, dan variasi apa yang ideal untuk nilai kuat tekan beton?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Dari latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Pembuatan benda uji dilakukan di laboratorium beton Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Substitusi campuran cangkang kemiri dengan presentase 1%, 2%, dan 3% serta 5% pecahan kaca.
3. Penelitian yang dilakukan berupa penyerapan dan kuat tekan beton.
4. Benda uji yang akan diteliti berbentuk silinder dengan diameter (D) = 15 cm, dan tinggi (T) = 30 cm.
5. Mutu Kuat Tekan yang di rencanakan adalah 25 MPa.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui apakah campuran cangkang kemiri dan pecahan kaca dapat menjadi bahan pembuat beton yang tahan terhadap penyerapan.
2. Mengetahui nilai kuat tekan beton dengan bahan substitusi campuran cangkang kemiri dengan presentase 1%, 2%, 3% serta 5% pecahan kaca . Dan variasi apa yang ideal untuk nilai kuat tekan beton tersebut.

1.5 Manfaat Penulisan

Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang terkait, diantaranya manfaat nya sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat mengurangi limbah cangkang kemiri dan pecahan kaca sebagai campuran beton.
2. Hasil penelitian ini nantinya dapat menjadi referensi dalam penggunaan cangkang kemiri pada konstruksi beton.
3. Penelitian ini dapat menambah pemahaman dalam menganalisis data untuk mengetahui kuat tekan beton pada beton setelah ditambahkan limbah cangkang kemiri.

1.6 Sistematis Pembahasan

Sistematika penulisan pada tugas akhir ini akan diuraikan dalam penulisan yang terbagi menjadi lima bab dan tiap-tiap bab tersusun dari beberapa pokok pembahasan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas secara singkat mengenai teori penelitian sebagai dasar dalam mengkaji permasalahan yang ada.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bagian bab ini membahas tentang tahapan penelitian, metode pelaksanaan, teknik pengumpulan data, jenis dan sumber data yang di perlukan, serta teknik analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil yang diperoleh dari penelitian serta pembahasan analisis perhitungan dan pemecahan masalah dari hasil yang didapatkan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan yang di dapat dari hasil dan pembahasan serta berisikan saran dari penulisan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, beton banyak digunakan dalam pemilihan berbagai jenis struktur, terutama bangunan, jembatan, dan jalan (Eustakius N. Tunti, Zafrin Zuraidah, 2024).

Beton juga merupakan salah satu material yang paling umum digunakan di dunia, dan pembuatannya membutuhkan sumber daya alam yang signifikan setiap tahunnya. Beton juga merupakan suatu komposit dari bahan batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Sifat beton dipengaruhi oleh bahan pembentuknya serta cara pengerjaannya. Semen mempengaruhi kecepatan pengerasan beton. Selanjutnya kadar lumpur, kebersihan, dan gradasi agregat mempengaruhi kekuatan pengerjaan yang mencakup cara penuangan, pemadatan, dan perawatan, yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan beton (Onyelowe dkk., 2022).

Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, sedang gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan. 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 (Ahmad dkk., 2009).

Faktor air semen adalah perbandingan antara air dan semen dalam campuran beton. Beton dengan faktor air semen yang tinggi akan menghasilkan beton dengan workabilitas yang tinggi tetapi kualitas beton rendah, sebaliknya, beton dengan

faktor air semen yang rendah akan menghasilkan beton yang lebih kuat dan tahan, akan tetapi beton dengan faktor air semen rendah akan menghasilkan campuran beton dengan workabilitas rendah. 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 (Hidayat & Dr. Fahrizal Zulkarnain, 2020).

2.2 Cangkang Kemiri

Cangkang kemiri merupakan potensi baru yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan lebih jauh lagi. Tentu saja dapat meningkatkan nilai ekonomis dari kulit kemiri yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan limbah dari tanaman kemiri. Pemanfaatan kulit kemiri nantinya dapat dimanfaatkan lagi ke tingkat yang lebih tinggi. Pemanfaatan kulit kemiri selama ini hanya dikenal hanya dengan cara-cara tradisional saja, misalnya sebagai pengganti kayu bakar dan sebagai obat nyamuk bakar. Namun pada kenyataannya, potensi kulit kemiri dapat dimanfaatkan lebih jauh lagi. Kulit kemiri merupakan salah satu bahan tambahan atau pengganti agregat yang akhir-akhir ini mulai diteliti dampaknya terhadap campuran beton. Pemanfaatan kulit kemiri dapat diolah sebagai pengganti sebagian agregat kasar maupun halus tergantung dari besar kecilnya butiran kulit kemiri yang digunakan (Parea Rusan Rangan, M. Tumpu, 2023)

Cangkang kemiri memiliki tekstur yang keras dan mempunyai berat yang ringan dan tidak mudah rapuh, adapun komposisi yang terdapat dalam cangkang kemiri yaitu kapur (C_aO), silika (S_iO_2), alumina (Al_2O_3), magnesium oksida (MgO), air (H_2O), dan oksida besi (Fe_2O_3). Seiring perkembangan teknologi banyak ditemukan alternatif dan inovasi dalam pembuatan beton untuk meningkatkan mutu dan kualitas. Salah satu inovasi dan alternatif yang dilakukan dengan cara melakukan modifikasi bahan dalam pembuatan beton tersebut (Hidayati & Prayoga, 2021).

2.3 Pecahan Kaca

Pecahan kaca, kaca merupakan salah satu produk industri kimia yang paling akrab dengan kehidupan kita sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Disebut demikian karena struktur partikel partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair, namun kaca sendiri berwujud padat. Ini terjadi akibat proses pendinginan (cooling) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak “sempat” menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida an-organik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Danusaputra dkk., 2024).

2.4 Kuat Tekan

Kinerja beton dapat diuji dengan kekuatan nilai beton, dan kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Tegangan tarik yang kecil dalam beton diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, setelah itu kenaikannya akan kecil. Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya (Mulyono, 2018).

Beton dapat diklasifikasikan menurut kuat tekannya. Jenis beton tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1: Nilai kuat tekan beton.

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton Sederhana	10
Beton Normal (Beton Biasa)	15 - 30
Beton Prategang	30 - 40
Beton Kuat Tekan Tinggi	40 - 80
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80

Faktor – faktor penting didalam kuat tekan beton selain perbandingan faktor air semen dan tingkat pematatannya antara lain:

- a. Jenis semen dan kualitas semen.
- b. Agregat.
- c. Perawatan beton.
- d. Umur beton.

Nilai kuat tekan beton berdasarkan SK.SNI M-14-1989-F dapat dihitung dengan persamaan 2.1. (Kurniawan dkk., 2016):

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

Dimana :

f_c' = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

2.5 Penyerapan

Menurut Zhang dan Zong (2014) spesimen berbeda dalam penyerapan air permukaan, ada sedikit selisih perbedaan dalam penyerapan air bagian dalam beton. Selain itu, penyerapan air permukaan yang tinggi hanya mengurangi kuat tekan selimut beton. Seluruh kekuatan tekan beton tergantung pada kedua permukaan dan struktur dalam beton. Hal tersebut dapat disimpulkan kekuatan beton tidak dapat dievaluasi oleh penyerapan air (Pujiyanto dkk., 2019). Penyerapan air dapat dihitung dengan Persamaan 2.2:

$$P_A = \frac{B_b - B_a}{B_a} \times 100 \quad (2.2)$$

dengan:

P_A = Penyerapan air (%)

B_a = Berat awal beton (kg)

B_b = Berat setelah perendaman (kg)

Perawatan beton ialah suatu tahap akhir pekerjaan pembetonan, yaitu menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak dipadatkan sampai proses hidrasi cukup sempurna (kira-kira selama 28 hari). Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga agar air didalam beton segar tidak keluar. Hal ini untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, maka oleh udara panas akan terjadi proses penguapan air dari permukaan beton segar, sehingga air dari dalam beton segar mengalir keluar, dan beton segar kekurangan air untuk hidrasi, sehingga timbul retak-retak pada permukaan betonya (Tjokrodimuljo, 2007).

2.6 Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung penelitian ini ada beberapa jurnal pendukung, sebagai berikut :

1. (Hidayati, Hengki Prayoga 2021)

Pada penelitian yang berjudul Pengujian kuat tekan batako dengan menggunakan cangkang kemiri sebagai agregat kasar, hasil pengujian kuat tekan batako dengan variasi penambahan cangkang kemiri yaitu 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% telah memenuhi nilai standar yaitu nilai kuat tekan pada komposisi 10% hal ini sesuai dengan standar SNI 3-0349-1989 kategori kelas IV tingkat mutu bata beton pejal dengan nilai 25 Kg/cm².

Penggunaan cangkang kemiri sebagai pengganti agregat kasar pada pembuatan batako kurang efisien, karena kurangnya daya ikat semen terhadap cangkang kemiri disebabkan beberapa faktor yaitu bentuk kulit kemiri yang pipih, dan Sebagian permukaan yang licin.

2. (Maraya Danusaputra, Arman Setiawan, Ahmad Yauri Yunus 2024)

Pada penelitian yang berjudul Analisis penggunaan serbuk kaca dan pecahan keramik terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton, Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran beton normal diperoleh dengan campuran air = 194.14 Kg/m³, Semen = 436.17 Kg/m³, Pasir = 688.17 Kg/m³, Bp Maks 20 = 1005.85 Kg/m³. Kemudian untuk nilai kuat tekan dengan menggunakan serbuk kaca dan pecahan keramik yaitu variasi SK10% PK50% sebesar 26,21 MPa. Lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tekan beton normal sebesar

25.54 MPa. Hasil pengujian kuat lentur rata-rata normal di peroleh 3,39 MPa, sedangkan untuk kuat lentur rata-rata optimum dari beton variasi SK10% PK30% ,dan SK10% PK40% dengan nilai yang sama yaitu 3,87 MPa.

3. (Eustakius N. Tunti, Zafrin Zuraidah, Budi Hastono 2024)

Pada penelitian yang berjudul Pemanfaatan limbah pecahan botol kaca sebagai agregat kasar pada campuran beton, Hasil pengujian penggunaan limbah pecahan botol kaca dengan variasi 0% ,10%,15% dan 20% kedalam campuran beton dapat mempengaruhi kekuatan beton, dimana beton dengan menggunakan variasi limbah pecahan botol kaca mengalami penurunan kuat tekan beton. Penggunaan limbah pecahan botol kaca pada campuran beton mengakibatkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan beton, dimana nilai kuat tekan pada variasi persentase 15% dengan nilai sebesar 12,54 MPa atau meningkat 0% dari nilai kuat tekan beton normal 13,77 MPa

4. (Mulyati, Aidi Adman 2019)

Pada penelitian yang berjudul Pengaruh penambahan cangkang kemiri dan sikacim concrete additive terhadap kuat tekan beton normal, Hasil pengujian cangkang kemiri dan *sikacim concrete additive* pada campuran beton normal, ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton dengan signifikan. Nilai kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari dengan bahan tambah kombinasi antara cangkang kemiri 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1% dari berat agregat dan semen, dengan *sikacim concrete additive* 0,7% dari volume air pada campuran beton normal, terjadi peningkatan berturut-turut sebesar 4,78%, 7,06%, 9,38%, 11,90% dari kuat tekan beton tanpa bahan tambah. Hal ini terjadi karena cangkang kemiri memiliki tekstur yang keras dan berbentuk menyudut dapat mengisi rongga-rongga pada beton, sehingga akan membuat beton menjadi lebih padat, sedangkan *sikacim concrete additive* berfungsi sebagai pengisi pori-pori beton, mempermudah pengecoran, mempercepat proses pengerasan beton, dan mengurangi keropos pada beton. Hal ini juga terlihat dari nilai *slump* yang diperoleh semakin meningkat dengan peningkatan penambahan cangkang kemiri dan *sikacim concrete additive* dalam jumlah tetap. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa peningkatan penambahan cangkang kemiri, dengan *sikacim concrete additive* dalam jumlah

tetap dalam campuran beton, maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin tinggi.

Dari Penelitian – penelitian terdahulu diatas penulis menemukan GAP nya yang dimana masih banyak peneliti terdahulu yang menggunakan salah satu bahan campuran beton antara cangkang kemiri dan pecahan kaca sebagai substitusi agregat kasar. Maka dari itu, penulis berinisiatif mengambil penelitian ini untuk mengkombinasikan antara Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca sebagai substitusi agregat kasar pada campuran pembuatan beton. Dengan penulis mengambil bahan campuran ini, kemungkinan besar berpotensi akan menaikkan nilai kuat tekan beton.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metodologi berfungsi sebagai panduan kegiatan dalam pengumpulan data. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu metode yang melakukan suatu proses atau percobaan untuk mendapatkan data dan menganalisa data yang telah diperoleh.

3.2 Tahap Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan-tahapan penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Persiapan

Dalam hal ini mempersiapkan peralatan yang digunakan dan melakukan pengujian material pembuatan benda uji beton seperti agregat kasar, agregat halus, semen portland, air, pecahan cangkang kemiri dan pecahan kaca yang akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Pemeriksaan Bahan Susun Beton

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui sifat serta karakteristik bahan susun beton apakah telah memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan atau belum apabila digunakan dalam pencampuran beton (mix design).

3. Perencanaan Campuran

Pengujian dasar ini dilakukan pada sampel agregat kasar, agregat halus, pecahan cangkang kemiri, dan pecahan kaca. Pengujian ini berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, kadar air, kadar lumpur, berat isi dan analisa saringan.

4. *Mix Desain*

Perhitungan mix design untuk pengadukan beton. Dimana perhitungan proporsi pada beton sesuai dengan yang disyaratkan. Perhitungan proporsi meliputi beton normal, beton campuran pecahan cangkang kemiri, dan pecahan kaca sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

5. Pembuatan Benda Uji

Setelah proses perhitungan mix design selesai, selanjutnya masuk ke tahap pembuatan benda uji dengan cara mencampurkan seluruh bahan yaitu agregat kasar, agregat halus, semen, air, pecahan cangkang kemiri dan pecahan kaca ke dalam mixer.

6. Pengujian Slump

Pengujian slump test yang mengacu pada SNI 1972:2008.

7. Pencetakan Benda Uji

Setelah proses diatas selesai, selanjutnya melakukan pencetakan pada beton dengan cara memasukan adukan beton segar ke cetakan dan menunggu proses pengeringan beton.

8. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton di dalam bak perendam selama 28 hari. Setelah selesai perawatan selama 28 hari, beton diangkat dari bak dan dikeringkan.

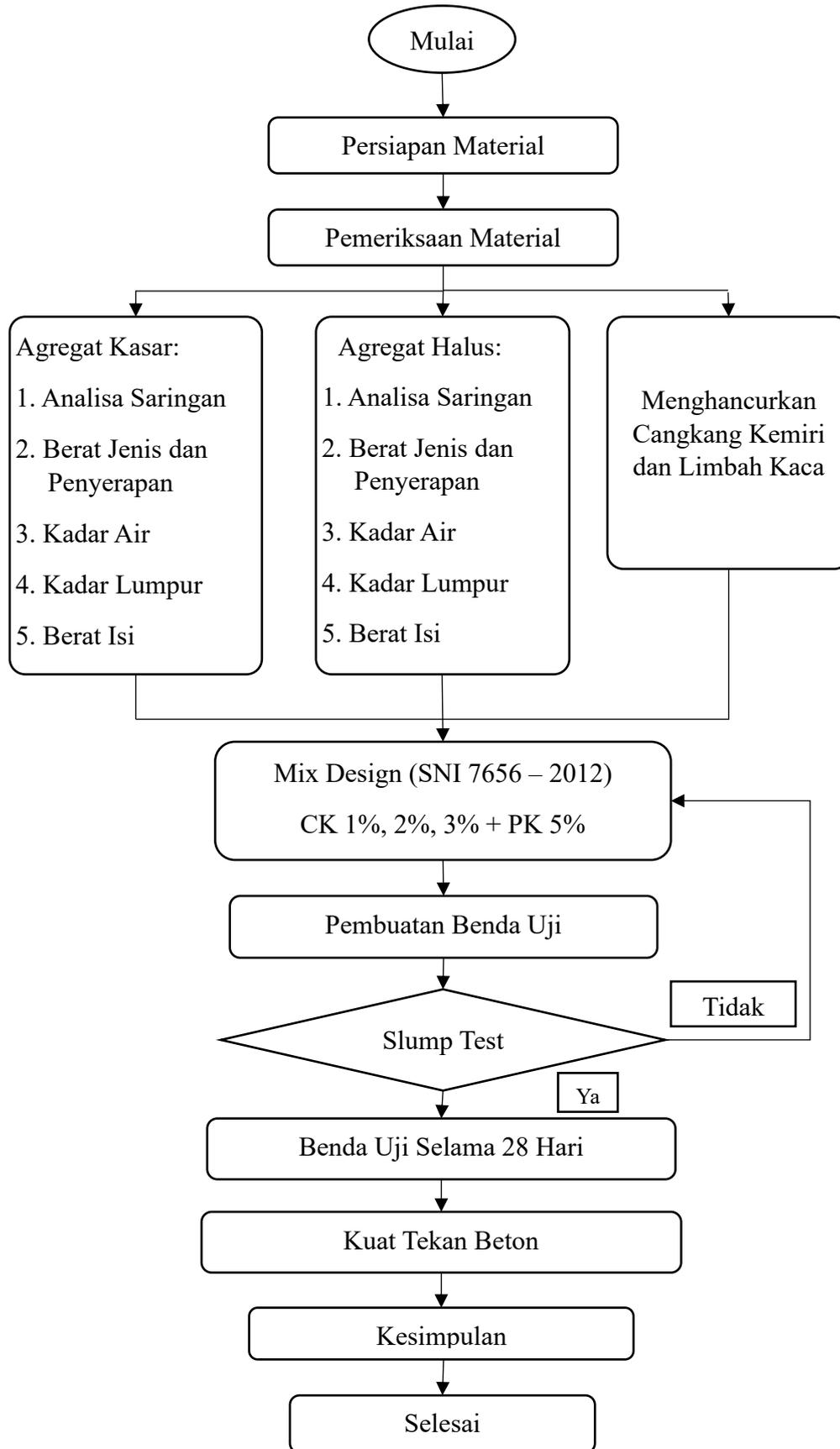
9. Pengujian Beton

Pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974 :2011.

10. Pembahasan dan Laporan Akhir

Pada tahap ini dilakukan pengolahan dan mengevaluasi data dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan bantuan program Microsoft Excel. Kemudian melakukan penulisan dan bimbingan untuk laporan akhir tersebut. Secara keseluruhan tahapan penelitian ini disusun dalam bentuk diagram alir.

Secara keseluruhan tahapan penelitian dapat dilihat dalam bagan alir pada Gambar 3.1:



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk pengerjaan pembuatan beton dan uji kuat tekan beton.

3.4 Sumber Data dan Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data primer ialah data yang diperoleh melalui hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

1. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136, 2012).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969 : 2016).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970 : 2016).
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973 : 2008).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971:2011).
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4142-1996).
7. Perencanaan campuran beton (mix design) (SNI 7656 : 2012).
8. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493 : 2011).
9. Uji slump test (SNI 1972 : 2008).
10. Uji kuat tekan beton (SNI 1974 : 2011).

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari beberapa artikel atau buku yang berhubungan dengan Teknik dan beton. Beberapa referensi dalam pembuatan beton seperti buku SNI. Konsultasi kepada dosen pembimbing secara langsung serta Pengawas Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara guna untuk menghasilkan hasil yang baik pada penelitian yang dilakukan.

3.5 Alat dan Bahan

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik, maka sangat diperlukan peralatan dan bahan yang berkualitas untuk memenuhi persyaratan ini sebagai berikut:

3.5.1 Alat

1. Satu set saringan untuk agregat halus berfungsi untuk memeriksa gradasi pasir yang digunakan, dengan nomor ayakan berturut-turut:
 - a. No. 4;
 - b. No. 8;
 - c. No. 16;
 - d. No. 30;
 - e. No. 50; dan
 - f. No. 100

Untuk saringan agregat kasar dengan nomor ayakan berturut-turut:

- a. 1½”;
 - b. ¾”;
 - c. 3/8”;
 - d. No. 4.
2. Timbangan digital, berfungsi untuk menimbang berat bahan secara akurat.
3. Gelas ukur, berfungsi sebagai takaran air.
4. Oven, berfungsi sebagai alat mengeringkan sampel bahan.
5. Wadah atau ember, berfungsi sebagai tempat air perendaman sampel.
6. Pan, berfungsi sebagai alas pengaduk beton segar.
7. Plastik ukuran 10 Kg, berfungsi sebagai wadah untuk bahan yang telah siap untuk di mixer.
8. Skop tangan, berfungsi untuk mengaduk dan memasukkan agregat ke dalam cetakkan.
9. Skrap, berfungsi untuk meratakan campuran beton.
10. Cetakan (bekisting) beton silinder dengan diameter 15 cm x 30 cm.
11. Vaseline dan kuas, berfungsi melapisi cetakan beton agar tidak menempel dalam cetakan.
12. Mesin pengaduk beton (*mixer*), berfungsi sebagai alat pencampur semua bahan hingga membentuk semua adonan beton segar.
13. Bak perendam, berfungsi untuk merendam beton yang telah dilepaskan dari cetakan.
14. Kerucut abrams, berfungsi untuk menguji slump.

15. Tongkat penumbuk, berfungsi untuk memadatkan benda uji.
16. Mesin Kompres (*Compression testing machine*), berfungsi untuk menguji kuat tekan beton.

3.5.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semen
Penelitian ini akan menggunakan semen jenis Portland tipe 1 dengan merk Semen Merdeka 50 Kg.
2. Agregat
Agregat kasar (batu split) dan agregat halus (pasir) berasal dari Binjai.
3. Air
Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air yang berasal dari PDAM Tirtanadi.
4. Pecahan Cangkang Kemiri
Pecahan Cangkang Kemiri sebagai pengganti Sebagian agregat kasar yang dibeli di online shop.
5. Pecahan Kaca
Pecahan Kaca sebagai pengganti Sebagian agregat kasar yang didapat dari beberapa limbah kaca yang ada di rumah/restoran.

3.6 Persiapan Bahan Tambah

Sebelum melaksanakan pencampuran beton, ada beberapa bahan tambah yang harus dipersiapkan terlebih dahulu diantaranya Pecahan Cangkang Kemiri dan Pecahan Kaca. Untuk metode pelaksanaan pembuatan dari bahan tambah ini sebagai berikut:

3.6.1 Pecahan Cangkang Kemiri

Cangkang kemiri didapat dari pembelian di online shop. Setelah didapat, cangkang kemiri akan dihancurkan sampai menjadi pecahan - pecahan yang kecil. Langkah-langkah nya adalah sebagai berikut:

1. Bersihkan cangkang kemiri hingga tidak ada kotoran yang menempel.
2. Keringkan cangkang kemiri dengan cara dijemur dibawah sinar matahari sampai cangkang kemiri benar - benar kering.
3. Tumbuk cangkang kemiri sampai menjadi pecahan - pecahan kecil.
4. Saring dengan satu set saringan agregat kasar, yang digunakan adalah cangkang kemiri yang lolos saringan 3/4 dan tertahan di saringan 3/8 sesuai dengan SNI 1969 : 2016.
5. Selesai.

3.6.2 Pecahan Kaca

Pecahan kaca didapat pada limbah dirumah/restoran. Langkah-langkah mendapatkan pecahan kaca:

1. Limbah kaca dibersihkan hingga tidak ada lagi sisa kotoran yang menempel.
2. Keringkan limbah kaca dari air pencucian.
3. Tumbuk limbah kaca sampai menjadi serpihan-serpihan kecil.
4. Selesai.

3.7 Tahapan Pengujian

Untuk mendapatkan hasil yang akurat, perlu dilakukan beberapa tahapan pengujian terhadap material dan bahan dengan metode yang telah ditetapkan sebelumnya. Tahapan tersebut akan dijelaskan sebagai berikut.

3.7.1 Persiapan Bahan – Bahan Dasar

Didalam pemeriksaan agregat, agregat kasar dan agregat halus harus mengikuti pedoman yang sudah ditetapkan sesuai SNI tentang pemeriksaan agregat.

3.7.2 Analisa Saringan

Analisa saringan adalah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan, lalu angka presentase digambarkan pada grafik pembuatan butir (SNI ASTM C136:2012). Untuk Langkah – Langkah Analisa saringan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit. Dengan satu set saringan yang digunakan adalah: 76,2 mm (3"); 37,5 mm ($\frac{1}{2}$ "); 19,1 mm ($\frac{3}{4}$ "); 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ "); 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,600 mm (No.30); 0,300 mm (No.50); 0,150 mm (No.100); dan 0,075 mm (No.200).

3.7.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan dan berat jenis semu serta besarnya angka penyerapan pada agregat yang digunakan. Pengujian ini berdasarkan (SNI-1969, 2016) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{a}{(b-c)} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{b}{(b-c)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{a}{(a-c)} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = \left(\frac{b-a}{a} \right) \times 100 \quad (3.4)$$

Dimana:

a = berat benda uji kering oven (gr)

b = berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gr)

c = berat benda uji jenuh kering permukaan dalam air (gr)

3.7.4 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air ini dilakukan untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat. Pengujian ini berdasarkan (SNI-1971, 2011) tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air Agregat (\%)} = \left(\frac{\omega_3 - \omega_5}{\omega_5} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

Dimana:

W_3 = Berat benda uji semula (gr)

W_5 = Berat benda uji kering (gr)

Untuk urutan proses pengujiannya sebagai berikut:

1. Timbang dan catatlah berat talem (W1).
2. Masukkan benda uji kedalam talem kemudian timbang dan catat beratnya (W2).
3. Hitunglah berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).
4. Keringkan benda uji dengan oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai beratnya tetap.
5. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talem (W4)
6. Hitunglah berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$).

3.7.5 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi agregat dilakukan untuk mengetahui berat agregat persatuan isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Pengujian dilakukan dengan panduan (SNI 03 4804, 1998) sebagai berikut:

$$\text{Berat Isi Agregat (Kg/m}^3\text{)} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.6)$$

Dimana:

M_c = Berat wadah ukur yang diisi agregat (kg)

M_m = Berat wadah ukur (kg)

V_m = Volume wadah ukur (m³)

3.7.6 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur pada pasir dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pengujian kadar lumpur pada pasir berdasar (SNI-03-4142, 1996) dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Pasir sebagai benda uji harus dalam keadaan kering.
2. Timbang bejana yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
3. Timbang pasir sebanyak 100 gr lalu masukkan kedalam gelas ukur 250 cc.
4. Masukkan air pada gelas ukur yang telah diisi pasir hingga ketinggian air mencapai 12 cm dari permukaan pasir.
5. Kocok gelas ukur ± 15 kali, lalu diamkan selama 1 menit, kemudian buang air keruh perlahan – lahan agar pasir tidak ikut terbang.
6. Percobaan diulang sampai 5 kali hingga air pencucian menjadi jernih.

7. Pisahkan pasir dengan air, kemudian pasir ditempatkan dalam bejana yang sudah ditimbang.
8. Masukkan pasir kedalam oven dengan suhu 105 °C – 110 °C selama ± 36 jam.
9. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan pada suhu ruangan lalu timbang.
10. Perhitungan kadar lumpur sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur (\%)} = \frac{B_0 - B_1}{B_1} \times 100 \quad (3.7)$$

Dimana:

B_0 = Berat agregat sebelum pengujian (gr)

B_1 = Berat agregat setelah pengujian (gr)

11. Persentase kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5%, jika didapat kadar lumpur dalam pasir lebih dari 5% maka harus dicuci dahulu.

3.8 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI 7656:2012. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI 7656:2012 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 7656-2012 adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan Slump

Tabel 3.1: Nilai slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan 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	75	25

Tabel 3.1: *Lanjutan.*

Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

2. Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

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 tebalnya pelat lantai.
- c. 3/4 jarak minimum antara masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan pra-tegang (*pretensioning stands*).

3. Perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Banyak air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada :

- a. Ukuran nominal maksimum, beton partikel dan radasi agregat
- b. Temperatur beton
- c. Perkiraan kadar udara, dan
- d. Penggunaan bahan tambahan kimia.

Tabel 3.2: Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah (SNI 7656-2012).

Air (Kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm	12,7 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-

Tabel 3.2: *Lanjutan.*

>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	152	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-

4. Pemilihan rasio air-semen atau air-bahan bersifat semen

Tabel 3.3: Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen (w/(c+p)) dan kekuatan beton (SNI 7565:2012).

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Nilai kekuatan ini didasarkan pada benda uji silinder (150 x 300) mm yang dipelihara dalam kondisi lembab pada temperature (23 ± 1,7)0C sebelum diuji. Hubungan yang ditunjukkan pada Table 3.3 adalah untuk nominal agregat maksimum (19 – 25) mm.

5. Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam perkiraan kadar air pencampuran (Langkah 3) dibagi rasio-air semen (Langkah 4).

6. Perkiraan kadar air agregat kasar.

Agregat dengan ukuran normal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per-satuan volume beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.4: Volume agregat 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
100	0,87	0,85	0,83	0,81

7. Perkiraan kadar agregat halus

Bila berat per satuan volume beton dapat 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 m³ jadi 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 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

Dapat diperhalus lagi dengan cara sebagai berikut: untuk setiap perbedaan air pencampur 5 kg dengan slump sebesar 75 mm sampai dengan 100 mm (Tabel 3.2), koreksi berat tiap m³ sebanyak 8 kg pada arah berlawanan; untuk setiap perbedaan 20 kg kadar semen dari 330 kg, koreksi berat per m³ 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 m³, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan:

$$U = 10Ga (100 - A) + c(1 - Ga/Gc) - w(Ga - 1) \quad (3.8)$$

Dimana:

U = berat beton segar, kg/m³

Ga = berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan kasar, kering permukaan Jenuh (SSD adalah *saturated surface dry*)

Gc = berat jenis semen (umumnya = 3,15)

A = kadar udara (%)

w = syarat banyaknya air pencampuran, kg/m³

c = 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.

8. Penyesuaian 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 yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1%, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan slump yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air-semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak terbawa masuk ke dalam agregat.

Menurut SNI 03-2493-2011, prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium mengizinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1,0% dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (unset concrete). Disarankan oleh SNI 03-2493-2011 bahwa jumlah yang diserap dapat dianggap sebesar 80% dari perbedaan antara jumlah air sebenarnya yang terdapat dalam pori-pori agregat (kondisi kering udara) dan penyerapan jumlah nominal 24 jam yang ditentukan dalam SNI 1969-2016 atau SNI 1970-2016.

Untuk agregat dengan penyerapan lebih besar, SNI 03-2493-2011 mensyaratkan pengondisian sebelumnya untuk memenuhi syarat penyerapan dengan pengaturan

berat agregat yang didasarkan pada jumlah kadar air dan pengaturan termasuk air permukaan sebagai bagian dari air pencampur yang disyaratkan.

9. Pengaturan campuran beton

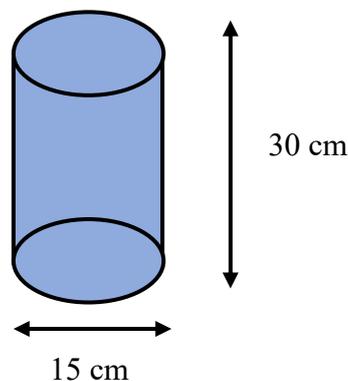
Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 03-2493- 2011 atau sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan slump yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan / yield (SNI 1973-2008) dan kadar udara (SNI 03-3418-2011). Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya, bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (finishing-nya). Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut.

Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai slump yang sama seperti campuran percobaan adalah 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 $2 \text{ kg}/m^3$ untuk 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

Setelah rencana campuran *mix design* Langkah selanjutnya adalah membuat benda uji pemeriksaan kekuatan beton, Menggunakan standart SNI 7656:2012 “Tata cara pemilihan campuran beton normal”.



Gambar 3.2: Benda uji silinder.

Rumus volume silinder sebagai berikut:

$$V = \pi r^2 \times t \quad (3.9)$$

Tabel 3.6: Variasi sampel pembuatan benda uji.

No	Kode Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus	Cangkang Kemiri (CK)	Pecahan Kaca (PK)	Jumlah Sampel
1.	BN	100%	100%	0%	0%	3
2.	BCK 1	99%	100%	1%	0%	3
3.	BCK 2	98%	100%	2%	0%	3
4.	BCK 3	97%	100%	3%	0%	3
5.	BPK	95%	100%	0%	5%	3
6.	BCK 1 + PK	94%	100%	1%	5%	3
7.	BCK 2 + PK	93%	100%	2%	5%	3
8.	BCK 3 + PK	92%	100%	3%	5%	3
Jumlah						24

Keterangan :

BN : Beton Normal

BCK 1 : Beton dengan cangkang kemiri 1%

BCK 2 : Beton dengan cangkang kemiri 2%

BCK 3 : Beton dengan cangkang kemiri 3%

BPK : Beton Pecahan Kaca 5%

BCK 1 + PK : Beton dengan cangkang kemiri 1% + pecahan kaca 5%

BCK 2 + PK : Beton dengan cangkang kemiri 2% + pecahan kaca 5%

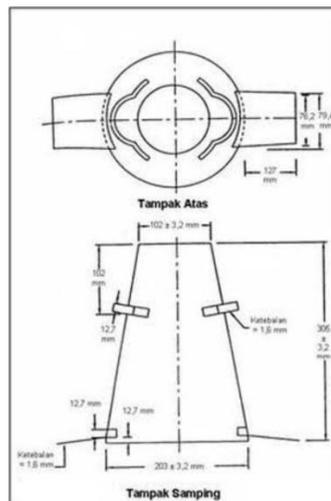
BCK 3 + PK : Beton dengan cangkang kemiri 3% + pecahan kaca 5%

3.10 Slump Test

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

menentukan tingkat *workability* nya. Pengujian slump dilakukan berdasarkan (SNI 1972:2008) yang telah ditetapkan.

Pengujian ini dilakukan dengan cara campuran beton segar dimasukkan kedalam kerucut abram dan dipadatkan dengan tongkat penusuk, kemudian cetakan diangkat dan beton dibiarkan sampai terjadi penurunan pada permukaan bagian atas beton. Jarak antara posisi permukaan semula dan posisi setelah penurunan pada pusat permukaan atas beton diukur dan dilaporkan sebagai nilai slump beton.



Gambar 3.3: Dimensi kerucut abrams.

3.11 Perawatan Benda Uji

Setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan maka proses perawatan yang dilakukan (*curing*) perendaman benda uji selama 28 hari.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perendaman benda uji ini adalah sebagai berikut:

1. Keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji tersebut sudah kering dengan sempurna.
3. Isi bak perendam dengan air bersih dari keran Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Masukkan benda uji secara hati-hati ke dalam bak perendam.
5. Diamkan rendaman benda uji tersebut pada umur 27 hari, lalu angkat pada umur 28 hari.
6. Tunggu benda uji mengering lalu timbang benda uji tersebut.

3.12 Pengujian Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Sampel ini diuji dengan menggunakan mesin kuat tekan beton dengan cara memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Selanjutnya benda uji tersebut ditekan hingga menghasilkan retakan (crack). Langkah-langkah pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing masing benda uji.

DAFTAR PUTSAKA

- Adman, M. dan A. (2019). *Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim Concrete Additive terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. 6(2), 38–45. <https://doi.org/10.21063/JTS.2019.V602.01>
- Ahmad, I. A., Taufieq, N. A. S., & Aras, A. H. (2009). Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(2), 63. <https://doi.org/10.5614/jts.2009.16.2.2>
- Biduan, M. N., & Alkhafi, M. S. (2015). Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri Terhadap Kuat Tekan Dan Retakan Beton Pasca Bakar. *Jurnal Einstein*, 3(1), 9–14. <https://jurnal.unimed.ac.id/>
- Danusaputra, M., Setiawan, A., & Yunus, A. Y. (2024). Analisis Penggunaan Serbuk Kaca Dan Pecahan Keramik Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 2(1), 43–49. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v2i1.3321>
- Eustakius N. Tunti, Zafrin Zuraidah, B. H. (2024). *Pemanfaatan limbah pecahan botol kaca sebagai agregatkasar pada campuran beton*. 02(October), 125–131.
- Fahrul, D., Jamlaay, O., & Abdin, M. (2023). *Journal agregate vol. 2, no. 1, maret 2023*. 2(1), 1–11.
- Hidayat, R., & Dr. Fahrizal Zulkarnain, S. M. S. (2020). *Pengaruh Serbuk Kaca Pada Kuat Tekan Sebagai Subtitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Sikacim Concrete Additive*.
- Hidayati, & Prayoga, H. (2021). Pengujian Kuat Tekan Batako Dengan Menggunakan Cangkang Kemiri Sebagai Agregat Kasar. *Statistika*, 7(1), 1–11.
- Kurniawan, A., Afrizal, Y., & Gunawan, A. (2016). Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Terumbu Karang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Inersia Oktober*, 8(2), 17.
- Maulana, T. I., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Yogyakarta, U. M. (2017). *Studi Kuat Tekan Material Pasir Berbahan Campur*. 21(1), 9–16.
- Mulyono, T. (2018). (Pdf) *Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek*. October. https://www.researchgate.net/publication/328282664_Teknologi_Beton_Dari_Teori_Ke_Praktek
- Nata, O. D., Dharmawansyah, D., Studi, P., Manajemen, M., & Sumbawa, U. T. (2024). *Program Studi Teknik Sipil , Universitas Teknologi*

Sumbawa , Indonesia Latar Belakang Paving block atau disebut dengan bata beton merupakan hasil produksi dengan komposisi pasir dan semen serta campuran air dengan bahan tambahan lainnya tanpa mengurangi k. 5(2), 54–63.

- Onyelowe, K. C., Gnananandarao, T., Ebid, A. M., Mahdi, H. A., Razzaghian Ghadikolaee, M., & Al-Ajamee, M. (2022). Evaluating the Compressive Strength of Recycled Aggregate Concrete Using Novel Artificial Neural Network. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 8(8), 1679–1693. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2022-08-08-011>
- Parea Rusan Rangan, M. Tumpu, M. (2023). 2 . *The Potential Utilization of Candlenut Shell Waste as Coarse Aggregate Replacement in Concrete - P Word Count 2957 Words Page Count 15142 Characters 9 Pages 22 % Overall Similarity The combined total of all matches , including overlapping sources ,.*
- Pratiwi, N. A., & Lakawa, I. (2022). *Testing the Compressive Strength of Concrete with the Addition of Coconut Shell Waste. 3(2), 61–70.*
- Pujianto, A., Prayuda, H., Zega, B. C., & Afriandini, B. (2019). Kuat Tekan Beton dan Nilai Penyerapan dengan Variasi Perawatan Perendaman Air Laut dan Air Sungai. *Semesta Teknika*, 22(2), 112–122. <https://doi.org/10.18196/st.222243>
- Sabani, R., Sukmawati, Ansar, & Murad. (2023). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri Sebagai Sumber Energi Di Kabupaten Lombok Barat. *Communnity Development Journal*, 14(4), 7489–7497. <http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/cdj/article/view/19004%0Ahttp://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/cdj/article/download/19004/13741>
- Simanjuntak, J. O., Saragi, T. E., Simanjuntak, N. I., & Hulu, I. (2021). Pengujian Kuat Tekan Beton Terhadap Penggunaan Cangkang Kemiri Pada Beton Ramah Lingkungan. *Jurnal Darma Agung*, 29(2), 146. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v29i2.942>
- SNI 03-4142-1996, S. (1996). SNI 03-4142-1996 Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 Mm). *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 200(200), 1–6.
- SNI 1969 : 2016. (20 C.E.). SNI 1969:2008 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar. *SNI 1969 : 2016.*
- SNI 1970 : 2016. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18. <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan

- pengeringan.” *Badan Standardisasi Nasional*, 1–11.
- SNI 1972 : 2008. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.
- SNI 1973 : 2008. (2008). SNI 1973:2008 Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–13.
- SNI 1974 : 2011, S. 1974 : 2011. (1974). Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. *SNI 1974 : 2011*.
<https://www.academia.edu/download/57886647/SNI-1974-2011-.pdf>
- SNI 2493 : 2011, S. 2493 : 2011. (n.d.). *Pembuatan dan perawatan benda uji beton*.
- SNI 7656 : 2012. (2012). Sni 7656:2012. *Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa*.
- SNI ASTM C136. (2012). SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.
- Zulkarnain, F. (2021). T. B. (2021). *Teknologi Beton*.
- Zuraidah, S., Hastoro, K. budi, & Jehabut, M. A. (2022). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton. *Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 5(2), 93–98.
<https://doi.org/10.25139/jprs.v5i2.4701>

