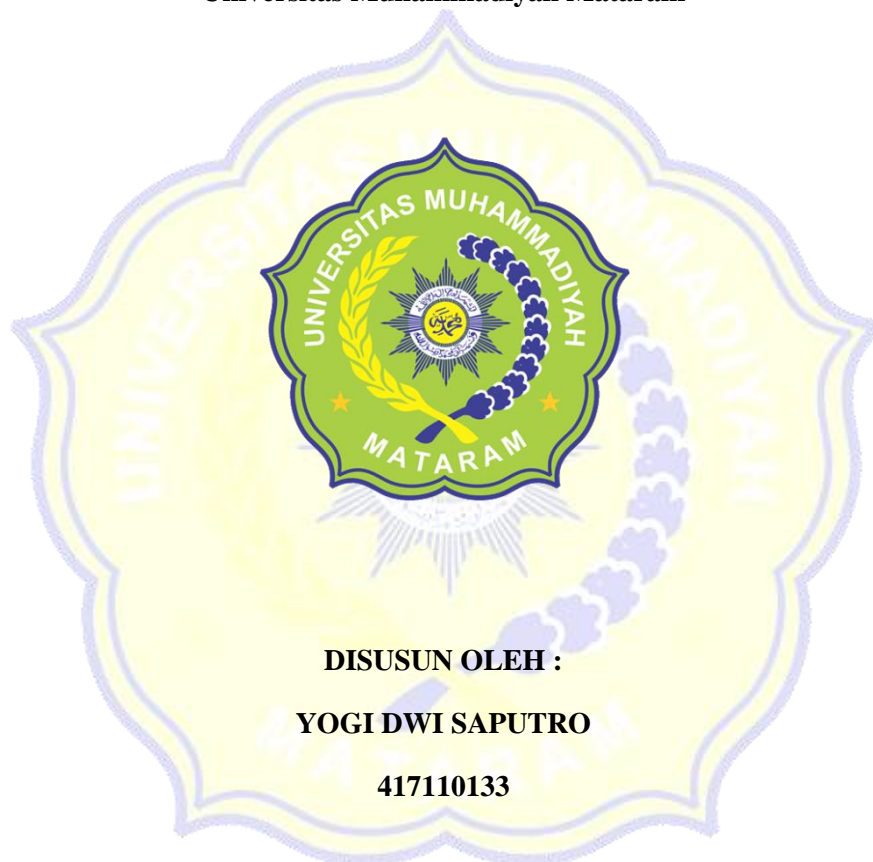


**SKRIPSI**

**PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KEMIRI  
SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT KASAR PADA BETON NORMAL**

**Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi  
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Mataram**



**DISUSUN OLEH :**

**YOGI DWI SAPUTRO**

**417110133**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

**2022**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KEMIRI SEBAGAI PENGGANTI  
AGREGAT KASAR PADA BETON NORMAL

Disusun oleh:

YOGI DWI SAPUTRO

417110133

Mataram, 29 Juli 2022

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Eng. Harivadi, ST., M.Sc(Eng)  
NIDN. 0027107301

Dr. Heni Pujastuti, ST., MT.  
NIDN. 0828087201

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK



← Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.  
NIDN.0824017501

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI**  
**SKRIPSI**  
**PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KEMIRI SEBAGAI**  
**CAMPURAN AGREGAT KASAR PADA BETON NORMAL**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : YOGI DWI SAPUTRO  
NIM : 417110133

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
Pada hari, Jumat, 05 Agustus 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Susunan Tim Penguji**

1. Penguji I : Agustini Ernawati, ST., M.Tech.
2. Penguji II : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.
3. Penguji III : Anwar Efendy, ST., MT.




**Mengetahui,**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**  
**FAKULTAS TEKNIK**



**Dekan,**  
Wakil Dekan I

  
**Rara Pujiadi Hirsan, ST., MT.**  
NIDN. 0804118001

**Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.**  
NIDN.0824017501 

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

“PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KEMIRI SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT KASAR PADA BETON NORMAL”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dari sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, 29 Juli 2022

Yang Membuat Pernyataan



**Yogi Dwi Saputro**  
417110133



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN  
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram  
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [perpustakaan@ummat.ac.id](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yogi Dwi Saputro  
NIM : 117110133  
Tempat/Tgl Lahir : Sumbawa Besar 23 Mei 1997  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp : 0852 3871 3576  
Email : [yogi.dwi.saputro3@gmail.com](mailto:yogi.dwi.saputro3@gmail.com)

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis\* saya yang berjudul :

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KEMIRI SEBAGAI  
CAMPURAN AGREGAT KASAR PADA BETON NORMAL

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 40%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis\* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 22 Agustus 2022  
Penulis



Yogi Dwi Saputro  
NIM. 117110133

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



iskandar, S.Sos.,M.A.  
NIDN. 0802048904

\*pilih salah satu yang sesuai



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN  
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram  
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : [perpustakaan@ummat.ac.id](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yogi Dwi Saputro  
NIM : 417110133  
Tempat/Tgl Lahir : Gumbawa Besar, 23 Mei 1997  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 0852 3871 3576 / yogi.dwi.saputro3@gmail.com  
Jenis Penelitian :  Skripsi  KTI  Fesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KEMIRI SEBAGAI  
CAMPURAN AGREGAT KASAR PADA BETON NORMAL

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.  
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 22 Agustus.....2022

Penulis



Yogi Dwi Saputro  
NIM. 417110133

Mengetahui,  
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos.,M.A.  
NIDN. 0802048904

## MOTTO

*“Kamu tidak harus menjadi hebat untuk memulai, tetapi kamu harus memulai untuk menjadi hebat (Zig Ziglar)”*

*“ Baik untuk merayakan sebuah kesuksesan, namun yang lebih penting adalah belajar dari sebuah kegagalan (Bill Gates)”*



## UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya dengan diberi judul “Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri Sebaai Campuran Agregat Kasar Pada Beton Normal” walaupun yang sebenarnya tugas akhir ini masih jauh dari sempurna.

Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Program Strata Satu (S1) Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Penyusunan skripsi ini berdasarkan data hasil penelitian yang dianalisis menjadi sebuah data yang *valid* sesuai dengan landasan teori-teori dari berbagai sumber yang sesuai.

Skripsi ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa adanya dukungan moral dan fisik dari pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Maka dari itu penyusun ingin menghaturkan ucapan dan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Arsyad Ghani.,Mpd, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng M. Islamy Rusyda, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST., M.Tech. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng Hariyadi, ST., M.Sc(Eng) selaku dosen pembimbing I.
5. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. selaku dosen pembimbing II.
6. Anwar Efendy, ST., MT. selaku dosen penguji
7. Seluruh staf dan pegawai sekertariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
8. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.
9. Kedua Orang Tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta do'a restunya.

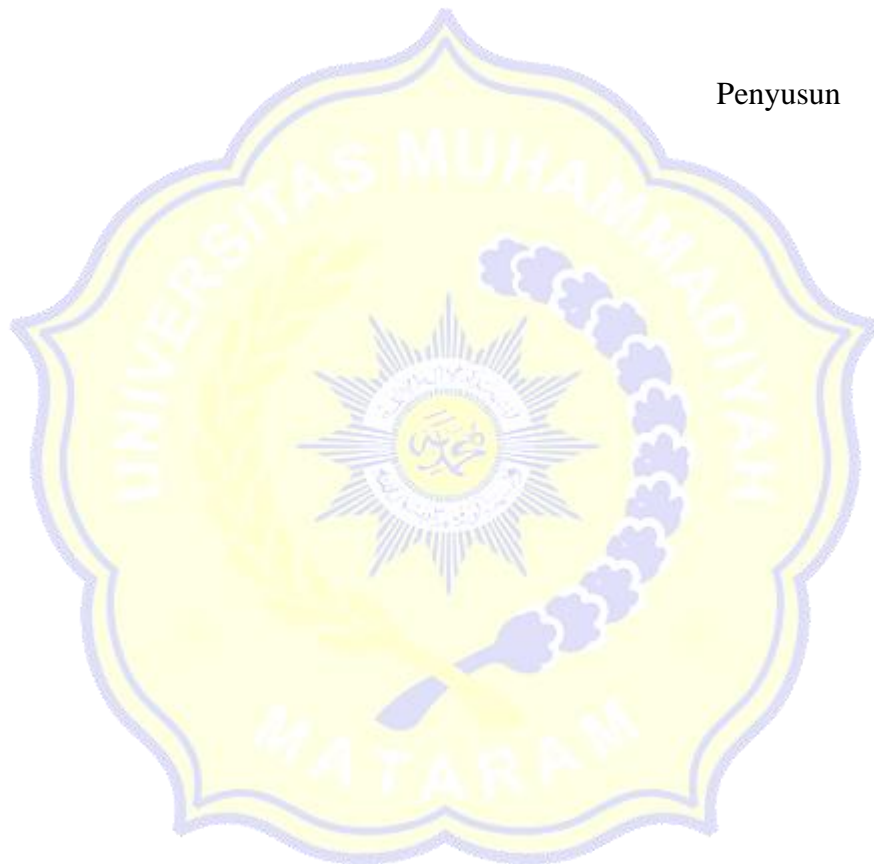


10. Sahabat dan rekan-rekan mahasiswa Teknik atas motivasi dan dukungannya, serta semua pihak yang telah membantu.

Akhir kata, penyusun menyadari bahwa penelitian ini jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, kritik maupun saran selalu penyusun harapkan demi tercapainya hal terbaik dari penelitian ini. Semoga laporan skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi semua orang dalam mengembangkan ilmu dibidang teknik sipil.

Mataram, 29 Juli 2022

Penyusun



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat, bimbingan dan karunia-Nya, sehingga penyusun Tugas Akhir dengan judul “ Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cangkang Kemiri Sebagai Campuran Agregat Kasar Pada Beton Normal “ dapat terselesaikan. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademis yang wajib dibuat untuk menyelesaikan program S-1 pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu pendapat dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk kelancaran penelitian dan penyempurnaan penulisan selanjutnya. Ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penulisan Tugas akhir ini. Akhir kata semoga karya ini bisa bermanfaat bagi pembacanya.

Mataram, 29 Juli 2022

Penulis,

YOGI DWI SAPUTRO

NIM : 417110133

## ABSTRAK

Semakin meluasnya penggunaan beton menunjukkan juga semakin banyak kebutuhan beton dimasa yang akan datang, namun bahan pembentuk beton yang selama ini diperoleh dari alam cenderung menurun yang mendorong para peneliti menambahkan bahan-bahan lain yang mempunyai sifat yang sama dengan pembentuk beton dalam campuran beton. Tujuan penelitian kali ini adalah untuk mengetahui pengaruh limbah cangkang kemiri sebagai pengganti agregat kasar terhadap sifat mekanik (kuat tekan, Tarik belah dan geser) pada beton normal.

Variasi penelitian adalah variasi persentasi limbah cangkang kemiri pada campuran beton normal sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100%. Jumlah benda uji di buat masing-masing 3 buah setiap variasi. Pengujian sifat mekanik beton (kuat tekan, Tarik belah dan geser) dilakukan pada umur beton 28 hari. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Beton yang menggunakan campuran limbah cangkang kemiri sebagai pengganti agregat kasar mengalami penurunan berturut-turut pada kuat tekan variasi 25%, 50%, 72%, dan 100% dari beton normal tanpa campuran limbah cangkang kemiri sebesar 12,972 MPa, 11,822 MPa, 10,615 MPa, dan 6,071 MPa dari kuat tekan beton normal sebesar 21,665 MPa. Penurunan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh penyerapan air pada kemiri dan nilai berat jenis cangkang kemiri yang ringan dari pada kerikil.

Kata Kunci: Beton, Cangkang Kemiri dan Kuat tekan

## ABSTRACT

The increased use of concrete also indicates that there will be an increasing demand for concrete in the future. However, as concrete-forming materials obtained from nature have tended to decline, researchers have been forced to incorporate other materials with similar properties into the concrete mix. This study's goal was to ascertain how candlenut shell waste, used in place of coarse aggregate, affected the mechanical parameters (compressive strength, split tensile, and shear) of typical concrete.

In standard concrete combinations of 25%, 50%, 75%, and 100%, the percentage of candlenut shell waste varies according to the research variation. There are three test objects total for each variation. At the age of 28 days, concrete was tested for its mechanical qualities (compressive strength, split tensile, and shear). This study was carried out in the Civil Engineering Study Program Laboratory at the Muhammadiyah University of Mataram's Faculty of Engineering.

From the typical concrete compressive strength of 21.665 MPa, concrete using a mixture of hazelnut shell waste as a substitute for coarse aggregate experienced compressive strength variations of 25%, 50%, 72%, and 100% of normal concrete without a mixture of hazelnut shell waste. These variations were 12,972 MPa, 11,822 MPa, 10,615 MPa, and 6.071 MPa. Due to the candlenut's water absorption and the lighter specific gravity of the candlenut shell compared to the gravel, the compressive strength value decreased.

**Keywords:** *Concrete, Hazelnut Shell and Compressive Strength*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	<b>vi</b>
<b>MOTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>UCAPAN TERIMKASIH .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK INGGRIS .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>	<b>4</b>

2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori .....	6
2.2.1 Beton .....	6
2.2.2 Bahan Penyusun Beton .....	8
2.2.3 Faktor Air Semen .....	14
2.2.4 Kekuatan Tekan Beton.....	14
2.2.5 Kekuatan Geser Beton.....	15
2.2.6 Pengujian Workability (Slump) .....	16
2.2.7 Perawatan beton .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	19
3.2.1 Peralatan.....	19
3.2.2 Bahan.....	19
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	20
3.3.1 Tahap Persiapan .....	20
3.3.2 Tahap Pengujian Bahan.....	21
3.3.3 Pengujian Berat Satuan Agregat .....	21
3.3.4 Analisis Saringan Agregat.....	22
3.3.5 Pengujian Berat Jenis Agregat .....	23
3.3.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat .....	24
3.3.7 Pemeriksaan Berat Jenis Cangkang Kemiri .....	24
3.3.8 Perencanaan Campuran Beton (Mix Design).....	25
3.3.9 Pengujian Workability Slump Beton Segar .....	25
3.3.10 Pembuatan Benda Uji.....	26
3.3.11 Benda Uji untuk Kuat Tekan.....	26
3.3.12 Benda Uji untuk Kuat Tarik.....	27
3.3.13 Benda Uji untuk Kuat Geser .....	27
3.4 Perawatan Benda Uji .....	28
3.5 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	28
3.6 Pengujian Kuat Geser beton .....	29

3.7 Pengujian Kuat Tarik Belah.....	30
3.8 Metode Analisa Data .....	31
3.9 Bagan Alir Penelitian.....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan .....	33
4.1.1 Agregat Halus.....	33
4.1.2 Agregat Kasar.....	39
4.1.3 Agregat Kasar Tamabahan (limbah cangkang kemiri) .....	45
4.2 Desain Campuran Bahan Penyusun Beton (Mix Design).....	51
4.4 Gambaran Beton Dengan Variasi kemiri .....	53
4.4.1 Beton campuran limbah cangkang kemiri dengan variasi 25% ....	53
4.4.2 Beton campuran limbah cangkang kemiri variasi 50%.....	53
4.4.3 Beton Campuran Limbah cangkang kemiri Variasi 75% .....	54
4.4.4 Beton Campuran Limbah Cangkang Kemiri 100% .....	55
4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	56
4.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	58
4.7 Kuat Geser Beton .....	60
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Gradasi Agregat Halus .....	9
Tabel 2.2	Klasifikasi gradasi agregat kasar.....	9
Tabel 2.3	Susunan unsur semen Portland.....	11
Tabel 2.4	Beton menurut kuat tekannya (Tjokrodinuljo, 2007).....	14
Tabel 4.1	Hasil pengujian berat satuan padat agregat halus .....	33
Tabel 4.2	Hasil pengujian berat satuan lepas agregat halus .....	35
Tabel 4.3	Hasil pemeriksaan analisa gradasi agregat halus .....	36
Tabel 4.4	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air.....	38
Tabel 4.5	Hasil pengujian kadar air agregat halus .....	39
Tabel 4.6	Hasil pengujian berat satuan padat agregat kasar .....	40
Tabel 4.7	Hasil pengujian berat satuan padat agregat kasar .....	41
Tabel 4.8	Hasil pemeriksaan Analisa gradasi agregat kasar .....	43
Tabel 4.8	Hasil pengujian berat satuan agregat kasar .....	44
Tabel 4.9	Hasil pengujian kadar air agregat kasar .....	45
Tabel 4.10	Hasil pengujian berat satuan padat cangkang kemiri.....	46
Tabel 4.11	Hasil pengujian berat satuan padat agregat kasar .....	47
Tabel 4.12	Hasil pemeriksaan Analisa gradasi agregat kasar .....	49
Tabel 4.13	Hasil pengujian berat satuan agregat kasar (cangkang kemiri).....	50
Tabel 4.14	Hasil pengujian kadar air agregat kasar .....	51
Tabel 4.15	Kebutuhan Bahan Penyusun Beton per 1 m <sup>3</sup> .....	52
Tabel 4.16	Tabel hubungan nilai slump dengan variasi campuran limbah cangkang kemiri .....	52
Tabel 4.17	Selisih Nilai Kuat Tekan Beton .....	58
Tabel 4.18	Selisih Nilai Kuat Tarik Belah Beton.....	60
Tabel 4.19	Selisih Nilai Kuat Geser Beton .....	62



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sketsa benda uji Double-L .....	15
Gambar 2.2	Sketsa kerucut abrams .....	16
Gambar 3.1	Setting up alat uji kuat tekan .....	29
Gambar 3.2	Setting up alat uji kuat geser .....	30
Gambar 3.3	Setting up alat uji kuat Tarik belah .....	31
Gambar 3.4	Bagan Alir Penelitian .....	32
Gambar 4.1	Grafik gradasi agregat halus.....	37
Gambar 4.2	Grafik gradasi agregat kasar.....	44
Gambar 4.3	Grafik gradasi limbah cangkang kemiri .....	50
Gambar 4.4	Beton dengan campuran limbah cangkang kemiri 25% .....	53
Gambar 4.5	Beton Campuran Limbah Cangkang Kemiri 50% .....	54
Gambar 4.6	Beton dengan campuran kemiri variasi 75% .....	55
Gambar 4.7	Bentuk dalam beton dengan campuran cangkang kemiri.....	55
Gambar.4.8	Beton dengan limbah cangkang kemiri 100%.....	56
Gambar 4.9	dan Gambar 4.10 Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder .....	57
Gambar 4.11	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder.....	57
Gambar 4.12	dan Gambar 4.13 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Silinder	59
Gambar 4.14	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Silinder.....	59
Gambar 4.15	dan Gambar 4.16 Pengujian Kuat Geser Beton.....	61
Gambar 4.17	Hasil Pengujian Kuat Geser Beton.....	61

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Beton adalah bahan bangunan yang berbahan dasar perekat berbahan dasar semen dan agregat berupa pasir dan batu (kerikil). Beton biasa adalah ketika tidak ada zat beracun yang ditambahkan ke beton yang hanya terdiri dari perekat terikat semen, agregat halus dan agregat kasar. Struktur beton sangat dipengaruhi oleh komposisi dan kualitas bahan tambahan beton. Ini dibatasi oleh kuat tekan beton yang ditentukan dalam rencana. (Mulyono, 2003).

Penggunaan beton yang lebih luas juga menunjukkan peningkatan permintaan beton di masa depan, tetapi ada kecenderungan lebih sedikit bahan pembentuk beton yang diekstraksi dari alam, dan para peneliti menemukan bahwa jumlah beton Kami didorong untuk menambahkan bahan lain yang memiliki sifat yang sama dengan pembentuk beton dalam campuran beton (Nawy, 1990).

Pulau Sumbawa merupakan pemasok kemiri terbesar di Nusa Tenggara Barat. Menurut data Dinas Pertanian Kabupaten Sumbawa, produksi kemiri tahun 2019 sekitar 840,9 ton dengan potensi luasan 840 hektar. Rata-rata produksi mencapai 1,2 ton/ha (MC Kab Sumbawa, 2020). Memproduksi kemiri dalam jumlah besar tentu banyak menghasilkan limbah pertanian. Misalnya dari 1 kg kemiri diperoleh sekitar 30% biji dan 70% cangkangnya, maka dari data diatas dapat diperkirakan berat limbah yang dihasilkan sebesar 588,63 ton.

Cangkang kemiri menawarkan kemungkinan baru untuk pengembangan dan penggunaan lebih lanjut, terutama di sektor konstruksi. Sebelumnya hanya dikenal sebagai limbah dari pabrik kemiri, kulit kemiri dapat digunakan sebagai campuran agregat kasar pada beton. Beton mutu tinggi dapat dibuat lebih ekonomis karena harga kulit

kemiri lebih murah dari pada kulit kemiri. Penggunaan kulit kemiri nantinya dapat dimaksimalkan ke tingkat yang lebih tinggi.

Seiring berkembangnya teknologi, beberapa peneliti meningkatkan kualitas sifat beton dengan menambahkan serat pada campuran beton. Jenis serat yang dapat digunakan untuk meningkatkan mutu sifat beton adalah serat baja, plastik, kaca, karbon, dan serat alam (kulit kemiri).

Mengingat hal tersebut, untuk menentukan kadar kerikil yang optimal, perlu dilakukan penelitian multi-perlakuan kemiri dengan menggunakan cangkang kemiri. Dapat digunakan untuk beton. Penggunaan tempurung kemiri sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton kuat dan ramah lingkungan, dan penggunaannya dapat dilihat pada jenis bangunan beton yang sesuai.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Bagaimana pengaruh cangkang kemiri sebagai agregat kasar pada campuran beton normal.
- 2) Bagaimana perbedaan kuat tekan beton dengan variasi campuran 25%, 50%, 75%, 100% cangkang kemiri dengan kuat tekan beton normal.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Menentukan pengaruh cangkang kemiri terhadap mutu beton normal.
- 2) Menentukan perbedaan kuat tekan beton dengan variasi campuran 25%, 50%, 75%, 100% cangkang kemiri dengan kuat tekan beton normal.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

- 1) Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dengan memberikan informasi tentang pengaruh limbah cangkang kemiri sebagai agregat kasar pada campuran beton dan kadar optimum yang bisa diizinkan.
- 2) Memberikan wawasan kepada masyarakat umum bahwa selain digunakan sebagai bahan bakar pengganti kayu, cangkang kemiri juga bisa digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar dalam pembuatan beton.

### **1.5 Batasan Masalah**

- 1) Benda uji berbentuk silinder dengan diameter (150 x 300) mm.
- 2) Limbah cangkang kemiri yang di gunakan ialah cangkang kemiri yang ada di Kabupaten Sumbawa.
- 3) Kuat tekan ( $f'c$ ) rencana yang dipakai adalah 20 MPa untuk beton normal.
- 4) Jenis pengujian yang akan dilakukan yaitu uji tekan, dan uji geser.
- 5) Pengujian dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
- 6) Variasi campuran limbah cangkang kemiri yang digunakan ialah 25%, 50%, 75% 100%.
- 7) Jumlah benda uji setiap pengujian adalah 3/variasi

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Beton adalah suatu fungsi dari bahan penyusun yang terdiri dari semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambahan (*admixture atau additive*). Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen komposit (bahan-bahan penyusun beton), perlu diketahui sifat-sifat masing-masing komponen. (Mulyono, 2004).

Menurut Amri dan Irwan, (2019) yang berjudul pengaruh penambahan pecahan kulit kemiri sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada beton menggunakan beton K225 rencana dan tempurung kemiri dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% pada beton K225 rencana Pengaruh penambahan C terhadap massa dan kuat tekan beton Lama pengujian beton adalah 28 hari. Kuat tekan beton berturut-turut adalah 264 kg/cm<sup>2</sup>, 174 kg/cm<sup>2</sup>, 95 kg/cm<sup>2</sup> dan 40 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk kuat tekan optimal hasil Variasi 1, masing-masing hasil kuat tekan mengalami penurunan kuat tekan beton normal pada setiap perubahan persentase. Hal ini disebabkan kurangnya afinitas antara semen dan pasir.

Penelitian yang dilakukan Erfan dan Surbakti, (2019) berjudul Optimalisasi Penggunaan *Fly Ash* dengan Kandungan Semen Minimal Pada Beton Berkekuatan Tinggi. Variasi *fly ash* tersedia dari 0%, 30%, 35%, 49%, 45% dan 50%. Kuat tekan beton pada umur rencana beton 28 hari adalah 55,97 MPa, 57,23 MPa, 60,47 MPa, 64,46 MPa, 61,38 MPa, dan 57,12 MPa. Kuat tekan maksimum yang diperoleh dengan variasi *fly ash* 40% adalah 64,46 MPa.

Penelitian yang dilakukan Liem, (2020) menguji tentang pengaruh abu terbang sebagai pengganti sebagian semen dan abu batu sebagai pengganti sebagian agregat halus (pasir) terhadap kekuatan beton telah diuji. Kuat tekan desain adalah  $f_c' = 25 \text{ N/mm}^2$ . Variasi yang digunakan adalah beton biasa dan variasi bahan tambah yaitu 30% *fly ash* dan 0%, 20%, 25%, 30%, 35% *rock ash*. Pengujian kuat tekan beton dijadwalkan

selama 7, 14 dan 28 hari, dan pengujian penyerapan dijadwalkan selama 28 hari. Hasil yang diperoleh adalah untuk nilai kuat tekan sebesar 25.383 N/mm<sup>2</sup>, 25.761 N/mm<sup>2</sup>, 26.138 N/mm<sup>2</sup>, 27.082 N/mm<sup>2</sup>, 27.931 N/mm<sup>2</sup>, dan 27.648 N/mm<sup>2</sup> serta nilai kuat tarik belah. Maksimum 2.524N/mm<sup>2</sup>, 2.642N/mm<sup>2</sup>, 2.713N/mm<sup>2</sup>, 2.902N/mm<sup>2</sup>, 2.996N/mm<sup>2</sup>, 3.090N/mm<sup>2</sup>. Kuat tekan tertinggi sampel beton dengan varian 4 yaitu campuran 30% limbah abu batu + 30% limbah fly ash menghasilkan kuat tekan sebesar 27,931 N/mm<sup>2</sup> pada umur 28 hari. Untuk kadar abu terbang 30% dari kekuatan beton, variasi kedua adalah 25,761 N/mm<sup>2</sup> setelah 28 hari.

Penelitian yang dilakukan Utami, (2020) tentang pengaruh penggunaan serat pinang terhadap kuat tekan dan kuat tarik limbah fly ash, limbah cangkang kemiri, dan beton terhadap penambahan limbah sekam. Pengganti kerikil dan bahan tambah sabut kelapa untuk menentukan kuat tekan beton mengacu pada kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Terdapat variasi beton biasa dan beton dengan penambahan limbah kulit lilin 0%, agregat kasar 5%, 10% dan 15%, fly ash, 25% semen dan 1% serat buah pinang. Berdasarkan hasil kuat tekan beton 28 hari diperoleh kuat tekan sebesar 20.183 N/mm<sup>2</sup>, 22.824 N/mm<sup>2</sup>, 21.221 N/mm<sup>2</sup>, 20.749 N/mm<sup>2</sup>, dan 19.712 N/mm<sup>2</sup> pada kuat leleh beton. adalah. Untuk kuat tarik belah 2.382 N/mm<sup>2</sup>, 2.546 N/mm<sup>2</sup>, 2.500 N/mm<sup>2</sup>, 2.475 N/mm<sup>2</sup>, dan 2.428 N/mm<sup>2</sup>. Kuat tekan optimum terdapat pada varian 2 dengan nilai kuat tekan sebesar 22,824 N/mm<sup>2</sup> dan kuat tarik sebesar 2,546 N/mm<sup>2</sup>.

Penelitian yang dilakukan Mulyati dan Adman, (2019) yang berjudul pengaruh Penambahan Aditif Beton Tempurung Kemiri dan Cicasim Terhadap Kuat Tekan Beton Biasa, Hasil Perencanaan Persiapan Beton, dan Penggunaan Perlakuan Tempurung Kemiri pada Persentase 0, 0,25, 0,5, dan 0,75, ditambahkan agregat kasar 1% dan beton sikacim ditambah dengan 0,7% kadar air. Umur rencana beton dan beton K250 adalah 28 hari, dan kuat tekan beton direncanakan memberikan 253,93 kg/cm<sup>2</sup> secara kontinyu dengan variasi 0% CK + 0% SC dan 0% CK +

0,7% SC variasi. Diproduksi 261,52 kg/cm<sup>2</sup> cm<sup>2</sup>kg/cm<sup>2</sup>, berfluktuasi 0,25% CK+0,7% SC Diproduksi 266,07 kg/cm<sup>2</sup>, berfluktuasi 0,50% CK+0,7% SC Diproduksi 271,85 kg/cm<sup>2</sup>, berfluktuasi 0,75% CK +0,7% SC Diproduksi 277,74 kg/cm<sup>2</sup> , penyimpangan dari 1% CK + 0,7% SC menghasilkan 284,14 kg/cm<sup>2</sup>. Dari hasil yang diperoleh, kuat tekan optimal untuk varian 6 adalah 284,14 kg/cm<sup>2</sup>.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Beton**

Beton adalah bahan seperti batu yang diperoleh dengan mencampur. Semen, pasir, agregat lain, dan air dicampur dalam proporsi tertentu dan campuran dibiarkan mengeras dalam cetakan dengan bentuk yang diinginkan. Salah satu kekuatan beton adalah bahwa itu adalah bahan kekuatan tinggi. Dengan manufaktur yang baik, kekuatan tekan bisa sama dengan batu alam (Tjokorodimoljo, 2007).

Beton sangat banyak digunakan karena keunggulannya dibandingkan bahan bangunan lainnya. Secara khusus, keunggulan beton adalah:

- 1) Beton mudah dibentuk dalam bekisting sesuai dengan persyaratan konstruksi bangunan, tahan terhadap suhu tinggi,
- 2) Beton memiliki kuat tekan yang tinggi dan
- 3) Bahan baku beton relatif mudah diperoleh,
- 4) Beton relatif bebas perawatan dan tahan lama.
- 5) Beton relatif murah dan mudah perawatannya karena tahan aus dan tahan api.

Selain kelebihan di atas, beton juga memiliki kekurangan sebagai berikut:

- 1) Beton adalah bahan dengan berat jenis yang cukup tinggi yaitu 2400 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tarik yang rendah sekitar 9-15% dari kuat tekannya.
- 2) Karena beton bersifat getas atau tidak ulet, beton harus diperhitungkan dengan cermat untuk menjadi daktail setelah direkatkan dengan tulangan, terutama pada struktur seismik.

- 3) Mudah retak.
- 4) Struktur beton sulit untuk dipindahkan.
- 5) Mutu akhir pekerjaan beton sangat bergantung pada mutu beton itu sendiri dan proses penuangan.

#### **2.2.1.2 Beton Normal**

Campuran beton terdiri dari air, semen, agregat kasar dan agregat halus. Sebagai aturan umum, tunggu 28 hari setelah menuangkan beton untuk mencapai kuat tekan yang direncanakan. Dalam pembuatan beton perlu dilakukan tahapan-tahapan pengujian campuran yang digunakan dalam pembuatan beton: uji analisis ayakan, uji kandungan lumpur, uji berat jenis, uji penyerapan agregat dan uji berat isi. Dan dilakukan pengujian dengan semen seperti Uji berat jenis dan waktu pengerasan semen.

Beton terdiri dari  $\pm 15\%$  semen,  $\pm 8\%$  air,  $\pm 3\%$  udara, dan sisanya pasir dan kerikil. Campuran yang dikeraskan memiliki sifat yang berbeda tergantung pada bagaimana mereka diproduksi, dan beton memiliki sifat yang berbeda tergantung pada proporsi campuran, bagaimana dicampur, bagaimana diangkut, bagaimana dicetak, bagaimana dipadatkan, dll. (Wuryati, 2001).

#### **2.2.2 Bahan Penyusun Beton**

Bahan penyusun beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar (pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat lainnya) serta semen dan air sebagai bahan pengikat. Beton yang baik adalah bila kuat tekannya sesuai dengan rencana. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat kuat tekan beton adalah ukuran agregat dan umur beton.

##### **2.2.2.1 Agregat**

Menurut Silvia Sukirman (2003), Agregat adalah partikel batu pecah alami dan buatan, kerikil, pasir atau mineral lainnya yang berupa mineral padat berukuran besar dan kecil (pecahan) yang berfungsi sebagai campuran atau pengisi dalam beton.

Ada dua jenis agregat yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam adalah agregat yang terbentuk secara alami oleh aliran dan



dekomposisi air sungai. Agregat yang dibuat dari air sungai berbentuk bulat dan licin, sedangkan agregat yang dibuat selama proses dekomposisi berbentuk kubus (persegi) dan memiliki permukaan yang kasar. Agregat buatan, di sisi lain, adalah agregat yang diperoleh dari produk sampingan pabrik semen dan penghancur batu.

**a. Agregat Halus**

Agregat halus adalah semua partikel yang lolos saringan 4,75 mm, dan agregat beton adalah bentuk pasir alam yang merupakan hasil dari pecahan batuan alam, atau pasir buatan yang dihasilkan oleh penghancur batu, dapat berupa , bisa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lebih dari 5% lumpur dan tidak boleh mengandung bahan organik yang dapat merusak beton. Pasir dalam campuran beton sangat penting untuk workability, kekuatan dan durabilitas beton yang dihasilkan. Kualitas pasir harus dikontrol untuk hasil beton yang seragam. Oleh karena itu, sebagai agregat halus, pasir harus memenuhi kadar dan persyaratan yang ditentukan. Batasan penempatan partikel agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lolos Ayakan			
	Pasir Kasar	Pasir Agak Kasar	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100n	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-90	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: Tjokrodinuljo, 2012)

**b. Agregat Kasar (Batu Pecah)**

Agregat kasar adalah kerikil hasil pemecahan batuan secara alami atau berupa batu pecah dari industri batu pecah, dengan ukuran butir

antara 5 sampai 40 mm. Distribusi ukuran agregat kasar diklasifikasikan dalam Tabel Batas Kadar Agregat Kasar seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Klasifikasi gradasi agregat kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lolos Ayakan	
	Besar Butir Maksimum 40 mm	Berat Butir Minimum 20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

(Sumber: Tjokrodimuljo, 2012)

Menurut Tjokrodimulyo (1996), Beberapa faktor dipertimbangkan ketika memilih tugas pencampuran tertentu.

1) Bentuk Agregat

Bentuk agregat dipengaruhi oleh dua karakteristik: kebulatan dan kebulatan. Kebulatan atau ketajaman sudut adalah pergeseran yang dapat dipilih yang bergantung pada ketajaman relatif dari sudut dan tepi partikel. Di sisi lain, bentuk bola adalah properti yang bergantung pada hubungan antara bidang butir lurus dan volume partikel.

2) Tekstur Permukaan Butir

Tekstur permukaan adalah sifat permukaan yang tergantung pada ukuran, halus atau kasar, glossy atau matte. Pada dasarnya struktur permukaan partikel dapat diklasifikasikan menjadi sangat halus (seperti kaca), halus, berbutir, kasar, kristal, berpori dan berlubang. Tekstur permukaan partikel tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan besarnya gaya yang bekerja pada permukaan partikel yang menyebabkan kehalusan permukaan agregat.

3) Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara massa padat dengan massa air dari volume agregat yang sama pada suhu yang sama. Partikel agregat umumnya mengandung partikel berpori yang terletak

pada partikel tertutup atau tidak saling berhubungan, sehingga berat jenis suatu agregat adalah densitas absolut jika volume padatan tidak mengandung pori-pori, dan densitas absolut jika padatan tertutup. volume sekitar pori dapat dibagi menjadi dua istilah.

#### 4) Kekuatan dan Keuletan Agregat

Kekerasan keseluruhan tergantung pada kekerasan komponen. Partikel agregat bisa menjadi lemah karena dua alasan. Yaitu, baik karena mereka terdiri dari bahan yang lemah, atau karena mereka terdiri dari partikel yang kuat tetapi tidak terikat erat. Secara umum kekuatan dan elastisitas agregat mempengaruhi kekuatan beton, karena jenis batuan, tekstur, dan agregat merupakan bagian utama dari beton.

#### 2.2.2.2 Semen

Semen adalah bahan halus yang berfungsi sebagai pengikat agregat. Bahan baku semen adalah bahan baku yang mengandung oksida seperti kapur, silika, alumina dan oksida besi. Semen bertindak sebagai perekat yang mengikat agregat kasar dan halus menjadi massa yang padat dan padat melalui proses hidrasi. Semen digolongkan sebagai pengikat hidrolik karena berfungsi sebagai perekat ketika air ditambahkan.

**Tabel 2.3** Susunan unsur semen Portland

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO <sub>2</sub>	17 – 25
Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 – 8
Besi, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,5 – 6
Magnesia, MgO	0,5 – 4
Sulfur, SO <sub>3</sub>	1 – 2
Soda/Potash, Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O	0,5 – 1

(Sumber: Tjokrodinuljo, 2007)

Jenis semen yang berbeda menghasilkan panas yang berbeda dan menghilangkan panas secara berbeda, jadi sangat penting untuk mengetahui jenis semen konstruksi yang digunakan. Struktur beton yang lebih besar dan bobot penampang yang lebih tinggi membutuhkan lebih sedikit panas hidrasi. Jenis semen portland adalah:

- 1) Semen tipe I : Digunakan untuk keperluan konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk panas hidrasi dan kuat tekan awal. Sangat cocok untuk digunakan di tanah dan air dengan sifat 0,0-0,10% dan dapat digunakan untuk bangunan tempat tinggal, gedung bertingkat, dll.
- 2) Semen tipe II : Ketahanan sulfat (dalam tanah dan air yang mengandung 0,10-0,20% sulfat) dan panas hidrasi sedang (misalnya Lahan basah bekas, saluran irigasi, beton curah untuk bendungan, bangunan dengan pondasi jembatan) bangunan di tepi laut dari.
- 3) Semen tipe III: Ini digunakan dalam struktur bangunan yang membutuhkan kuat tekan awal yang tinggi pada tahap awal setelah perekatan. B. Untuk pembuatan jalan beton, gedung tinggi dan gedung bawah air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat. Harganya memang sedikit mahal, namun digunakan saat ingin mendapatkan kekuatan dalam waktu singkat.
- 4) Semen tipe IV: Ini digunakan untuk aplikasi pengecoran yang tidak menghasilkan panas dan untuk aplikasi pengecoran dengan semprotan (waktu pengerasan) yang memiliki lebih sedikit panas hidrasi saat digunakan. Tipe IV tidak lagi diproduksi dalam jumlah besar seperti di Hoover Dam, tetapi telah digantikan oleh Tipe II, yang disebut "semen Portland yang dimodifikasi."
- 5) Semen tipe V : Ini digunakan untuk konstruksi bangunan di atas tanah atau air yang mengandung lebih dari 0,20 persen sulfat dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah industri, konstruksi bawah air, jembatan terowongan, pelabuhan dan pembangkit listrik tenaga nuklir.

### 2.2.2.3 Air

Air adalah bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dan semen membentuk pasta semen. Air juga digunakan untuk melumasi partikel agregat untuk memudahkan penanganan dan pemadatan. Air dalam campuran beton memicu proses hidrasi dengan semen. Jika Anda tidak memiliki cukup air, Anda akan mengalami dehidrasi. Biasanya, air minum digunakan sebagai campuran beton. Air juga mempengaruhi kuat tekan beton itu sendiri, karena kelebihan air mengurangi kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air menyebabkan pencampuran. Air dan semen naik ke permukaan campuran beton yang baru dituang. Hal ini menyebabkan sambungan antar lapisan beton menjadi terputus dan beton menjadi lebih lemah.

### 2.2.2.4 Limbah Cangkang Kemiri

Kulit kemiri adalah produk limbah dari mengupas hazelnut tua dan membuang bijinya. Karena sekam lilin keras dan relatif ringan, diperkirakan bahwa mereka digunakan sebagai agregat kasar untuk meminimalkan penggunaan kerikil. Menurut Huda dalam Refiyanni dan Ikhsan, (2020) cangkang kemiri mengandung komposisi kapur (CaO), Silikia Oksida (SiO<sub>2</sub>), Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Magnesium Oksida (MgO), Air (H<sub>2</sub>O), dan Oksida Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Anjani (2015), Sebuah studi tentang pengaruh superplasticizer menggunakan 0,25 persen, 0,50 persen, 0,75 persen, 1 persen berat semen dan 100 persen agregat cangkang kemiri. Penelitian ini mengacu pada SK SNI 03-2843-2002 (Tjokrodinuljo, 2007). Benda uji yang digunakan adalah kubus dengan panjang sisi 15 cm, terdiri dari 4 varian dan masing-masing 5 sampel (4 sampel untuk uji tekanan).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton agregat kasar cangkang kemiri 100% memberikan rumus  $y = -10,59 x^2 + 17,173 x + 17,522$  dalam waktu 28 hari. , 1 persen dengan fase konstan 0,30 berturut-turut, yaitu 21,16 MPa, 23,46 MPa, 24,44 MPa, 24,11 MPa. Sedangkan kuat tekan beton yang optimal adalah 24,44 MPa dan

kandungan superplasticizer sebesar 0,75%. Juga, kemampuan kerja beton segar diberikan oleh rumus  $y = 88x^2 + 142x + 26$  dengan kandungan fluidizer 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1%, berturut-turut yaitu 3 cm, 26 cm dan 28. Juga dikenal sebagai cm. Slump maksimum pada kandungan fluidizer 1% adalah 29 cm, yaitu 0,29 cm.

### 2.2.3 Faktor Air Semen

Koefisien air semen (fas) adalah perbandingan berat air dalam campuran beton dengan berat semen. Rasio berat air terhadap berat semen yang digunakan dapat dirumuskan sebagai Persamaan 2.1:

$$FAS = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Jumlah Semen}} \dots\dots\dots(2-1)$$

Faktor air-semen membantu menentukan jumlah semen yang dibutuhkan. Nilai FAS yang lebih tinggi membutuhkan lebih sedikit semen dan nilai FAS yang lebih rendah membutuhkan lebih banyak semen.

### 2.2.4 Kekuatan Tekan Beton

Sifat kuat tekan beton diuji dengan perawatan beton selama 28 hari dan kemudian pembebanan sampai runtuh. (Mulyono, 2004)

**Tabel 2.4** Beton menurut kuat tekannya (Tjokrodimuljo, 2007)

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton sederhana	Sampai 10 Mpa
Beton normal	15-30 Mpa
Beton prategang	30-40 Mpa
Beton kuat tekan tinggi	40-80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 Mpa

$f'_c$  didapat Persamaan 2.2 :

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

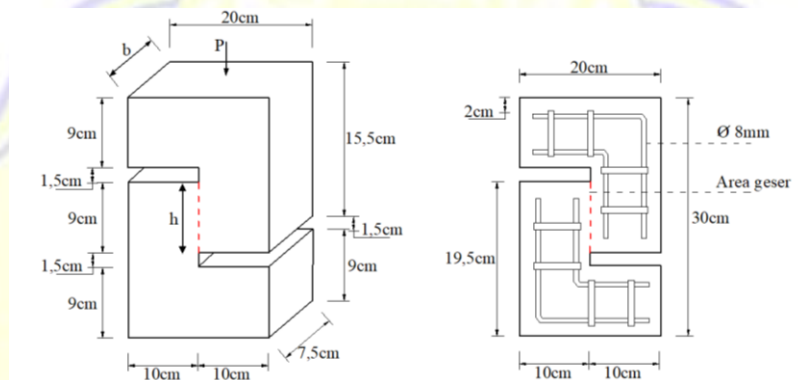
Dengan ,

$P$  = berat beban maksimum yang menyebabkan benda uji hancur (N)

$A$  = luas penampang benda uji

### 2.2.5 Kekuatan Geser Beton

Kuat geser beton merupakan salah satu sifat beton yang diperkeras. Retak terjadi ketika gaya yang diterapkan pada beton melebihi kekuatan geser maksimum yang dapat ditahan beton. Tegangan geser dibuat oleh gaya gesekan antara satu partikel dengan partikel lainnya. Tegangan geser ini disebut tegangan geser karena gaya geser langsung.



**Gambar 2.1** sketsa benda uji *Double-L*

Kuat geser sulit untuk ditentukan secara eksperimental relatif terhadap kekuatan mekanik lainnya karena sulit untuk memisahkan geser dari kekuatan lain. Kuat geser pada berbagai penelitian eksperimental menunjukkan variasi 20-85% dibandingkan kuat tekan. (Nawy, 1998).

Kuat geser dapat dihitung dengan Persamaan 2.3:

$$f_s = \frac{P}{bh} \dots\dots\dots(2-3)$$

deng

$f_s$  = kuat geser (MPa)

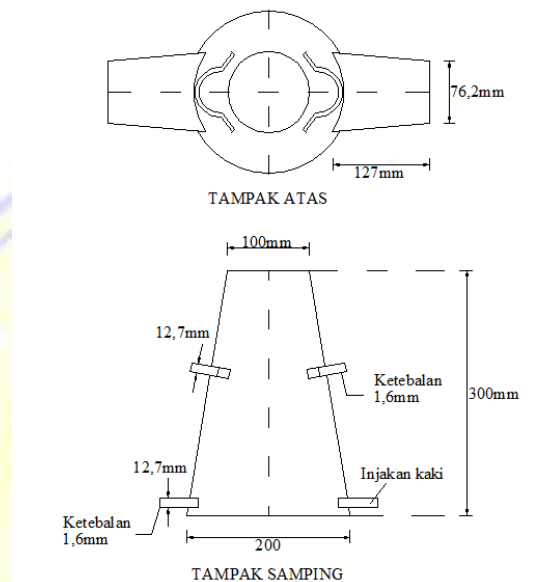
$P$  = beban maksimum (N)

$b$  = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

$h$  = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

### 2.2.6 Pengujian *Workability (Slump)*

Uji Slump adalah pengujian empiris atau metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi atau kekakuan campuran beton siap pakai. Slump test dapat menunjukkan kekurangan, kelebihan atau kecukupan air yang digunakan dalam pembuatan beton.



**Gambar 2.2 Sketsa kerucut *abrams***

Nilai slump ditentukan oleh besarnya penurunan slump pada campuran beton setelah alat tuang dinaikkan. Jika slump yang dihasilkan lebih besar dari slump desain, campuran encer dan nilai workability akan lebih tinggi, begitu pula sebaliknya jika slump lebih kecil dari nilai slump desain, rich mix dan nilai workability akan lebih rendah. Slump adalah ukuran tebal campuran beton, dinyatakan dalam mm, ditentukan dengan menggunakan Abrams Cone Tool SNI 03-1972-1990 yang terkait dengan Metode Uji Slump Beton Semen Portland. Workability adalah sifat fisik campuran beton yang menentukan jumlah kerja mekanis, atau jumlah energi tertentu, yang diperlukan untuk menghasilkan beton monolitik yang kuat tanpa segregasi.

Uji penetrasi ini untuk SNI 1972-2008. Beton dengan kemerosotan kurang dari 15 mm mungkin tidak cukup plastis dan beton dengan kemerosotan lebih besar dari 230 mm mungkin tidak cukup kohesif



untuk pengujian ini.

Dalam percobaan ini, corong baja berbentuk kerucut dengan lubang di kedua ujungnya, yang disebut kerucut Abrams. Diameter bawah 20cm, diameter atas 10cm, dan tinggi 30cm.

### **2.2.7 Perawatan beton**

Perawatan beton adalah tahap akhir dari pekerjaan beton, di mana ia dipadatkan sampai proses hidrasi cukup lengkap (sekitar 28 hari), yang membantu menjaga permukaan beton segar tetap lembab setiap saat. Hal ini diperlukan untuk menjaga kadar air permukaan beton agar kelembaban beton siap pakai tidak merembes keluar. Hal ini untuk memastikan proses hidrasi semen (reaksi semen dengan air) selesai. Jika tidak, proses penguapan air dari permukaan beton segar terjadi karena udara panas, menyebabkan air mengalir keluar dari beton segar, menyebabkan beton segar kekurangan air untuk hidrasi dan retak permukaan beton. (Tjokrodimuljo, 2007).

Perawatan beton (curing) dilakukan setelah beton mencapai setting akhir, yaitu setelah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak terganggu. Dalam hal ini, beton retak karena hilangnya kelembaban dengan cepat. Perawatan harus berlangsung setidaknya 7 hari, dan untuk beton mutu tinggi hijau setidaknya 3 hari, dan harus tetap lembab. Perlakuan ini bertujuan tidak hanya untuk mencapai kuat tekan beton yang tinggi, tetapi juga untuk meningkatkan kualitas durabilitas, ketahanan air, ketahanan aus dan stabilitas dimensi struktural beton.

Proses ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain (Mulyono, 2004):

1. Menuangkan beton siap pakai ke dalam ruangan yang lembab
2. Menuangkan beton siap pakai ke dalam genangan air
3. Tambahkan beton siap pakai ke dalam air
4. Tutupi permukaan beton dengan air
5. Tutupi permukaan beton dengan kantong basah

6. Penyiraman permukaan beton secara terus menerus
7. Pelapisan air permukaan beton dengan senyawa

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Matararam.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Peralatan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk menyiapkan bahan dan benda uji untuk pengujian. Perangkat yang digunakan adalah:

- 1) Timbangan
- 2) Ayakan / saringan
- 3) Mesin Siever
- 4) Nampan dan sikat
- 5) Gelas ukur
- 6) Piknometer
- 7) Oven
- 8) *Slump test apparatus* (kerucut abrams)
- 9) Cetakan benda uji
- 10) Mistar dan jangka sorong
- 11) Alat *capping*.
- 12) Tongkat penumbuk
- 13) Mesin uji tekan dan uji geser (*Compression Testing Machine*)
- 14) *Concrete mixer* (mesin mixer molen)
- 15) Cetakan beton silinder dengan ukuran (15 cm x 30 cm)
- 16) Cetakan beton *double-L* (30 cm x 7,5 cm)
- 17) Wadah adukan

##### **3.2.2 Bahan**

Agar penelitian dapat berjalan dengan lancar, diperlukan beberapa bahan seperti berikut ini untuk mencapai tujuan penelitian.

a) Semen

Semen bertindak sebagai pengikat untuk campuran beton. Dalam penelitian ini digunakan PCC (Portland Cement Composite) merek Tiga Roda dalam satuan 50 kg/zak.

b) Agregat Kasar

- Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil dengan diameter agregat 20mm.
- Cangkang kemiri bersumber dari limbah cangkang kemiri yang berasal dari Kecamatan Batu Rante, Sumbawa.

c) Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir gunung yang diperoleh dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.

d) Air

Penelitian ini menggunakan air bersih dari jaringan air milik Laboratorium.

e) Oli

Dalam penelitian ini minyak digunakan sebagai bahan penunjang penelitian. Berdasarkan SNI 6369-2008 untuk pembuatan cover benda uji silinder, oli digunakan sebagai pelumas pelat penutup untuk memudahkan pelepasan benda uji. Minyak juga digunakan sebagai pelumas untuk bekisting beton.

f) Belerang

Menurut SNI 6369-2008 belerang digunakan sebagai capping agent. Jika kuat tekan beton kurang dari 35 MPa, lapisan atas harus dibiarkan mengering selama 2 jam sebelum pengujian.

### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini meliputi:

### 3.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kumpulkan bahan-bahan yang diperlukan seperti semen, pasir, kerikil, cangkang lilin dan tulangan  $\varnothing$  8 mm. Air tawar digunakan.

### 3.3.2 Tahap Pengujian Bahan

Jenis material yang diuji dalam penelitian ini adalah pasir, kerikil dan pasir laut. Pengujian agregat ini dilakukan untuk mengetahui kondisi, berat satuan, berat jenis, penyerapan air, kandungan lumpur dan grade dari SSD (*Saturated Surface Dry*).

### 3.3.3 Pengujian Berat Satuan Agregat

Tujuannya adalah untuk menentukan berat satuan agregat lepas dan padat yang bertindak sebagai konversi dari satuan berat ke satuan volume dan sebaliknya. Berat satuan agregat yang diuji adalah:

a) Berat satuan agregat lepas

Cara kerja pengujian satuan agregat lepas:

- Timbang wadah besi terlebih dahulu, kemudian catat berat wadah besi
- Ratakan wadah dengan pasir
- Timbang wadah berisi pasir dan catat beratnya

b) Berat satuan agregat padat

Cara kerja pengujian satuan agregat lepas:

- Timbang wadah besi terlebih dahulu, kemudian catat berat wadah besi
- Tambahkan 1/3 pasir ke dalam toples dan ketuk 25 kali.
- Tambahkan pasir hingga 2/3 tinggi toples dan giling 25 kali secara merata.
- Kemudian isi toples dengan pasir dan putar secara merata sebanyak 25 kali hingga permukaan toples menjadi rata.
- Timbang toples yang berisi pasangan dan catat beratnya

### 3.3.4 Analisis Saringan Agregat

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menganalisis distribusi ukuran partikel (gradasi) menggunakan ayakan dan mendapatkan nilai fine grain modulus (MHB). Analisis SARINGAN agregat yang diuji adalah:

a) Analisis saringan agregat halus

Cara kerja pengujian analisis saringan agregat :

- Pertama, benda uji yang dikeringkan dengan oven ditimbang hingga 500 gram.
- Selanjutnya, saring sampel.
- Letakkan saringan berisi benda uji pada mesin ayakan getar dan kocok selama  $\pm 15$  menit dengan mesin ayakan getar.
- Timbang dan hitung perbandingan berat sampel yang tertahan pada setiap saringan dengan berat total benda uji

b) Analisis saringan agregat kasar

Cara kerja pengujian analisis saringan agregat kasar :

- Pertama, sampel kering oven ditimbang 5000 gram
- Selanjutnya sampel diayak dari terbesar ke terkecil
- Filter berisi sampel diletakkan pada mesin vibrating plate filter dan dikocok pada mesin selama  $\pm 15$  menit.
- Timbang dan hitung perbandingan berat sampel yang tertahan pada setiap saringan dengan berat total benda uji

### 3.3.5 Pengujian Berat Jenis Agregat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan berat jenis, berat jenuh kering, dan penyerapan air. Berat jenis agregat yang diuji adalah:

a) Pemeriksaan berat jenis agregat halus

Cara kerja pengujian berat jenis agregat halus :

- Pastikan Anda memiliki cukup pasir
- Rendam pasir selama 24 jam.
- Setelah direndam, pasir didinginkan sampai kering permukaan (SSD).
- Untuk mengukur pasir kering dalam kondisi SSD, gunakan kerucut terpotong untuk menguji pasir. Isi kerucut terpotong

dengan hingga 3 lapis pasir dan hancurkan 25 kali (lapisan pertama 8 kali, lapisan kedua 8 kali, lapisan terakhir 9 kali) sebelum dihaluskan. Setelah kerucut penuh, diamkan selama 30 detik. Kerucut kemudian diangkat secara perlahan. Jika pasir hancur di bagian tepi, itu berarti pasir dalam kondisi SSD.

- Siapkan 500 gram pasir SSD, masukkan ke dalam piknometer, tambahkan air sampai tanda batas piknometer dan kocok hingga terbentuk busa
- Timbang pasir dan air dalam piknometer dan catat
- Keluarkan pasir dari piknometer, masukkan ke dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)$  selama 24 jam, dan catat hasilnya setelah dipanggang.
- Timbang piknometer berisi air sampai tanda piknometer dan catat beratnya.

b) Pemeriksaan berat jenis agregat kasar

Cara kerja pengujian berat jenis agregat kasar :

- Kerikil disaring terlebih dahulu, kemudian kerikil melewati saringan 19,1 mm dan kerikil tertahan oleh saringan 4,75 mm.
- Rendam kerikil dalam ember selama 24 jam.
- Keringkan kerikil yang sudah direndam dengan lap sampai permukaannya kering (SSD).
- Siapkan 500 gram kerikil untuk setiap sampel
- Tempatkan kerikil dalam kondisi SSD ke dalam keranjang berisi air dan catat berat kerikil di dalam air.
- Ulangi proses ini untuk sampel berikutnya

### 3.3.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan berat jenis, berat jenuh kering, dan penyerapan air. Konfirmasi kadar air agregat yang diuji adalah sebagai berikut:

a) Pemeriksaan kadar air agregat halus

Cara kerja pengujian kadar air agregat halus :

- Siapkan pasir state SSD hingga 500 gram
- Masukkan ke dalam oven pada suhu  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  selama 24 jam
- Setelah 4 jam, singkirkan pasir kue dan catat beratnya

b) Pemeriksaan kadar air agregat kasar

Cara kerja pengujian kadar air agregat kasar

- Siapkan SSD state gravel hingga 500 gram
- Masukkan ke dalam oven pada suhu  $110 \pm 5$  selama 24 jam
- Setelah 4 jam, singkirkan pasir kue dan catat beratnya

### 3.3.7 Pemeriksaan Berat Jenis Cangkang Kemiri

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis kulit kemiri yang digunakan sebagai campuran agregat kasar.

Langkah-langkah pengujian

- Ayak kulit kemiri terlebih dahulu, kemudian yang lolos ayakan 19,1 mm, lalu yang lolos ayakan 4,75 mm.
- Rendam kulit kemiri dalam ember selama 24 jam.
- Keringkan kulit kemiri yang sudah direndam dengan kain sampai kering permukaan (SSD).
- Siapkan 500 gram kulit kemiri untuk setiap sampel.
- Tempatkan cangkang kemiri yang telah dikondisikan SSD ke dalam keranjang berisi air dan catat berat cangkang kemiri di dalam air.
- Ulangi proses ini untuk sampel berikutnya

### 3.3.8 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Desain campuran beton bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi dari komponen-komponen yang menyusun beton. Proporsi komponen penyusun beton ditentukan oleh desain beton (*mix design*).

Rancangan Campuran Beton Biasa, Rancangan Campuran Beton Biasa, mengacu pada SNI 03-7656-2012, Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Biasa.

### **3.3.9 Pengujian *Workability Slump* Beton Segar**

Kemampuan kerja beton siap pakai biasanya dikonfirmasi dengan uji penguangan beton siap pakai. Pengujian kemerosotan beton mengungkapkan bahwa nilai kemerosotan digunakan sebagai ukuran kemampuan kerja beton siap pakai terkait dengan kemampuan kerja beton. Secara umum, semakin tipis beton segar, semakin mudah untuk diproses.

Uji kemampuan kerja kerucut Abrams, prosedur uji kerucut Abrams adalah sebagai berikut:

1. Campuran beton secara bertahap dimasukkan ke dalam kerucut secepat mungkin, hingga 3 lapis dengan ketinggian yang sama. Setiap lapisan dipadatkan dengan batang baja yang jatuh bebas dan dibor. Ini dilakukan 25 kali untuk setiap lapisan.
2. Sebarkan campuran di atas kerucut Abrams dan diamkan selama 30 detik.
3. Angkat kerucut Abrams secara perlahan secara vertikal, hati-hati jangan sampai menyentuh campuran beton.
4. Pengukuran kemerosotan dilakukan dengan membalik posisi kerucut Abrams di sebelah mortar. Kemudian ukur ketinggian jatuh relatif terhadap puncak kerucut Abrams.

### **3.3.10 Pembuatan Benda Uji**

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan berbentuk silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) untuk uji kuat tekan dan tarik dan dobel L (ukuran 30 cm x 20 cm x 7,5 cm) untuk uji geser.

Langkah-langkah pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



### **3.3.11 Benda Uji untuk Kuat Tekan**

- 1) Siapkan bahan untuk pasir, semen dan agregat.
- 2) Siapkan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- 3) Siapkan dan timbang bahan yang akan digunakan dalam proporsi yang ditentukan.
- 4) Membuat campuran beton dengan bahan yang dicampur sesuai dengan variasi campuran masing-masing.
- 5) Ukur kemerosotan setiap variasi campuran.
- 6) Tuang beton yang baru dicampur ke dalam cetakan yang sudah disiapkan dengan tongkat dan ratakan (25 kali per lapisan) dengan sendok logam.
- 7) Buka cetakan benda uji dan setelah benda uji mengeras ( $\pm 24$  jam sehari dalam cetakan), perlakukan beton sampai saat pengujian.

### **3.3.12 Benda Uji untuk Kuat Tarik**

- 1) Siapkan bahan untuk pasir, semen dan agregat.
- 2) Siapkan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- 3) Siapkan dan timbang bahan yang akan digunakan dalam proporsi yang ditentukan.
- 4) Membuat campuran untuk campuran beton dengan bahan yang dicampur sesuai dengan variasi campuran masing-masing.
- 5) Ukur kemerosotan setiap variasi campuran.
- 6) Tuang beton yang baru dicampur ke dalam cetakan yang sudah disiapkan dengan tongkat dan ratakan (25 kali per lapisan) dengan sendok logam.
- 7) Buka cetakan benda uji dan setelah benda uji mengeras ( $\pm 24$  jam sehari dalam cetakan), perlakukan beton sampai saat pengujian.

### **3.3.13 Benda Uji untuk Kuat Geser**

- 1) Siapkan bahan untuk pasir, semen dan agregat.
- 2) Siapkan cetakan double L dengan ukuran bekisting 30cm x 20cm x 7,5cm.
- 3) Siapkan dan timbang bahan yang akan digunakan dalam proporsi yang ditentukan.
- 4) Membuat campuran beton dengan bahan yang dicampur sesuai dengan variasi campuran masing-masing.
- 5) Ukur kemerosotan setiap variasi campuran.
- 6) Ulangi bentuk yang sudah disiapkan.
- 7) Tuang beton yang baru disiapkan ke dalam cetakan yang sudah disiapkan dengan tamper dan kompak (25 kali per lapisan) dan ratakan dengan sendok logam.
- 8) Setelah benda uji mengeras (1 hari  $\pm$  24 jam dalam cetakan), buka cetakan benda uji dan biarkan beton berproses sampai waktu pengujian.

### **3.4 Perawatan Benda Uji**

Perlakuan yang diuji sedemikian rupa sehingga permukaan beton segar tetap lembab setiap saat. Jika beton mengering terlalu cepat, permukaannya bisa retak. Kekuatan beton berkurang tidak hanya oleh ketidakmampuan untuk mencapai hidrasi kimia lengkap, tetapi juga oleh retak. Objek uji tertentu dapat ditangani dengan cara berikut:

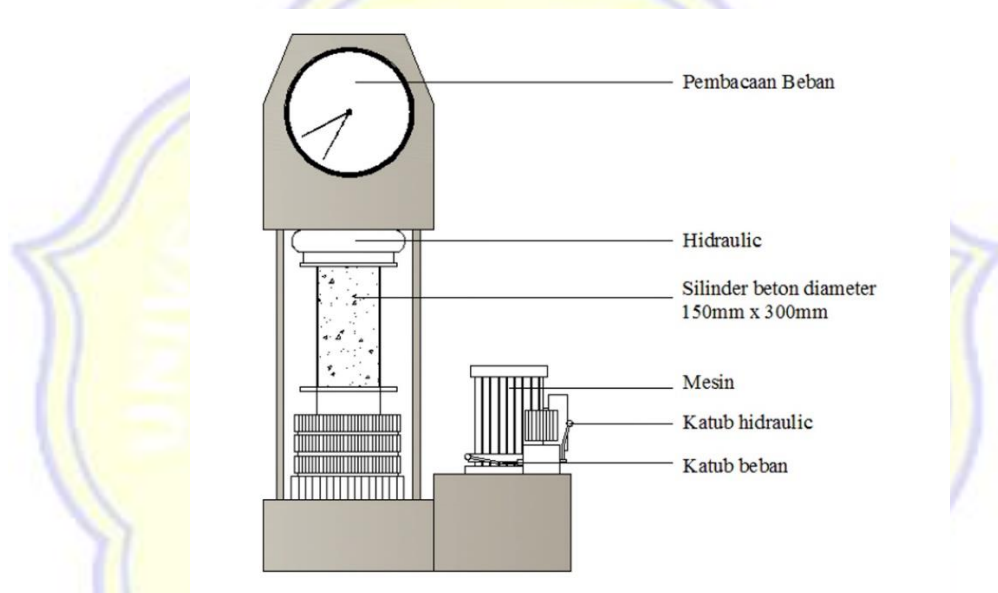
- a) Beton selalu basah
- b) Beton terendam air
- c) Beton selalu dilindungi karung basah, Pilum Plastik Atau Kertas Pengolahan Air

Pada penelitian ini, perlakuan beton dilakukan dengan merendam beton dalam air sampai sesaat sebelum pengujian. Sehari sebelum pengujian, benda uji diangkat dan diberi ventilasi agar benda uji mengering sebelum pengujian.

### **3.5 Pengujian Kuat Tekan Beton**

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Tata cara pengujian kuat tekan beton (SNI 03-1974-2011) adalah sebagai berikut:

1. Keluarkan silinder beton dari bak dan biarkan mengudara atau menyeka permukaan.
2. Timbang dan catat contoh beton berbentuk silinder.
3. Uji kuat tekan dengan alat (compression tester).
4. Tempatkan sampel beton ke dalam tester, nyalakan mesin dan dorong sampel beton dengan lembut.
5. Catat hasil kuat tekan beton untuk setiap benda uji.



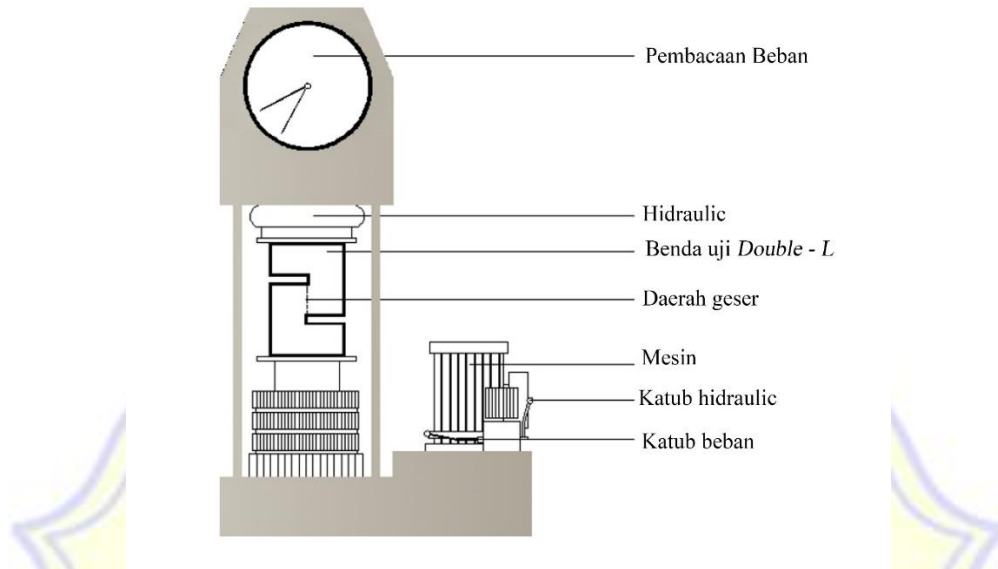
**Gambar 3.1 Setting up alat uji kuat tekan**

### **3.6 Pengujian Kuat Geser beton**

Pengujian kuat geser beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Prosedur pengujian kuat geser beton adalah sebagai berikut:

1. Sampel dorong *double-L* (20 cm x 7,2 cm x 30 cm) yang akan diuji menurut umur perlakuan diambil dari lokasi perlakuan satu hari sebelum pengujian.
2. Timbang dan catat contoh beton *double-L*.
3. Uji kuat geser beton menggunakan alat uji tekan.

4. Tempatkan benda uji di tengah alat uji tekan beton. Kemudian nyalakan mesin dan dorong perlahan sampel beton.
5. Berikan beban yang seragam sampai bidang geser benda uji gagal.
6. Catat beban maksimum yang dapat ditahan oleh spesimen *double-L*.

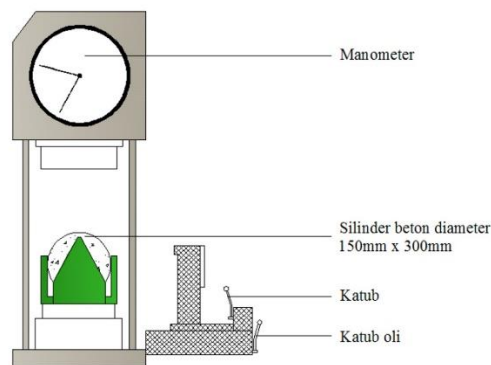


**Gambar 3.2 Setting up alat uji kuat geser**

### 3.7 Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik beton setelah 28 hari. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm digunakan untuk pengujian ini. Jumlah benda uji untuk pengujian ini adalah 3 buah untuk setiap variasi. Prosedur uji kekuatan tarik (SNI 03-2491-2002) adalah:

1. Lepaskan silinder beton dari bak dan keringkan atau bersihkan permukaan beton dengan kain.
2. Timbang dan catat sampel beton
3. Sebelum tes, subjek tes menerima nilai
4. Tempatkan benda uji pada tester (*Compression Testing Machine*) berdasarkan tanda garis tengah di kedua ujungnya
5. Berikan beban konstan secara bertahap sebesar 0,7 hingga 1,4 MPa/menit hingga benda uji runtuh.
6. Catat hasil kuat tekan beton untuk setiap sampel.



**Gambar 3.3** *Setting up* alat uji kuat Tarik belah

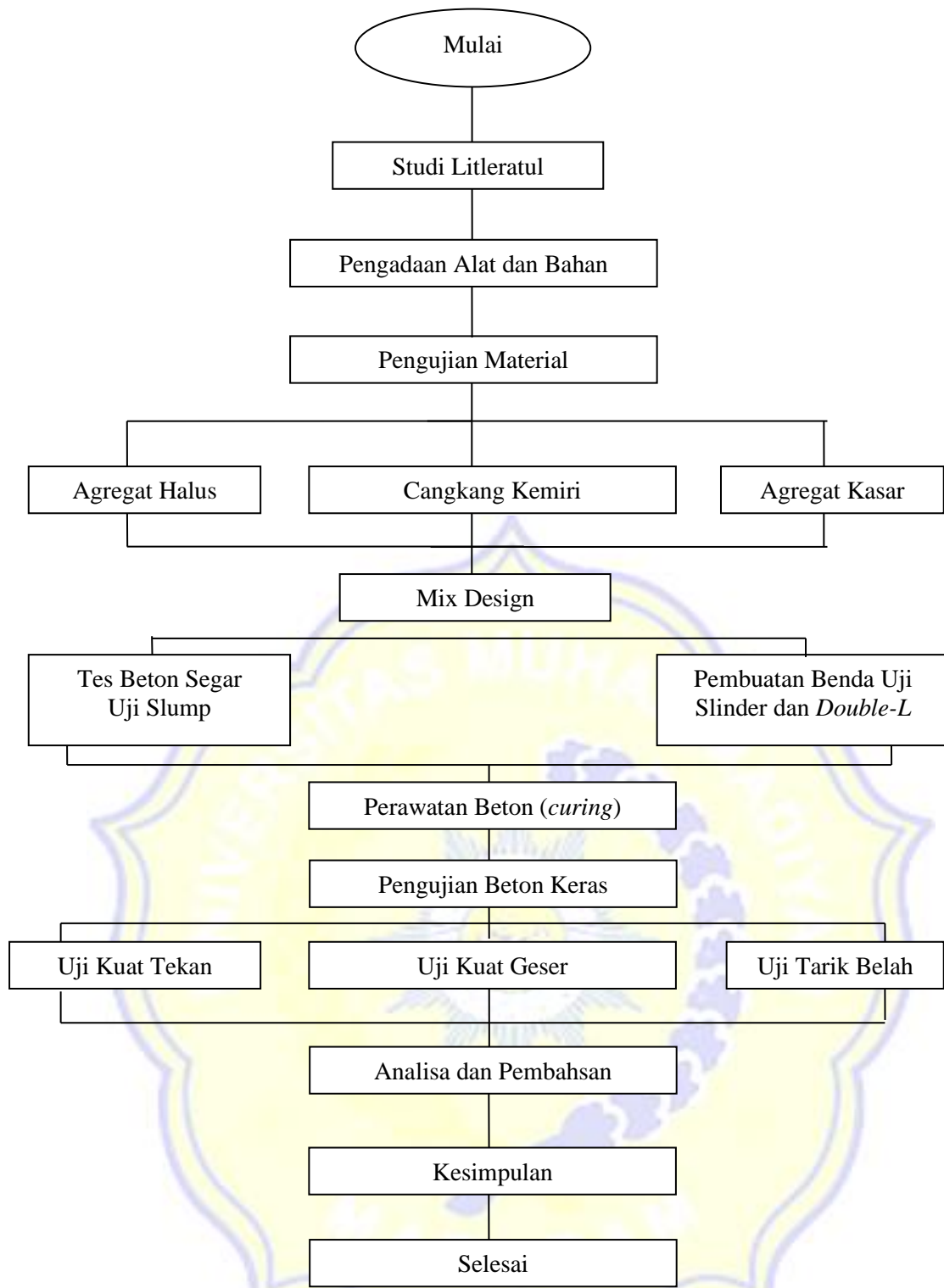
### 3.8 Metode Analisa Data

Metode analisis data dari hasil pengujian beton pada umur beton 28 hari dilakukan dengan menggunakan metode pendekatan matematis sebagai berikut.

1. Untuk hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik, beton menggunakan pendekatan matematis menurut (Akmaluddin dkk, 2013) dibandingkan dengan SK SNI T-15-1991-03 tentang Metode Perhitungan untuk struktur beton pada bangunan gedung.
2. Hubungan antara kuat tekan dan kuat geser beton menggunakan pendekatan matematis menurut (Nawy, 1990). Hal ini dibandingkan dengan SK SNI T-15-1991-03 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Pada Bangunan Gedung.

### 3.9 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian dapat ditata dengan membuat diagram alur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4 Bagan Alir Penelitian**