

SKRIPSI

**ANALISIS KUAT TEKAN BETON DAN KUAT TARIK BELAH BETON
TERHADAP PENGARUH BAHAN TAMBAH KUNINGAN
PADA PROPORSI AGREGAT HALUS**

**Diajukan Sebagai Syarat menyelesaikan studi Pada
Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata 1 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram**



Disusun Oleh :

ZULVA ABDULLAH

2019D1B188

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
2023**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR / SKRIPSI

**ANALISIS KUAT TEKAN BETON DAN KUAT TARIK BELAH BETON
TERHADAP PENGARUH BAHAN TAMBAH KUNINGAN
PADA PROPORSI AGREGAT HALUS**


Disusun Oleh:

ZULVA ABDULLAH
2019D1B118

Mataram, 20 Juni 2023

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I


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


Pembimbing II


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

Mengetahui.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,


Dr. H. Aji Syallendra Ubaidillah, ST., M.Sc
NIDN. 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**ANALISIS KUAT TEKAN BETON DAN KUAT TARIK BELAH BETON
TERHADAP PENGARUH BAHAN TAMBAH KUNINGAN PADA PROPORSI
AGREGAT HALUS**

Disusun Oleh:

ZULVA ABDULLAH
2019D1B188

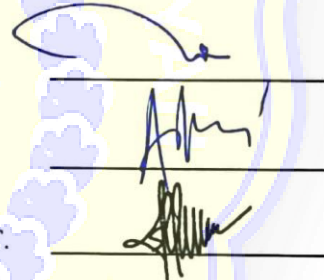
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Hari Senin, 26 Juni 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Eng Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)
2. Penguji II : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT
3. Penguji III : Maya Saridewi Pascanawaty, ST., MT.



Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan,



Dr. H. Aji Syallendra Ubaidillah, ST., M.Sc
NIDN. 0806021101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

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



“ ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON TERHADAP PENGARUH BAHAN TAMBAH KUNINGAN PADA PROPORSI AGREGAT HALUS ”

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 dan saksi 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, 10 Juli 2023

Yang membuat pernyataan



METERAI
TEPEL
00AKX498232838

Zulva Abdulah



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

SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME

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

Nama : ZULVA ABDULLAH
NIM : 2019D1B188
Tempat/Tgl Lahir : KALABAHU, ALOR, 08 SEPTEMBER 2000
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp : 089686747325
Email : joelocano8@gmail.com

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

"ANALISIS KUAT TEKAN BETON DAN KUAT TARIK BELAH BETON
TERHADAP PENGARUH BAHAN TAMBAH KUNINGAN PADA
PROPORSI AGREGAT HALUS"

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 49%

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, SENIN, 10 JULI 2023

Penulis



ZULVA ABDULLAH
NIM. 2019D1B188

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

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

h 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

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

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

Nama : SULYA ABDULLAH
 NIM : 2019D1B188
 Tempat/Tgl Lahir : KALABAHU, ALOR, 08 SEPTEMBER 2000
 Program Studi : TEKNIK SIPIL
 Fakultas : TEKNIK
 No. Hp/Email : 089686747825
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

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:

* ANALISIS KUAT TEKAN BETON DAN KUAT TARIK BELAH BETON
TERHADAP PENGARUH BAHAN TAMBAH KUNINGAN PADA PROPORSI
AGREGAT HALUS *

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, SEHIN, 10 JULI2023

Penulis


 METERAI TEMPEL
 FBAKX499145795

SULVA ABDULLAH
 NIM. 2019D1B188

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



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

MOTTO

***SESUNGGUHNYA BERSAMA KESUKARAN ITU ADA KEMUDAHAN
(QS AL INSYIRAH 6)***

***YOU HAVE MANY FRIENDS BUT FEW WHO REALLY MEAN IT
(KING LEONIDAS I)***

***INTELLIGENCE PLUS CHARACTER – THAT IS THE GOAL OF TRUE
EDUCATION
(MARTIN LUTHER KING JR)***

***ORANG LAIN GA AKAN PAHAM STRUGGLE DAN MASA SULITNYA
KITA, YANG MEREKA INGIN TAHU HANYA SUCCES STORIESNYA AJA.
JADI BERJUANGLAH UNTUK DIRI SENDIRI MESKIPUN GAK AKAN
ADA YANG TEPUK TANGAN. KELAK DIRI KITA DI MASA DEPAN AKAN
SANGAT BANGGA DENGAN APA YANG KITA PERJUANGKAN HARI INI
JADI TETAP BERJUANG YA***

UCAPAN TERIMAKASIH

1. Untuk Kedua Orang Tua tercinta yang telah berjuang setengah mati dibalik layar untuk seorang anak yang sedang berjuang dalam menyelesaikan pendidikan ini, saya mengucapkan permohonan maaf yang sebesar – besarnya dan ucapan terimakasih yang tak terhingga atas dukungan moral maupun materi, do'a, dan semangat sampai detik ini. Dengan ridho dan do'a serta dukunganmu sampai saat ini, sehingga membuat saya bisa menjadi lebih kuat dan pantang menyerah dalam menghadapi setiap permasalahan serta bisa menyelesaikannya.
2. Untuk Dosen Pembimbing Utama, Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.sc. (Eng). saya ucapkan terima kasih atas segala bimbingan, ilmu, arahan, dukungan dan dorongan untuk saya selalu bisa berusaha lebih berkembang, saya juga ucapkan terimakasih atas kesabaran yang diberikan selama bimbingan penyusunan skripsi ini.
3. Untuk Dosen Pembimbing Pendamping, Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. saya ucapkan terima kasih atas segala bimbingan, ilmu, arahan, dukungan dan dorongan untuk selalu bisa berusaha lebih berkembang, saya juga ucapkan terima kasih atas kesabaran yang diberikan selama bimbingan penyusunan skripsi ini.
4. Untuk Saudara/i Utuh Putrajati, Abdul Aziz, Tri Firmansyah, Yayi Anggraini, Yeyen Mega Diana, Syarifa Fibriani, Dodi Pansuri, Samsul Arifin, dan Keluarga Civil Engineer angkatan 2019 saya ucapkan terima kasih atas dukungan kalian untuk saya dalam menjalani pendidikan. Keluh kesah kita rasakan bersama melewati setiap rintangan dalam menyelesaikan tugas-tugas kuliah menjadi kenangan indah dan pengalaman yang membekas, semoga teman-teman semua diberikan kesehatan dan sukses dimasa yang akan datang.
5. Untuk seluruh civitas akademik Fakultas Teknik dan pihak-pihak yang telah membantu yang tidak bisa satu persatu saya sebutkan, saya ucapkan terimakasih atas bantuannya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi (tugas akhir) tepat pada waktunya walaupun yang sebenarnya skripsi (tugas akhir) ini masih jauh dari kesempurnaan.

Skripsi (tugas akhir) ini merupakan bagian dari salah satu kurikulum yang wajib diikuti bagi setiap mahasiswa dalam penyelesaian studi guna memenuhi kewajiban dan penyelesaian tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S-1) pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Untuk itu perkenalkan saya menghaturkan ucapan dan rasa terima kasih kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, MA., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Adryan Fitrayudha, ST., MT., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc. (Eng), selaku dosen pembimbing utama.
5. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT., selaku dosen pembimbing pendamping.
6. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Demikian skripsi (tugas akhir) ini, Semoga bermanfaat bagi seluruh Civitas Akademik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Wassalamualaikum Wr. Wb

Mataram, 10 Juli 2023

Zulva Abdullah

ABSTRAK

Selama beberapa dekade terakhir, perkembangan beton di Indonesia terus mengalami peningkatan yang signifikan. Banyak teknologi dan inovasi baru dalam pembuatan beton telah diperkenalkan, termasuk penggunaan agregat yang lebih berkualitas. Adapun tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh bahan tambah kuningan, untuk mengetahui hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah beton, dan untuk mengetahui kadar persen yang optimal.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan beton rencana mutu beton K 225 sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Kedua beton akan di uji Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton, Penelitian ini menggunakan bahan tambah serbuk kuningan dengan variasi campuran yang berbeda – beda yakni 0,75 %, 1,5 %, 2,25 %.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengaruh bahan tambah kuningan terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton meningkat dikarenakan sifat mekanik kuningan yang baik dimana nilai kuat tekan terbesarnya berada di variasi campuran 2,25 % yang mengalami kenaikan sebesar 25,75 % dengan rata – rata hasil kuat tekannya mencapai 24,767 MPa sedangkan pada uji kuat tarik belahnya juga mengalami kenaikan 20,81 % pada variasi campuran 2,25 % dengan rata-rata kuat tariknya mencapai 2,93 MPa. Dan hasil hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton eksperimen maupun secara matematis di peroleh nilai $F_{ct} = 0,56 \sim 0,62\sqrt{f'_c}$

Kata Kunci : *serbuk kuningan, variasi campuran, kuat tekan, kuat tarik belah*

ABSTRACT

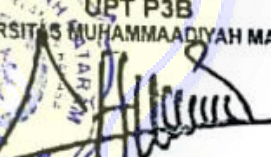
During the last few decades, concrete development in Indonesia has continued to experience a significant increase. Many new technologies and innovations in concrete production have been introduced, including using higher-quality aggregates. This research aims to determine the effect of added brass, the relationship between the compressive strength and the split tensile strength of concrete, and the optimal percentages content.

This study employs an experimental approach to research. In this study, the experimental method was conducted using concrete K 225 concrete quality plan as a control and experimental concrete. The compressive strength and divided tensile strength of both will be evaluated. This study employs added brass powder with various composition variations, namely 0.75 %, 1.5 %, and 2.25 %.

The test results indicate that the effect of added brass on the compressive strength and tensile strength of concrete increases due to the good mechanical properties of brass, where the highest compressive strength value is in the mixture variation of 2.25 %, with an increase of 25.75%, and an average yield of strong the compressive strength reaching 24.767 MPa. The average tensile strength of 2.93 MPa for the split tensile strength test increased by 20.81 % for a 2.25 % mixture variation. The results of the relationship between compressive strength and split tensile strength of concrete experimentally and mathematically obtained $F_{ct} = 0.56 \sim 0.62 \sqrt{f'_c}$

Keywords: brass powder, mixed variations, compressive strength, split tensile strength

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM, SENIN, 10 - JULI - 2023

KEPALA
UPT P3B
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

Hanihira, M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
LEMBAR BEBAS PLAGIARISME	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
MOTTO	vii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	viii
PRAKATA	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR NOTASI.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TUJUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 Definisi Beton	6
2.1.2 Beton Normal	7
2.1.3 Bahan Campuran Beton	8

2.1.4 Bahan Tambah.....	18
2.1.5 Logam Kuningan.....	19
2.1.6 Penelitian Terdahulu	22
2.2 Landasan Teori.....	25
2.2.1 Berat Volume pada Agregat.....	25
2.2.2 Kadar Lumpur pada Agregat.....	26
2.2.3 Kadar Air pada Agregat	27
2.2.4 Analalisa Saringan pada Agregat	28
2.2.5 Analisa Berat Jenis Agregat	28
2.2.6 Analisa Abrasi menggunakan Mesin <i>Los Angeles</i>	30
2.2.7 Faktor Air Semen	32
2.2.8 <i>Slump Test</i>	33
2.2.9 Kuat Tekan Beton.....	36
2.2.10 Kuat Tarik Belah.....	38
2.2.11 Persamaan Regresi Liniar.....	40
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Metode Penelitian.....	41
3.2 Lokasi Penelitian	41
3.3 Bahan dan Peralatan	41
3.3.1 Bahan – Bahan	41
3.3.2 Alat.....	44
3.4 Tahaapan Pengujian Matrial.....	51
3.4.1 Pengujian berat volume pada aregat.....	51
3.4.2 Pengujian kadar lumpur pada agregat	52
3.4.3 Pengujian kadar air pada agregat	54
3.4.3 Pengujian berat jenis pada agregat.....	55
3.4.5 Pengujian analisa saringan pada agregat.....	58
3.4.6 Pengujian abrasi dengan mesin <i>los angeles</i>	59
3.5 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Desigen</i>).....	61
3.6 Kebutuhan Benda Uji	65

3.7 Tahapan Pemeriksaan <i>Slump Test</i>	66
3.8 Tahapan Pemeriksaan Berat Volume Beton.....	67
3.9 Tahapan Pembuatan Benda Uji	68
3.10 Tahapan Perawatan Benda Uji	69
3.11 Tahapan Pengujian Benda Uji.....	70
3.11.1 Uji Kuat Tekan Beton	70
3.11.2 Uji Kuat Tarik Belah Beton	72
3.12 Analisa Hasil Penelitian	74
3.13 Alir Penelitian	75
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	76
4.1 Hasil Pengujian Matrial.....	76
4.1.1 Analisa pengujian berat volume pada agregat	76
4.1.2 Analisa pengujian kadar lumpur pada agregat	77
4.1.3 Analisa pengujian kadar air pada agregat	78
4.1.4 Analisa berat jenis pada agregat.....	80
4.1.5 Analisa saringan gradasi pada agregat	81
4.1.6 Analisa uji abrasi pada agregat.....	89
4.2 Pemeriksaan <i>Slump Test</i>	89
4.3 Pemeriksaan Berat Volume Beton	90
4.4 Pengujian Sifat Mekanik Beton.....	92
4.4.1 Pengujian kuat tekan beton.....	92
4.4.2 Pengujian kuat tarik belah beton.....	95
4.5 Hubungan Antara Berat Volume Beton Dengan Kuat Tekan Beton	98
4.6 Hubungan Antara Berat Volume Beton dengan Kuat Tarik Belah Beton.....	99
4.7 Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton.....	101

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	105
5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN.....	108



DAFTAR GAMBAR

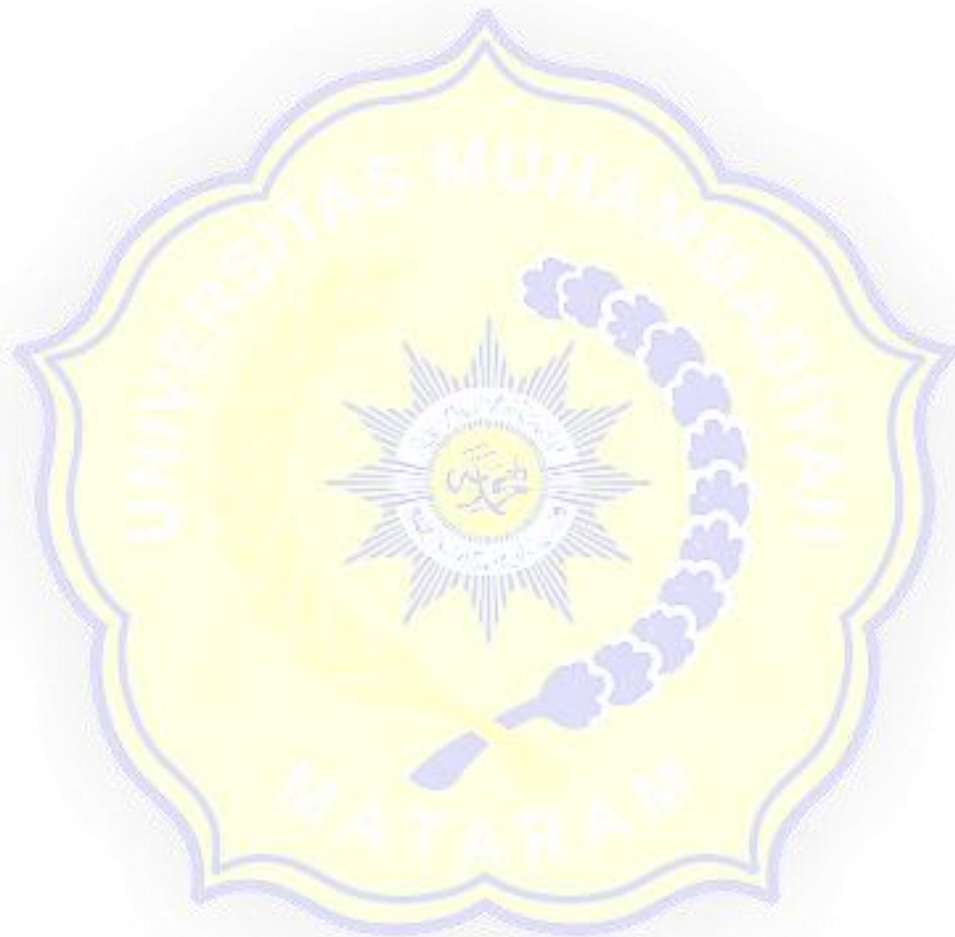
Gambar 2.1. Gambar Grafik gradasi agregat batasan <i>ASTM C33</i>	12
Gambar 2.2. Gradasi Daerah Pasir Kasar.....	14
Gambar 2.3. Gradasi Daerah Pasir Sedang	14
Gambar 2.4 Gradasi Daerah Pasir Agak Halus	15
Gambar 2.5. Gradasi Daerah Pasir Halus.....	15
Gambar 2.6. Batas gradasi agregat kasar	17
Gambar 2.7. Diagram Fasa Cu-Zn.....	20
Gambar 2.8 Alternatif rak sudut (<i>angle shelf</i>) dan rak baja serta penutupnya.....	31
Gambar 2.9. Peralatan abrasi Mesin <i>Los Angeles</i>	32
Gambar 2.10. Grafik hubungan kuat tekan beton dan FAS beton dengan benda uji silinder (15 x 30 cm).....	33
Gambar 2.11. Pembebanan pada pengujian kuat tekan beton	37
Gambar 2.12. Faktor Konversi Kuat Tekan Bentuk Silinder Pada Ukuran Yang berbeda	38
Gambar 2.13. Pembebanan pada pengujian kuat tarik belah beton.....	39
Gambar 3.1. Semen Portland	42
Gambar 3.2. Agreгат Halus	42
Gambar 3.3. Agregat Kasar.....	43
Gambar 3.4. Air.....	43
Gambar 3.5. Serbuk Kuningan.....	44
Gambar 3.6. Timbangan (<i>Weight Balance Digital</i>)	44
Gambar 3.7. Ayakan atau Saringan.....	45
Gambar 3.8. Wadah pencampur beton	45
Gambar 3.9. Cepang	46
Gambar 3.10. Wadah / <i>Pan</i>	46
Gambar 3.11. Cetakan beton.....	46
Gambar 3.12. Keranjang pemeriksa berat jenis	47
Gambar 3.13. Piknometer	47

Gambar 3.14. Oven	48
Gambar 3.15. Kerucut <i>Abrams</i>	48
Gambar 3.16. <i>Vertical Cylinder Capping Set</i>	49
Gambar 3.17. <i>Sieve Shaker Machine</i>	49
Gambar 3.18. <i>Los Angeles Abrasion Machine</i>	50
Gambar 3.19. <i>Compression Testing Machine</i>	50
Gambar 3.20. Skema Pengujian Kuat Tekan Beton (silinder)	70
Gambar 3.21. Skema Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (silinder)	72
Gambar 3.22. Diagram Alir Penelitian.....	75
Gambar 4.1. Grafik Analisa saringan agregat kasar	85
Gambar 4.2. Grafik Analisa saringan agregat halus	88
Gambar 4.3. Grafik Hasil pemeriksaan berat volume beton.....	91
Gambar 4.4. Beton yang siap diuji kuat tekan	92
Gambar 4.5. Proses Uji Kuat Tekan Beton	93
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Variasi dengan Kuat Tekan Beton	94
Gambar 4.7. Beton yang siap diuji kuat tarik belah.....	95
Gambar 4.8. Proses Uji Kuat Tarik Belah Beton	96
Gambar 4.9. Grafik Hubungan Variasi dengan Kuat Tarik Belah beton....	97
Gambar 4.10. Grafik Hubungan Berat Volume Beton dengan Kuat Tekan	99
Gambar 4.11. Grafik Hubungan Berat Volume Beton dengan Kuat Tarik.	100
Gambar 4.12. Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan	102
Gambar 4.13. Grafik hubungan f_{ct} dengan $\sqrt{f'_c}$	103

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 .komposisi Kimia Semen Portland Menurut Jenisnya.....	11
Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Halus.....	13
Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Kasar	17
Tabel 2.4 Batas Toleransi Nilai <i>Slump</i>	35
Tabel 2.5 Syarat <i>Workability</i>	35
Tabel 2.6 Ukuran Benda uji Kuat Tekan	37
Tabel 2.7 Perbandingan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Benda Uji.....	38
Tabel 3.1 Daftar Campuran <i>Mix Design</i>	61
Tabel 3.2 Proporsi Campuran Beton	65
Tabel 3.3 Kelompok Benda Uji	65
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Berat Volume pada Agregat Kasar.....	76
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Volume pada Agregat Halus.....	77
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar	77
Tabel 4.4 Hasil pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus.....	78
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar	79
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus	79
Tabel 4.7 Hasil pengujian Berat Jenis pada Agregat Kasar.....	80
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Jenis pada Agregat Halus	81
Tabel 4.9 Data Hasil Penyaringan Agregat Kasar	82
Tabel 4.10 Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Kasar	84
Tabel 4.11 Data Hasil Penyaringan Agregat halus	85
Tabel 4.12 Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Kasar	87
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan <i>Finelles modulus (FM)</i>	88
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Abrasi	89
Tabel 4.15 Hasil Pengujian <i>Slump Test</i>	90
Tabel 4.16 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Beton	90
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari	93
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari.....	96
Tabel 4.19 Hubungan Berat Volume Beton dengan Kuat Tekan Beton.....	98

Tabel 4.20 Hubungan Berat Volume beton dengan Kuat Tarik Belah	
Beton.....	100
Tabel 4.21 Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah	
Beton.....	101
Tabel 4.22 Hubungan Nilai Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Belah	
Beton.....	104

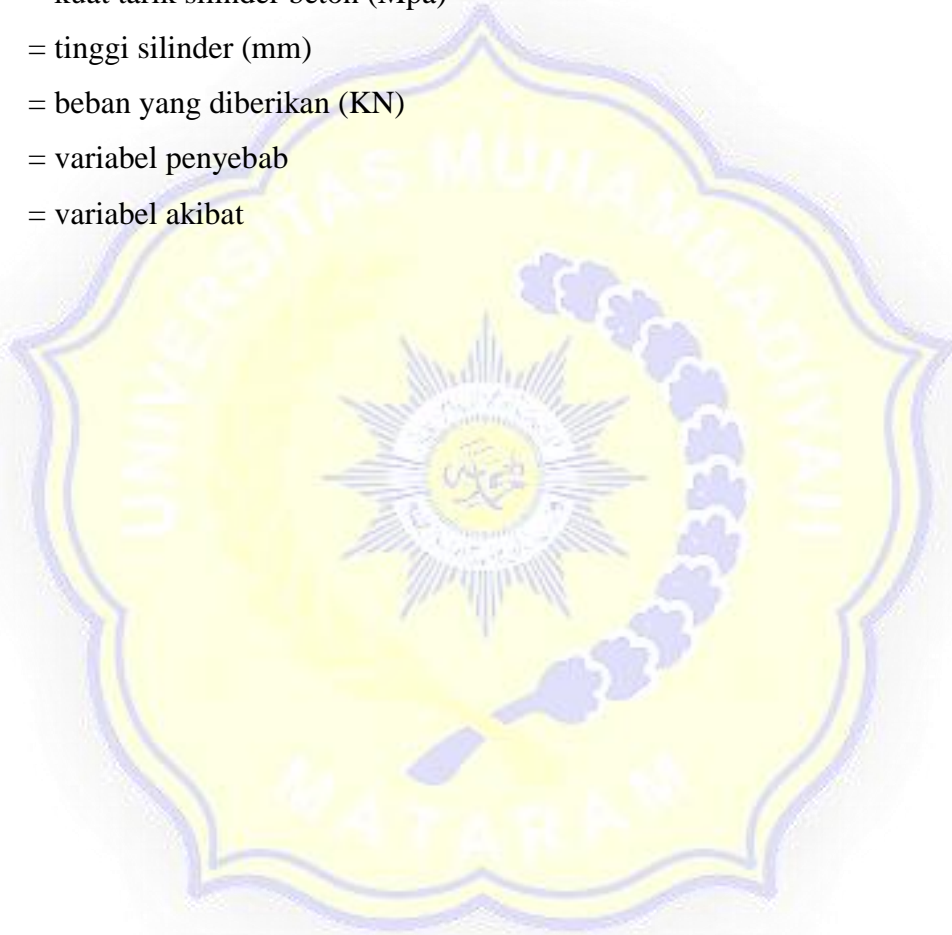


DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	
Lembar Asistensi.....	
Surat Tugas	
Lampiran 2	
Hasil Pengujian Berat Volume pada Agregat Kasar	
Hasil Pengujian Berat Volume pada Agregat Halus	
Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar	
Hasil pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus	
Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar	
Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus	
Hasil pengujian Berat Jenis pada Agregat Kasar	
Hasil Pengujian Berat Jenis pada Agregat Halus	
Data Hasil Penyaringan Agregat Kasar.....	
Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Kasar	
Data Hasil Penyaringan Agregat halus	
Hasil Pemeriksaan Saringan Agregat Kasar	
Hasil Perhitungan <i>Finelles Modulus (FM)</i>	
Hasil Pengujian Abrasi.....	
Hasil Pengujian <i>Slump Test</i>	
Hasil pemeriksaan Berat Volume Beton	
Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	
Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah.....	
Lampiran 3	
Dokumentasi Hasil Pengujian.....	

DAFTAR NOTASI

- A = luas permukaan bidang tekan silinder (mm^2)
 a = konstanta
 b = koefisien regresi
 d = diameter silinder, tinggi balok (mm)
 $f'c$ = kuat tekan silinder beton (Mpa)
 f,ct = kuat tarik silinder beton (Mpa)
 L = tinggi silinder (mm)
 P = beban yang diberikan (KN)
 x = variabel penyebab
 y = variabel akibat



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama beberapa dekade terakhir, perkembangan beton di Indonesia terus mengalami peningkatan yang signifikan. Banyak teknologi dan inovasi baru dalam pembuatan beton telah diperkenalkan, termasuk penggunaan agregat yang lebih berkualitas, bahan pengikat baru seperti aditif dan pozolan, serta metode konstruksi yang lebih efisien. Beton pozolan adalah jenis beton yang menggunakan bahan tambahan seperti abu vulkanik atau *fly ash* sebagai substitusi sebagian atau seluruhnya dari semen Portland dalam campuran beton. Bahan pozolan ini memiliki kemampuan reaktif dengan kalsium hidroksida yang ada dalam semen, membentuk senyawa-senyawa yang dapat meningkatkan kekuatan, ketahanan terhadap korosi, dan ketahanan terhadap serangan kimia pada beton.

Bahan penyusun beton meliputi air, semen portland, agregat kasar dan agregat halus serta bahan tambah, dimana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan dan kuat tarik, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Komposisi beton pada agregat dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan spesifik proyek konstruksi, seperti kekuatan beton yang diperlukan, lingkungan tempat beton akan digunakan, dan sifat-sifat material yang tersedia. Namun, secara umum, komposisi beton pada agregat dapat diatur dalam rasio antara agregat kasar dan halus. Rasio yang umum digunakan adalah 1:2:3, di mana 1 bagian semen dicampur dengan 2 bagian agregat halus dan 3 bagian agregat kasar.

Beton sendiri juga merupakan konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia karena sifatnya yang kuat, tahan lama, dan mudah dibentuk. Namun, beton memiliki kelemahan dalam hal kekuatan tarik dan lentur yang rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan beton dengan menambahkan bahan-bahan tambah untuk meningkatkan sifat mekaniknya, seperti kekuatan tarik dan lentur. Salah satu bahan tambah yang dapat digunakan adalah kuningan.

Kuningan adalah logam paduan yang terdiri dari tembaga dan seng dengan perbandingan yang berbeda-beda tergantung pada jenis dan aplikasinya. Kuningan memiliki warna kekuningan yang khas dan biasanya digunakan untuk pembuatan berbagai jenis peralatan, seperti perhiasan, alat musik, fitting pipa, dan bagian-bagian mesin. Kuningan memiliki sifat mekanik yang baik, tahan terhadap korosi, dan mudah untuk diproses, sehingga sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam industri konstruksi, seperti dalam produksi beton dan aspal.

Penggunaan bahan tambah kuningan pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Hal ini disebabkan oleh sifat mekanik yang baik dari kuningan, seperti kekuatan tarik dan lentur, yang dapat membantu meningkatkan kekuatan beton. Selain itu, bahan tambah kuningan juga dapat memperbaiki sifat korosi beton. Penambahan kuningan pada beton dapat dilakukan dengan cara mencampurkan serbuk kuningan ke dalam campuran beton dalam jumlah tertentu. Jumlah serbuk kuningan yang ditambahkan ke dalam campuran beton biasanya berkisar antara 0,5 hingga 5% dari berat semen.

Penelitian tentang pengaruh penambahan serbuk kuningan pada beton sudah dilakukan sebelumnya oleh banyak peneliti. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami lebih banyak pengaruh penambahan serbuk kuningan pada kekuatan tekan beton dan tarik belah beton. Oleh karena itu, tujuan dari skripsi ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan serbuk kuningan pada kekuatan tekan beton dan tarik belah dengan menggunakan metode uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik belah yang standar.

Dalam skripsi ini, metode pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton akan digunakan untuk mengukur kekuatan beton dengan penambahan serbuk kuningan pada campuran beton. Hasil dari penelitian ini akan memberikan informasi tentang pengaruh penambahan serat kuningan pada kekuatan tekan beton dan kekuatan kuat tarik belah beton dapat membantu dalam memilih bahan tambah yang tepat untuk meningkatkan kinerja beton dalam aplikasi konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan bahan tambah kuningan pada campuran beton terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah ?
2. Bagaimana hubungan kuat tekan beton dan kuat tarik belah antara campuran beton dengan penambahan serbuk kuningan dan campuran beton tanpa penambahan serbuk kuningan (beton normal) ?
3. Berapa persen kadar serbuk kuningan yang optimal untuk meningkatkan kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui seberapa besar peningkatan kekuatan tekan beton dan kekuatan tarik belah yang dapat dicapai dengan penambahan bahan tambah kuningan.
2. Untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton dan kuat tarik belah antara campuran beton dengan penambahan serbuk kuningan dan campuran beton tanpa penambahan serbuk kuningan (beton normal).
3. Untuk mengetahui berapa kadar persen yang optimal untuk meningkatkan kuat tekan beton dan kuat tarik belah

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang bahan tambah pada beton. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pengaruh bahan tambah kuningan pada beton, sehingga dapat menambah pengetahuan tentang bahan tambah yang dapat digunakan dalam produksi beton.

2. Menentukan umur beton. Dengan melakukan uji kuat tekan beton dan tarik belah pada berbagai tahap pembuatan dan perawatan beton, dapat dianalisis perubahan kuat tekan dan kuat tarik belah dari waktu ke waktu. Dimana hal ini dapat membantu dalam menentukan umur beton dan memperkirakan kapan beton akan mengalami kerusakan atau kelemahan
3. Menambah referensi untuk penelitian selanjutnya. Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dalam penggunaan bahan tambah pada beton. Hal ini dapat membantu pengembangan teknologi dan inovasi dalam produksi beton yang lebih efektif dan efisien.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya akan memfokuskan pada pengaruh penambahan bahan kuningan terhadap kuat tekan beton dengan melakukan pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serbuk kuningan pada campuran beton
2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan dan alat yang tersedia di Laboratorium Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram
3. Sampel beton yang diuji hanya terdiri dari satu jenis campuran beton dengan konsentrasi bahan tambah kuningan.
4. Waktu pengujian dibatasi dalam periode tertentu dan tidak mencakup pengujian jangka panjang untuk mengamati efek bahan tambah kuningan terhadap masa pakai beton.
5. Penelitian ini tidak membahas mengenai sifat fisik dan kimia bahan tambah kuningan yang digunakan dalam campuran beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Definisi Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat agregat lain yang dicampur jadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan kataristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan (Cormac, 2004).

Beton merupakan sebuah konstruksi yang umumnya terdiri dari campuran air, semen, dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya terbatas pada struktur bangunan, tetapi juga dapat digunakan untuk komponen non-struktur. Banyak komponen non-struktur bangunan yang dibuat dari beton, seperti dinding, kolom praktis, perabot rumah, dan berbagai hiasan. Penggunaan beton pada komponen non-struktur memiliki perbedaan dengan penggunaan pada struktur, di mana komposisi dirancang sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan nilai estetika yang baik dan juga mempertimbangkan aspek ekonomi (Widodo & Basith, 2017).

Perbandingan campuran bahan susun disebutkan secara urut, dimulai dari ukuran butir yang paling kecil (lembut) ke butir yang besar, yaitu :semen, pasir, dan kerikil. Jadi jika campuran beton menggunakan semen 1 : 2 : 3, berarti campuran adukan betonnya menggunakan semen 1 bagian, pasir 2 bagian, dan kerikil 3 bagian. (Asroni, 2010).

Menurut Tjokrodinuljo (1996), macam-macam beton sebagai berikut:

a) Beton normal

Merupakan beton yang cukup berat, dengan Berat Volume 2400 kg/m³ dengan nilai kuat tekan 15 – 40 MPa dan dapat menghantar panas.

b) Beton ringan

Merupakan beton dengan berat kurang dari 1800 kg/m^3 . Nilai kuat tekannya lebih kecil dari beton biasa dan kurang baik dalam menghantarkan panas.

c) Beton massa

Beton massa adalah beton yang dituang dalam volume besar yaitu perbandingan antara volume dan luas permukaannya besar. Biasanya dianggap beton massa jika dimensinya lebih dari 60 cm.

d) Ferosemen

Adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan memberikan kepada mortar semen suatu tulangan yang berupa anyaman. Ferosemen dapat diartikan beton bertulang.

e) Beton serat

Adalah beton komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa serat asbes, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bamboo, ijuk), serat plastic (*polypropylene*) atau potongan kawat logam.

f) Beton non pasir

Adalah suatu bentuk sederhana dan jenis beton ringan yang diperoleh menghilangkan bagian halus agregat pada pembuatannya. Rongga dalam beton mencapai 20-25 %.

g) Beton siklop

Beton ini sama dengan beton biasa, bedanya digunakan agregat dengan ukuran besar-besar. Ukurannya bisa mencapai 20 cm. Namun, proporsi agregat yang lebih besar tidak boleh lebih dari 20 %.

h) Beton hampa (*Vacuum Concrete*)

Beton ini dibuat seperti beton biasa, namun setelah tercetak padat kemudian air sisa reaksi disedot dengan cara khusus, disebut cara vakum (*vacuum method*). Dengan demikian air yang tinggal hanyalah air yang dipakai sebagai reaksi dengan semen sehingga beton yang diperoleh sangat kuat.

i) Mortar

Mortar sering disebut juga mortel atau spesi ialah adukan yang terdiri dari pasir, bahan perekat, kapur dan PC.

Menurut Mulyono, kelebihan dan kelemahan beton adalah sebagai berikut:

1. Kelebihan

- a) Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b) Mampu memikul beban yang berat.
- c) Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
- d) Biaya pemeliharaan yang kecil.

2. Kekurangan

- a) Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b) Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- c) Berat.
- d) Daya pantul suara besar.

Sifat pada beton yang menonjol adalah kuat tekannya, maka dari itu dalam pembuatan beton sifat ini yang ditargetkan. Dalam teori teknologi beton, kekuatan beton yang dihasilkan dipengaruhi oleh :

1. Rasio semen terhadap air.
2. Rasio semen terhadap agregat
3. Grading, tekstur permukaan, bentuk, dan kekuatan dari partikel agregat
4. Ukuran maksimum agregat

2.1.2 Beton Normal

Beton normal merujuk pada jenis beton yang menggunakan pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar, yang menghasilkan berat jenis beton berkisar antara 2200 kg/m³ hingga 2400 kg/m³, dan memiliki kekuatan tekan sekitar 15 hingga 40 MPa (*European Environment Agency (EEA), 2019*).

Menurut Badan Standar Nasional Indonesia (BSN, 2002), beton adalah campuran semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, yang membentuk massa padat. Beton normal merujuk pada jenis beton yang memiliki berat isi antara 2200 kg/m³

hingga 2500 kg/m³. Agregat halus yang digunakan adalah pasir alam yang dihasilkan secara alami melalui disintegrasi batuan atau pasir, atau dapat juga diperoleh dari industri pemecah batu dengan ukuran butir terbesar 5,0 mm. Sementara itu, agregat kasar yang digunakan adalah kerikil yang dihasilkan melalui disintegrasi batuan atau berupa batu pecah, diperoleh dari industri pemecah batu dengan ukuran butir antara 5 mm hingga 40 mm (Prayuda & Pujiyanto, 2018).

2.1.3 Bahan Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan melalui pemilihan bahan campuran beton yang baik, penghitungan proporsi yang akurat, perawatan dan pengolahan yang tepat, serta penggunaan bahan tambahan yang sesuai dengan takaran optimal. Komponen utama dalam campuran bangunan beton meliputi semen, agregat, air, dan berbagai aditif atau pengisi. Berikut ini adalah tiga komponen utama beton serta jenis agregat yang umum digunakan pada saat ini.

2.1.3.1 Semen

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (SII 0013-1981). Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan. Suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu (Tjokrodimuljo, 1996).

Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu: trikalsium silikat (C₃S), dikalsium silikat (C₂S), trikalsium aluminat (C₃A), dan tetrakalsium aluminoforit (C₄AF). Selain itu, pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil, misalnya : MgO, TiO₂, Mn₂O₃, K₂O dan Na₂O. Soda atau potasium (Na₂O dan K₂O) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang harus diperhatikan, karena keduanya merupakan alkalis yang dapat bereaksi dengan silika aktif dalam agregat, sehingga menimbulkan disintegrasi beton (Neville dan Brooks, 1987).

Unsur C_3S dan C_2S merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dan paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodinuljo, 1996). Bila semen terkena air, maka C_3S akan segera berhidrasi dan memberikan pengaruh yang besar dalam proses pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Unsur C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh setelah beton berumur 7 hari. Unsur C_3S bereaksi sangat cepat dan memberikan kekuatan setelah 24 jam. Semen yang mengandung unsur C_3S lebih dari 10% akan berakibat kurang tahan terhadap sulfat. Unsur yang paling sedikit dalam semen adalah C_3AF , sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan pasta semen atau beton.

Apabila air dicampur dengan semen, akan menghasilkan pasta semen. Jika pasta semen kemudian dicampur dengan pasir, akan terbentuk mortar. Sedangkan jika campuran tersebut melibatkan air, pasir, dan kerikil, maka akan terbentuk campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton yang keras. Dengan mengubah persentase dari empat komponen utama semen, komposisi kimia semen dapat diubah untuk menghasilkan berbagai jenis semen sesuai dengan tujuan penggunaannya. Standar industri seperti *American Society for Testing and Materials (ASTM)* di Amerika dan Standar Nasional Indonesia (SNI) di Indonesia mengenal lima jenis semen, yaitu:

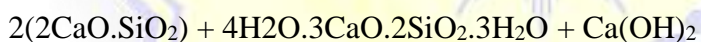
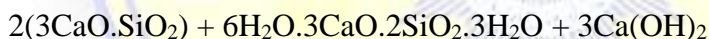
- a) Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan
- b) khusus.
- c) Jenis II, yaitu semen portland untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
- d) Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
- e) Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
- f) Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang sangat baik terhadap sulfat.

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Semen Portland Menurut Jenisnya

Type Semen	Komposisi dalam %							Karakteristik Umum
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₃ AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
Tipe I, Normal	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	Semen untuk semua tujuan
Tipe II, Modifikasi	46	29	6	12	2,8	0,6	3	Relatif sedikit pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar
Tipe III, Kekuatan awal Tinggi	56	15	12	8	3,9	1,4	2,6	Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari
Tipe IV, panas hidrasi rendah	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	Dipakai pada bendungan beton
Tipe V, tahan Sulfat	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6	Dipakai pada saluran struktur

Sumber : (ASTM, 1995)

Proses hidrasi yang terjadi pada semen portland dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Produk utama dari proses hidrasi semen adalah C₃S₂H₃ (*tobermorit*) yang berbentuk gel dan menghasilkan panas saat hidrasi terjadi. Selain itu, hasil lain dari proses ini adalah Ca(OH)₂ (kapur bebas), yang merupakan sisa dari reaksi antara C₃S dan C₂S dengan air. Kapur bebas ini dapat menyebabkan kelemahan pada beton dalam jangka panjang karena dapat bereaksi dengan zat asam dan sulfat yang ada di lingkungan sekitar. Reaksi ini dapat mengakibatkan proses korosi pada beton.

2.1.3.2 Agregat

Dalam proses pembuatan beton, agregat digunakan sebagai material tambahan ke dalam pasta semen untuk mengurangi penggunaan semen.

Hal ini dilakukan karena agregat memiliki harga yang lebih murah daripada semen, dan penambahan agregat dapat menghasilkan beton dengan volume yang lebih stabil dan durabilitas yang lebih baik (Tjaronge dkk, 2003). Agregat merupakan bahan campuran beton yang terikat oleh semen sebagai perekatnya (CUR 2, 1993). Agregat tersebut harus memiliki gradasi yang baik sehingga seluruh massa beton dapat membentuk struktur yang utuh, homogen, dan padat, dimana agregat dengan ukuran yang lebih kecil berfungsi sebagai pengisi celah di antara agregat dengan ukuran yang lebih besar (Nawy, 1998). Terdapat dua jenis agregat yang umum digunakan:

1. Agregat kasar (kerikil, batu pecah)
2. Agregat halus (pasir)

Agregat adalah bahan butiran, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang digunakan bersama-sama dengan bahan perekat untuk membentuk beton atau campuran semen hidraulik. Kualitas agregat sangat penting dalam menentukan kekuatan beton karena agregat membentuk sekitar 70-75% dari total volume beton secara keseluruhan (SNI-03-2847-2002). Agregat dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan berat jenisnya:

1. Agregat Ringan.

Agregat ini adalah agregat yang memiliki berat jenis kurang dari 2,0, dan biasanya digunakan untuk beton non struktural.

2. Agregat Normal.

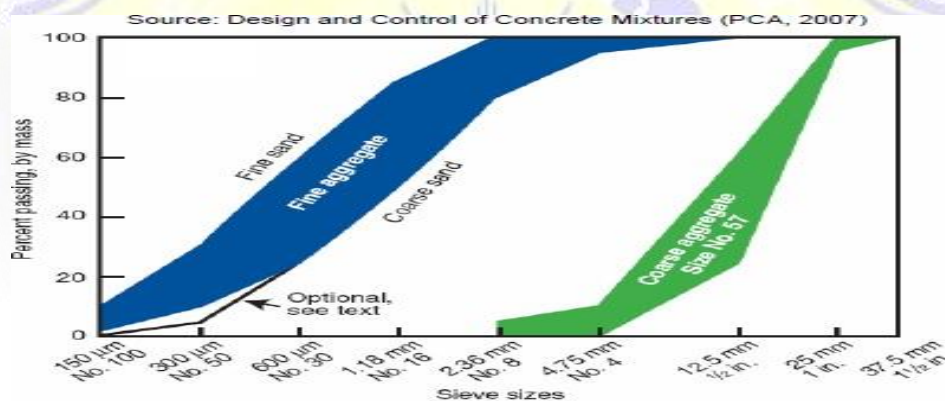
Agregat normal adalah agregat yang memiliki berat jenis antara 2,5 sampai 2,7. Beton yang dihasilkan memiliki berat jenis sekitar 2,3 dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa.

3. Agregat Berat.

Agregat ini memiliki berat jenis lebih dari 2,8. Beton yang dihasilkan juga memiliki berat jenis tinggi (sampai 5,0), yang efektif sebagai pelindung sinar radiasi sinar X. Ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4.75 mm .

(Berdasarkan Standar *ASTM*), dimana agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4.80 mm (4.75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4.80 mm (4.75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4.80 mm dibagi lagi menjadi dua : yang berdiameter antara 4.80 - 40 mm disebut 20 kerikil beton dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar.(Universitas et al., 2019).

Gradasi (Pembagian/distribusi butir, *grading*) ialah distribusi ukuran butir agregat. Agregat diayak berurutan menurut ayakan standar, yang disusun mulai dari ayakan terbesar di bagian paling atas. Agregat diletakkan di bagian teratas. Setelah cukup lama ayakan digetarkan, berat agregat yang tertahan pada setiap ayakan dicatat, dihitung persentasenya. Persentase kumulatif tertahan dan persentase kumulatif lolos kemudian dihitung. Kurva gradasi suatu agregat dapat dibuat dengan menggunakan hasil dari analisis ayakan/saringan.



Gambar 2.1. Gambar Grafik gradasi agregat batasan *ASTM C33*

Sumber : *Design and Control of Concrete Mixtures (PCA, 2007)*

Persentase dari suatu fraksi agregat menggambarkan volume butir dalam fraksi tersebut. Oleh karena itu, disarankan untuk menyatakan nilai persentase dalam volume padat, bukan hanya secara teoritis, tetapi juga dalam praktek, terutama jika berat jenis butir agregat tidak seragam (misalnya, pasir normal sebagai agregat halus dan agregat kasar dari agregat ringan). Jika berat jenis butir tidak memiliki perbedaan yang signifikan, maka persentase fraksi dapat dinyatakan dalam berat. Namun, karena umumnya berat jenis agregat seragam dan pengukuran

persentase berat lebih mudah dilakukan, maka banyak yang menggunakan persentase berat.

2.1.3.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*).

Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar. Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Spesifikasi dari Agregat halus Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh *ASTM*.

SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.2 Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.2 sampai Gambar 2.5 untuk mempermudah pemahaman.

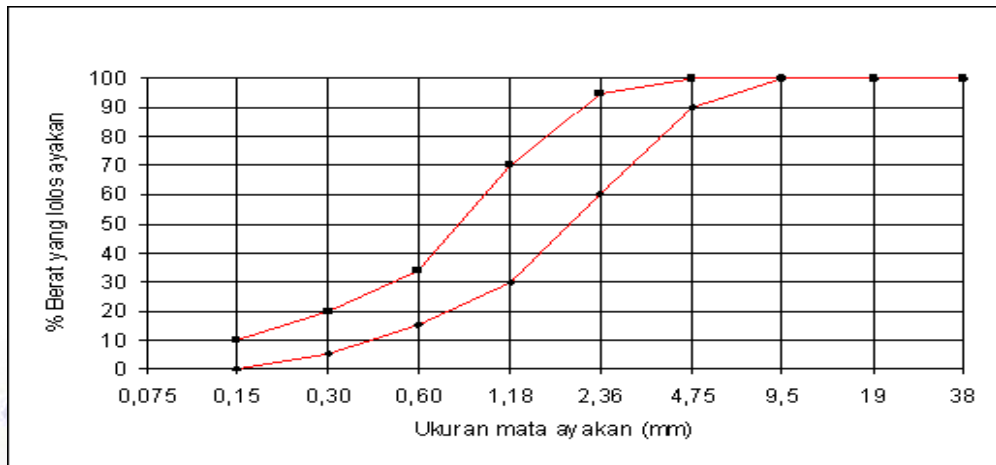
Tabel 2.2. Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : (SNI T-15-1990-03)

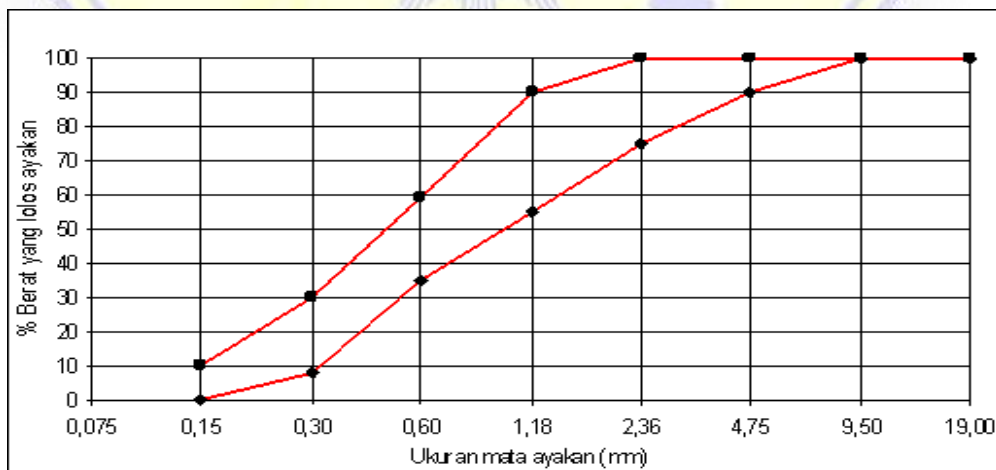
Keterangan:

- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



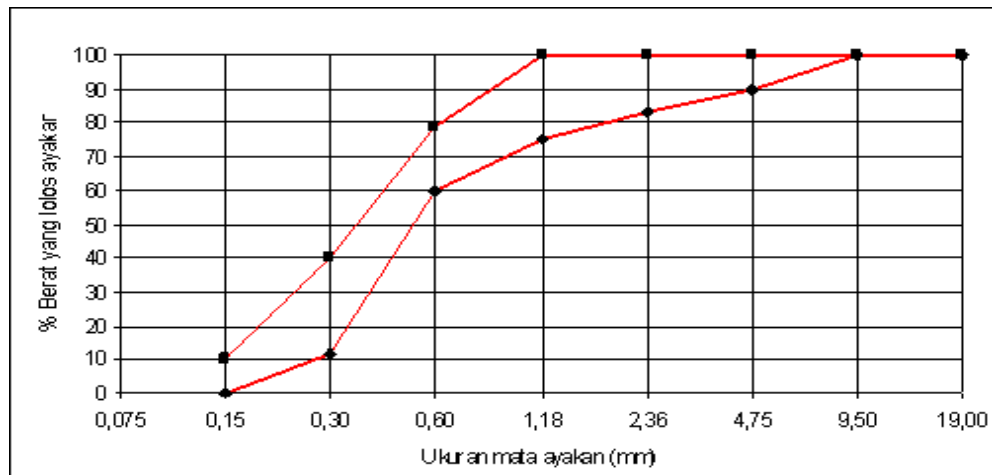
Gambar 2.2. Gradasi Daerah Pasir Kasar

Sumber : (SNI T-15-1990-03)



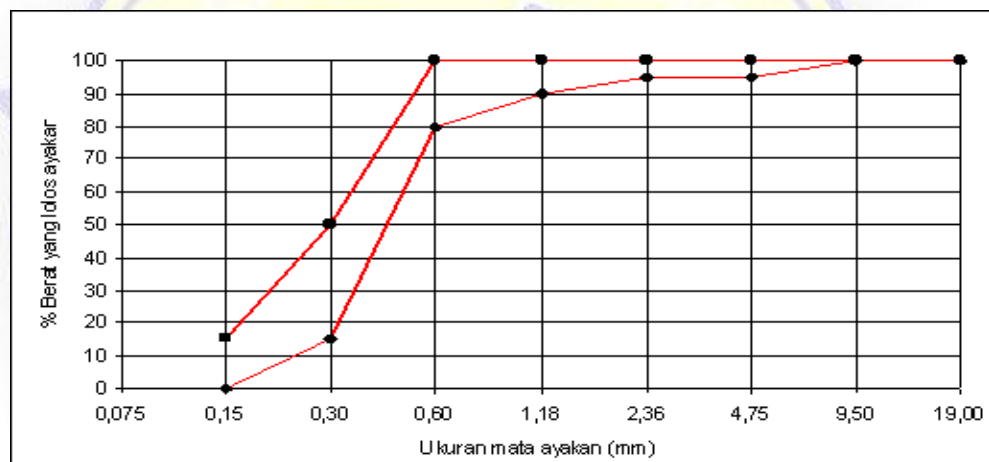
Gambar 2.3. Gradasi Daerah Pasir Sedang

Sumber : (SNI T-15-1990-03)



Gambar 2.4. Gradasi Daerah Pasir Agak Halus

Sumber : (SNI T-15-1990-03)



Gambar 2.5. Gradasi Daerah Pasir Halus

Sumber : (SNI T-15-1990-03)

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut *ASTM C33 (1986)*, agregat halus diteliti terhadap:

1. Modulus kehalusan
2. Berat jenis
3. Penyerapan (Absorpsi)
4. Kadar air
5. Kadar lumpur
6. Berat isi

2.1.3.4 Agregat Kasar

Yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia. Serta ketahanan terhadap penyusutan.

Agregat kasar juga dikenal sebagai agregat yang semua butirannya memiliki ukuran lebih besar dari ayakan 4,75 mm (*ASTM C33, 1982*), yang sering disebut sebagai kerikil. Agregat kasar ini bisa berasal dari hasil disintegrasi alami batuan atau dihasilkan melalui industri pemecah batu. Penting bagi butir-butir agregat untuk memiliki sifat yang tetap utuh, artinya tidak pecah atau hancur akibat pengaruh cuaca seperti sinar matahari atau hujan. Menurut *ASTM C33 (1986)*, agregat kasar yang digunakan dalam beton harus memenuhi persyaratan berikut:

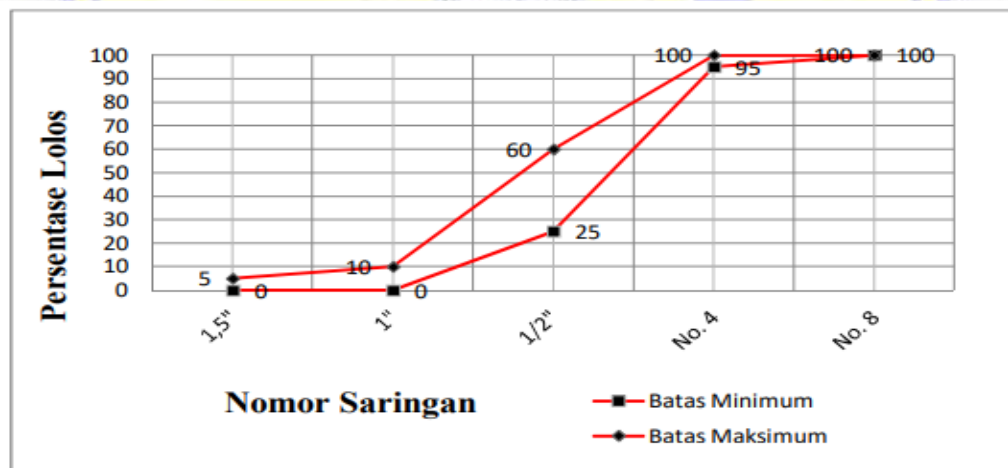
1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa di atas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90% - 98% berat total.
 - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.
4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

Menurut *ASTM C33 (1986)*, batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.3 dan dijelaskan melalui Gambar 2.6 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.3. Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 (mm)	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100
2,36 (No. 8)	100	100

Sumber : ASTM C33, 1986



Gambar 2.6. Batas gradasi agregat kasar

Sumber : ASTM C33, 1986

2.1.3.5 Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton yang paling ekonomis. Fungsi air dalam beton adalah untuk memicu reaksi semen dan sebagai pelumas antara butir-butir agregat. Secara ideal, hanya diperlukan sekitar 25-30 persen dari berat semen untuk mencapai reaksi yang optimal. Namun, dalam praktiknya, jika

faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35, maka adukan beton sulit untuk dikerjakan. Oleh karena itu, umumnya faktor air semen lebih dari 0,40, yang berarti terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air ini berfungsi sebagai pelumas agregat, memudahkan proses pengerjaan adukan. Namun, seiring dengan kemudahan pengerjaan, beton dapat menjadi porous atau memiliki banyak rongga, yang pada akhirnya akan mengurangi kekuatan tekan beton itu sendiri (Sutrisno & Widodo, 2017).

Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat *workability* adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan selang beberapa waktu.
4. Perawatan terhadap adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Air digunakan sebagai bahan pencampur dan pengaduk beton untuk mempermudah pekerjaan. Menurut PBI 1971 N.I.- 2, pemakaian air untuk beton tersebut sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton seperti asam, zat organik
4. Tidak mengandung minyak dan alkali.
5. Tidak mengandung senyawa asam.

2.1.4 Bahan Tambah

Bahan tambah dalam konteks beton adalah bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton selain dari komponen utamanya, yaitu air, semen, dan agregat. Penambahan bahan tambah dapat dilakukan sebelum, selama, atau setelah proses pengadukan beton dengan tujuan mengubah satu atau beberapa sifat beton, baik dalam keadaan segar maupun setelah mengeras. Bahan tambah memiliki berbagai fungsi, seperti mempercepat pengerasan, meningkatkan kelembutan adukan beton segar, meningkatkan kekuatan tekan beton, meningkatkan keuletan atau

mengurangi kerapuhan beton, mengurangi retakan pada saat pengerasan, dan lain sebagainya. Pemberian bahan tambah dilakukan dengan jumlah yang relatif sedikit dan dengan pengawasan yang ketat untuk menghindari kelebihan yang dapat memperburuk sifat beton (Tjokodimuljo, 1996). Bahan tambah juga dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan semen atau agregat dalam jumlah tertentu. Dalam penelitian ini, bahan tambah yang digunakan adalah Serbuk Kuningan.

2.1.5 Logam Kuningan

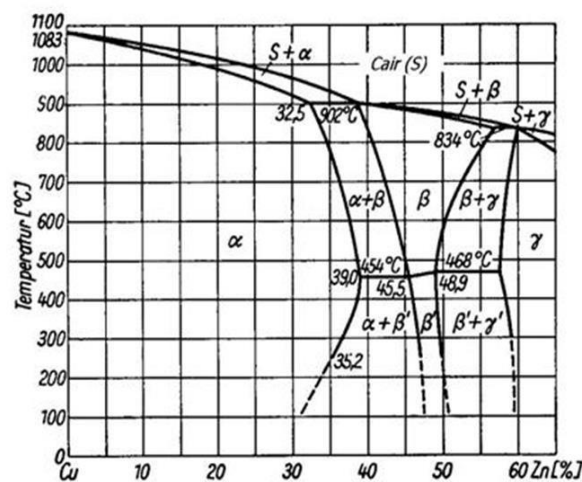
Kuningan adalah Logam Campuran dari Tembaga (Cu) dan Seng (Zn). Tembaga merupakan komponen utama dari kuningan, dan kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Warna kuningan bervariasi dari coklat kemerahan gelap hingga ke cahaya kuning keperakan tergantung pada jumlah kadar seng (Nugroho, 2012). Dalam konteks bahan campuran beton, kuningan dapat digunakan sebagai bahan tambah atau aditif dalam campuran beton untuk memberikan efek tertentu pada sifat-sifat beton. Penambahan serbuk kuningan dalam campuran beton dapat memiliki beberapa efek yang diinginkan, seperti:

1. Peningkatan kekuatan, Kuningan memiliki kekuatan mekanik yang baik, sehingga penambahan kuningan dalam campuran beton dapat meningkatkan kekuatan tarik dan tekan beton. Hal ini dapat membuat beton lebih tahan terhadap beban dan tegangan yang bekerja pada struktur.
2. Peningkatan ketahanan terhadap korosi, Kuningan memiliki sifat anti-korosi yang baik, sehingga penambahan kuningan dalam beton dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap kerusakan yang disebabkan oleh lingkungan korosif, seperti air laut atau bahan kimia yang korosif. Ini penting dalam mempertahankan integritas struktural beton dalam jangka waktu yang lebih lama.
3. Peningkatan sifat estetika, Kuningan memiliki tampilan yang menarik dan berkilau, sehingga penggunaan serbuk kuningan dalam campuran beton dapat memberikan tampilan yang lebih estetis atau dekoratif pada elemen beton. Hal ini dapat menjadi pertimbangan penting dalam proyek arsitektur.

Penggunaan kuningan sebagai bahan tambah dalam beton dapat memberikan karakteristik khusus pada campuran beton dan dapat bergantung pada komposisi kuningan yang digunakan, proporsi campuran, dan kondisi lingkungan tempat beton akan digunakan.

Kuningan lebih kuat dan lebih keras dari pada tembaga, namun tidak sekuat atau sekeras baja. Kuningan sangat mudah untuk dibentuk kedalam berbagai bentuk, sebuah konduktor panas yang baik, dan umumnya tahan terhadap korosi dari air garam. Karena sifat-sifat tersebut kuningan banyak digunakan untuk membuat pipa, tabung, sekrup, alat musik, aplikasi kapal laut dan selongsong munisi.

Logam kuningan dipengaruhi oleh kandungan tembaga dan seng dari campurannya. Ini dapat dilihat pada diagram fase paduan kuningan (Gambar 2.7). Pada diagram fase paduan kuningan, fasa α dengan sel satuan FCC cenderung memiliki sifat ulet dan memiliki machinability yang baik, sedangkan fasa β dengan sel satuan BCC cenderung lebih keras dan kuat dibandingkan fasa α namun memiliki sifat getas/mudah hancur.



Gambar 2.7. Diagram Fasa Cu-Zn

Sumber : (Hapli, 2007)

Dalam kasus kuningan dengan fasa campuran α/β , kandungan Zn digunakan untuk mengevaluasi sifat mekanik material, di mana kandungan Zn menentukan representasi fasa yang terkandung di dalamnya, dibalik pada konsentrasi hingga

39%. bahwa strukturnya masih α semua, sedangkan setelah 46,5% strukturnya semua β . Berdasarkan komposisinya, paduan kuningan dibagi menjadi beberapa jenis, seperti yang banyak digunakan misalnya. sekrup dan paku keling (Juprastanta, 2018). Kuningan laut adalah kuningan dengan kandungan timah (Sn) 1,0-1,5% dan ketahanan yang tinggi terhadap korosi air asin (Hasbi & Effendi, 2014).

Kuningan kuning atau (*yellow brass*) mengandung 67% tembaga (Cu), 29% seng (Zn), 1% timah (Sn) dan 3% timbal (Pb) yang memiliki aplikasi khusus pada terminal dan konektor baterai. Kartrid kuningan dengan komposisi paduan 70% tembaga (Cu) dan 30% seng (Zn) memiliki aplikasi khas untuk komponen amunisi (Callister, 1985).

Berikut adalah kelebihan dan kekurangan kuningan:

1. Kelebihan Kuningan:

- a) Kekuatan: Kuningan adalah logam yang kuat dan tahan lama, sehingga ideal untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan daya tahan dan ketahanan.
- b) Korosi: Kuningan memiliki daya tahan yang baik terhadap korosi, sehingga cocok untuk digunakan dalam lingkungan yang lembab atau korosif.
- c) Konduktivitas panas dan listrik: Kuningan memiliki konduktivitas panas dan listrik yang baik, sehingga dapat digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan konduktivitas yang baik.
- d) Kecantikan: Kuningan memiliki kilauan yang indah dan menarik, sehingga sering digunakan dalam dekorasi dan seni.

2. Kekurangan Kuningan:

- a) Mudah Teroksidasi: Kuningan cenderung mudah teroksidasi atau teroksidasi pada suhu tinggi, yang dapat menyebabkan perubahan warna dan membuat kuningan terlihat kurang menarik.
- b) Kurang Tahan Terhadap Goresan: Kuningan adalah logam yang relatif lembut dan mudah tergores, sehingga kurang tahan terhadap goresan dan tanda-tanda pengikisan.

- c) Harga yang Mahal: Kuningan adalah logam yang relatif mahal dibandingkan dengan logam lain, seperti baja atau aluminium.

2.1.6 Penelitian Terdahulu

1. Badogiannis, dkk (2014)

Penelitian yang dilakukan oleh Badogiannis, dkk (2014) membahas tentang pengaruh serat kuningan pada sifat mekanis beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serat kuningan pada beton terhadap sifat mekanisnya. Penelitian ini menggunakan serat kuningan dengan panjang 12 mm dan diameter 40 μm sebagai bahan tambah pada beton dengan fraksi volume serat kuningan sebesar 0,1%, 0,2%, dan 0,3%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat kuningan pada beton dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan kekuatan tekan beton. Penambahan serat kuningan pada fraksi volume sebesar 0,3% memberikan hasil optimal dengan peningkatan kekuatan tarik sebesar 14,3%, kekuatan lentur sebesar 10,7%, dan kekuatan tekan sebesar 12,9%. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat kuningan pada beton dapat meningkatkan sifat mekanis beton. Serat kuningan berperan dalam meningkatkan kekuatan dan ketahanan beton terhadap beban tarik dan lentur. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami pengaruh jangka panjang dari penggunaan serat kuningan pada beton dan memastikan penggunaannya dalam aplikasi praktis yang lebih luas.

2. Sharma dan Goyal (2019)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sharma dan Goyal (2019) membahas tentang evaluasi kinerja serbuk kuningan sebagai bahan tambah pada beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh penambahan serbuk kuningan pada beton terhadap sifat mekanisnya. Penelitian ini menggunakan serbuk kuningan sebagai bahan tambah pada beton dengan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dari berat semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kuningan pada beton dapat meningkatkan kekuatan tekan, modulus elastisitas, dan ketahanan tarik beton. Penambahan serbuk kuningan pada konsentrasi 3%

memberikan hasil optimal dengan peningkatan kekuatan tekan sebesar 24,2%, modulus elastisitas sebesar 12,6%, dan ketahanan tarik sebesar 14,8%. Penelitian ini menunjukkan bahwa serbuk kuningin dapat digunakan sebagai bahan tambah pada beton untuk meningkatkan sifat mekanisnya. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami efek jangka panjang dari penggunaan serbuk kuningin pada beton dan memastikan keselamatan penggunaannya.

3. Fatahi, dkk (2020)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Fatahi, dkk (2020) membahas tentang pengaruh serbuk kuningin pada sifat mekanis beton berkekuatan tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh serbuk kuningin sebagai bahan tambah pada beton berkekuatan tinggi terhadap sifat mekanisnya. Penelitian ini menggunakan serbuk kuningin sebagai bahan tambah pada beton berkekuatan tinggi dengan konsentrasi 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat semen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serbuk kuningin pada beton berkekuatan tinggi dapat meningkatkan kekuatan tekan, modulus elastisitas, dan ketahanan tarik beton. Penambahan serbuk kuningin pada konsentrasi 1,5% memberikan hasil optimal dengan peningkatan kekuatan tekan sebesar 20,2%, modulus elastisitas sebesar 17,2%, dan ketahanan tarik sebesar 15,2%. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk kuningin sebagai bahan tambah pada beton berkekuatan tinggi dapat meningkatkan sifat mekanis beton secara signifikan. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami efek jangka panjang dari penggunaan serbuk kuningin pada beton dan memastikan keselamatan penggunaannya.

4. Yang, dkk (2020)

Penelitian yang dilakukan oleh Yang, dkk (2020) fokus pada efek penambahan partikel kuningin dalam beton ketika terpapar suhu tinggi. Berikut adalah informasi tambahan tentang penelitian ini, Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana penambahan partikel kuningin dapat mempengaruhi sifat dan performa beton ketika terkena suhu tinggi. Penelitian ini melibatkan pembuatan sampel beton dengan penambahan partikel kuningin pada campuran beton. Kemudian, sampel beton tersebut dipaparkan pada suhu tinggi yang ditentukan. Penelitian ini

melakukan serangkaian pengujian untuk mengevaluasi pengaruh penambahan partikel kuningin dalam beton yang terpapar suhu tinggi. Beberapa pengujian yang mungkin dilakukan antara lain:

- a. Pengujian kuat tekan: Sampel beton dengan dan tanpa penambahan partikel kuningin dikenakan tekanan untuk menentukan kekuatan beton pada suhu tinggi.
- b. Pengujian ketahanan terhadap suhu tinggi: Sampel beton dipaparkan pada suhu tinggi yang ditentukan untuk memeriksa kemampuan beton dengan penambahan partikel kuningin dalam menjaga integritas strukturalnya.
- c. Pengujian perubahan dimensi: Perubahan dimensi sampel beton dengan dan tanpa penambahan partikel kuningin diukur setelah terpapar suhu tinggi untuk memahami pengaruh suhu tinggi terhadap perubahan dimensi beton.

Hasil Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang efek penambahan partikel kuningin terhadap kuat tekan, ketahanan terhadap suhu tinggi, dan perubahan dimensi beton. Temuan penelitian ini dapat membantu memahami apakah penambahan partikel kuningin dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap suhu tinggi atau melindungi struktur beton dari kerusakan yang disebabkan oleh suhu tinggi. Penelitian ini memiliki implikasi penting dalam penggunaan beton dengan penambahan partikel kuningin dalam aplikasi yang mungkin terkena suhu tinggi, seperti struktur bangunan yang terpapar pada kebakaran atau lingkungan dengan suhu ekstrem. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang efek penambahan partikel kuningin, desainer dan insinyur dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam memilih material beton yang sesuai untuk kondisi yang dihadapi.

5. Baboo, dkk (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Baboo, dkk (2019) bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh persentase penambahan serbuk kuningin dalam beton terhadap kuat tekan beton. Berikut informasi tambahan mengenai penelitian tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk memahami sejauh mana penambahan serbuk kuningin dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Metode pada penelitian ini melibatkan pembuatan sampel beton dengan penambahan serbuk kuningin dalam variasi persentase yang

berbeda pada campuran beton. Beberapa persentase penambahan yang berbeda mungkin digunakan, seperti 0%, 5%, 10%, 15%, dan seterusnya. Penelitian ini melakukan pengujian kuat tekan pada setiap sampel beton yang mengandung penambahan serbuk kuningin. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kekuatan tekan beton pada setiap persentase penambahan yang berbeda. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tentang pengaruh persentase penambahan serbuk kuningin terhadap kuat tekan beton. Temuan penelitian ini akan membantu memahami apakah penambahan serbuk kuningin dalam beton dapat meningkatkan atau mengurangi kuat tekan beton. Dalam beberapa kasus, penelitian ini juga dapat memberikan indikasi persentase penambahan yang optimal untuk mencapai hasil terbaik dalam hal kuat tekan beton. Penelitian ini memiliki signifikansi penting dalam memahami penggunaan serbuk kuningin sebagai bahan tambah dalam beton dan dampaknya terhadap kuat tekan beton. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan oleh para insinyur dan kontraktor dalam merancang campuran beton yang optimal dengan penambahan serbuk kuningin, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan kuat tekan yang tinggi.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Berat Volume pada Agregat

Berat Volume Agregat adalah perbandingan berat agregat kering dengan volume. Pada saat menghitung campuran beton untuk menentukan volume padat dari bagian-bagian yang dipilih, perlu diketahui volume/ruang yang ditempati oleh partikel agregat, apakah partikel tersebut memiliki pori atau tidak. Berat volume agregat juga merupakan istilah yang digunakan dalam industri konstruksi dan pemindahan tanah untuk menggambarkan hubungan antara berat agregat dan volume yang ditempati oleh agregat. Agregat adalah bahan seperti pasir, kerikil atau batu pecah yang digunakan dalam konstruksi untuk membuat beton atau campuran lainnya.

Definisi berat volume agregat dapat dinyatakan dalam beberapa satuan, seperti ton per meter kubik (t/m^3) atau kilogram per liter (kg/l). Ini memberikan informasi tentang seberapa berat agregat dalam volume tertentu.

Adapun rumus yang dipakai dalam menghitung berat volume agregat ialah sebagai berikut :

$$W3 = W2 - W1 \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan,

$W1$ = Berat Wadah atau Silinder (kg)

$W2$ = Berat Wadah + Benda Uji (kg)

$W3$ = Berat Benda Uji (kg)

2.2.2 Kadar Lumpur pada Agregat

Kadar lumpur pada agregat adalah persentase massa lumpur atau material halus yang terkandung dalam sampel agregat. Lumpur atau material halus tersebut biasanya terdiri dari partikel-partikel kecil seperti lempung, debu, atau material organik yang dapat menempel pada permukaan agregat. Kadar lumpur agregat sering diukur dalam industri konstruksi dan teknik sipil untuk memastikan kualitas agregat yang digunakan dalam pembuatan beton, aspal, atau material konstruksi lainnya. Kadar lumpur agregat biasanya dinyatakan dalam persentase, dan semakin tinggi kadar lumpur, semakin tinggi pula kontaminasi dalam agregat tersebut. Kadar lumpur agregat yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas campuran konstruksi, seperti kekuatan, kepadatan, dan kerja beton.

Oleh karena itu, dalam proyek konstruksi, penting untuk mengukur dan memantau kadar lumpur agregat guna memastikan agregat yang digunakan memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditetapkan. Kadar lumpur agregat dihitung dengan membandingkan massa lumpur dengan massa total agregat. Sampel agregat diambil, kemudian lumpur dan kontaminan lainnya dihilangkan melalui proses pencucian dan penyaringan. Setelah itu, sampel agregat dikeringkan dan ditimbang untuk mendapatkan massa kering agregat. Massa lumpur yang tertinggal setelah proses pengeringan kemudian diukur dan dibandingkan dengan massa kering agregat.

Kadar lumpur pada agregat halus dapat dihitung dengan rumus :

$$\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan,

V1 = Volume Pasir (ml)

V2 = Volume Lumpur (ml)

Sedangkan kadar lumpur pada agregat kasar dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini :

$$\frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan,

a = Berat Cawan (gr)

b = Berat Cawan + Berat Benda Uji sebelum di cuci (gr)

c = Berat Cawan + Berat Benda Uji setelah di oven (gr)

2.2.3 Kadar Air pada Agregat

Kadar air agregat mengacu pada jumlah air yang terkandung dalam bahan agregat yang digunakan dalam konstruksi. Kadar air agregat dinyatakan sebagai persentase berat air terhadap berat total agregat. Untuk mengukur kadar air agregat, sampel agregat diambil dan dikeringkan dengan metode tertentu untuk menghilangkan semua kelembaban. Kemudian, berat kering agregat diukur dan dibandingkan dengan berat basah awalnya. Perbedaan antara berat basah dan berat kering mewakili berat air dalam agregat. Kadar air agregat kemudian dihitung dengan membagi berat air oleh berat kering dan mengalikannya dengan 100%.

(Berdasarkan *ASTM C 566*) syarat kadar air agregat halus yaitu bernilai antara 3% - 5%, sedangkan pada agregat kasar maksimum 2 % (*SNI 03 – 2834 – 2002*).

Adapun rumus yang digunakan untuk mencari kadar air pada tiap agregat ialah sebagai berikut :

$$\frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan,

a = Berat Cawan (gr)

b = Berat Cawan + Berat Benda Uji sebelum di cuci (gr)

c = Berat Cawan + Berat Benda Uji setelah di oven (gr)

2.2.4 Analisa Saringan pada Agregat

Agregat beton dapat berasal dari bahan alami, buatan (batu pecah) maupun bahan sisa produk tertentu. Selain persyaratan teknis yang harus dipenuhi, hal lain yang perlu diperlihatkan dalam pemilihan jenis agregat adalah faktor ekonomisnya. Persyaratan teknis agregat beton ini mengacu pada “ Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971 (PBI 1971/NI – Pasal 3.3 – 3.5) dan *American Society for Testing and Materials* “ (ASTM C 33 – 97).

ASTM C 33 adalah spesifikasi standar yang dikeluarkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM) yang mengatur persyaratan untuk gradasi agregat halus dan kasar dalam beton. Persyaratan gradasi agregat ini menentukan ukuran dan distribusi partikel agregat yang harus memenuhi standar tertentu. Cara mencari modulus butir kehalusan digunakan rumus sebagai berikut :

$$FM = \frac{\sum \% \text{ Kumulatif bertahan}}{100} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan,

FM = Modulus Butir Kehalusan

2.2.5 Analisa Berat Jenis pada Agregat

Dalam penggunaannya, berat jenis curah adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termasuk beton semen, beton aspal dan campuran lain yang diproporsikan atau dianalisis berdasarkan volume.

Berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi jenuh kering permukaan digunakan apabila agregat dalam keadaan basah yaitu pada kondisi penyerapannya sudah terpenuhi. Sedangkan berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi kering oven digunakan untuk menghitung ketika agregat dalam keadaan kering atau diasumsikan kering. Berat jenis semu adalah kepadatan relatif dari bahan padat yang membuat partikel pokok tidak termasuk ruang pori di antara partikel tersebut dapat dimasuki oleh air (SNI-03-1969-1990).

Angka penyerapan digunakan untuk mengukur perubahan berat suatu agregat akibat air yang diserap ke dalam pori-pori di antara partikel-partikel utama, dibandingkan dengan berat agregat dalam keadaan kering. Standar laboratorium untuk angka penyerapan diperoleh dengan merendam agregat yang kering dalam air selama 24 jam. Agregat yang diambil dari bawah permukaan air tanah akan memiliki angka penyerapan yang lebih tinggi jika tidak dibiarkan mengering. Sebaliknya, beberapa jenis agregat mungkin memiliki kadar air yang lebih rendah jika dibandingkan dengan agregat yang direndam selama 15 jam. Untuk agregat yang telah kontak dengan air dan memiliki air bebas di permukaan partikelnya, persentase air bebas dapat dihitung dengan mengurangi angka penyerapan dari kadar air total (SNI-03-1969-1990). Berikut ini rumus yang digunakan:

1. Untuk agregat kasar :

a) Berat Jenis *Bulk* = $\frac{A}{(B-C)}$ (2.6)

b) Berat Jenis *SSD* = $\frac{B}{(B-C)}$ (2.7)

c) Berat Jenis Semu = $\frac{A}{(A-C)}$ (2.8)

d) Presentase Penyerapan = $\left[\frac{(B-A)}{A} \right] \times 100 \%$ (2.9)

dengan,

A = Berat benda uji setelah dioven (gr)

B = Berat benda uji kering permukaan *SSD* (gr)

C = Berat benda uji dalam air (gr)

2. Untuk agregat halus :

$$\text{a) Berat Jenis SSD} = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{b) Berat Jenis Bulk} = \frac{S}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{c) Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{d) Presentase Penyerapan} = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (2.13)$$

dengan,

S = Berat benda uji kondisi jernih kering permukaan (gr)

A = Berat benda uji setelah dioven (gr)

B = Berat piknometer yang berisi air (gr)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas bacaan (gr)

2.2.6 Analisa Abrasi menggunakan Mesin *Los Angeles*

Uji abrasi menggunakan Mesin *Los Angeles* adalah metode pengujian yang digunakan untuk menentukan kekuatan abrasi atau ketahanan aus agregat kasar seperti batu pecah, kerikil, atau pasir. Metode ini umumnya digunakan dalam industri konstruksi untuk mengevaluasi kualitas dan daya tahan agregat yang digunakan dalam campuran beton atau aspal.

Proses uji abrasi dengan Mesin *Los Angeles* melibatkan pengujian agregat dalam drum berputar yang dilengkapi dengan bola baja dan beban agregat. Agregat tersebut terus-menerus tergesek dan saling bertabrakan selama jangka waktu tertentu, menciptakan kekuatan abrasi yang mempengaruhi integritas dan keausan agregat.

Selama uji abrasi, agregat yang diuji mengalami gaya gesekan, tumbukan, dan goresan antar partikel yang menyebabkan keausan dan pecahan. Hasil uji tersebut biasanya dinyatakan dalam bentuk persentase kehilangan berat agregat setelah proses pengujian. Semakin tinggi persentase kehilangan berat, semakin rendah ketahanan aus agregat tersebut.

Metode uji abrasi dengan Mesin *Los Angeles* membantu dalam mengevaluasi kekuatan agregat dan kemampuannya untuk bertahan dalam lingkungan yang mengalami tekanan dan gesekan berulang, seperti pada struktur jalan raya yang sering terkena lalu lintas kendaraan. Dengan informasi ini, para insinyur dan kontraktor dapat memilih agregat yang sesuai dengan kebutuhan proyek konstruksi mereka.

Persamaan yang dipakai dalam mencari nilai keausan pada uji abrasi ini adalah sebagai berikut :

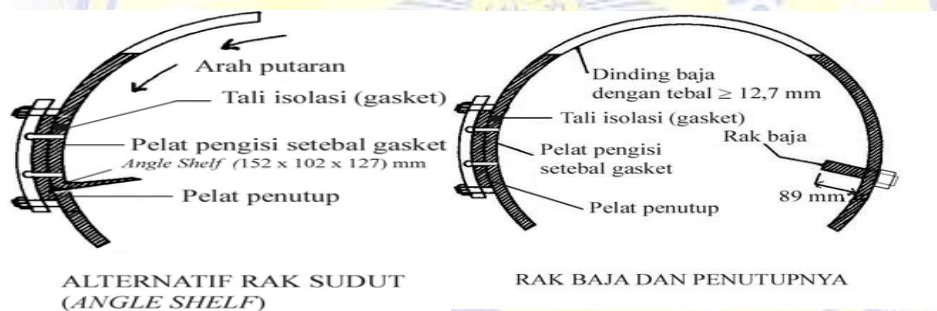
$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan,

a = berat benda uji semula (gr)

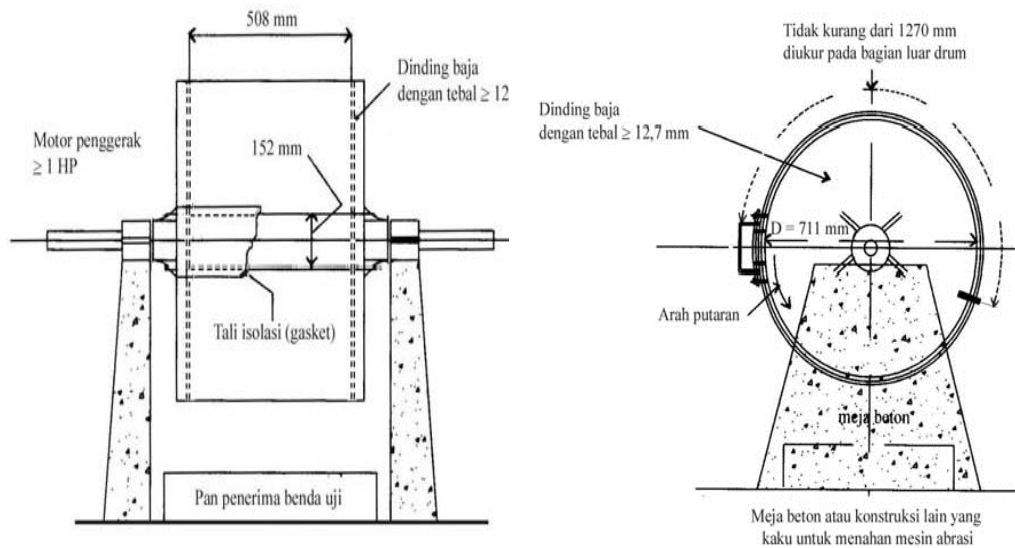
b = berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70 mm)

Berdasarkan SNI 2417:2008 dapat dilihat peralatan dan mesin los angeles yang ada pada gambar 2.8 dan 2.9



Gambar 2.8. Alternatif rak sudut (*angle shelf*) dan rak baja serta penutupnya

Sumber : SNI 2417:2008



Gambar 2.9. Peralatan mesin abrasi los angeles

Sumber : SNI 2417:2008

2.2.7 Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen di dalam campuran adukan beton. Fungsi faktor air semen yaitu sebagai berikut :

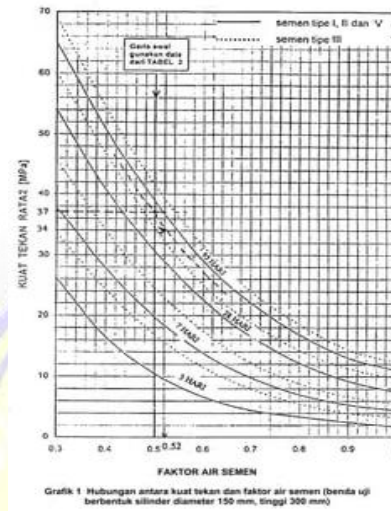
1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*).

Semakin tinggi nilai faktor air semen mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya factor air semen yang diberikan minimum 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2004).

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 (2.15)

$$FAS = \frac{\text{berat air}}{\text{jumlah semen}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Berdasarkan SNI 03 – 2834 – 2000 hubungan antara kuat tekan dan kator air semen untuk benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 2.10. Grafik hubungan kuat tekan beton dan FAS beton dengan benda uji silinder (15 x 30 cm)

Sumber : SNI 03 – 2834 – 2000

2.2.8 Slump Test

Slump beton mengacu pada tingkat kekentalan dan plastisitas dari beton segar. Pengukuran nilai *slump* dilakukan untuk setiap campuran beton, baik itu beton standar maupun beton yang menggunakan bahan tambahan dan aditif. Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar yang dituangkan ke dalam wadah berbentuk kerucut yang memiliki permukaan terpancung, yang dikenal sebagai Kerucut *Abrams*. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan, dengan setiap lapisan mengisi 1/3 dari tinggi kerucut. Setiap lapisan harus dipadatkan dengan melakukan penusukan sebanyak 25 kali menggunakan tongkat besi yang tahan karat. Setelah penuh, permukaan beton diatas wadah diratakan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat secara vertikal, dan tingkat *slump* dapat diukur dengan mengukur perbedaan tinggi antara tinggi beton setelah wadah diangkat dengan tinggi wadah itu sendiri.

Tingkat kemudahan pengerjaan beton berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Semakin cair adukan beton, semakin mudah pengerjaannya. Pengujian *slump* biasanya dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Semakin tinggi nilai *slump*, semakin mudah adukan beton tersebut untuk dikerjakan (Badan Standardisasi Nasional, 1990). Dalam praktiknya, terdapat tiga tipe slump yang dapat terjadi, yaitu:

1. *Slump* sebenarnya, terjadi akibat penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
2. *Slump* geser, terjadi akibat separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
3. *Slump* runtuh, terjadi akibat kerucutnya runtuh semua.

Berdasarkan Metode Pengujian *Slump Test*, maka untuk mendapatkan nilai rata rata pada pengujian ini digunakan rumus seperti di bawah ini :

$$Slump \text{ rata-rata} = \frac{Slump \text{ Tertinggi} + Slump \text{ Terendah}}{2} \dots\dots\dots(2.16)$$

Mengenai cara Uji *Slump* Beton, mengacu pada “ Standar Nasional Indonesia “ (SNI 1971 : 2008). Berikut penggunaan *Slump* untuk Beton :

1. Konsistensi dari beton harus diperiksa dengan pemeriksaan *slump*
2. Kekentalan adukan beton diperiksa dengan pengujian *slump*, dimana nilai *slump* harus dalam batasan yang disyaratkan dalam SNI-1971-2008 tentang Cara Uji Beton dan “ *American Society for Testing and Materials* “ (*ASTM C143 dan ASTM C231*), pada saat yang sama pada percobaan silider
3. Beton dengan mutu kekuatan yang baik, yang akan menghasilkan hasil akhir yang bebar keropos, ataupun berongga-rongga (*honey-comb*). Kekuatan dan penyelesaian yang memenuhi syarat batas *slump*, bila dipakai pompa beton, *slump* harus 100 mm sampai dengan 150 mm.

Nilai toleransi terhadap *slump* yang didasarkan dari nilai *slump* maksimum yang diharapkan dalam campuran beton dan tertulis dalam spesifikasinya tercantum dalam tabel 2.4. dan syarat *workability slump* tercantum dalam tabel 2.5.

Tabel 2.4. Batas toleransi nilai *slump*

Nilai <i>Slump</i> Maksimum Tertulis Dalam Spesifikasi [inci (mm)]	Toleransi [inci (mm)]
3 (76) atau lebuah kecil	0 – 15 (0 – 38)
Lebih besar dari 3 (76)	0 – 2,5 (0 – 63)
Nilai <i>Slump</i> Maksimum Tidak Tertulis Dalam Spesifikasi	
Lebih kecil dari atau sama dengan 2 (50)	± 0,5 (13)
2 – 4 (50 – 100)	± 1,0 (25)
Lebih besar dari 4 (100)	± 1,5 (38)

Sumber : (SNI 1971 : 2008)

Tabel 2.5. Syarat *Workability*

No	Elemen Struktur	<i>Slump Max</i> (cm)	<i>Slump Min</i> (cm)
1	Plat Pondasi, Pondasi Tapak Bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi Tapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	9,0	2,5
3	Plat (lantai), balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan Massal	7,5	2,5

Sumber : (SNI 1971 : 2008)

2.2.9 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton mengacu pada beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur saat diberi gaya tekan tertentu oleh mesin tekan (Rusmania, 2015).

Kekuatan tekan menunjukkan kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton digunakan untuk mengidentifikasi mutu suatu struktur, di mana semakin tinggi kekuatan struktur yang diinginkan, semakin tinggi mutu beton yang diperlukan (Mulyono, 2005). Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian standar menggunakan benda uji berbentuk silinder. Dimensi standar benda uji adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm.

Metode pengujian yang umum digunakan adalah standar *ASTM C39-86*. Kuat tekan beton dari masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ($f'c$) yang tercapai pada umur 28 hari setelah benda uji diberi beban tekan selama percobaan. Selain itu, kekuatan karakteristik beton juga melibatkan pengujian tegangan dan regangan, susut dan rangkai, Sifat pada beton yang menonjol adalah kuat tekannya, maka dari itu dalam pembuatan beton sifat ini yang ditargetkan. Dalam teori teknologi beton, kekuatan beton yang dihasilkan dipengaruhi oleh :

1. Rasio semen terhadap air
2. Rasio semen terhadap agregat
3. Grading, tekstur permukaan, bentuk, kekuatan dari partikel agregat
4. Ukuran maksimum agregat

Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan beton ringan pada umur 28 hari yang sebenarnya apakah sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pada mesin uji tekan benda diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja.

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.17)$$

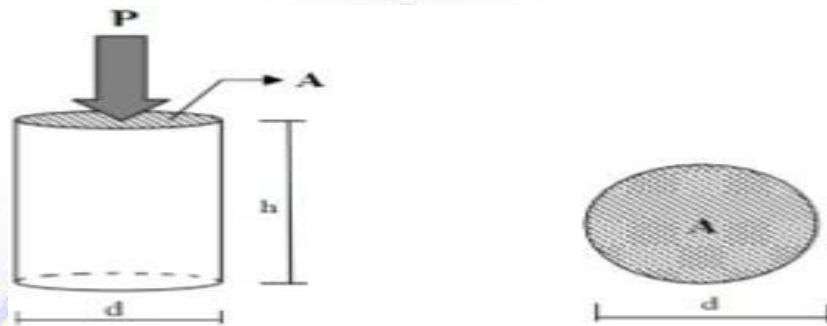
dengan,

P = gaya maksimum dari mesin tekan, (N)

A = luas penampang yang diberi tekanan, (mm^2)

f_c' = kuat tekan, (N/mm^2)

Adapun pola pembebanan pada pengujian kuat tekan beton dengan benda uji silinder dapat lihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Pembebanan pada pengujian kuat tekan beton

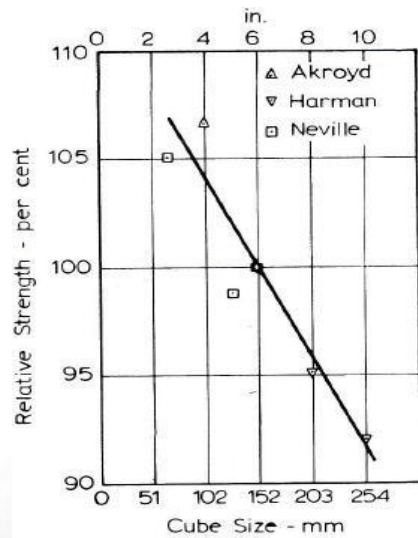
Sumber : SNI 03-1974-1990

Dalam desain komponen struktur beton bertulang, beton diasumsikan hanya menerima beban tekan. Oleh karena itu, mutu beton selalu dikaitkan dengan kemampuannya dalam menahan beban tekan, atau biasa disebut sebagai kuat tekan. Penentuan kuat tekan beton dapat dilakukan melalui pengujian menggunakan benda uji silinder atau kubus. Terdapat beberapa referensi yang memberikan hubungan antara kuat tekan yang dihasilkan dari benda uji silinder dengan kuat tekan yang dihasilkan dari benda uji kubus

Tabel 2.6. Ukuran Benda Uji Kuat Tekan

Jenis Cetakan Contoh Uji	Ukuran Bagian Dalam Cetakan (mm)
Kubus	100 x 100 x 100
	150 x 150 x 150
Balok	500 x 100 x 100
	600 x 150 x 150
Silinder	Diameter 150 dan Tinggi 300
	Diameter 100 dan Tinggi 200

Sumber : (SK SNI M – 62 – 1990 – 03)



Gambar 2.12. Faktor Konversi Kuat Tekan Bentuk Silinder Pada Ukuran yang Berbeda.

Sumber : (Neville, A.M, *Properties of Concrete, Fourth Edition, hal 607.*)

Tabel 2.7. Perbandingan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Benda Uji

No	Bentuk Benda Uji	Nilai Konversi (A.M. Neville)
1	Kubus 10x10x10 (cm)	1,04
2	Kubus 15x15x15 (cm)	1,00
3	Silinder d=10, t=20 (cm)	0,86
4	Silinder d=15, t=30 (cm)	0,83

Sumber : Neville, A.M, *Properties of Concrete, Fourth Edition*

2.2.10 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah benda uji silinder beton merujuk pada nilai kuat tarik yang tidak langsung diperoleh dari benda uji beton berbentuk silinder. Pengujian dilakukan dengan meletakkan benda uji tersebut secara horizontal dan sejajar dengan permukaan meja penekan pada mesin uji tarik. Metode pengujian ini mengacu pada "Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton" yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia M60-1990-03

Selama uji kuat tarik belah beton, gaya tarik secara perlahan diterapkan pada sampel beton hingga mencapai kegagalan dalam bentuk retak atau belah. Selama proses ini, tegangan yang dihasilkan diukur dan dicatat. Kuat tarik belah beton dinyatakan sebagai tegangan maksimum yang terjadi sebelum terjadinya kegagalan.

Hasil kuat tekan dan kuat tarik belah beton tidak mengalami perbandingan lurus. Upaya memperbaiki mutu kuat tekan beton hanya mengalami sedikit peningkatan dari nilai kuat tariknya. Perkiraan kasarnya nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo,1994).

Berdasarkan Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton, maka untuk mendapatkan nilai kuat tarik masing-masing benda uji menggunakan rumus seperti di bawah ini.

$$f't = \frac{2P}{\pi DL} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

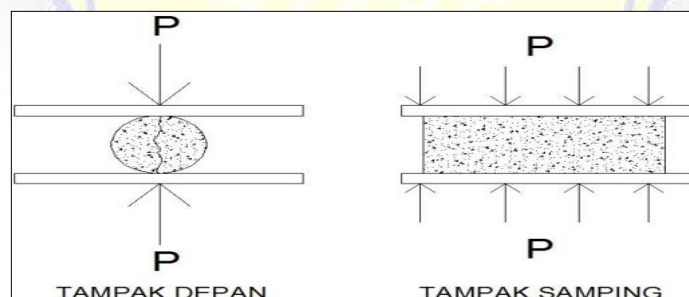
$f't$ = kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (N/mm²)

P = beban maksimum (N)

L = tinggi silinder beton (mm)

D = diameter silinder beton (mm)

Adapun pola pembebanan untuk pengujian kuat tarik belah beton pada benda uji silinder dapat dilihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Pembebanan pada pengujian kuat tarik belah beton

Sumber: SNI 2491-2014

2.2.11 Persamaan Regresi Linier

Untuk menghubungkan antara kuat tekan dan kuat tarik maka diperlukannya persamaan regresi linier. Regresi linier merupakan metode statistik yang berfungsi untuk menguji sejauh mana hubungan sebab akibat antara variabel factor penyebab terhadap variabel akibatnya.

Persamaan regresi linier adalah sebagai berikut:

$$y = a + bx \dots \dots \dots (2.19)$$

dengan,

y = Variabel akibat

x = Variabel penyebab

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$a = \frac{(\sum y) \cdot (\sum x^2) - (\sum x) \cdot (\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots \dots \dots (2.20)$$

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \dots \dots \dots (2.21)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan beton rencana mutu beton K 225 sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Kedua beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan serbuk kuningan terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram dengan menggunakan peralatan yang telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Dan pembuatan benda uji juga dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram dengan metode yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan – bahan

Bahan – bahan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut :

a. Semen portland

Semen adalah suatu bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif yang mampu melekatkan fragmen – fragmen mineral menjadi suatu kesatuan massa yang padat. Dalam (SNI 15- 2049-2004) dijelaskan bahwa Semen portland juga dapat didefinisikan sebagai semen hidrolis yang asal terciptanya dihasilkan dari penggilingan kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan senyawa kalsium sulfat bentuk kristal serta bahan – bahan lain. Fungsi utama semen pada beton adalah

mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga - rongga udara diantara butir- butir agregat. Dan pada penelitian ini digunakan Semen Tiga Roda.



Gambar 3.1. Semen Portland

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

b. Agregat halus

Agregat Halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm. (SNI 03-2847-2002).



Gambar 3.2. Agregat Halus

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

c. Agregat kasar

Agregat Kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pemecah pecah yang diperoleh dari industri batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. (SNI 03-2847-2002).



Gambar 3.3. Agregat Kasar

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

d. Air

Air adalah cairan pelarut yang berasal dari unsur kimia H_2O . Peranan air berpengaruh penting terhadap struktur beton, mulai dari pembuatan hingga kuat tekan beton itu sendiri. Fungsi utama air dalam pembuatan beton adalah sebagai media reaktor untuk melarutkan semen untuk mengikat campuran komponen yang membuatnya. ke atas. struktur beton. Banyaknya air yang digunakan dalam produksi beton dapat mempengaruhi kekuatan struktur beton itu sendiri jika kelebihan air mengurangi kuat tekan beton tersebut. Kotoran yang berlebihan dalam campuran air dapat merusak waktu pengikatan yang lama dan stabilitas volume (perubahan panjang) beton dan juga menyebabkan korosi tulangan.



Gambar 3.4. Air

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

e. Serbuk kuningan

Dalam penelitian digunakan serbuk kuningan yang berasal dari hasil limbah penggunaan kuningan. Sifat dari kuningan adalah Tahan terhadap korosi, Tahan lama, Pewarnaanya baik dan berpengaruh baik terhadap micro organisme.



Gambar 3.5. Serbuk Kuningan

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

3.3.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan beton adalah

1. Timbangan Digital (*Weight Balance Digital*)

Timbangan Digital adalah alat ukur yang memudahkan untuk mengukur berat atau massa suatu benda. Dan pada penelitian ini timbangan digital digunakan untuk mengukur berat bahan dan benda uji yang akan di uji. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.6

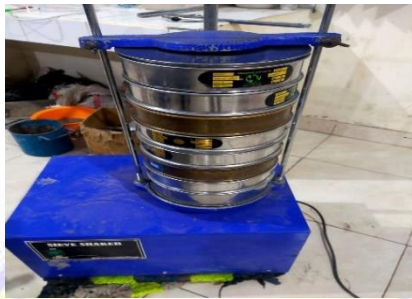


Gambar 3.6. Timbangan (*Weight Balance Digital*)

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

2. Ayakan atau Saringan

Ayakan atau Saringan pada penelitian ini digunakan untuk menganalisa saringan gradasi pada agregat kasar dan agregat halus. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7. Ayakan atau Saringan

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

3. Wadah pencampur beton

Wadah ini berfungsi sebagai tempat untuk membuat atau mencampur semua benda uji. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8. Wadah pencampur beton

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

4. Alat pengaduk beton (cepang)

Alat ini digunakan untuk mencampur atau mengaduk semua bahan campuran beton untuk pembuatan benda uji. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3.9. Cepang

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

5. Wadah / *Pan*

Wadah atau *pan* berfungsi sebagai tempat menampung benda uji (agregat kasar dan halus) Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3.10. Wadah / *Pan*

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

6. Cetakan beton (silinder 15 x 30 cm)

Cetakan beton yang berbentuk ini silinder digunakan untuk pembuatan benda uji beton. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.11



Gambar 3.11. Cetakan beton

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

7. Keranjang pemeriksaan berat jenis kerikil

Alat ini berfungsi untuk memeriksa berat jenis pada agregat kasar. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.12



Gambar 3.12. Keranjang pemeriksa berat jenis

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

8. Piknometer

Piknometer adalah alat yang digunakan untuk menentukan berat jenis pada agregat halus (pasir). Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.13



Gambar 3.13. Piknometer

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

9. Oven

alat yang digunakan untuk melakukan proses sterilisasi, pemanasan, dan pengeringan alat atau media pada kondisi kering. Prinsip kerja dari oven adalah melakukan pemansan secara tertutup sehingga suhu dan waktunya bias diatur. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.14. Oven

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

10. Kerucut *Abrams*

Kerucut *abrams* ini merupakan cetakan yang berbentuk kerucut terpancung dengan diameter bawah $203 \pm 3,2$ mm, diameter atas $102 \pm 3,2$ mm dan tinggi $305 \pm 3,2$ mm. Dan bagian atas bawahnya terbuka, alat ini berfungsi untuk memeriksa dan menentukan ukuran derajat kekentalan adukan pada beton segar. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.15



Gambar 3.15. Kerucut *Abrams*

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

11. *Vertical Cylinder Capping Set*

Fungsi pelat capping sendiri adalah untuk mencetak belerang cair agar dapat meratakan permukaan benda uji silinder. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.16



Gambar 3.16. *Vertical Cylinder Capping Set*

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

12. *Sieve Shaker Machine*

Alat yang digunakan untuk memisahkan partikel kasar pada agregat yang akan di uji atau butiran granul dengan cara menyaring hingga memperoleh partikel yang halus. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.17



Gambar 3.17. *Sieve Shaker Machine*

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

13. *Los Angeles Abrasion Machine*

Alat ini digunakan untuk menentukan abrasi dan ketahanan benturan pada agregat kasar dan dengan persentase penurunan berat pada agregat kasar. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.18



Gambar 3.18. *Los Angeles Abrasion Machine*

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

14. *Compression Testing Machine*

Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian utama yaitu Kuat tekan Beton dan Kuat tarik Belah Beton dimana alat ini digunakan untuk penilaian pada saat tegangan pada material/objek telah mencapai batas ketahanan pada material yang diuji, pada saat material mencapai batas yang dapat ditahannya tentunya material tersebut akan mengalami kerusakan ataupun hancur. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19. *Compression Testing Machine*

Sumber : Dokumentasi Lab Mekanika Tanah, 2023

3.4 Tahapan Pengujian Material

Pengujian material dilakukan untuk mendapatkan mix design. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik yang terdapat dalam material tersebut sesuai dengan panduan dan standar dari SNI. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian material penyusun beton :

3.4.1 Pengujian berat volume pada agregat

Tujuan pengujian berat volume agregat adalah untuk menentukan berat satuan agregat halus dan kasar, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat bahan kering dan volumenya. Agregat berupa pasir dan kerikil merupakan bahan pengisi beton. Agregat halus memiliki ukuran partikel maksimal 4 mm, sedangkan agregat kasar memiliki ukuran partikel maksimal 7,5 cm.

Peralatan yang digunakan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
2. Wadah dengan kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
3. Tongkat pemadat berdiameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujungnya bulat terbuat dari baja tahan karat
4. Mistar perata
5. sekop
6. Silinder berukuran 15 x 30 cm
7. Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Bahan yang digunakan :

1. Agregat Kasar
2. Agregat Halus

Prosedur kerja :

Masukkan agregat ke dalam wadah sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai, keringkan dengan oven pada suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$ sampai berat menjadi tetap sehingga dapat digunakan sebagai benda uji.

A. Pemeriksaan agregat dengan cara lepas

1. Menimbang dan mencatat berat silinder (W1)
2. Masukkan benda uji dengan hati – hati dengan ketinggian di atas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh
3. Ratakan permukaan benda uji sampai benar – benar rata
4. Timbang silinder yang sudah berisi benda uji (W2)
5. Hitung berat benda uji (W3) dengan persamaan berikut :

$$W3 = W2 - W1 \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan,

$$W1 = \text{Berat Wadah atau Silinder (kg)}$$

$$W2 = \text{Berat Wadah + Benda Uji (kg)}$$

$$W3 = \text{Berat Benda Uji (kg)}$$

B. Pemeriksaan agregat dengan cara pemadatan

1. Menimbang dan mencatat berat silinder (W1)
2. Silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan setinggi 1/3 benda cetakan secara menyeluruh atau merata
3. Permukaan silinder diratakan sampai benar – benar rata
4. Timbang berat silinder yang telah diisi benda uji (W2)
5. Menghitung berat benda uji (W3) dengan persamaan berikut :

$$W3 = W2 - W1 \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan,

$$W1 = \text{Berat Wadah atau Silinder (kg)}$$

$$W2 = \text{Berat Wadah + Benda Uji (kg)}$$

$$W3 = \text{Berat Benda Uji (kg)}$$

3.4.2 Pengujian kadar lumpur pada agregat

Tujuan pada pengujian ini adalah untuk mencari kadar presentase lumpur pada agregat (kasar dan halus). Menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F untuk agregat

halus maksimal 5 % tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang lolos saringan 0,060 mm) lebih dari 5 %, apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci dan untuk agregat kasar maksimal 1 %.

Peralatan yang digunakan :

1. Gelas ukur
2. Timbangan dengan ketelitian 0,1 %
3. Wadah
4. Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Bahan yang digunakan :

1. Agregat halus untuk cara endapan
2. Agregat kasar untuk cara cucian
3. Air bersih dan bebas dari bahan – bahan yang mengandung cairan asam, oli, garam, dan bahan organik lainnya atau bahan – bahan lain yang berbahaya

Prosedur kerja :

A. Cara endapan untuk agregat halus

1. Benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur
2. Tambahkan air ke dalam gelas ukur guna melarutkan lumpur
3. Setelah itu gelas ukur dikocok sebanyak 60 x hingga merata
4. Kemudian gelas ukur disimpan pada tempat datar dan endapkan selama 24 jam
5. Ukur volume (V1) dan volume lumpur (V2)
6. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{V2}{V1 + V2} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.3)$$

dengan,

V1 = Volume Pasir (ml)

V2 = Volume Lumpur (ml)

B. Cara cucian untuk agregat kasar

1. Timbang berat wadah (a)
2. Timbang berat wadah dan benda uji dalam keadaan kering (b)
3. Masukkan benda uji ke dalam wadah dan dicuci beberapa kali hingga airnya jernih
4. Kemudian timbang berat wadah dan benda uji yang sudah dicuci
5. Benda uji dikeringkan ke dalam oven selama 24 jam
6. Lalu keluarkan benda uji dari oven
7. Sehingga mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.4)$$

dengan,

a = Berat Cawan (gr)

b = Berat Cawan + Berat Benda Uji sebelum di cuci (gr)

c = Berat Cawan + Berat Benda Uji setelah di oven (gr)

3.4.3 Pengujian kadar air pada agregat

Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh angka presentase dari kadar air yang ada pada agregat kasar maupun halus. Hasil pengujian kadar air agregat sapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan proporsi campuran dan pengendalian mutu beton. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering dan dinyatakan dalam persen (%).

1. Peralatan yang digunakan :
2. Timbangan dengan ketelitian 0.1 gr
3. Wadah tahan panas yang cukup besar untuk benda uji di dalam oven
4. Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$

Bahan yang digunakan :

1. Agregat kasar dan agregat halus

Prosedur Kerja :

1. Timbang berat cawan lalu catat hasilnya (a)
2. Masukkan benda uji ke dalam cawan, timbang berat cawan dan benda uji (b)
3. Benda uji yang berada di dalam cawan dimasukkan oven dan dikeringkan selama 24 jam
4. Hitung kadar air rata-rata pada tiap percobaan benda uji, sehingga mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan,

a = berat cawan (gr)

b = berat cawan + agregat sebelum dioven (gr)

c = berat cawan + agregat setelah dioven (gr)

3.4.4 Pengujian berat jenis pada agregat

Pengujian berat jenis agregat ini bertujuan untuk mengetahui cara memeriksa berat jenis maupun *SSD* pada agregat halus (pasir) dan pada agregat kasar (kerikil). Dan kondisi benda uji yang digunakan adalah pasir kering oven.

1. Peralatan yang digunakan :
2. Piknometer
3. Keranjang pemeriksaan berat jenis pada kerikil
4. Wadah / pan
5. Timbangan dengan ketelitian 0,1 %
6. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu (110 ± 5) °C
7. Kain Lap
8. Corong

Bahan yang digunakan :

1. Agregat Kasar
2. Agregat Halus

Prosedur Kerja :

A. Pengujian berat jenis pada kerikil

1. Merendam kerikil di dalam air selama 24 jam, lalu diangkat dan dilap satu demi satu sehingga kondisi kering permukaan (*SSD*)
2. Menimbang sebanyak 3500 gram atau 3,5 kg
3. Menimbang dalam air
4. Memasukkan kerikil ke dalam wadah dan menimbangnya dalam air
5. Setelah itu masukkan ke dalam oven selama 24 jam
6. Timbang dan catat hasil penimbangan, sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

a. Berat Jenis *Bulk* = $\frac{A}{(B-C)}$ (3.6)

b. Berat Jenis *SSD* = $\frac{B}{(B-C)}$ (3.7)

c. Berat Jenis Semu = $\frac{A}{(A-C)}$ (3.8)

d. Presentase Penyerapan = $\left[\frac{(B-A)}{A} \right] \times 100 \%$ (3.9)

dengan,

A = Berat benda uji setelah dioven (gr)

B = Berat benda uji kering permukaan *SSD* (gr)

C = Berat benda uji dalam air (gr)

B. Pengujian berat jenis pada pasir

1. Ayak pasir menggunakan saringan dengan nomor 4,75 mm. Pada proses pengayakan tersebut terdapat kerikil atau batuan kecil yang masih tertinggal diatas ayakan, yang nantinya akan dipisahkan.
2. Setelah itu rendamkan pasir di dalam air selama 24 jam, lalu diangkat dan dikeringkan di dalam ruangan sehingga kondisi kering permukaan (*SSD*)

3. Timbang pasir *SSD*, Pada pengujian berat jenis pasir, berat pasir yang dibutuhkan adalah 500 gram pasir *SSD*
4. Setelah itu masukkan kondisi pasir *SSD* menggunakan corong ke dalam piknometer yang sudah disiapkan
5. Masukkan air 90 % dari pinometer
6. Digoyang – goyangkan secara perlahan piknometer yang berisi benda uji guna menghilangkan gelembung air. Jika langkah selanjutnya adalah kita akan menambahkan kembali air sampai garis tanda batas bacaan gelembung sudah terlihat hilang,
7. Diamkan selama 15-20 menit setelah itu Timbang dan cata berat piknometer beserta benda uji
8. Kemudian setelah kita menimbangny, keluarkan air dan pasir tersebut dari piknometer dan pindahkan ke cawan kosong
9. Masukkan pasir tadi kedalam oven pada suhu 105° celcius kurang lebih 24 jam
10. Jika sudah 24 jam, keluarkan sampel pasir kita tadi dari dalam oven dan timbang serta catat hasilnya, sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

a. Berat Jenis *SSD* = $\frac{A}{(B+S-C)}$ (3.10)

b. Berat Jenis *Bulk* = $\frac{S}{(B+S-C)}$ (3.11)

c. Berat Jenis Semu = $\frac{A}{(B+A-C)}$ (3.12)

d. Presentase Penyerapan = $\left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\%$ (3.13)

dengan,

S = Berat benda uji kondisi jenih kering permukaan (gr)

A = Berat benda uji setelah dioven (gr)

B = Berat piknometer yang berisi air (gr)

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas bacaan (gr)

3.4.5 Pengujian analisa saringan pada agregat

Tujuan pengujian pada analisa saringan adalah untuk mencari butir pada gradasi. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan campuran beton. Pengujian penentuan gradasi ini dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus.

Peralatan yang digunakan :

1. Timbangan dari neraca dengan ketelitian 0,1 % dari berat benda yang di uji
2. Seperangkat saringan
3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu (110 ± 5) °C
4. Mesin *Sieve Shaker*
5. Wadah / Pan
6. Kuas
7. Sendok

Bahan yang digunakan :

1. Agregat Kasar = 1000 gr
2. Agregat Halus = 500 gr

Prosedur Kerja :

1. Benda uji semula – mula dikeringkan terlebih dahulu di dalam oven selama 24 jam
2. Setelah itu benda uji dimasukkan ke dalam mesin penggetar (*Sieve Shaker*) selama 15 menit
3. Timbang dan catat hasil yang diperoleh dari mesin penggetar tadi, sehingga didapatkan persamaan :

$$FM = \frac{\sum \% \text{ Kumulatif bertahan}}{100} \dots\dots\dots(3.14)$$

dengan,

FM = Modulus Kehalusan

3.4.6 Pengujian abrasi dengan *los angeles machine*

Tujuan pada pengujian ini ialah untuk mengevaluasi ketahanan agregat kasar seperti batu pecah terhadap abrasi atau keausan. Selama pengujian, tabung diputar selama sejumlah putaran tertentu, yang dapat bervariasi tergantung pada persyaratan pengujian atau spesifikasi yang berlaku. Pada setiap putaran, agregat dan bola baja saling berbenturan dan mengalami gesekan. Hasil Uji Abrasi *Los Angeles* digunakan untuk mengevaluasi kekuatan agregat dan kemampuannya untuk menahan abrasi. Nilai hasil *Los angeles* yang tinggi menunjukkan tingkat keausan yang lebih besar, sementara nilai hasil *Los Angeles* yang rendah menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap abrasi.

Peralatan yang digunakan :

1. *Los Angeles Abrasion Machine*
2. Mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter dalam 711 mm (28 inci) panjang dalam 508 mm (20 inci); silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar; silinder berlubang untuk memasukkan benda uji; penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu; di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5 inci)
3. Saringan No.12 (1,70 mm) dan saringan-saringan lainnya
4. Timbangan, dengan ketelitian 0,1% terhadap berat contoh atau 5 gram
5. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 27/32 inci) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 445 gram
6. Oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
7. Alat bantu kuas dan pan

Bahan yang digunakan :

1. Agregat kasar (kerikil) ukuran $\frac{1}{2}$ inch 2500 gram dan $\frac{3}{4}$ inch 2500 gram

Prosedur Kerja :

1. Cuci dan keringkan benda uji pada temperatur $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap
2. Pisahkan agregat ke dalam fraksi – fraksi yang dikehendaki dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan
3. Gabungkan kembali fraksi – fraksi agregat sesuai grading yang dikehendaki
4. Catat benda uji dengan ketelitian mendekati 1 gram
5. Setelah itu benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi Los Angeles
6. Putaran mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm; jumlah putaran gradasi A, gradasi B, gradasi C dan gradasi D adalah 500 putaran dan untuk gradasi E, gradasi F dan gradasi G adalah 1000 putaran
7. setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12 (1,70 mm) butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap;
8. jika material contoh uji homogen, pengujian cukup dilakukan dengan 100 putaran, dan setelah selesai pengujian disaring dengan saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian. Perbandingan hasil pengujian antara 100 putaran dan 500 putaran agregat tertahan diatas saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian tidak boleh lebih besar dari 0,20
9. Sehingga mendapatkan persamaan untuk mencari nilai keausan sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.15)$$

dengan,

a = berat benda uji semula (gr)

b = berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70 mm)

3.5 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton bertujuan untuk menentukan komposisi atau proporsi bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton. Proporsi bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui proses perencanaan beton, yang disebut juga sebagai *mix design*. Tujuan dari perencanaan beton ini adalah agar proporsi campuran dalam penelitian ini sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-2843-2000 yang mengatur cara pembuatan campuran beton normal.

Tabel 3.1 Daftar Campuran *Mix Design*

No	URAIAN	MUTU
		FC = 18 Mpa (K.225 Kg/cm ²)
1	Kuat tekan yang disyaratkan	18 N/mm ² pada umur 28 hari bagian tak memenuhi syarat 5 %
2	Devisiasi Standar / diketahui	7 N /mm ²
3	Nilai tambah (Margin)	$(k \times s) = 1.64 \times 7 = 11.48$
4	Kuat tekan rata - rata yang ditargetkan (1 + 3)	29.48
5	Jenis semen ditetapkan	Tiga roda
6	Jenis agregat kasar & Jenis agregat kasar Bahan tambah	Batu Pecah Pasir Alami Serbuk Kuningan
7	Faktor air semen bebas	0.5

Lanjutan Tabel 3.1 Daftar Campuran *Mix Design*

No	URAIAN	MUTU	
		FC = 18 Mpa (K.225 Kg/cm ²)	
8	Faktor air semen maksimal	-	
9	Slump (ditetapkan)	Slump 6 - 12	
10	Ukuran agregat maksimal	20 mm	
11	Kadar air bebas	205 kg/cm ²	
12	Jumlah semen (11 : 8 atau 7) (ditetapkan)	205	: 0.5 = 410 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimal (ditetapkan)	410	Kg/m ³
14	Susunan besar butir agregat halus	Daerah gradasi susunan No. 1	
15	Persen agregat halus	42	%
16	Berat jenis relatif agregat (kering permukaan)	2.500	
17	Berat jenis beton	2380	Kg/m ³
18	Kadar agregat gabungan 17 - (12 + 11)	2380	- 615 = 1765 Kg/m ³
19	Kadar agregat halus (15 x 18)	0.42	x 1765 = 741 Kg/m ³

Lanjutan Tabel 3.1 Daftar Campuran *Mix Design*

No	URAIAN	MUTU			
		F'C = 18 Mpa (K.225 Kg/cm ²)			
20	Kadar agregat kasar (18 - 19)	1765	-	741	= 1024 Kg/m ³
21	Proposi campuran tiap m ³ (setelah dikoreksi kadar air dan penggabungannya) . Jenis semen ditetapkan	Semen		=	409.86 Kg
		Air		=	204.9 Kg
		Agregat halus		=	741.39 Kg
		Agregat kasar		=	1023.82 Kg
22	Perbandingan Berat Semen : Agregat halus : Agregat Kasar	1 : 1.8 : 2.5			
23	Perbandingan berat semen ke volume untuk 1 zak semen (50 Kg)	Semen		=	40 dm ³
		Air		=	25 It
		Agregat halus		=	64.6 dm ³
		Agregat kasar		=	83.27 dm ³
24	Perbandingan volume dari semen : agg halus : agg kasar	1 : 1.62 : 2.08			
25	Kadar semen 1 m ³ beton dalam satuan zak	8.2			

Lanjutan Tabel 3.1 Daftar Campuran *Mix Design*

No	U R A I A N	MUTU			
		F'C = 18 Mpa (K.225 Kg/cm ²)			
26	Ukuran tong / bak dibuat	1 zak semen	=	50	kg
	a. Untuk semen tetap 1 zak semen (50 Kg)				
	b. Ukuran pasir 2 tong dengan ukuran :	Panjang	=	35	cm
		Lebar	=	35	cm
		Tinggi	=	26.37	cm
	c. Ukuran kerikil 3 tong dengan ukuran :	Panjang	=	35	cm
		Lebar	=	35	cm
		Tinggi	=	22.66	cm

Sumber : SNI 03 – 2843 – 2000

Diketahui :

Volume Silinder Beton = 0,005298 m³

Semen = 409.86 kg

Air = 204.9 L

Agregat Halus = 741.39 kg

Agregat Kasar = 1023.82 kg

Proporsi Kuningan 1 = 0.75 %

Proporsi Kuningan 2 = 1.5 %

Proporsi Kuningan 3 = 2.25 %

Rekap Kebutuhan campuran beton dalam 1 m³ ditambah 10 %

Takaran Semen = 0.005298 x 409.86 x 1.1 = 2.389 kg

Jumlah air = 0.005298 x 204.9 x 1.1 = 1.194 L

Takaran Pasir = 0.005298 x 741.39 x 1.1 = 4.320 kg

Takaran Kerikil = 0.005298 x 1023.82 x 1.1 = 5.966 kg

Cu-Zn 0.75 % = 0.75 % x 2.389 x 1.1 = 19.70 kg

Cu-Zn 1.5 % = 1.5 % x 2.389 x 1.1 = 39.41 kg

$$\text{Cu-Zn } 2.25 \% = 2.25 \% \times 2.389 \times 1.1 = 59.12 \text{ kg}$$

Sehingga didapatkan proporsi campuran beton dalam 1 m³ pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Proporsi campuran beton

Notasi	Bahan Penyusun Beton				
	Air	Semen	Cu-Zn	Pasir	Kerikil
	Liter	Kg	Kg	Kg	Kg
BN	1.194	2.389	0	4.320	5.966
Cu-Zn 0,75 %	1.194	2.389	19.70	4.320	5.966
Cu-Zn 1,5 %	1.194	2.389	39.41	4.320	5.966
Cu-Zn 2,25 %	1.194	2.389	59.12	4.320	5.966

Sumber : Hasil Pengujian, 2023

3.6 Kebutuhan Benda Uji

Dalam Penelitian ini akan dibuat benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm untuk pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton. Adapun jenis campuran dan jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kelompok Benda Uji

Notasi	Jenis Pengujian	Umur Pengujian	Jumlah Sampel
BN	Kuat Tekan	28 Hari	2
	Kuat Tarik Belah		2
Cu-Zn 0,75 %	Kuat Tekan		2
	Kuat Tarik Belah		2
Cu-Zn 1,5 %	Kuat Tekan		2
	Kuat Tarik Belah		2
Cu-Zn 2,25 %	Kuat Tekan		2
	Kuat Tarik Belah		2
Total			16

Sumber : Hasil Pengujian, 2023

Dimana :

BN = Beton tanpa bahan tambah kuningan

Cu – Zn 0,75 % = beton dengan bahan tambah kuningan 0,75 %

Cu – Zn 1,5 % = beton dengan bahan tambah kuningan 1,5 %

Cu – Zn 2,25 % = beton dengan bahan tambah kuningan 2,25 %

3.7 Tahapan Pemeriksaan *Slump Test*

Tujuan pemeriksaan pada *Slump Test* adalah untuk menentukan ukuran derajat kekentalan adukan pada beton segar, sehingga dapat diketahui kemudahan untuk dikerjakan. Metode pengujian *slump* beton bertujuan untuk memberikan panduan kepada pengguna dalam menentukan nilai uji *slump* dari beton yang memiliki sifat plastis dan mengandung semen hidrolis. Hasil dari *slump test* beton ini digunakan dalam pekerjaan, perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan. Pengujian *Slump* dilakukan dengan menggunakan Kerucut *Abrams* dimana kerucut *abrams* ini merupakan cetakan yang berbentuk kerucut terpancung dengan diameter bawah $203 \pm 3,2$ mm, diameter atas $102 \pm 3,2$ mm dan tinggi $305 \pm 3,2$ mm. Dan bagian atas bawahnya terbuka.

Peralatan yang digunakan :

1. Kerucut *Abrams*
2. Tongkat baja dengan diameter 16 mm dan panjangnya 600 mm, ujung dari tongkat baja ini lalu dibulatkan
3. Plat baja yang kedap air
4. Sekop

Bahan yang digunakan :

1. Adukan beton segar yang diambil dari adukan

Prosedur Kerja :

1. Periksa dan bersihkan peralatan yang akan digunakan
2. Masukkan beton dalam cetakan sampai penuh dalam 3 lapis, tiap apis berisi $\pm 1/3$ isi cetakan, tiap lapis dipadatkan dengan tongkat baja sebanyak 25 kali tumbukan secara semasa dengan arah vertikal

3. Setelah penuh, ratakan permukaan beton segar dalam cetakan
4. Diamkan selama 30 detik sambil membersihkan semua kelebihan beton segar di sekitar cetakan
5. Angkat cetakan perlahan-lahan pada arah vertikal
6. Tempatkan Kerucut *Abrams* pada posisi terbalik di samping adukan
7. Taruh tongkat baja diatas kerucut dalam posisi horizontal
8. Ukurlah *slump* yang terjadi dengan menentukan beda tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji
9. Apabila nilai *slump* sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji silinder beton, jika belum tercapai *slump* yang diinginkan, tambahkan sisa air dan lakukan pengadukan kembali, sehingga mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$Slump \text{ rata-rata} = \frac{Slump \text{ Tertinggi} + Slump \text{ Terendah}}{2} \dots\dots\dots(3.16)$$

3.8 Tahapan Pemeriksaan Berat Volume Beton

Menentukan berat volume beton berbentuk balok atau silinder yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat benda uji dengan volumenya.

Peralatan yang digunakan :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1,
2. Tongkat pemadat dengan diameter 6 mm, panjang 60 cm,
3. Mistar Perata
4. Silinder besi diameter 15 cm, tinggi 30 cm
5. Cetakan berbentuk silinder 15 x 30 cm
6. Timbangan

Bahan yang digunakan :

1. Contoh beton segar sesuai kapasitas takaran
2. Benda uji beton

Prosedur kerja :

1. Timbangan dan catat berat tekanan (W1)
2. Isi takaran dengan benda uji 3 lapis,

3. Tiap lapis dipadatkan 25x tusukan secara merata. Ratakan benda uji dengan perat,
4. Tentukan benda uji (W3), sehingga mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Volume Beton} = \frac{(W2 - W1)}{V} \dots\dots\dots(3.17)$$

dengan,

W1 = Berat silinder

W2 = Berat silinder + Benda Uji Beton

V = Volume

3.9 Tahapan Pembuatan Benda Uji

Untuk mendapatkan kuat tekan yang direncanakan menurut SNI 03-1974-1990 maka dilakukan persiapan sebagai berikut:

1. Benda uji dibuat dari bahan campuran beton (agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan bahan tambah yang dipakai adalah serbuk kuning)
2. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 x tusukan secara merata; pada saat melakukan pematat tidak boleh mengenai dasar cetakan; pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga tongkat pematat boleh masuk kira-kira 25,4 mm kedalam lapisan dibawahnya.
3. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup, ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air serta tahan karat, kemudian biarkan beton dalam cetakan 24 jam dan letakkan pada tempat yang bebas dari getaran.
4. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji. Untuk perencanaan campuran beton, rendamlah benda uji dalam bak perendaman yang berisi air pada temperature 25°C disebutkan untuk pematangan (*curing*) selama waktu yang dihendaki. Untuk pengendalian mutu beton

pada pelaksanaan pembetonan, pematangan disesuaikan dengan persyaratan.

3.10 Tahapan Perawatan Benda Uji

Proses perawatan beton, yang juga dikenal dengan nama *curing*, dilakukan dengan cara merendam beton dalam bak berisi air selama periode tertentu sebelum pengujian dilakukan. Proses perawatan ini biasanya dimulai setelah satu hari atau 24 jam setelah pencetakan beton. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses perawatan beton (*curing*) :

1. Setelah 24 jam dari proses pencetakan beton, cetakan beton dibuka perlahan – lahan dan beton uji silinder beton diambil.
2. Benda uji silinder beton diletakkan dalam suatu bak air, dan dibiarkan sampai sehari sebelum waktu pengetesan untuk dikeluarkan dari bak (pengeringan).
3. Pada waktu pengetesan, benda uji yang telah dikeluarkan dari bak dan mongering ditimbang beratnya. Setelah itu diukur dimensinya.
4. Kemudian benda uji di *capping*/diratakan dengan larutan belerang pada bidang tidak rata.
5. Permukaan yang di *capping* dari benda uji diletakkan di atas, dan benda uji siap dites. (Saputra & Hepiyanto, 2017).

Menurut Neville (2002), terdapat empat hal yang mempengaruhi proses penguapan yang dapat menyebabkan kehilangan air pada beton, yaitu:

1. Kelembaban relatif semakin besar nilai kelembaban relatif, maka semakin sedikit kehilangan air yang terjadi.
2. Temperatur udara dan beton temperatur udara dan beton sangat mempengaruhi proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak.
3. Kecepatan udara proses penguapan juga dipengaruhi oleh adanya angin. Kecepatan angin yang besar akan mempercepat proses penguapan yang terjadi.

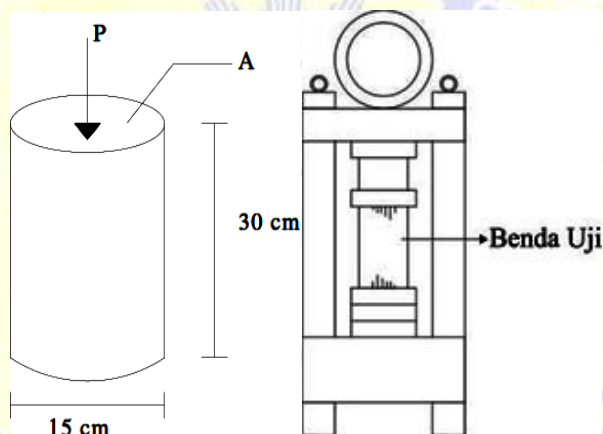
4. Temperatur beton perbedaan diantara temperatur udara dan beton juga mempengaruhi terhadap kehilangan air.

Dalam perawatan beton cara dan bahan serta alat yang digunakan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Didalam pengujian ini digunakan dua cara perawatan yang berbeda yaitu direndam dan curing compound. Kekuatan resultan dari temperature konstan pada setting dan perawatan pada temperature tinggi mengakibatkan kekuatan awal lebih tinggi tetapi kekuatan jangka panjang yang lebih rendah.

3.11 Tahapan Pengujian Benda Uji

3.11.1 Uji Kuat Tekan Beton

Prosedur pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Sketsa pengujian dapat dilihat pada gambar 3.20



Gambar 3.20. Skema Pengujian Kuat Tekan Beton (silinder)

Sumber : Badan Standarisasi Nasional, (SNI 03-1974-1190)

Cara pengujian tekan beton menurut SNI 03-1974-1990 Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Ambil benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekanannya dari bak perendam, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel pada kain,
2. Tentukan berat dan ukuran benda uji,

3. Lapislah (*capping*) permukaan atas beton apabila permukaan beton tidak rata menggunakan mortar belerang,
4. Letakkan benda uji pada mesin secara sentris. Sesuai dengan tempat yang tepat pada mesin tes kuat tekanan,
5. Jalankan benda uji atau mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/m³ per detik,
6. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji,
7. Pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah kuningan ini dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Besarnya beban (P) dapat diketahui dengan pembacaan jarum yang ditunjukkan oleh mesin kuat tekan yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel yang berbentuk silinder pecah atau hancur dan kekuatannya dapat dihitung dengan persamaan (3.18) sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.18)$$

dengan,

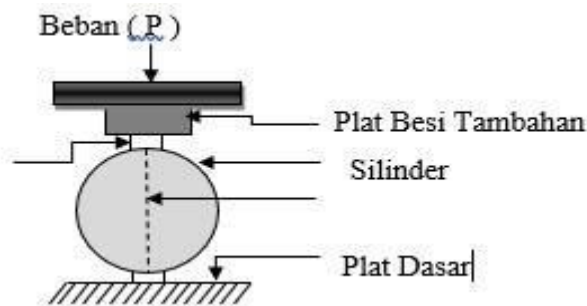
P = gaya maksimum dari mesin tekan, (N)

A = luas penampang yang diberi tekanan, (mm²)

f_c' = kuat tekan, (N/mm²)

3.11.2 Uji Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian tarik belah juga dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Sketsa pengujian dapat dilihat pada gambar 3.21



Gambar 3.21. Skema Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (silinder)

Sumber : Badan Standarisasi Nasional, (SNI 03-1974-1190)

Cara pengujian tarik beton menurut SNI 03-2491-2012 Untuk melaksanakan pengujian kuat tarik belah beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pemberian tanda pada benda uji tarik garis tengah pada setiap sisi ujung silinder benda uji dengan mempergunakan peralatan bantu yang sesuai hingga dapat memastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada dalam bidang aksial yang sama. Sebagai alternatif dapat digunakan alat bantu penandaan garis tengah berbentuk T pada kedua ujung benda tersebut terdiri dari 3 bagian sebagai berikut:
 - a. Sebuah baja kanal C – 100 yang kedua flensya sudah diratakan dengan mesin.
 - b. Bagian alas dari perlengkapan berbentuk T yang diberi alur yang sesuai dengan tebal kedua flens baja kanal dengan celah persegi empat untuk perletakkan batang tegaknya.
 - c. Bagian tegak dari alat perlengkapan berbentuk T terpasang tegak lurus pada alas bagian tegak tersebut diberi celah yang memanjang, untuk memudahkan pembuatan tanda garis tengah pada kedua ujung benda uji.
2. Peralatan bantu ini terdiri dari tiga bagian, sebagai berikut:
 - a. Bagian alas tempat untuk meletakkan bantalan kayu pembebanan bagian bawah dan benda uji silinder,

- b. Pelat atau batang bantu penekanan yang memenuhi persyaratan, baik ukuran maupun kerataannya,
 - c. Dua buah bagian tegak yang kegunaannya untuk meletakkan benda uji pada posisi uji lengkap dengan pelat atau batang penekan tambahan dan bantalan batu pembebanannya.
3. Tentukan diameter benda uji dengan ketelitian sampai 0,25 mm yang merupakan harga rata-rata dari tiga kali pengukuran diameter pada kedua ujung dan bagian tengah benda uji, pengukuran dilakukan pada garis tanda yang dibuat pada benda uji. Tentukanlah panjang benda uji dengan ketelitian hingga 2,5 mm yang merupakan harga rata-rata dari paling sedikit dua buah pengukuran pada bidang yang diberi tanda garis pada kedua ujung benda uji.
4. Perletakan benda uji pada posisi uji dengan berpedoman pada tanda garis tengah pada kedua ujung, sebagai berikut:
 - a. Letakkan sebuah dari dua bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu lapis pada tengah-tengah pelat menekan bagian-bagian bawah dari mesin uji.
 - b. Letakkan benda uji diatas bantalan batu dari kayu lapis tersebut sedemikian rupa hingga tanda garis tengah pada benda uji terlihat tegak lurus terhadap titik tengah dan bantalan kayu lapis.
 - c. Letakkan bantalan kayu lapis lainnya memanjang diatas slinder sedemikian rupa hingga bagian tengahnya tepat berpotongan dengan tanda garis tengah yang ada pada ujung slinder.
 - d. Atur posisi pengujian hingga tercapai kondisi sebagai berikut:
 1. Proyeksi dari bidang yang ditandai dengan oleh garis tengah pada kedua ujung benda uji tepat berpotongan dengan titik tengah meja penekanan bagian atas dari mesin meja penguji.
 2. Bila digunakan pelat atau batang penekan tambahan, titik tengahnya dan titik tengah tengah benda uji pada posisi uji, harus berada tepat dibawah titik tengah meja penekan bagian atas dari mesin penguji.

5. Perletakkan benda uji pada posisi uji dengan menggunakan peralatan bantu benda uji. Cara meletakkannya adalah sebagai berikut:
 - a. Letakkan bantalan-bantalan bantu pembebanan dari kayu lapis, benda uji dan peralatan tambahan penekan (batang atau pelat penekan tambahan) secara sentris dengan menggunakan peralatan bantu perletakkan benda uji.
 - b. Titik tengah pelat penekan tambahan dan titik tengah benda uji pada posisi uji harus berada tepat dibawah titik tengah penekan bagian atas.

Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm. Besarnya beban (P) yang ditunjukkan oleh mesin kuat yaitu angka tertinggi yang ditunjukkan sebelum sampel yang berbentuk silinder pecah atau hancur dan didapatkan kekuatan tarik belah dengan menggunakan persamaan (3.19) sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2P}{\pi DL} \dots\dots\dots(3.19)$$

dengan,

f_t : kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (N/mm²)

P : beban maksimum (N)

L : tinggi silinder beton (mm)

D : diameter silinder beton (mm)

3.12 Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian dapat dilakukan setelah data-data diolah. Data-data yang didapat mulai dari awal penelitian, saat penelitian, sampai akhir penelitian. Hasil penelitian dibahas lebih rinci lagi pada bab IV

3.13 Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22. Diagram Alir Penelitian