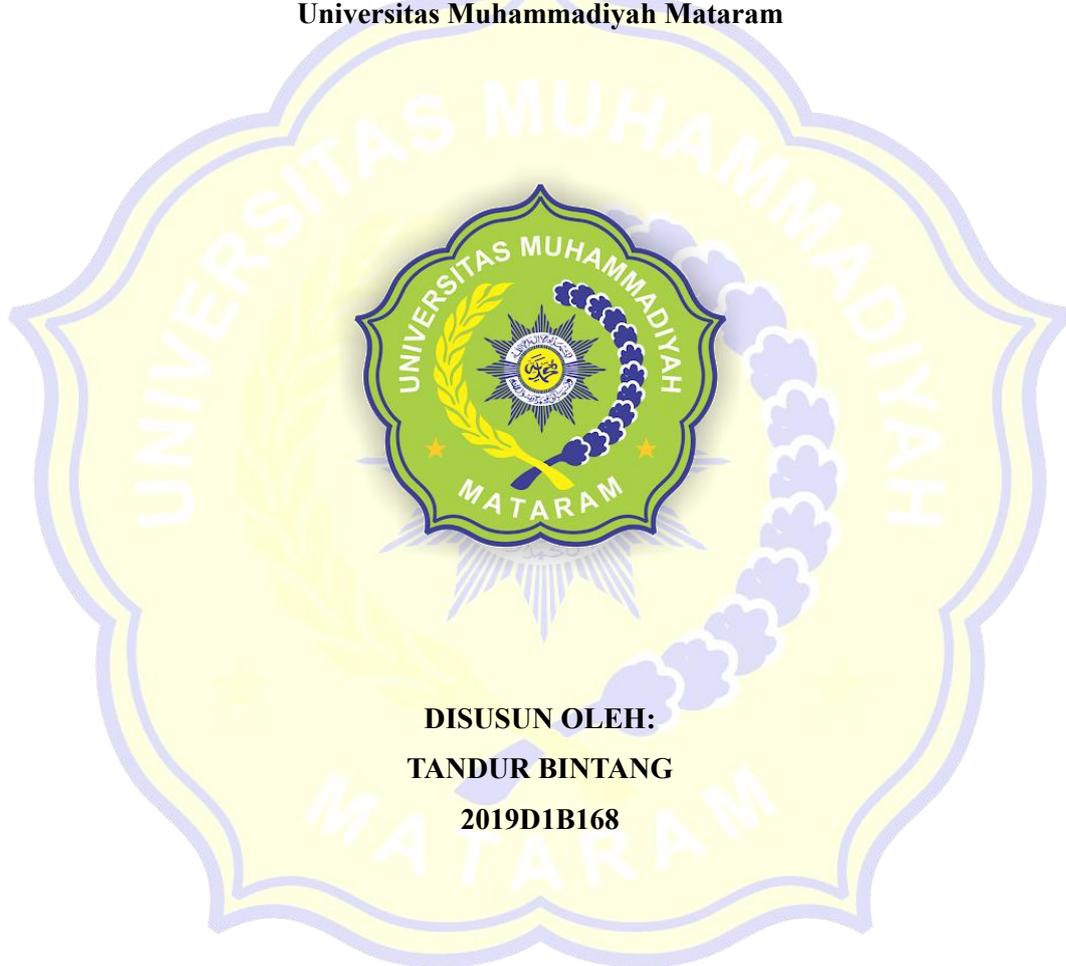


SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI PROPORSI CAMPURAN DENGAN BAHAN TAMBAH
SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH
BETON**

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



**DISUSUN OLEH:
TANDUR BINTANG
2019D1B168**

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

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI PROPORSI CAMPURAN DENGAN BAHAN TAMBAH
SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH
BETON**

Disusun Oleh:

TANDUR BINTANG

2019D1B168

Mataram, Juni 2023

Pembimbing I

Pembimbing II

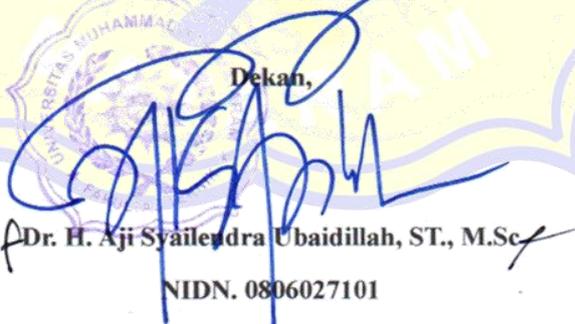

Dr. Eng. Haryadi, ST., M. Eng.
NIDN. 0027107301


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

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,


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

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI PROPORSI CAMPURAN DENGAN BAHAN TAMBAH
SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON**

Disusun Oleh:

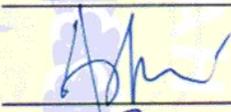
TANDUR BINTANG
2019D1B168

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Kamis, 6 Juli 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

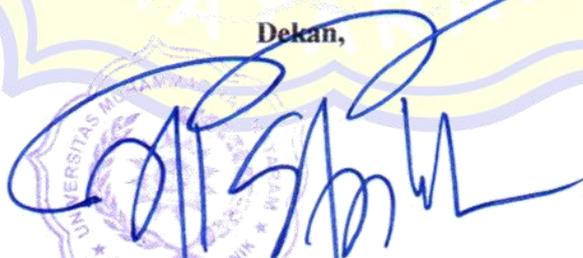
Susunan Tim Penguji

- | | | |
|----------------|--------------------------------------|---|
| 1. Penguji I | : Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng) |  |
| 2. Penguji II | : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT |  |
| 3. Penguji III | : Nurul Hidayati, ST., M.Eng |  |

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

Dekan,


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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir/skripsi dengan judul :

“PENGARUH VARIASI PROPORSI CAMPURAN DENGAN BAHAN TAMBAH SUPERPLASTICIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON”

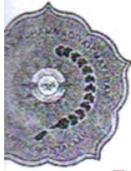
Benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam tugas akhir/skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Bila terbukti di kemudian hari bahwa tugas akhir/skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

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

Mataram, 06 Juli 2023
Yang Membuat Pernyataan



Tandur Bintang
2019D1B168



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 : TANDUR BINTANG
NIM : 2019 D1B168
Tempat/Tgl Lahir : KOPANG / 29-08-2001
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp : 087 869 421 729
Email : tandur.bintang9@gmail.com

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

PENGARUH VARIASI PROPORSI CAMPURAN DENGAN BAHAN TAMBAH
SUPER PLASTISIZER TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON

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 milih 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.

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

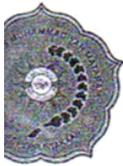
Mataram, 5 Juli - 2023
Penulis

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



TANDUR BINTANG
NIM. 2019 D1B168

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



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 : TANDUR BINTANG
NIM : 2019D1B168
Tempat/Tgl Lahir : UOPANG / 29-08-2001
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 087 864 921 729
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:

PENGARUH VARIASI PROPORSI
CAMPURAN DENGAN BAHAN TAMBAH SUPER PLASTICIZER TERHADAP
KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON

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, Selata, 18-Juli- 2023
Penulis

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



TANDUR BINTANG
NIM. 2019D1B168



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

-

MOTTO

“ Tebarkanlah cinta kemanapun engkau pergi. Jangan ada seorangpun yang datang menemuimu tanpa menjadi lebih bahagia ketika meninggalkanmu.”

(Bunda Teresa)

“ Aku tidak kagum dengan uang, status sosial dan jabatan. Aku kagum dengan mereka yang memperlakukan sesama manusia dengan baik.”

(penulis)

“Jika kau bisa merasakan derita, berarti kau hidup. Jika kau bisa merasakan derita orang lain, berarti kau manusia.”

(Ali Syari'ati)

“Jalanilah kehidupan didunia ini tanpa membiarkan dunia hidup didalam dirimu, karena ketika perahu berada diatas air, ia mampu berlayar dengan sempurna, tetapi ketika ia masuk kedalamnya, perahu itu tenggelam.”

(Sayyidina Ali bin Abi Thalib Ra)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

Alhamdulillah, segala puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan karunia-nya, akhirnya penyusunan skripsi ini dapat berjalan lancar dan terselesikannya tepat pada waktunya. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam rangka menyelesaikan Program Studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Adapun judul tugas akhir saya yang adalah “PENGARUH VARIASI PROPORSI CAMPURAN DENGAN BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON” Terselesikannya skripsi ini tidak lepas atas keikitsertaan pihak-pihak yang dengan tulus dan ikhlas membantu dalam penyusunan skripsi ini. Dalam kesempatan ini, penyusun mengucapkan terimakasih setulus-tulusnya atas terselesikannya skripsi ini untuk Orang tua, saudara serta keluarga yang selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis dan telah memberikan motivasi serta dukungan yang terus-menerus dalam meluangkan waktu maupun memberikan materi dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. Abdul Wahab, MA., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Bapak Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhamadiyah Mataram.
3. Bapak Adryan Fitrayudha, ST.,MT., selaku Kaprodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram
4. Bapak Dr. Eng. Haryadi, ST., M. Eng. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT., selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan, meluangkan banyak waktu dan memberikan bimbingan sampai tugas akhir ini selesai.

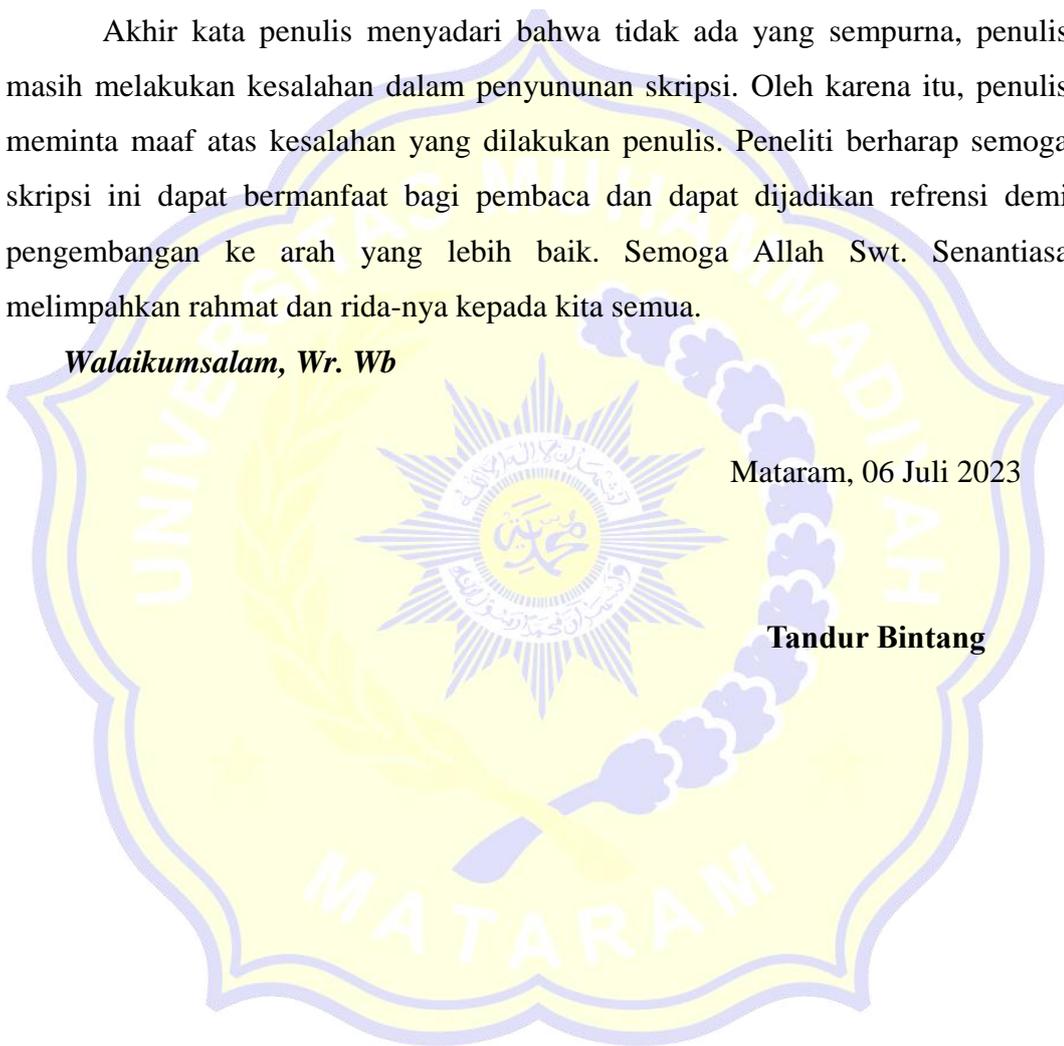
5. Sahabat, teman-teman dan kerabat yang membantu saya dalam melaksanakan penelitian, semua pihak terkait yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah begitu besar jasanya dalam membantu dan memberikan dukungan yang sangat berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tidak ada yang sempurna, penulis masih melakukan kesalahan dalam penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis meminta maaf atas kesalahan yang dilakukan penulis. Peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Semoga Allah Swt. Senantiasa melimpahkan rahmat dan rida-nya kepada kita semua.

Walaikumsalam, Wr. Wb

Mataram, 06 Juli 2023

Tandur Bintang



ABSTRAK

Superplasticizer merupakan bahan tambah yang digunakan dalam beton untuk meningkatkan kemampuan kuat tekan dan kuat tarik belah dan mengurangi kebutuhan air dalam campuran beton. Dalam skripsi ini, metode pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton akan digunakan untuk mengukur kekuatan beton dengan penambahan *superplasticizer* pada campuran beton. Hasil dari penelitian ini akan memberikan informasi tentang pengaruh penambahan *superplasticizer* pada kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah dan dapat membantu dalam menentukan proporsi bahan tambah yang tepat untuk meningkatkan kinerja beton dalam aplikasi konstruksi.

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 *Superplasticizer* terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton.

Hasil dari pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan 3 variasi presentase campuran mulai dari 0,10 %, 1,5 %, dan 2,9%. Maka didapatkan hasil yang meningkat pada setiap penambahan presentase bahan tambah *superplasticizer*. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan *superplasticizer* terhadap campuran maka semakin tinggi juga tingkat kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

kata kunci : Beton, *Superplasticizer*, kuat tekan, kuat tarik belah.

ABSTRACT

Superplasticizer is an additive used in concrete to increase the compressive strength and split tensile strength and reduce the need for water in the concrete mix. In this thesis, the method of testing concrete compressive strength and split tensile strength of concrete will be used to measure the strength of concrete by adding superplasticizers to the concrete mix. The results of this study will provide information about the effect of adding superplasticizers on compressive strength and split tensile strength and can assist in determining the appropriate proportion of additives to improve concrete performance in construction applications.

The research method used in this research is the experimental method. The experimental method in this study was carried out with concrete K 225 concrete quality plan as a control with the concrete to be experimented with. The two concretes will be tested by testing the compressive strength of the concrete and the splitting tensile strength of the concrete. From the results of research observations on the experimental concrete, it is expected to know the effect of the addition of Superplasticizer on the compressive strength of concrete and the split tensile strength of concrete.

The results of testing the compressive strength and split tensile strength of concrete with 3 variations in the percentage of the mix, starting from 0.10%, 1.5% and 2.9%. So the results increase with each addition of the percentage of added superplasticizer. This shows that the higher the addition of superplasticizer to the mixture, the higher the level of compressive strength and split tensile strength of the concrete.

keywords : Concrete, Superplasticizer, compressive strength, split tensile strength.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM

KEPALA
UPT P3B
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM



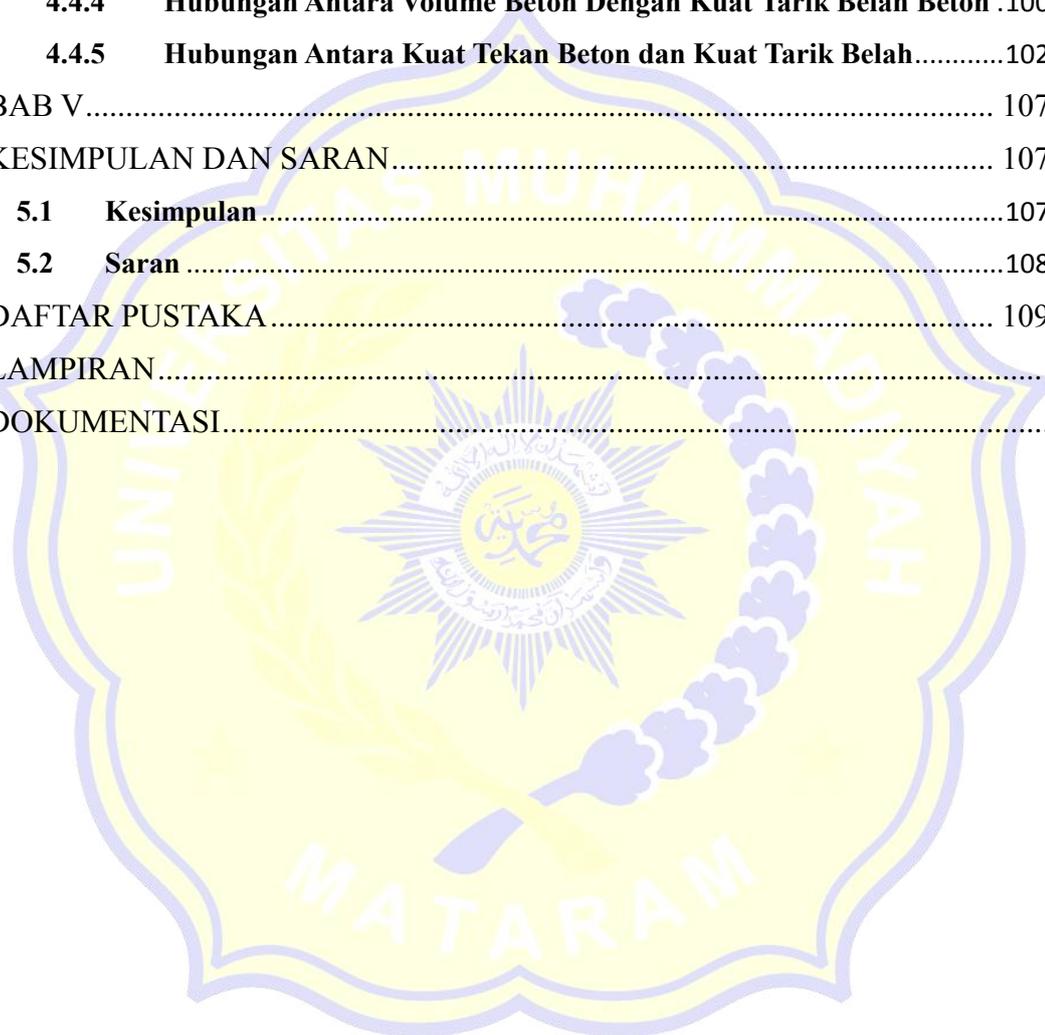
Humaira, M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJIAN.....	iii
LEMBAR ORISINALITAS	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
SURAT PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
MOTTO.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.1.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Landasan Terori	10
2.2.1 Definisi beton	10
2.2.2 Bahan Campuran Beton	14
2.2.3. Bahan Tambah	26

2.2.4.	Kuat Tekan Beton	29
2.2.5.	Kuat Tarik Belah Beton	33
2.2.6.	Pengujian Fisik	35
BAB III	45
METODE PENELITIAN	45
3.1	Lokasi Penelitian	45
3.2	Bahan dan Alat Penelitian	45
3.2.1	Bahan Penelitian	45
3.2.2	Alat Penelitian	48
3.3	Bagan Air Penelitian	55
3.4	Metode Analisa Data	57
3.4.1	Metode Pengujian	57
3.5	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	66
3.5.1	Kebutuhan Benda Uji	69
3.5.2	Tahapan Pemeriksaan Slump Test	70
3.5.3	Tahapan Pemeriksaan Berat Volume Beton	71
3.5.4	Tahapan Pembuatan Benda Uji	72
3.5.5	Tahapan Perawatan Benda Uji	73
3.6	Tahapan Pengujian Benda Uji	74
3.6.1	Uji Kuat Tekan Beton	74
	Gambar 3. 19 . Skema Pengujian Kuat Tekan Beton (silinder).....	74
3.6.2	Uji Kuat Tarik Belah Beton	75
	Gambar 3. 20 Skema Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (silinder).....	75
BAB IV	79
HASIL DAN PEMBAHASAN	79
4.1	Hasil Pengujian Material	79
4.1.1	Analisa Pengujian Berat Volume pada Agregat	79
4.1.2	Analisa Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat	80
4.1.3	Analisa Pengujian Kadar Air pada Agregat	81
4.1.4	Analisa Berat Jenis pada Agregat	83
4.1.5	Analisa Saringan Gradasi pada Agregat	84
4.1.6	Analisis Uji Abrasi pada Agregat Kasar	90

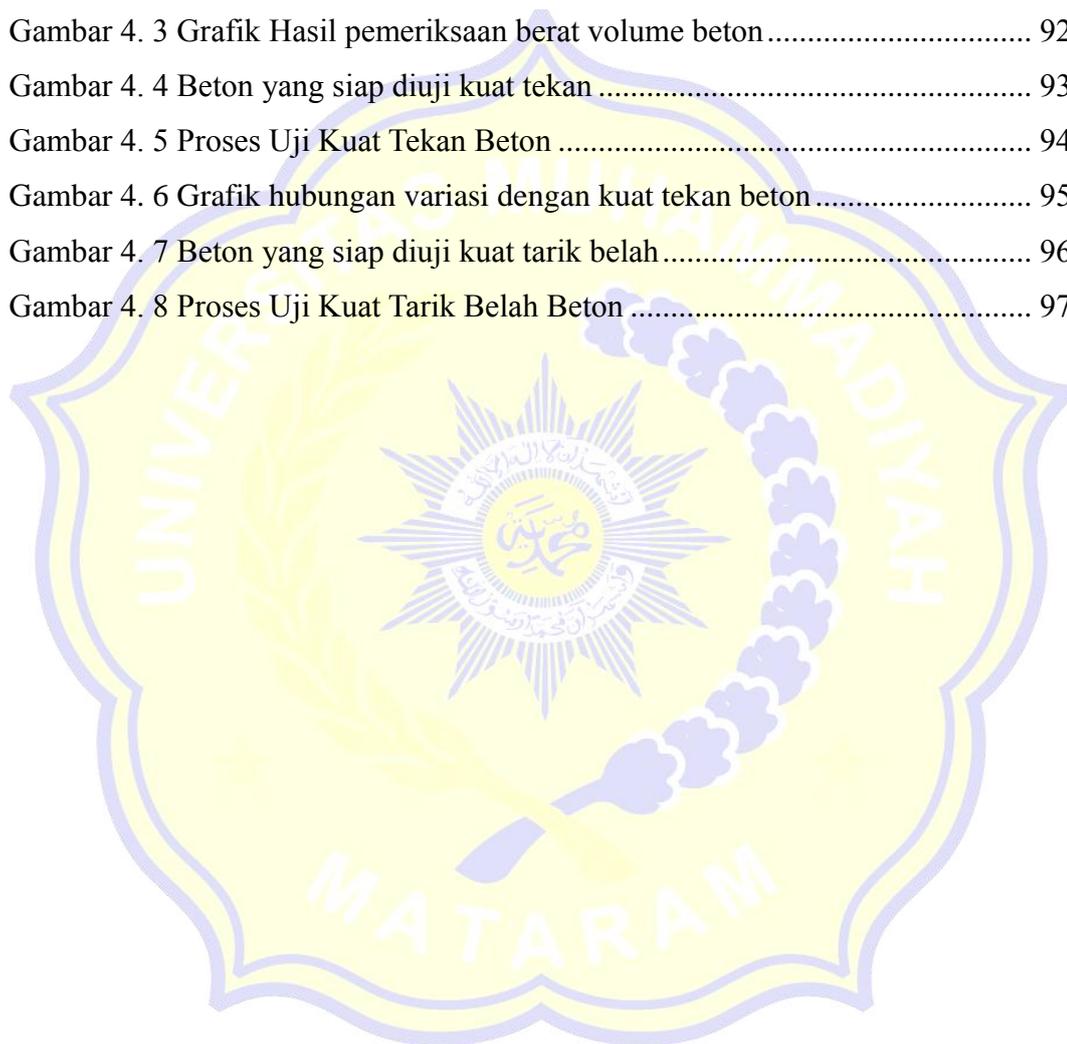
4.2	Pemeriksaan <i>Slump Test</i>	90
4.3	Pemeriksaan Berat Volume Beton.....	91
4.4	Pengujian Sifat Mekanik Beton.....	93
4.4.1	Pengujian Kuat Tekan Beton.....	93
4.4.2	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	96
4.4.3	Hubungan Antara Volume Beton Dengan Kuat Tekan Beton	99
4.4.4	Hubungan Antara Volume Beton Dengan Kuat Tarik Belah Beton .	100
4.4.5	Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah.....	102
BAB V.....		107
KESIMPULAN DAN SARAN.....		107
5.1	Kesimpulan.....	107
5.2	Saran	108
DAFTAR PUSTAKA.....		109
LAMPIRAN.....		
DOKUMENTASI.....		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik gradasi campuran	19
Gambar 2. 2. Batas gradasi agregat kasar.	21
Gambar 2.3. Gradasi Daerah Pasir Kasar.....	23
Gambar 2.4. Gradasi Daerah Pasir Sedang.	23
Gambar 2.5. Gradasi Daerah Pasir Agak Halus.	24
Gambar 2. 6. Gradasi Daerah Pasir Halus.....	24
Gambar 2. 7. Pembebanan pada pengujian kuat tekan beton.....	31
Gambar 2. 8. Faktor Konversi Kuat Tekan Bentuk Silinder Pada Ukuran yang Berbeda.	32
Gambar 2. 9 Pembebanan pada pengujian kuat tarik belah beton	34
Gambar 2. 10 Peralatan abrasi Mesin Los Angeles.....	41
Gambar 2. 11 Grafik hubungan kuat tekan beton dan FAS beton dengan benda uji silinder (15 x 30 cm).....	42
Gambar 3. 1 Semen Portland	46
Gambar 3. 2 Agrergat Halus.....	45
Gambar 3. 3 Agregat Kasar	46
Gambar 3. 4 Air.....	46
Gambar 3. 5 Superplasticizer	47
Gambar 3. 6 Timbangan (<i>Weight Balance Digital</i>).....	49
Gambar 3. 7 Ayakan atau Saringan	49
Gambar 3. 8 Ayakan atau Saringan	50
Gambar 3. 9 Cepang.....	50
Gambar 3. 10 Wadah / Pan.....	51
Gambar 3. 11 Cetakan beton	51
Gambar 3. 12 Keranjang pemeriksa berat jenis	52
Gambar 3. 13 Piknometer	52
Gambar 3. 14 Oven	53
Gambar 3. 15 Kerucut Abrams	53
Gambar 3. 16 <i>Sieve Shaker Machine</i>	54

Gambar 3. 17 <i>Los Angeles Abrasion Machine</i>	54
Gambar 3. 18 <i>Compression Testing Machine</i>	55
Gambar 3. 19 . Skema Pengujian Kuat Tekan Beton (silinder)	74
Gambar 3. 20 Skema Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (silinder)	75
Gambar 4. 1 Grafik Analisa saringan agregat kasar.....	86
Gambar 4. 2 Grafik Analisa saringan agregat halus.....	89
Gambar 4. 3 Grafik Hasil pemeriksaan berat volume beton.....	92
Gambar 4. 4 Beton yang siap diuji kuat tekan	93
Gambar 4. 5 Proses Uji Kuat Tekan Beton	94
Gambar 4. 6 Grafik hubungan variasi dengan kuat tekan beton	95
Gambar 4. 7 Beton yang siap diuji kuat tarik belah.....	96
Gambar 4. 8 Proses Uji Kuat Tarik Belah Beton	97



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Semen Portland Menurut jenisnya	17
Tabel 2.2. Batas Gradasi Agregat Kasar	21
Tabel 2.3. Batas Gradasi Agregat halus.	22
Tabel 2.4. Kimia <i>Superplasticizer</i>	26
Tabel 2.5. Informasi Produk.....	28
Tabel 2.6. Ukuran Benda Uji Kuat Tekan.	31
Tabel 2. 7 Perbandingan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Benda Uji.....	32
Tabel 2. 8 Hubungan antara Kuat Tekan Beton terhadap Umur Beton.....	32
Tabel 2. 9 Hubungan antara Kuat Tarik Belah Beton terhadap Umur Beton.....	35
Tabel 2. 10 Batas toleransi nilai Slump Test	48
Tabel 2. 11 Syarat <i>Workability</i>	44
Tabel 3. 1 Daftar Campuran <i>Mix Design</i>	65
Tabel 3. 2 Proporsi campuran beton.....	68
Tabel 3. 3 Kelompok Benda Uji.....	68
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Berat Volume pada Agregat Kasar	79
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Berat Volume pada Agregat Halus	80
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar	80
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus	81
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasa	82
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus	82
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Berat Jenis pada Agregat Halus	83
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Berat Jenis pada Agregat Halus	83
Tabel 4. 9 Data Hasil Penyaringan Agregat Kasar	84
Tabel 4. 10 Hasil pemeriksaan saringan agregat kasar	86
Tabel 4. 11 Data Hasil Penyaringan Agregat Halus	87
Tabel 4. 12 Hasil pemeriksaan saringan agregat kasar	88
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan <i>Finelles Modulus (FM)</i>	89
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Abrasi.....	90

Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Slump Test.....	91
Tabel 4. 16 Hasil pemeriksaan berat volume beton	91
Tabel 4. 17 hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari	94
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari.....	97
Tabel 4. 19 Hubungan volume beton dengan kuat tekan beton	99
Tabel 4. 20 hubungan volume beton dengan kuat tarik beton	100
Tabel 4. 21 Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton...	103
Tabel 4. 22 Perbandingan nilai kuat tekan dengan kuat tarik belah.....	106



DAFTAR NOTASI

%	=	Angka yang dinyatakan sebagai pecahan dari 100
<	=	Nilai kurang dari
f_c'	=	Kuat tekan beton
f_t'	=	Kuat tarik belah beton
A	=	Luas penampang yang diberi tekanan
BN	=	Beton normal tanpa bahan tambah <i>superplasticizer</i>
cm	=	Sentimeter
D	=	Diameter silinder beton
FM	=	Modulus Kehalusan
kg	=	kilogram
L	=	Tinggi silinder beton
mm	=	Milimeter
mm^2	=	<i>Milimeter kuadrat</i>
m^3	=	Meter kubik
MPa	=	Megapascal
P	=	Beban maksimum dari mesin tekan
N	=	<i>Newton</i>
SNF	=	<i>Sulfonate naphthalene formaldehyde</i>
V	=	Volume
V_1	=	Volume Pasir (ml)
V_2	=	Volume Lumpur (ml)
W_1	=	Berat Wadah atau Silinder
W_2	=	Berat Wadah + Benda Uji

- W_3 = Berat Benda Uji
- X = Jarak titik pusat berat arah x (mm)
- Y = Jarak titik pusat berat arah y (mm)



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Perhitungan pengujian
- Lampiran 2 : Dokumentasi penelitian
- Lampiran 3 : Lembar pengajuan skripsi
- Lampiran 4 : Lembar asistensi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling umum digunakan dalam bangunan maupun infrastruktur. Keberhasilan suatu proyek konstruksi sangat bergantung pada kualitas beton yang digunakan. Salah satu parameter kualitas beton yang penting adalah kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Kuat tekan dan kuat tarik belah beton dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti rasio air semen, rasio agregat, jenis semen, dan jenis bahan tambah. Salah satu bahan tambah yang digunakan dalam produksi beton adalah *superplasticizer*.

Aneka macam bahan campuran kimia (*Admixtures*) juga dibutuhkan untuk mencapai sifat yang bervariasi. Material Air yang dicampur menggunakan komposit kering (*dry composite*), yang memungkinkan untuk dibentuk (umumnya dituangkan/dicor) lalu dipadatkan dan mengeras menjadi sekeras batu melalui proses kimia yang disebut hidrasi. Air bereaksi dengan semen lalu mengikat komponen lainnya bersama-sama, akhirnya membentuk bahan yang kuat seperti batu.

Superplasticizer merupakan bahan tambah yang digunakan dalam beton untuk meningkatkan kemampuan deformasi dan mengurangi kebutuhan air dalam campuran beton. Dengan menggunakan *superplasticizer*, beton dapat dicampur dengan lebih sedikit air sehingga menghasilkan beton yang lebih kuat dengan kuat tekan dan kuat tarik belah beton yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan *superplasticizer* juga dapat meningkatkan *workability* atau kemampuan beton untuk dicetak dengan bentuk yang lebih baik dan detail yang lebih halus.

Variasi campuran beton dengan penggunaan *superplasticizer* memiliki potensi untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Oleh karena itu, penelitian ini akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran beton dengan penggunaan bahan tambah *superplasticizer* terhadap kuat tekan

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

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi campuran beton dengan penggunaan bahan tambah *superplasticizer* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton ?
2. Berapa variasi campuran beton yang paling maksimal diantara variasi 0,1%, 1,5% dan 2,9% untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan penggunaan bahan tambah *superplasticizer* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian skripsi ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi campuran beton dengan penggunaan bahan tambah *superplasticizer* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Menentukan variasi 0,1%, 1,5% dan 2,9% untuk campuran beton yang paling maksimal dalam meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan penggunaan bahan tambah *superplasticizer*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini difokuskan pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini memfokuskan pada pengaruh penambahan bahan *superplasticizer* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Dengan melakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan variasi penambahan *superplasticizer* pada campuran beton
2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan yang sudah dikumpulkan di lokasi penelitian.
3. Sampel beton yang diuji terdiri dari 3 variasi campuran beton dengan variasi konsentrasi bahan tambah *superplasticizer*.
4. Waktu pengujian dibatasi dalam periode tertentu dan tidak mencakup pengujian jangka panjang untuk mengamati efek bahan tambah *superplasticizer* terhadap masa pakai beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi campuran beton dengan penggunaan bahan tambah *superplasticizer* terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Mendukung pengembangan industri. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan industri beton yang lebih baik dan inovatif. Industri beton yang mengikuti perkembangan teknologi dan penelitian akan mampu memenuhi permintaan pasar yang semakin meningkat.
3. Menambah referensi untuk penelitian selanjutnya. Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dalam menggunakan bahan tambah pada beton. Hal ini dapat membantu pengembangan teknologi dan inovasi dalam produksi beton yang lebih efektif dan efisien.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan keterangan-keterangan yang berkaitan dengan permasalahan pada studi kasus dari hasil penelitian atau karya orang lain terdahulu yang dijadikan sebagai referensi-referensi dan pedoman untuk persiapan studi.

2.1.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1.1 Sandi Hermono, dkk 2021

Pengaruh penambahan *superplasticizer* untuk kuat tekan pada beton normal K350 menggunakan semen PPC. Sandi Hermono dan Firdaus, melakukan penelitian analisa Pengaruh penambahan *superplasticizer* untuk kuat tekan pada beton normal K350 menggunakan semen PPC. Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah (*admixture*) berupa *superplasticizer polimer tipe water reducing* yang dapat mengurangi penggunaan air mencapai 20% dan dapat meningkatkan 40% kuat tekab beton.

Bahan tambah ini dapat meningkatkan nilai slump beton hingga 8 inch atau lebih. Takaran yang disarankan yaitu 1 % - 2 % dari berat semen yang digunakan. Jika melebihi takaran tersebut, maka dapat menyebabkan penurunan terhadap kekuatan beton.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PT. Wijaya Karya Beton, Tbk., Tegineneng, Lampung. Durasi dari penelitian diperkirakan dilaksanakan selama 2 bulan (Februari s.d. Maret 2021). Persiapan dari pengujian ini yaitu mempersiapkan bahan-bahan dan alat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton yang akan dibuat. Persiapan alat yang digunakan merupakan alat dari Laboratorium PT. Wijaya Karya Beton Tbk. (Tegineneng, Lampung). Benda uji yaitu berupa beton silinder diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm. Untuk variasi dalam benda uji tiap pengujian memakai 3 sampel benda uji. Waktu pengujian yang dipakai yaitu 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Semen yang digunakan

Type PCC dengan menggunakan dan tanpa menggunakan *superplasticizer*. Jadi jumlah sampel pada pengujian ini berjumlah 18 benda uji silinder.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data maka dapat di ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1 Kuat tekan beton pada usia 28 hari tanpa *superplasticizer* didapat nilai kuat tekan sebesar 30,22 MPa, dan mengalami kenaikan sebesar 106% dari kuat tekan rencana. Sedangkan beton dengan *superplasticizer* kuat tekannya 32,6 MPa, dan mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 114% dari kuat tekan rencana. Maka dapat disimpulkan dengan menggunakan *superplasticizer* pada beton dapat menambah kuat tekan sebesar 8%.
- 2 Pada beton usia 7 hari tanpa *superplasticizer*, kuat tekannya 19,86 MPa sementara beton dengan penggunaan *superplasticizer* kuat tekannya 21,64 MPa. Terdapat perbandingan kuat tekan pada beton tanpa dan dengan *superplasticizer* sebesar 6%, hal ini sangat bermanfaat dikarenakan biasanya pada proyek pembangunan dengan meminimalkan penggunaan bekisting dapat menghemat biaya dan juga proyek dapat dijadwalkan dengan lebih cepat. Hal ini pun bermanfaat pada pembangunan jalan yang memiliki volume lalu lintas yang tinggi.
- 3 Pada beton yang menggunakan *superplasticizer*, digunakan metode *slump flow* atau slump encer hal ini dapat mempermudah pelaksanaan ketika penuangan akan tetapi dapat mempersulit juga dikarenakan pada *slump flow* tidak dianjurkan penggunaan *vibrator* akan tetapi sangat mudah terdapat gelembung udara, dan juga sangat mudah terjadinya segregasi agregat ketika penuangan.

2.1.1.2 Muhammad Dzikri, dkk 2018

Pengaruh penambahan *superplasticizer* pada beton dengan limbah tembaga (*copper slag*) terhadap kuat tekan beton sesuai umurnya. Muhammad Dzikri dan Firmansyah melakukan penelitian terhadap Pengaruh penambahan *superplasticizer* pada beton dengan limbah tembaga (*copper slag*) terhadap kuat tekan beton sesuai umurnya. Limbah terak tembaga (*copper slag*) dari PT.

Smelting Gresik dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti agregat halus dalam campuran beton. Pemanfaatan *copper slag* pada beton lebih tepat untuk menambah kuat tekan beton tetapi gradasi yang lebih besar daripada pasir serta *workability* yang sulit dapat menyebabkan beton menjadi porus, sehingga perlu diberi zat *aditif* berupa penambahan *superplasticizer* untuk mempermudah pengerjaan beton.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui peningkatan kuat tekan beton dan kemampuan *workability* dari penelitian beton dengan campuran *copper slag* dan penambahan *superplasticizer*. Penelitian ini direncanakan menggunakan *copper slag* sebagai substitusi agregat halus sebanyak 40% serta variasi penambahan *superplasticizer* “*sika viscocrete-1003*” 0,5% ; 1% ; 1,5% ; dan 2% dari berat pasta semen. Pengujian benda uji menggunakan silinder berdiameter 10 dan tinggi 20 cm serta dilakukan uji kuat tekan pada umur 14, 28, dan 56 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh penambahan *superplasticizer* sampai 1,5% (SP1,5%) dari keempat variabel di atas diperoleh hasil yang tertinggi pada karakteristik beton. Pengujian karakteristik beton terhadap kuat tekan menunjukkan peningkatan pada umur 14 hari ke umur 28 hari. Sedangkan pada umur 28 hari ke 56 hari masih mengalami peningkatan namun tidak terlalu signifikan. Pada umur 28 hari nilai berat per volume sebesar $2405,59 \text{ kg/m}^3$, nilai kuat tekan beton 26,17 MPa pada umur 28 hari dan prosentase pencapaian kuat tekan pada umur 14 hari sebesar 86,47%. Untuk pengaruh penambahan *superplasticizer* yang terendah sampai 2% (SP2%) dari keempat variabel. Pada umur 28 hari nilai berat per volume sebesar $2348,84 \text{ kg/m}^3$, nilai kuat tekan beton 17,81 MPa pada umur 28 hari dan prosentase pencapaian kuat tekan pada umur 14 hari sebesar 69,66%. Dengan mengetahui karakteristik beton tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan penambahan *superplasticizer* yang paling optimum didapatkan sampai 1,5% dari berat binder.

2.1.1.3 Oktian Arief Wijaya, 2019

Pengaruh penambahan *superplasticizer* pada beton geopolimer berbahan dasar *NaOH* 14m *molar* terhadap kuat tekan dan porositas. Oktian Arief Wijaya

melakukan penelitian Pengaruh penambahan *superplasticizer* pada beton *geopolimer* berbahan dasar *NaOH* 14m *molar* terhadap kuat tekan dan porositas. Penelitian ini mempelajari pengaruh variasi kadar SP terhadap nilai kuat tekan dan porositas beton *geopolimer*. Material yang digunakan adalah abu terbang kelas C, *aktivator sodium hidroksida (NaOH)* 14M dan *Sodium Silikat (Na₂SiO₃)* dengan perbandingan *NaOH/ Na₂SiO₃* sebesar 1,5. SP yang digunakan adalah merek *Sika Viscocrete 1003* yang dikategorikan aditif tipe F. Penelitian yang dilakukan meliputi uji *XRF* pada abu terbang, uji vikat untuk binder beton *geopolimer*, uji slump untuk beton *geopolimer* segar, pemeriksaan berat volume, uji tekan dan uji porositas pada beton usia 3, 7, dan 28 hari.

Berdasarkan hasil dari penelitian dan beberapa pengujian yang telah dilakukan telah didapat data yang dibutuhkan dan didapat kesimpulan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Kadar optimum penambahan zat *aditif superplasticizer (SP)* pada beton *geopolimer* didapatkan pada campuran dengan penambahan kadar *SP* 2,0% dengan kuat tekan rata-rata yang dihasilkan sebesar 12,49 *MPa* meskipun masih belum memenuhi target kuat tekan rencana, tetapi hasil ini sudah cukup baik karena terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 240% dari beton *geopolymer* kontrol yang kuat tekannya hanya mencapai 3,67 *MPa*.
2. Nilai porositas yang didapat pada penambahan zat *aditif superplasticizer (SP)* pada beton *geopolimer* adalah 15,5% pada penambahan kadar 0,5%, 14,5% pada penambahan 1,0%, 14% pada penambahan kadar 1,5% dan 12,5% pada penambahan kadar 2,0% serta 18,3% pada beton *geopolimer* kontrol. Semakin banyak penambahan kadar *superplasticizer* maka semakin kecil nilai porositas yang di dapatkan sehingga semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.
3. Kuat tekan rata-rata beton *geopolimer* yang didapat dengan penambahan zat *aditif superplasticizer (SP)* adalah 6,18 *MPa* pada penambahan *aditif* 0,5%, 7,95 *MPa* pada penambahan *aditif* 1,0%, 8,41 *MPa* pada penambahan kadar 1,5% dan 12,49 *MPa* pada penambahan kadar *SP* 2,0%, serta 3,67 *MPa* pada beton *geopolimer* kontrol. Semakin banyak penggunaan *aditif*

superplasticizer pada beton geopolimer maka semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan.

2.1.1.4 Rivaldo Sitanggang, dkk 2023

Penggunaan *superplasticizer* pada mutu beton $f'c$ 25 Mpa. Rivaldo Sitanggan, Novembri Swi Hutabarat dan Rahelina Ginting melakukan penelitian tentang Penggunaan *superplasticizer* pada mutu beton $f'c$ 25 Mpa. Maksud dari penelitian ini adalah untuk memahami pengaruh penggunaan *Superplasticizer* terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Kualitas beton yang diharapkan $f'c$ 25 MPa diuji pada 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari setelah perendaman pertama. Pada penelitian ini kuat tekan beton tanpa bahan tambah *superplasticizer* (beton normal) diperoleh kuat tekan sebesar 25,2 MPa hal ini membuktikan bahwa beton normal sesuai dengan mutu yang diharapkan. Sedangkan untuk penelitian penggunaan *superplasticizer* dengan dosis 0,5% dapat meningkatkan nilai kuat tekan sebesar 5,6% dari kuat tekan rencana dengan nilai kuat tekan 26,4 MPa dan maksimum yang diperoleh pada variasi 1% *superplasticizer* yaitu 16,4% dari kuat tekan rencan dengan nilai kuat tekan 29,1 MPa. Maka disimpulkan bahwa pengaruh penggunaan bahan *superplasticizer* dapat meningkatkan daya tekan beton, makin banyak dosis *superplasticizer* yang dipakai maka semakin tinggi dayat tekan yang diperoleh.

Dari hasil penelitian dan pengujian maka dapat disimpulkan:

1. Presentase kuat tekan beton terbesar diperoleh pada dosis *Superplasticizer* 1 % dengan umur beton 28 hari yaitu sebesar 29,1 MPa.
2. Pengujian kuat tekan beton normal diperoleh hasil rata-rata kuat tekannya pada umur 28 hari sebesar 25,2 MPa, untuk beton dengan bahan tambah *superplasticizer* 0,5% diperoleh nilai rata-rata sebesar 26,4 MPa dan untuk beton dengan bahan tambah *superplasticizer* 1% didapatkan nilai rata-rata sebesar 29,1 MPa.
3. Dalam penelitian ini penggunaan *superplasticizer* didapatkan hasil perbedaan kuat tekan beton, dimana $f'c$ rencana – beton normal didapat 0,2 MPa, beton

normal – *Superplasticizer* 0,5% didapat 1,2 MPa, *Superplasticizer* 0,5% - *Superplasticize* 1% didapat 2,7 MPa.

4. Pengujian kuat tarik belah beton normal didapatkan sebesar 5,14 MPa, untuk pengujian kuat tarik belah beton dengan bahan tambah *superplasticizer* 0,5% didapatkan sebesar 5,55 MPa dan pengujian kuat tarik belah beton dengan bahan tambah *superplasticizer* 1% didapatkan sebesar 6 MPa.
5. Maka dari hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan *superplasticizer* dapat menaikkan daya tekan dan daya tarik beton, semakin tinggi dosis penggunaan *superplasticizer* maka semakin tinggi daya tekan yang dihasilkan.

2.1.1.5 Chairani Sabrina Mecha, dkk 2021

Pengaruh penambahan *superplasticizer* dan abu batu sebagai *filler* untuk meningkatkan kuat tekan beton normal. Chairani Sabrina Mecha, Tri Mulyono dan Prihantono melakukan penelitian terkait pengaruh penambahan *superplasticizer* dan abu batu sebagai *filler* untuk meningkatkan kuat tekan beton normal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui *Superplasticizer Sikament LN* sebagai penambah semen dalam pengujian kuat tekan dalam upaya menentukan kuat tekan maksimum beton.

Penelitian ini dilakukan dengan penambahan sebagian semen dengan *Superplasticizer* dengan variasi persentase 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari total berat semen. Desain beton f_c 35 MPa, W / C 0.4, *slump* 12 ± 2 cm, jumlah sampel 30 untuk tiap variasi umur beton 7 dan 28 hari). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *Superplasticizer* 0,5% mencapai nilai kuat tekan beton rata-rata 43,5 MPa; Variasi *Superplasticizer* 1% adalah 42,56 MPa; Variasi *Superplasticizer* 1,5% adalah 40,86 MPa dan 2% variasi *Superplasticizer* adalah 40,2 MPa. Kuat tekan beton maksimum mengandung variasi *Superplasticizer* 0,5%.

Dari hasil penelitian dan analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Kuat Tekan beton normal pada umur 28 hari yang dapat dicapai sebesar 38,22 MPa, sedangkan untuk campuran *superplasticizer* 0,5% kuat tekan rata-rata adalah 43,5 MPa atau mencapai kuat tekan yang optimal.

2.2 Landasan Terori

Landasan teori merupakan dasar-dasar teori secara garis besar yang dijabarkan agar lebih jelas untuk dijadikan pedoman dalam memecahkan permasalahan yang dihadapi dalam studi kasus atau suatu penelitian yang akan dilaksanakan.

2.2.1 Definisi beton

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Menurut SNI-2847-2013, Beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen *hidrolis* lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c) pada usia 28 hari.

Beton memiliki sifat-sifat mekanik yang penting untuk dipahami, seperti kekuatan tarik, kekuatan tekan, dan kekuatan lentur. Sifat-sifat ini dipengaruhi oleh komposisi beton, rasio air semen, dan teknik campuran beton. Adapun beberapa Sifat-sifat mekanik beton sebagai berikut :

1. Perbaikan beton

Beton dapat mengalami kerusakan akibat cuaca, beban berat, dan faktor lainnya. Metode perbaikan beton termasuk penggantian beton yang rusak, penguatan dengan penambahan bahan tambahan, dan penyegelan untuk mencegah kebocoran air.

2. Durabilitas beton

Durabilitas beton adalah kemampuan beton untuk bertahan dalam jangka waktu yang lama. Faktor yang mempengaruhi durabilitas beton termasuk lingkungan, kondisi penggunaan, dan teknik konstruksi. Durabilitas beton dapat ditingkatkan dengan menggunakan bahan tambahan dan teknik konstruksi yang tepat.

2.2.1.1 Karakteristik Beton

Pengertian beton menurut Tjokrodimuljo seorang ahli teknik sipil Indonesia yang juga dikenal sebagai "Bapak Beton Indonesia". Menurut Tjokrodimuljo, beton adalah campuran dari semen, air, dan agregat kasar (batu-batuan) dan halus (pasir) yang telah dicampur dan dicetak sedemikian rupa sehingga menjadi sebuah bahan yang kokoh dan padat. Bahan tambahan seperti bahan pengisi (*filler*), *superplasticizer*, atau bahan lainnya dapat ditambahkan pada campuran beton untuk meningkatkan kualitas dan sifat-sifatnya, seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan ketahanan terhadap air dan udara.

Menurut Tjokrodimuljo (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/m³. 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*
Foresmen adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan memberikan kepada mortar semen suatu tulangan yang berupa anyaman. *Ferosemen* dapat diartikan beton bertulang.

e) Beton serat

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, bambu, ijuk), serat *plastic (polypropylene)* atau potongan kawat logam.

f) Beton non pasir

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 (1996), 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) memiliki volume yang 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

2.2.1.2 Beton Normal

Pada penelitian skripsi ini salah satu jenis beton yang digunakan sebagai perbandingan selain beton bahan tambah yakni beton normal. Adapun pengertian dari beton normal sebagai berikut. Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan *split* sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 – 40 MPa. (*European Environment Agency (EEA), 2019*).

Menurut BSN (2002) beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat, sedangkan yang dimaksud beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³. Terdapat juga agregat halus (pasir) alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, sedangkan agregat kasar (kerikil) sebagai hasil disintegrasi dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (Prayuda & Pujianto, 2018).

2.2.2 Bahan Campuran Beton

Secara umum material beton yang digunakan pada konstruksi terdiri atas semen, air, pasir (agregat halus) dan kerikil (agregat kasar) yang dicampur dengan perbandingan tertentu dan untuk menghasilkan kekuatan tertentu pula. Kekuatan yang diukur pun biasanya hanya kuat tekannya saja yang diuji pada standar umur 28 hari. Beton yang dibuat secara konvensional umumnya mempunyai kuat tekan antara 18 – 32 MPa. (N/mm^2) dan berat $2,4 \text{ ton/m}^3$, biasanya disebut sebagai beton normal/konvensional, sedangkan beton yang mempunyai kuat tekan di atas 35 MPa biasanya disebut dengan beton mutu tinggi. Selain kualitas dan gradasi agregat halus dan kasar, kualitas beton yang dibuat juga bergantung pada nilai perbandingan berat penggunaan air dengan semen, yang disebut sebagai faktor air semen (*fas*). Nilai *fas* ini juga akan mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) dari beton yang dibuat. Di bawah ini adalah tiga komponen utama beton dan agregat yang umum digunakan saat ini.

2.2.2.1 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 (SNI 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 (Tjokrodinuljo, 1996).

Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu: trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A), dan tetrakalsium aluminoforit (C_4AF). Selain itu, pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil, misalnya : MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , K_2O dan Na_2O . Soda atau *potasium* (Na_2O dan K_2O) 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 (Tjokrodimuljo, 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.

Jika semen ditambah air akan menjadi pasta semen. Jika pasta semen ditambah agregat halus akan menjadi mortar dan jika semen ditambah air ditambah agregat halus dan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Perubahan komposisi kimia semen, yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen, dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Standar SNI 15-2049-2004 mengenal 5 jenis semen, yaitu:

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

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Semen Portland Menurut jenisnya.

NO	Uraian	Jenis Semen <i>Portland</i> (%)				
		I	II	III	IV	V
1	SiO_2 , minimum	-	20,0	-	-	-
2	Al_2O_3 , maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe_2O_3 , maksimum	-	6,0	-	6,5	-
4	MgO , maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO_3 , maksimum Jika $C_3A \leq 8,0$ Jika $C_3A > 8,0$	3,0 3,5	3,0	3,5 4,5	2,3	2,3
6	Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C_3S , maksimum	-	-	-	35	-
9	C_2S , minimum	-	-	-	40	-
10	C_3A , maksimum	-	8,0	15	7	5
11	$C_4AF + 2 C_3A$ atau $C_4AF + C_2F$, maksimum	-	-	-	-	25

Sumber : SNI 15-2049-2004

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



Hasil utama dari proses hidrasi semen adalah $C_3S_2H_3$ (*tobermorite*) yang berbentuk *gel* dan menghasilkan panas hidrasi selama reaksi berlangsung. Hasil yang lain berupa kapur bebas $Ca(OH)_2$, yang merupakan sisa dari reaksi antara C_3S dan C_2S dengan air. Kapur bebas ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton, karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar, sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

2.2.2.2 Agregat

Agregat merupakan material yang ditambahkan ke dalam pasta semen dalam proses pembuatan beton untuk mengurangi pemakaian semen. Hal ini dilakukan karena agregat lebih murah dibandingkan dengan semen serta penambahan agregat akan membentuk beton dengan volume yang lebih stabil dan durabilitas yang lebih baik. (M.W. Tjaronge dkk 2003). Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen (*Cordon dan Gillespie, 1963*). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar. (Nawy, 1998). Dua jenis agregat adalah :

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

Menurut SNI 03-2847-2002 agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang di pakai bersama - sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik. Kualitas agregat sendiri sangat menentukan kuat beton mengingat agregat menempati 70 – 75% dari total volume keseluruhan beton. Ditinjau dari berat jenisnya agregat dibedakan menjadi tiga macam:

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.

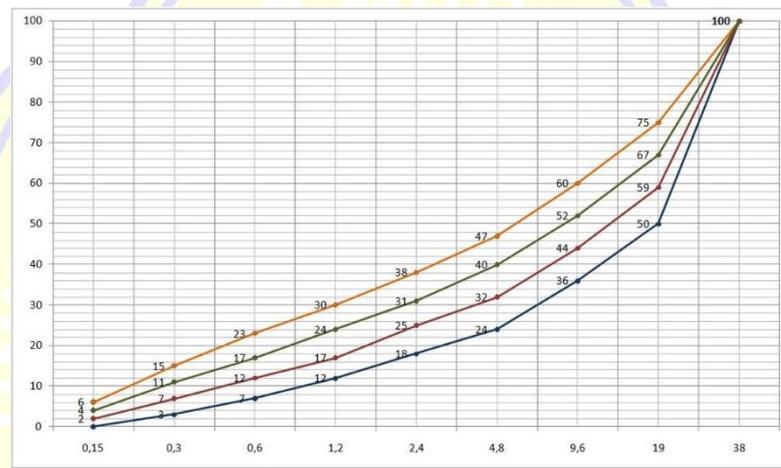
3. Agregat Berat.

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

Menurut SNI 1969:2008, agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir antara No. 4 (4,75 mm) sampai 40 mm (1,5 inch). 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. Berikut adalah contoh gambar

grafik gradasi.



Gambar 2.1. Grafik gradasi campuran
Sumber : (SNI 03-2834-2000)

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.

Besar persentase suatu fraksi agregat tertentu menyatakan besar volume butir fraksi tersebut. Oleh karena itu nilai persentase sebaiknya dalam volume padat, dan tidak hanya dalam teori akan tetapi dalam praktek, terutama jika berat jenis butir-butir agregatnya tidak sama (misalnya agregat halus berupa pasir normal, dan agregat kasar

dari agregat ringan). Bila berat jenis butir-butirnya tidak berbeda jauh maka nilai persentase fraksi tersebut dapat dinyatakan dalam berat. Akan tetapi karena umumnya berat jenis agregat sama dan persentase dengan berat lebih mudah dilaksanakan maka banyak dilakukan persentase berat.

2.2.2.3 Agregat Kasar

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.

Berdasarkan SNI 1969:2008 agregat kasar yaitu kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No. 4) sampai 40 mm (No. 1 1/2 inci). Agregat kasar harus memenuhi persyaratan SK SNI S-04-1989-F tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, sebagai berikut:

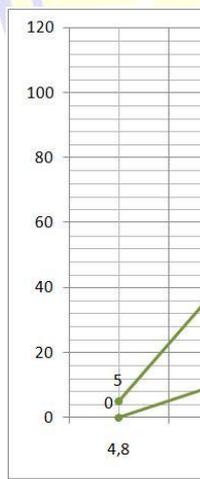
- A. Butirannya keras dan tidak berpori, indeks kekerasan $< 5\%$.
- B. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika diuji dengan larutan garam *Natrium Sulfat* bagian yang hancur maksimum 12% , jika dengan garam *Magnesium Sulfat* maksimum 18% .
- C. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 lebih dari 1% .
- D. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap *alkali*.
- E. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20% .
- F. *Modulus* halus butir antara 6 – 7,1 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
- G. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari: $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan.

Menurut SNI 03-2834-2000, batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 76 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.2 dan dijelaskan melalui Gambar 2.2 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.2. Batas Gradasi Agregat Kasar.

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 76 (mm)	
	Minimum	Maksimum
76	100	100
38	95	100
19	35	70
9,6	10	40
4,8	0	5

Sumber : (SNI 03-2834-2000)



Gambar 2. 2 Batas gradasi agregat kasar.

Sumber : (SNI 03-2834-2000)

2.2.2.4 Agregat Halus

Agregat halus adalah 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 SNI.

SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang dikelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 2.2 Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.2 sampai Gambar 2.5 untuk mempermudah pemahaman.

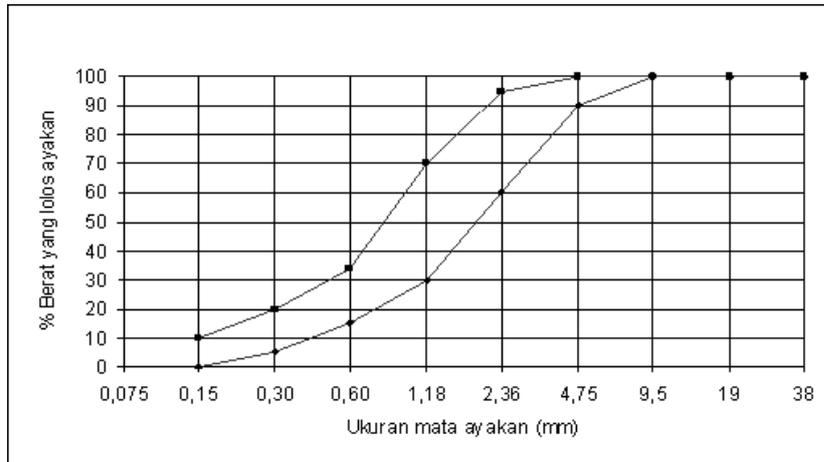
Tabel 2.3. Batas Gradasi Agregat halus.

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

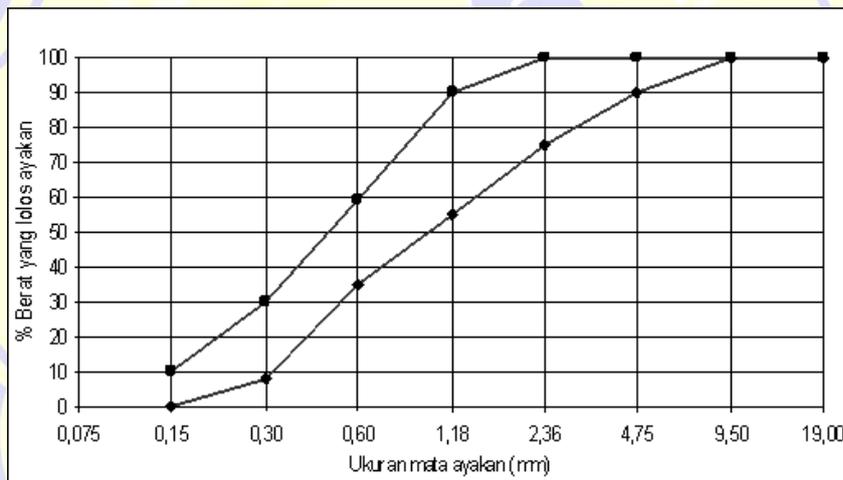
Sumber : (SNI 03-2834-2000)

Keterangan,

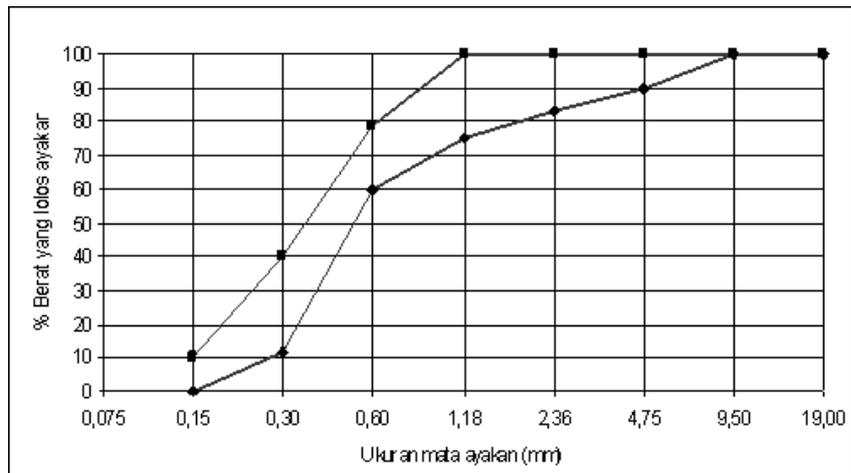
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah Gradasi II = Pasir Sedang
- Daerah Gradasi III = Pasir Agak Halus
- Daerah Gradasi IV = Pasir Halus



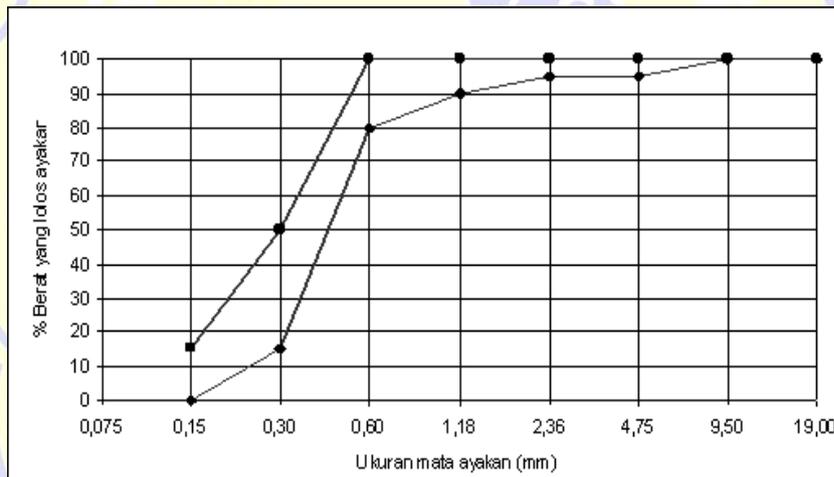
Gambar 2.2. Gradasi Daerah Pasir Kasar.
 Sumber : (SNI 03-2834-2000)



Gambar 2.3. Gradasi Daerah Pasir Sedang.
 Sumber : (SNI 03-2834-2000)



Gambar 2.4. Gradasi Daerah Pasir Agak Halus.
Sumber : (SNI 03-2834-2000)



Gambar 2. 5. Gradasi Daerah Pasir Halus.
Sumber : (SNI 03-2834-2000)

Pemeriksaan dasar ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI 03-2834-2000, agregat halus diteliti terhadap:

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

2.2.2.5 Air

Air adalah bahan dasar pembuatan beton yang paling murah. Fungsi air dalam beton adalah untuk membuat semen bereaksi dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat. Untuk membuat semen bereaksi hanya dibutuhkan air sekitar 25-30 persen dari berat semen. Tetapi pada kenyataan dilapangan apabila faktor air semen (berat air dibagi berat semen) kurang dari 0,35 maka adukan sulit dikerjakan, sehingga umumnya faktor air semen lebih dari 0,40 yang mana terdapat kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen. Kelebihan air inilah yang berfungsi sebagai pelumas agregat, sehingga membuat adukan mudah dikerjakan. Tetapi seiring dengan semakin mudahnya pengerjaan, maka akan menyebabkan beton menjadi porous atau terdapat banyak rongga, maka kuat tekan beton itu sendiri akan menurun.(Sutrisno & 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 PBB1 1971 N.I.– 2 Ke SNI 03-2847-2002 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.

2.2.3. Bahan Tambah

Bahan tambah yaitu bahan selain unsur pokok dalam beton (air, semen dan agregat), yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton, sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Fungsi bahan tambah antara lain: mempercepat pengerasan, menambah kelecakan (*workability*) beton segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan, sehingga memperburuk sifat beton (Tjokodimuljo, 1996). Bahan tambah juga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi pemakaian semen atau agregat sebagian. Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah *superplasticizer*.

2.2.3.1 Bahan Tambah *Superplasticizer*

Superplastisizer adalah bahan tambah yang digunakan dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan dan kualitas beton. *Superplasticizer* dapat membantu mengurangi jumlah air yang dibutuhkan dalam campuran beton tanpa mengurangi konsistensi campuran. Hal ini dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Superplasticizer merupakan bahan tambah pengurang air yang besar yang merupakan bahan tambah kimia dalam klasifikasi SNI 03-2495-1991. Berikut adalah tabel kimia *superplasticizer* :

Tabel 2.4. Kimia Superplasticizer.

<i>Class</i>	<i>Origin</i>	<i>Relative cost</i>
<i>Lignosulphonates</i>	<i>Derived from neutralization, precipitation, and fermentation processes of the waste liquor obtained during production of paper making pulp from wood</i>	1
<i>Sulphonated melamine formaldehyde (SMF)</i>	<i>Manufactured by normal resinification of melamine - formaldehyde</i>	2
<i>Sulphonated naphthalene formaldehyde (SNF)</i>	<i>Produced from naphthalene by oleum or SO_3 sulphonation; subsequent reaction of formaldehyde leads to polymerization and the sulphonic acid is neutralized with sodium hydroxide or lime</i>	3
<i>Polycarboxylic (PCE)</i>	<i>Free radical mechanism using peroxide initiators is used for polymerization process in these systems</i>	4

Sumber : (Rixom and Maivaganam, 2003)

Ada beberapa jenis *superplastisizer* yang tersedia sebagai berikut :

1. *Sodium lignosulfonate*, Bahan tambah ini biasanya digunakan dalam campuran beton dengan kandungan *fly ash* atau *slag* yang tinggi. *Sodium lignosulfonate* dapat meningkatkan waktu pengaturan beton dan memperbaiki sifat mekaniknya.
2. *Polycarboxylate ether*, Bahan tambah ini dapat meningkatkan kekuatan beton dan kualitasnya secara signifikan. *Polycarboxylate ether* dapat membantu mengurangi jumlah air dalam campuran beton, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kekuatan tekan beton.
3. *Naphthalene sulfonate formaldehyde*, Bahan tambah ini digunakan dalam campuran beton yang memerlukan waktu pengaturan yang cepat.

Naphthalene sulfonate formaldehyde dapat membantu meningkatkan kekuatan beton dan juga memperbaiki sifat mekaniknya.

Tabel 2.5. Informasi Produk.

INFORMASI PRODUK	INFORMASI APLIKASI
Bahan dasar kimia	<i>Modifed Naphthalene Formaldehyde sulfonate</i>
Kemasan	900 ml
Umur penyimpanan	12 bulan dari tanggal produksi, jika disimpan dengan baik dalam kemasan aslinya dengan keasdaan tidak rusak dan segel belum terbuka.
Kondisi penyimpanan	Simpan pada kondisi kering dengan suhu antara +5 °C - + 30 °C. Lindungi dari sinar matahari langsung dan embun.
Tampilan / warna	Cairan / coklat tua
Massa jenis	1.17 ± 0.01 kg/l (pada suhu +20 °C)

Sumber: SikaCim Concrete Additive

Dari beberapa jenis *superplastisizer* diatas jadi dapat diketahui dalam penelitian ini menggunakan *Superplasticizer* dengan jenis bahan dasar kimia *Naphthalene sulfonate formaldehyde*, sesuai yang tertera dalam kemasan produk.

Adapun Kelebihan dan kekurangan *superplasticizer* antara lain,

1. Kelebihan *Superplasticizer*
 - a) Meningkatkan kemampuan aliran beton: *Superplasticizer* meningkatkan kemampuan aliran beton, sehingga mudah dicetak atau disemprot, dan hasilnya memiliki permukaan yang halus.
 - b) Meningkatkan daya rekat: *Superplasticizer* membantu meningkatkan daya rekat antara beton dan bahan lain seperti baja, kayu, atau kaca.

- c) Menurunkan biaya produksi: Dalam beberapa kasus, *superplasticizer* dapat menggantikan sebagian semen, yang dapat menurunkan biaya produksi.
 - d) Menyediakan keuntungan ekonomi jangka panjang: *Superplasticizer* dapat menghasilkan beton dengan kekuatan awal yang lebih tinggi, sehingga dapat memperpanjang umur bangunan dan mengurangi biaya perbaikan.
2. Kekurangan *Superplasticizer*
- a) Harga yang mahal: *Superplasticizer* sering kali lebih mahal daripada aditif beton lainnya, sehingga dapat meningkatkan biaya produksi.
 - b) Potensial retak: Jika terlalu banyak *superplasticizer* ditambahkan ke dalam campuran beton, dapat menyebabkan retak atau kerusakan pada beton saat mengering.
 - c) Perlu penanganan khusus: *Superplasticizer* dapat menjadi beracun jika terhirup atau terkena kulit, sehingga memerlukan penanganan khusus saat digunakan.
 - d) Diperlukan perhitungan yang akurat: Penggunaan *superplasticizer* memerlukan perhitungan yang akurat dan hati-hati dalam mencampur dengan beton, agar tidak melebihi jumlah yang diperlukan dan menyebabkan masalah pada beton.

2.2.4. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan beban tekan sebelum terjadi kerusakan permanen atau pecah. Secara teknis, kuat tekan beton dapat didefinisikan sebagai tekanan maksimum yang dapat ditahan oleh beton sebelum mencapai kerusakan permanen atau pecah. Satuan yang umum digunakan untuk mengukur kuat tekan beton adalah *Megapascal* (MPa). Kuat tekan beton dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis campuran beton, proporsi bahan, waktu pengerasan, kelembaban, dan pengaruh lingkungan di sekitarnya.

Kuat tekan beton merupakan salah satu parameter penting yang digunakan dalam perencanaan dan perancangan struktur beton untuk memastikan keamanan

dan ketahanannya. Kuat Tekan (*Compressive Strength*) *Compression Testing Machine* merupakan alat uji kuat tekan beton secara merusak (*destructive test*) dan pengujian menggunakan alat inilah yang paling mendekati nilai kuat tekan beton sebenarnya dimana pengujian ini harus dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Pemeriksaan kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui secara pasti akan kekuatan tekan beton ringan pada umur 28 hari yang sebenarnya apakah sesuai dengan yang telah disyaratkan. Pada mesin uji tekan benda diletakkan dan diberikan beban sampai benda runtuh, yaitu pada saat beban maksimum bekerja (Mulyono. Andy offset, Yogyakarta 2004)

Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar SNI 03-1974-1990. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ($f'c$) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Kekuatan karakteristik, kekuatan tekan, tegangan dan regangan, susut dan rangkai, reaksi terhadap temperatur, keawetan dan kedap terhadap air .

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 :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan,

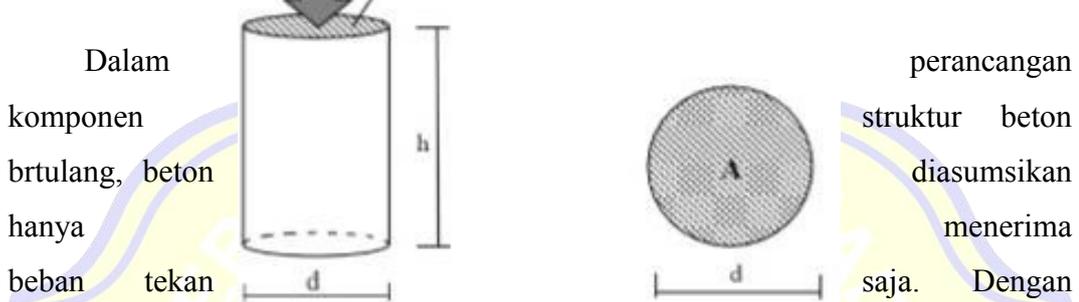
P = gaya maksimum dari mesin tekan, (N)

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 2.3.

Gambar 2. 6. Pembebanan pada pengujian kuat tekan beton.
 Sumber : SNI 03-1974-1990

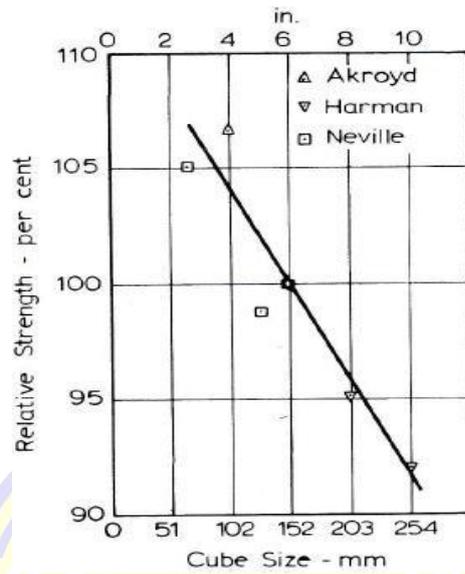


demikian, mutu beton selalu dikaitkan dengan kemampuannya dalam memikul beban tekan (atau istilahnya kuat tekan). Penentuan kuat tekan beton yang diperoleh dari benda uji silinder berbeda dengan kuat tekan beton yang diperoleh dari benda uji kubus. Ada beberapa referensi yang memberikan hubungan antara kuat tekan silinder dengan kuat tekan 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. 7. Faktor Konversi Kuat Tekan Bentuk Silinder Pada Ukuran yang Berbeda.
Sumber : Neville.(1981)

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.(1981)

Tabel 2. 8 Hubungan antara Kuat Tekan Beton terhadap Umur Beton

Umur (hari)	Kuat Tekan Beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
90	120
365	135

Sumber : *PBI-1971 N.I.-2*

2.2.5. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton, juga dikenal sebagai kekuatan tarik beton, adalah kemampuan beton untuk menahan tekanan atau gaya tarik sebelum retak atau pecah. Kemampuan ini ditentukan oleh bahan tambahan yang digunakan dalam campuran beton dan proses pengerasannya. Untuk mengukur kekuatan tarik beton, umumnya digunakan tes tarik beton.

Pada saat tes tarik beton melibatkan penerapan gaya tarik pada sampel beton yang diujikan hingga sampel pecah. Hasilnya dinyatakan dalam satuan tekanan, seperti MPa (*Megapascal*). Untuk meningkatkan kekuatan tarik beton, beberapa teknik dapat dilakukan, seperti menggunakan bahan tambahan seperti serat, penambahan lapisan baja tulangan, atau melakukan curing yang baik dan tepat waktu. Namun, kekuatan tarik beton biasanya tidak sekuat kekuatan tekan beton, oleh karena itu, perlu diperhatikan dalam desain struktur beton untuk menghindari retak atau kerusakan yang lebih parah.

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

$$f't = \frac{2P}{\pi DL} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan,

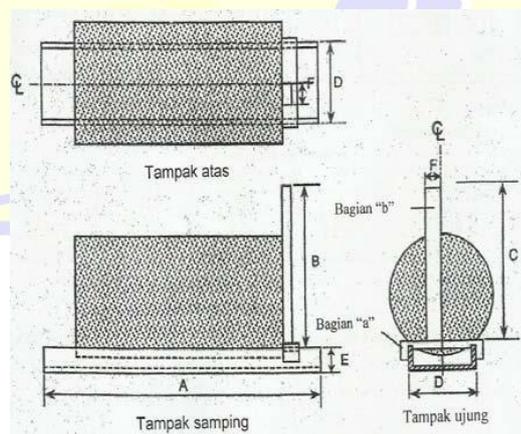
$f't$: kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (N/mm^2)

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 2.9.



Gambar 2. 8 Pembebanan pada pengujian kuat tarik belah beton

Sumber: SNI 03-2491-2002

Tabel 2. 9 Hubungan antara Kuat Tarik Belah Beton terhadap Umur Beton

Umur (hari)	Kuat Tarik Belah Beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
90	120
365	135

Sumber : *PBI-1971 N.I.-2*

2.2.6. Pengujian Fisik

2.2.6.1 Berat Volume 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 :

$$W3 = W2 - W1 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan,

$W1$ = Berat Wadah atau Silinder (kg)

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

$W3$ = Berat Benda Uji (kg)

2.2.6.2 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 :

$$\frac{V2}{V1 + V2} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan,

$V1$ = Volume Pasir (ml)

$V2$ = Volume Lumpur (ml)

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

$$\frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.6)$$

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)

2.2.6.3 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 SNI 03-1971-2011 syarat kadar air agregat halus yaitu bernilai antara 3% - 5%, dari tabel pengujian diatas nilai kadar air yaitu sebesar 3,31%, sehingga agregat halus memenuhi syarat uji kadar air agregat. Adapun rumus yang digunakan untuk mencari kadar air pada tiap agregat ialah sebagai berikut :

$$\frac{b-c}{c-a} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.7)$$

2.2.6.4 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 diperhatikan dalam pemilihan jenis agregat adalah faktor ekonomisnya. Persyaratan teknis agregat beton ini mengacu pada “ Peraturan Beton Bertulang Indonesia, (SNI 03-2834-2000).

Persyaratan gradasi agregat ini menentukan ukuran dan distribusi partikel agregat yang harus memenuhi standar tertentu. Cara mencari modulus butir kehalusan digunakan rumus sebagai berikut :

$$FM = \frac{\sum \% \text{Kumulatif bertahan}}{100} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan,

FM = *Modulus* Butir Kehalusan

2.2.6.5 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 *absolut*. 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 03-2834-2000).

Angka penyerapan digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu agregat akibat air yang menyerap ke dalam pori di antara partikel pokok dibandingkan dengan pada saat kondisi kering, ketika agregat tersebut dianggap telah cukup lama kontak dengan air sehingga air telah menyerap penuh. Standar laboratorium untuk penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering ke dalam air selama (24+4) jam. Agregat yang diambil dari bawah muka air tanah akan memiliki nilai penyerapan yang lebih besar bila tidak dibiarkan mengering. Sebaliknya, beberapa jenis agregat mungkin saja mengandung kadar air yang lebih kecil bila dibandingkan dengan yang pada kondisi terendam selama 15 jam. Untuk agregat yang telah kontak dengan air dan terdapat air bebas pada permukaan partikelnya, persentase air bebasnya dapat ditentukan dengan mengurangi penyerapan dari kadar air total (SNI 03-2834-2000).

Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Untuk agregat kasar :

a) Berat Jenis Bulk = $\frac{A}{(B-C)}$ (2.9)

b) Berat Jenis SSD = $\frac{B}{(B-C)}$ (2.10)

c) Berat Jenis Semu = $\frac{A}{(A-C)}$ (2.11)

d) Presentase Penyerapan = $\left[\frac{(B-A)}{A} \right] \times 100\%$ (2.12)

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 :

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

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

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

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

Dimana,

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

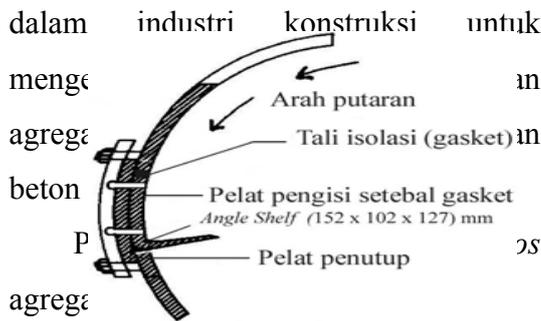
A = Berat benda uji setelah dioven (gr)

B = Berat piknometer yang berisi air (gr)

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

2.2.6.6 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



ALTERNATIF RAK SUDUT (ANGLE SHELF)

RAK BAJA DAN PENUTUPNYA

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.

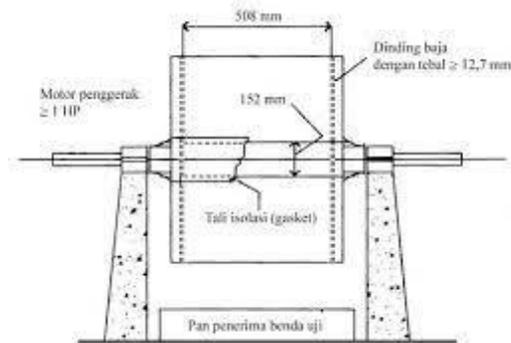
Persamaan yang dipakai dalam mencari nilai keausan pada uji abrasi ini adalah sebagai berikut :

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

Dengan,

a = berat benda uji semula (gr)

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



Gambar 2. 9 Peralatan abrasi Mesin Los Angeles
Sumber : SNI 2417:2008

2.2.6.7 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 :

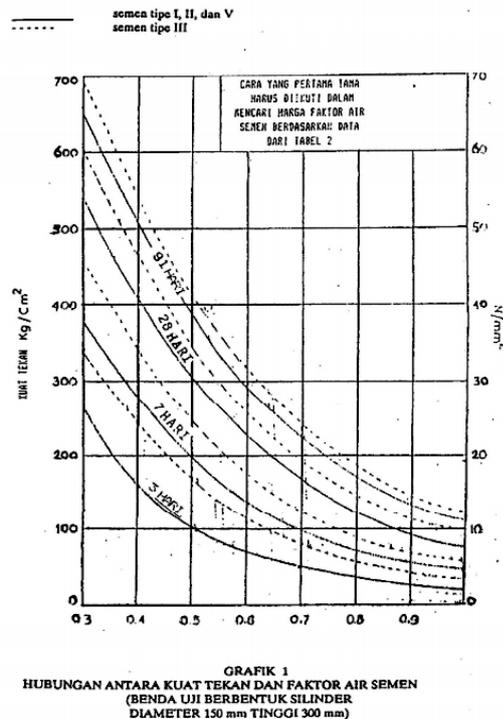
1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*).

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

2.2.6.8 Slump Test

Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*)/plastisitas dan kohesif dari beton segar. Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing–masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan additive dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara

vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan. (SNI 1971 : 2008). Dalam praktek, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu:

1. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
3. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

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

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

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 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.

Tabel 2.10 Batas toleransi nilai *slump*

Nilai Slump Maksimum Tertulis Dalam Spesifikasi [inci (mm)]	Toleransi [inci (mm)]
3 (76) atau lebih kecil	0 – 15 (0 – 38)
Lebih besar dari 3 (76)	0 – 2,5 (0 – 63)
Nilai Slump 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. 11 Syarat Workability

No	Elemen Struktur	<i>Slump</i> Max (cm)	<i>Slump</i> Min (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

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berlokasi di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Jl. KH. Ahmad Dahlan No.1, Pagesangan, Kec. Mataram, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. 83115. Dimana kegiatan yang dilakukan oleh peneliti di laboratorium tersebut yakni melakukan pengujian fisik terhadap agregat, pembuatan sampel beton dan juga pengujiannya.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

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

1. 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 pribadi, 2023*

2. 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 Agrergat Halus
Sumber : *Dokumentasi Pribadai, 2023*

3. 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 pribadi, 2023*

4. 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 pribadi, 2023*

Dalam penelitian digunakan bahan tambah *superplasticizer*. Sifat *Superplasticizer* tersusun atas asam sulfonat yang berfungsi menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen, untuk menghasilkan viskositas/kekentalan adukan pasta semen atau beton segar yang lebih rendah.



Gambar 3. 5 *Superplasticizer*
Sumber : *Dokumentasi pribadi, 2023*

3.2.2 Alat Penelitian

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 pribadi, 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 Pribadi, 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 Ayakan atau Saringan
Sumber : *Dokumentasi Pribadi* , 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 Pribadi*,
2023

5. Wadah / *Pan*

Wadah atau *pan* berfungsi sebagai tempat penampung benda uji, seperti agregat kasar dan agregat halus yang akan di uji. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3. 10 Wadah / Pan
Sumber : *Dokumentasi Pribadi, 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 Pribadi, 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 pribadi , 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 Pibadi, 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 pribadi, 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 Pribadi, 2023*

11. *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 3.16



Gambar 3. 16 *Sieve Shaker Machine*

Sumber : *Dokumentasi Pribadi, 2023*

12. *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 3.17



Gambar 3. 17 *Los Angeles Abrasion Machine*

Sumber : *Dokumentasi Pribadi, 2023*

13. *Compression Testing Machine*

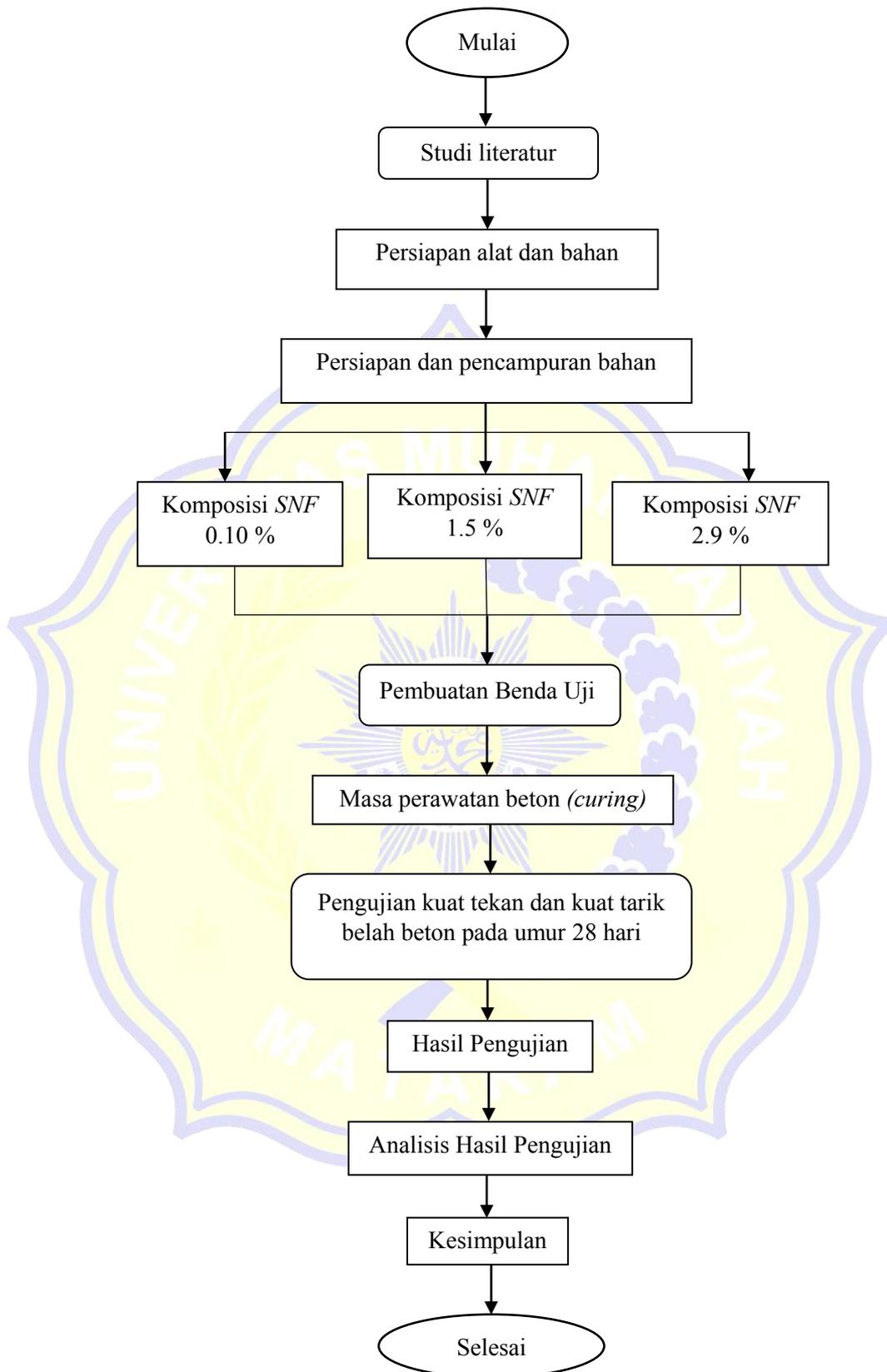
Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian utama yaitu Kuat tekan Beton dan Kuat tarik Belah Beton dimana alat ini digunakan untuk penilaian pada saat tegangan pada material/object telah mencapai batas ketahanan pada material yang diuji, pada saat material mencapai batas yang dapat ditahannya tentunya material tersebut akan mengalami kerusakan ataupun hancur. Adapun gambarnya dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3. 18 *Compression Testing Machine*
Sumber : *DokumentasiPribadi, 2023*

3.3 Bagan Air Penelitian

Dalam penyelesaian penelitian ini diperlukan tahapan pengerjaan penelitian supaya dapat memudahkan penulis untuk memahami setiap tahapan dari pelaksanaan penelitian yang dilakukan. Berikut ini adalah bagan alir yang digunakan dalam tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20. Diagram Alir Penelitian

3.4 Metode Analisa Data

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 *Superplasticizer* terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton.

3.4.1 Metode Pengujian

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

3.4.1.1 Uji 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 ± 5) °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 +/- 5° 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 :

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

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 :

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

3.4.1.2 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 ± 5) °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 (V_1) dan volume lumpur (V_2)
6. Sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.3)$$

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 :

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

3.4.1.3 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 ± 5) °C

Bahan yang digunakan :

1. Agregat kasar
2. 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 :

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

3.4.1.4 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 menimbangya 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 = $[\frac{(B-A)}{A}] \times 100 \%$ (3.9)

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 menimbangya, 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 :

$$e) \text{ Berat Jenis SSD} = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (3.10)$$

$$f) \text{ Berat Jenis Bulk} = \frac{S}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$g) \text{ Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots (3.12)$$

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

3.4.1.5 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 :

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

3.4.1.6 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, yang mensimulasikan kondisi keausan yang terjadi pada agregat di jalan raya seiring waktu. 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 ± 5) °C
7. Alat bantu kuas dan pan

Bahan yang digunakan :

1. Agregat Kasar (kerikil) ukuran ½ inch 2500 gram dan ¾ inch 2500 gram

Prosedur Kerja :

1. Cuci dan keringkan benda uji pada temperatur (110 ± 5) °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 ± 5) °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 di atas 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 :

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

3.5 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan – bahan penyusun atau campuran pada beton. Proporsi bahan – bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan beton (*mix design*). Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dalam penelitian ini berdasarkan pada Standar Nasional yaitu SNI 03 – 2843 – 2000 tentang cara pembuatan campuran beton normal.

Tabel 3.1 Daftar Campuran *Mix Design*

No	URAIAN	MUTU $f'c=18 \text{ Mpa (K225 kg/cm}^2\text{)}$
1	Kuat tekan yang disyaratkan	18.0 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 x s) = 1.64 x 7 = 11.48
4	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (1+3)	29.48
5	Jenis semen ditetapkan	Tiga roda
6	Jenis agregat kasar	Batu pecah

	Jenis agregat halus Bahan tambah	Pasir sungai <i>Superplasticizer</i>
7	Faktor air semen bebas	0.50
8	Faktor air semen maksimal	-
9	Slump (ditetapkan)	Slump 8 - 12
10	Ukuran agregat maksimal	20 mm
11	Kadar air bebas	205 kg/cm ²
12	Jumlah semen (11 : 8 atau 7) (ditetapkan)	205 : 0.50 = 410.00 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimal (ditetapkan)	410.00 kg/m ³
14	Susunan besar butir agregat halus	Daerah gradasi susunan No.1
15	Persen agregat halus	42 %
16	Berat jenis relatif agregat	2.500
17	Berat jenis beton	2380 kg/m ³
18	Kadar gabungan 17 – (12 +11)	2380 – 615 = 1765 kg/m ³
19	Kadar agregat halus (15 x 18)	0.42 x 1765.0 = 741 kg/m ³
20	Kadar agregat kasar (18 -19)	1765 – 741 = 1024 kg/m ³
21	Proporsi campuran tiap m ³ setelah dikoreksi kadar air dan penggabungannya) jenis semen ditetapkan	Semen = 410 kg Air = 205 lt Agregat halus = 741.30 kg Agregat kasarm = 1023.70 kg

22	Perbandingan berat semen : Agregat halus Agregat kasar	1 : 1.8 : 2.50
23	Perbandingan berat semen ke volume untuk 1 zak semen (50kg)	Semen = 40 dm ³ Air = 25 lt Agregat halus = 64.60 dm ³ Agregat kasar = 83.27 dm ³
24	Perbandingan volumen dan semen agregat halus Agregat kasar	1 : 1.62 : 2.08
25	Kadar semen 1 m ³ beton dalam satuan zak	8.20
26	Ukuran beton atau bak dibuat a. Untuk semen tetap 1 zak semen (50kg) b. Ukuran pasir 2 tong dengan ukuran : c. Ukuran krikil 3 tong dengan ukuran :	Semen = 50 kg Panjang = 35.00 cm Lebar = 35.00 cm Tinggi = 26.37 cm Panjang = 35.00 cm Lebar = 35.00 cm Tinggi = 22.66 cm

Tabel 3.2 Proporsi campuran beton

Notasi	Bahan Penyusun Beton				
	Air	Semen	SNF	Pasir	Kerikil
	Liter	Kg	Kg	Kg	Kg
BN	2.389	4.778	0	8.251	11.394
SNF 0.10 %	2.389	4.778	46.5	8.251	11.394
SNF 1.5 %	2.389	4.778	93	8.251	11.394
SNF 2.9 %	2.389	4.778	139.5	8.251	11.394

Sumber : Hasil Pengujian, 2023

3.5.1 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		2
SNF 0.10 %	Kuat Tekan	28 Hari	2
	Kuat Tarik		2
SNF 1.5 %	Kuat Tekan	28 Hari	2
	Kuat Tarik		2
SNF 2.9 %	Kuat Tekan	28 Hari	2
	Kuat Tarik		2

Sumber : Hasil Pengujian, 2023

Dengan,

BN = Beton tanpa bahan tambah *superplasticizer*

SNF 0,10 % = beton dengan bahan tambah *superplasticizer* 0,10 %

SNF 1,5 % = beton dengan bahan tambah *superplasticizer* 1,5 %

SNF 2,9 % = beton dengan bahan tambah *superplasticizer 2,9 %*

3.5.2 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. Cara uji *slump* beton bertujuan untuk menyediakan langkah kerja bagi para pengguna untuk menentukan nilai *slump test* dari beton semen hidrolis plastis. 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 lapis 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 :

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

3.5.3 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 (w_3), sehingga mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Volume Beton} = \frac{(W_2 - W_1)}{v} \dots\dots\dots(3.17)$$

W_1 = Berat silinder

W_2 = Berat silinder + Benda

V = Volume

3.5.4 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 kuningin)
2. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 x tusukan secara merata; pada saat melakukan pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan; pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga tongkat pemadat 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.

3.5.5 Tahapan Perawatan Benda Uji

Proses curing dilaksanakan dengan cara merendam beton dalam bak yang berisi air sampai waktu pengetesan. Proses perawatan (*curing*) ini dilakukan sehari atau 24 jam setelah proses pencetakan beton. Langkah – langkah proses perawatan (*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 *A.M. Neville (2002)*, terdapat empat hal yang mempengaruhi proses penguapan yang dapat menyebabkan kehilangan air pada beton, yaitu:

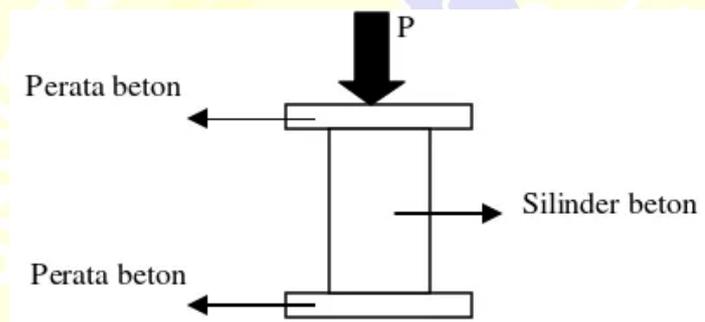
1. Kelembaban relatif semakin besar nilai kelembaban relatif, maka semakin sedikit kehilangan air yang terjadi.
2. Temperatur udara dan beton temperatur udara dan beton sangat mempengaruhi proses penguapan yang terjadi pada beton. Semakin tinggi temperatur maka kehilangan air yang terjadi semakin banyak.
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.

3.6 Tahapan Pengujian Benda Uji

3.6.1 Uji Kuat Tekan Beton

Prosedur pengujian kuat tekan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Sketsa pengujian dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 19 . Skema Pengujian Kuat Tekan Beton (silinder)

Sumber : *Departemen pekerjaan umum (1990)*

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 kekuatannya 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,

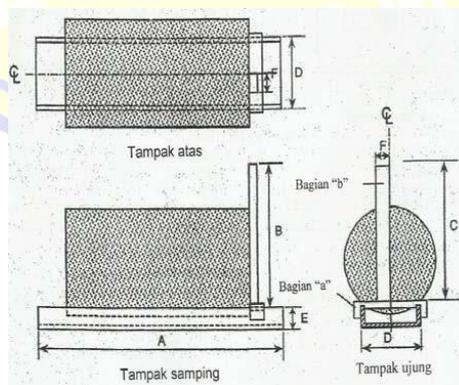
4. Letakkan benda uji pada mesin secara sentris. Sesuai dengan tempat yang tepat pada mesin tes kuat tekanan,
5. Jalankan benda uji atau mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/m³ per detik,
6. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji,
7. Pengujian kuat tekan beton dengan bahan tambah kuningin 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 sebagai berikut :

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

3.6.2 Uji Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian tarik belah juga dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Sketsa pengujian dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3. 20 Skema Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (silinder)

Sumber : SNI 03-2491-2002

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. Perletakkan 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 sebagai berikut :

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

