

SKRIPSI

ANALISIS PENAMBAHAN PUTIH TELUR SEBAGAI CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat



Oleh :

REPI AGUSMAN

17.10.002.22201.071

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

2021

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS PENAMBAHAN PUTIH TELUR SEBAGAI CAMPURAN
BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Oleh:

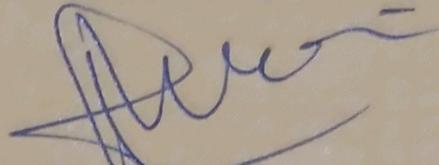
REPI AGUSMAN
17.10.002.22201.071

Dosen Pembimbing I



Masril, ST., MT
NIDN. 1005057407

Dosen Pembimbing II



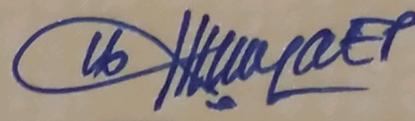
Ishak ST., MT
NIDN. 1010047301

Dekan Fakultas Teknik



Masril, ST., MT
NIDN. 1005057407

Ketua Prodi Teknik Sipil


Ir. Surya Eka Priana, M.T., IPP
NIDN. 1016026603

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT

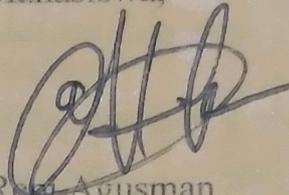
2021

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan Koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 22 Agustus 2021 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Bukittinggi, 22 Agustus 2021

Mahasiswa,



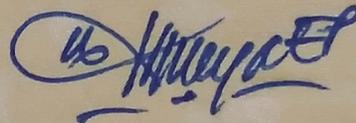
Rofi Agusman

NIM 171000222201071

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 22 Agustus 2021

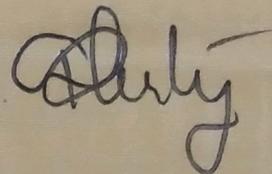
1. Ir. Surya Eka Priana, MT., IPP

1.

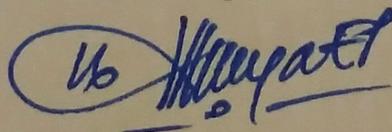


2. Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng

2.



Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil



Ir. Surya Eka Priana, ST, MT., IPP

NIDN. 1016026603

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Repi Agusman

NIM : 17100222201071

Judul Skripsi : Analisis Penambahan Putih Telur Sebagai Campuran Beton
Terhadap Kuat Tekan Beton

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 22 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



Repi Agusman

NIM 17100222201071

ABSTRACT

Eggs are a food ingredient that we often encounter in everyday life which is a source of protein. Eggs are composed of several parts, namely egg shell, egg yolk and egg white. Egg white is a white liquid or often referred to as albumen contained in eggs. Egg white has a bladder consisting of 40% thin egg white and 60% thick egg white which contains 10% protein dissolved in water. This study aims to determine the effect of using egg white as an addition to the compressive strength of concrete. Processing egg whites into concrete as an aggregate for mixing concrete, in order to determine the compressive strength of concrete. This study aims to determine the effect of changes that occur in concrete to the mixture of concrete with egg whites with various egg white compositions with a percentage of 5%, 10%, and 15% of the cement weight. The method used in this study is a qualitative method (Research at Laboratories of Muhammadiyah University of West Sumatra) with a mixture of 5% egg white produces a compressive strength of 94.60 kg/cm², 10% produces 76.75 kg/cm², and 15% produces a compressive strength 66.04 kg/cm² at the age of 28 days. The mixture of egg white makes the compressive strength decrease from normal concrete which has a compressive strength of 251.67 kg/cm² at the age of 28 days. The planned concrete quality is K 250 Fc '20.75 MPa..

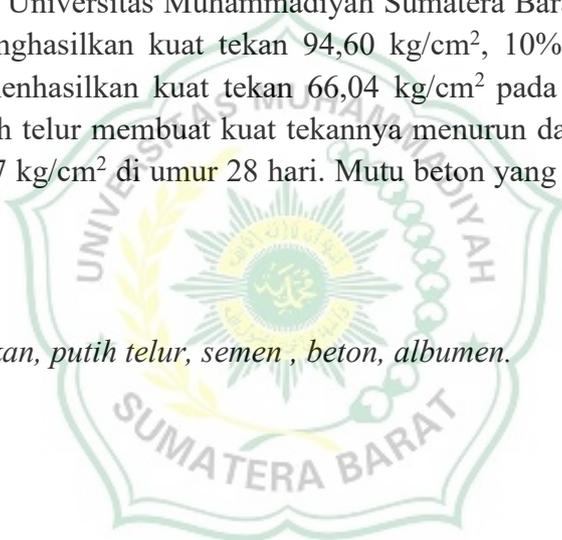
Keywords : *compressive strength, egg white, cement, concrete, albumen.*



ABSTRAK

Telur merupakan bahan makanan yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari yang merupakan sumber protein. Telur tersusun atas beberapa bagian yaitu kulit telur, kuning telur dan putih telur. Putih telur merupakan cairan putih atau yang sering disebut dengan albumen yang terkandung dalam telur. Putih telur memiliki kandungan yang terdiri atas 40% putih telur encer dan 60% putih telur kental yang mengandung 10 % protein terlarut dalam air. Penelitian ini tujuannya untuk mengetahui pengaruh penggunaan putih telur sebagai penambahan terhadap kuat tekan beton. Pengolahan putih telur menjadi beton sebagai agregat pencampuran beton, guna untuk mengetahui kuat uji tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui pengaruh perubahan yang terjadi pada beton terhadap campuran beton dengan putih telur dengan berbagai komposisi putih telur dengan persentase 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kualitatif (Penelitian di Labor Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat) dengan campuran putih telur 5% menghasilkan kuat tekan 94,60 kg/cm², 10% menghasilkan 76,75 kg/cm², dan 15% menghasilkan kuat tekan 66,04 kg/cm² pada umur 28 hari. Yang mana campuran putih telur membuat kuat tekannya menurun dari beton normal yang kuat tekannya 251,67 kg/cm² di umur 28 hari. Mutu beton yang direncanakan yaitu K 250 Fc' 20,75 MPa..

Kata kunci : kuat tekan, putih telur, semen , beton, albumen.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Bapak Masril, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik UMSB sekaligus pembimbing II skripsi.
2. Bapak Deddy Kurniawan, ST., MT selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
3. Bapak Masril, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Bapak Ishak, ST., MT selaku dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak masukan kepada penullis.
5. Orang tua, Kakak dan adik memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
6. Rekan-rekan Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.2 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1..Pengertian Beton	5
2.2..Sifat Beton.....	9
2.2.1 Sifat Kemudahan Didapatkan dan Dialirkan.....	9
2.2.2 Sifat Dapat Bertahan Seragam.....	10
2.3..Bahan Penyusun Beton.....	15
2.3.1 Semen <i>Portland</i>	15
2.3.2 Agregat.....	21
2.3.3 Air.....	27
2.3.4 Bahan Tambahan.....	29
2.4..Prosedur Penelitian	33
2.4.1 Pemeriksaan Agregat.....	33
2.4.2 Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	41
2.4.3 Pengujian <i>Slump</i>	43

2.4.4 Pembuatan Benda Uji Kubus	44
2.4.5 Perawatan (<i>Curing</i>) Benda Uji	44
2.4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	45

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.Lokasi Penelitian	46
3.2 Data Penelitian	46
3.2.1 Data Primer.....	46
3.2.2 Data Sekunder.....	47
3.2.3 Teknik Pengumpulan Data.....	47
3.3 Metode Analisis Data.....	47
3.3.1 Pengujian Kuat Tekan.....	47
3.3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	47
3.4 Bagan Alir.....	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1..Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton.....	50
4.1.1 Pengujian Semen.....	50
4.1.2 Pemeriksaan Berat Volume Agregat.....	51
4.1.3 Analisa Saringan Agregat.....	52
4.1.4 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan.....	53
4.1.5 Pemeriksaan Zat Organik Agregat Halus	54
4.1.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	55
4.1.7 Analisa <i>Spesific Gravity</i> dan Penyerapan Agregat.....	56
4.2..Hasil Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>).....	57
4.3..Pengujian Kuat Tekan Beton.....	61

BAB V PENUTUP

5.1..Kesimpulan.....	67
5.2..Saran.....	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Semen <i>Portland</i> Tipe I.....	17
Gambar 2.2 Semen <i>Portland</i> Tipe II.....	17
Gambar 2.3 Semen <i>Portland</i> Tipe III.....	18
Gambar 2.4 Semen <i>Portland</i> Tipe IV	19
Gambar 2.5 Semen <i>Portland</i> Tipe V.....	19
Gambar 2.6 Agregat Kasar.....	25
Gambar 2.7 Agregat Halus.....	27
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian.....	46
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	49
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.....	62
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Tambahan Putih Telur 5%.....	63
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Tambahan Putih Telur 10%....	64
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Tambahan Putih Telur 15%....	65
Gambar 4.5 Grafik Hasil Kuat Tekan beton campuran putih telur 0%, 5%, 10% dan 15%.....	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton.....	6
Tabel 2.2 Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekan.....	13
Tabel 2.3 Beton Berdasarkan Berat Jenis.....	14
Tabel 2.4 Syarat Fisika Semen <i>Portland</i> Komposit.....	20
Tabel 2.5 Pengaruh Sifat Agregat Pada Sifat Beton.....	21
Tabel 2.6 Ukuran Saringan Standar Agregat Untuk Campuran Beton	24
Tabel 2.7 Gradasi Standar agregat Kasar.....	24
Tabel 2.8 Standar Susunan Butir Agregat Halus.....	26
Tabel 2.9 Batas Toleransi Zat Kimia Pada Air.....	28
Tabel 2.10 Kapasitas Wadah Baja.....	35
Tabel 2.11 Perhitungan Perencanaan Campuran Beton.....	42
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Semen Hidrolis.....	50
Tabel 4.2 Hasil Penentuan Konsistensi Normal Semen Hidrolis.....	50
Tabel 4.3 Waktu Pengikatan Awal Semen Hidrolis.....	51
Tabel 4.4 Pemeriksaan Berat Volume Agregat.....	51
Tabel 4.5 Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus.....	52
Tabel 4.6 Analisis Saringan Agregat Kasar.....	52
Tabel 4.7 Analisis Saringan Agregat Halus.....	53
Tabel 4.8 Pengujian Agregat Lolos Saringan No. 200.....	54
Tabel 4.9 Pengujian Kadar Lumpur pada agregat halus.....	55
Tabel 4.10 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.....	55
Tabel 4.11 Pengujian Kadar Air Agregat Halus.....	55
Tabel 4.12 Analisa <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Agregat Kasar.....	56
Tabel 4.13 Analisa <i>Specific Gravity</i> dan Penyerapan Agregat Halus.....	57
Tabel 4.15 Perkiraan Campuran Beton $F_c' 20,5$ MPa.....	58
Tabel 4.16 Komposisi Unsur Penambahan Putih Telur.....	61
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal K-250 $F_c' 20,75$	61
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Putih Telur 5%	62
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Putih Telur 10%	63

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Putih Telur 15%

..... 63



DAFTAR NOTASI

- A = Luas Penampang
- E_c = Modulus Elastisitas Beton
- F_c' = Kuat Tekan Beton
- P = Beban Maksimum (kg/cm^2)
- Sd = Deviasi Standar (MPa)
- x_1 = Kuat Tekan Masing-masing Benda Uji
- σ_{bk} = Kuat Tekan Karakteristik Beton (MPa)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah material yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen dan campuran air. Dalam menghasilkan sebuah konstruksi yang baik harus diikuti pula dengan material bahan penyusun yang baik sehingga menghasilkan yang nyaman serta kuat.

Dunia peternakan unggas merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia. Unggas merupakan salah satu protein hewani yang penting bagi manusia, produksi yang dapat di ambil dari unggas adalah daging dan telur. Selain sebagai pangan, yaitu sumber protein, unggas juga dapat dimanfaatkan sebagai papan.

Dalam sumber papan, banyak bangunan tua di Indonesia yang menggunakan putih telur sebagai perekat antara batu yang satu dengan yang lainnya misal nya, Jam Gadang Bukittinggi yang dibangun pada tahun 1926. Sebagai hadiah dari Ratu Belanda Kepada Sekretaris Fort de Kock Rook Maker. Bangunan setinggi 26 meter itu di arsiteki oleh Jazid Radjo Mangkuto. Meski PT Semen Padang berdiri sejak tahun 1910, pembangunan Jam Gadang tidak menggunakan semen. Arsitektur lebih memilih menggunakan adukan putih telur, kapur dan pasir.

Putih telur terdiri dari 40% putih telur encer dan 60% putih telur kental. Bagian putih telur tidak bercampur dengan kuning telur karena adanya kalaza yang mengikat bagian kuning telur dan *membrane vitelin* yang elastis. Putih telur merupakan hasil dari lebihan pembuatan minuman yang tidak menggunakan putih telur tapi menggunakan kuning telur saja, jadi semakin banyak orang membuat minuman yang hanya menggunakan kuning telur maka semakin banyak putih telur yang tidak di gunakan maka sering terbuang, yang tentunya pembuangan ini akan menimbulkan mubazir, putih telur juga dapat digunakan sebagai bahan perekat dalam pencampuran beton. Untuk itu pada tugas akhir ini penulis

mencoba untuk meneliti pengaruh dari pemanfaatan tambahan putih telur pada campuran beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penjelasan pada latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang diangkat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan putih telur pada beton?
2. Berapa perbandingan tingkat kekuatan yang terjadi antara campuran beton biasa dengan campuran beton bertulang yang ditambah dengan putih telur?
3. Berapa persentase putih telur yang optimal pada campuran beton bertulang untuk mendapatkan mutu beton yang bagus?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memecahkan rumusan masalah diatas, maka penelitian dibatasi agar terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Penelitian ini dilakukan dengan melihat atau mengamati perubahan yang terjadi pada kuat tekan akibat dari penambahan putih telur pada campuran beton yang mencakup :

1. Putih telur yang digunakan adalah putih telur yang lebih dari pembuatan minuman yang hanya memakai kuning telur saja.
2. Beton dibuat dengan membandingkan adukan beton normal dan beton dengan tambahan putih telur dengan mutu beton f_c 18,7 MPa.
3. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah PCC semen padang, agregat kasar berupa batu split, agregat halus berupa pasir palupuh serta air bersih.
4. Persentase putih telur yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15% dari berat semen.
5. Tempat penelitian dilakukan dilaboratorium Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
6. Pengamatan perubahan beton dilakukan pada beton campuran normal dan beton dengan campuran putih telur dengan persentase 5%, 10%, dan 15%.

7. Pengukuran tingkat kekuatan beton pada benda uji dilakukan pada umur beton normal 7 hari, 14 hari dan 28 hari untuk mengetahui perbandingan antara benda uji.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan penelitian

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui perubahan yang terjadi pada beton terhadap campuran beton dengan putih telur dengan berbagai komposisi putih telur.
2. Mengetahui tingkat tekanan yang terjadi pada beton campuran beton normal dan beton tambah dengan campuran putih telur.
3. Mengetahui apakah campuran beton yang ditambahkan putih telur akan memberikan efek baik atau akan memberi efek sebaliknya yang membuat beton jadi rapuh.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Memberikan referensi dan sebagai dalam pengembangan ilmu rekayasa bahan.
2. Meningkatkan pemanfaatan dalam ilmu struktur beton.
3. Dapat sebagai inovasi/ tambahan untuk mengatasi kelangkaan bahan campuran beton.
4. Dari segi hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk pembuatan beton dengan tambahan campuran putih telur.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini, disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, permasalahan, pembatasan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi gambaran Pengadilan Negeri Semarang dan deskripsi antrian 7.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan variabel penelitian, metode pengumpulan data, waktu dan tempat penelitian, dan prosedur analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi analisis dari hasil pengolahan data dan pembahasan

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini berisikan beberapa kesimpulan dari hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Menurut SNI-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung menyatakan bahwa, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Bahan tambah di dalam beton dapat berfungsi untuk membantu dalam kemudahan pelaksanaannya atau meningkatkan karakteristiknya sehingga beton sesuai kegunaan yang direncanakan.

Beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan (*admixture* atau *additive*). Departemen Pekerjaan Umum – Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan (DPU- LPMB) memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847-2002).

Menurut Mulyono (2006) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, dibedakan menjadi 3 kelas , yaitu :

- a. Beton Kelas I, adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B_0 .
- b. Beton Kelas II, adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan

harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B₁, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B₁, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

- c. Beton kelas III, adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas dan mutu beton ini, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (Kg/cm ²)	σ'_{bm} (Kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B ₀	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B ₁	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	>225	>300	Struktural	Ketat	Kontinu

(Sumber: Mulyono.T, 2004 dalam Anwar, 2011.)

2. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

- a. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang

digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik.

Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m^3 atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara $1440 - 1850 \text{ kg/m}^3$. Dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa.

b. Beton Normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara $2200 \text{ kg/m}^3 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dengan kuat tekan sekitar 15-40 Mpa.

c. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m^3 . Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton massa (*mass concrete*).

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan massif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

e. *Ferro- Cement*

Ferro-Cement adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

f. Beton Serat (*Fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007) beton memiliki beberapa kelebihan antara lain sebagai berikut:

1. Harga yang relatif lebih murah karena menggunakan bahan-bahan dasar yang umumnya mudah didapat.
2. Termasuk bahan yang awet, tahan aus, tahan panas, tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan, sehingga biaya perawatan menjadi lebih murah.
3. Mempunyai kuat tekan yang cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi sehingga dapat menjadi satu kesatuan struktur yang tahan tarik dan tahan tekan, untuk itu struktur beton bertulang dapat diaplikasikan atau dipakai untuk pondasi, kolom, balok, dinding, perkerasan jalan, landasan pesawat udara, penampung air, pelabuhan, bendungan, jembatan dan sebagainya.
4. Pengerjaan atau *workability* mudah karena beton mudah untuk dicetak dalam bentuk dan ukuran sesuai keiinginan. Cetakan beton dapat dipakai beberapa kali sehingga secara ekonomi menjadi lebih murah.

Walaupun beton mempunyai beberapa kelebihan, beton juga memiliki beberapa kekurangan. Menurut (Tjokrodimuljo, (2007)) kekurangan beton adalah sebagai berikut ini :

1. Bahan dasar penyusun beton agregat halus maupun agregat kasar bermacam-macam sesuai dengan lokasi pengambilannya, sehingga cara perencanaan dan cara pembuatannya bermacam-macam.
2. Beton mempunyai beberapa kelas kekuatannya sehingga harus direncanakan sesuai dengan bagian bangunan yang akan dibuat, sehingga cara perencanaan dan cara pelaksanaan bermacam-macam pula.
3. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga getas atau rapuh dan mudah retak. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi.

2.2 Sifat Beton

Ada dua hal yang harus dipenuhi dalam pembuatan beton yaitu pertama sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras seperti kekuatan, keawetan dan kestabilan volume. Yang kedua sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya *bleeding* dan *segregation*. Akan tetapi sifat ini tidak dapat dirumuskan dengan pasti dan berlaku untuk semua jenis bahan baku, kondisi lingkungan dan cuaca disekitar lokasi pekerjaan.

Campuran beton direncanakan berdasarkan asumsi adanya hubungan antara sifat-sifat komposisi campuran dan sifat-sifat beton setelah mengeras. Untuk dapat bertahan dengan sifat-sifat ini, maka beton harus dipadatkan secara seragam pada cetakannya, dengan demikian pengetahuan tentang sifat beton merupakan hal penting dalam upaya menghasilkan beton yang berkualitas baik setelah mengeras.

Istilah kemudahan pekerjaan masih memberikan pengertian yang umum dan untuk dapat memahami sifat ini lebih jauh. Kemudahan pengerjaan atau *workability* pada pekerjaan beton didefinisikan sebagai kemudahan untuk dikerjakan, dituangkan dan dipadatkan serta dibentuk dalam acuan (Ilseley,1942:224). Kemudahan pengerjaan ini diindikasikan melalui nilai *slump*. Maka sifat ini dapat dijabarkan kedalam sifat-sifat yang lebih spesifik, yaitu :

- a. Sifat kemampuan untuk dipadatkan (*compactibility*)
- b. Sifat kemampuan untuk dialirkan (*mobility*)
- c. Sifat kemampuan untuk tetap bertahan seragam (*stability*).

Keseluruhan sifat yang dibutuhkan untuk suatu campuran yang baik, dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal.

2.2.1 Sifat kemudahan dipadatkan dan dialirkan

Kedua sifat ini mempunyai kaitan erat antara yang satu dengan yang lainnya dan dapat dikatakan bahwa campuran yang mudah dialirkan akan mudah pula dipadatkan. Ternyata untuk dapat memahami mengenai masalah aliran campuran beton segar, prinsip-prinsip yang terdapat

didalam ilmu tentang sifat aliran air atau gas tidak dapat diterapkan pada campuran beton. Ini disebabkan karena ilmu tentang aliran air dan gas didasarkan pada massa yang mempunyai ukuran partikel/ molekul atau atom yang seragam.

Salah satu sifat yang dapat menggambarkan kedua sifat tersebut adalah sifat kekentalan campuran, walaupun sifat kekentalan ini tidak identik sepenuhnya dengan sifat-sifat kemudahan untuk dialirkan. Untuk mengukur sifat kemudahan pengerjaan dapat dilakukan dengan metode pengujian *slump test*.

2.2.2 Sifat dapat bertahan seragam

Sifat ini merupakan kebutuhan lain agar beton dapat dihasilkan mencapai kekuatan optimal. Bertahan disini ialah tidak terjadi perubahan terhadap keseragaman campuran akibat terjadinya pemisahan butiran agregat dengan pasta semen selama proses pengangkutan, pengecoran dan pemadatan. Campuran yang tidak stabil dapat ditandai dengan terpisahnya air dengan benda padat serta timbulnya pemisahan agregat kasar dari pastanya.

a. Pemisahan agregat kasar dari campuran (*segregasi*)

Pemisahan ini terjadi bila adanya kohesi dari adukan beton tidak mampu untuk menahan butiran agregat untuk tetap mengambang. *Segregasi* ini disebabkan oleh beberapa hal, antara lain :

1. Campuran Kurus atau kurang semen
2. Terlalu banyak air
3. Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm.
4. Permukaan butir agregat kasar, semakin kasar permukaan butir agregat semakin mudah terjadi *segregasi*.

b. Pemisahan air dari campuran (*bledding*)

Kecendrungan air untuk naik ke permukaan beton yang baru dipadatkan dinamakan *bledding*. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir

pasir halus, yang saat beton mengeras akan membentuk selaput (*laitance*). *Bledding* dapat dikurangi dengan cara

1. Memberi lebih banyak semen
2. Menggunakan air sedikit mungkin
3. Menggunakan pasir lebih banyak

c. Penguapan dan susut plastis

Pada daerah yang beriklim tropis, penguapan dapat mengganggu sifat kemudahan pengerjaan campuran beton, karena campuran dengan segera kehilangan ke-plastis-an sebelum proses pemadatan dapat dilakukan secara sempurna. Penguapan menjadi permasalahan bila tingkat kecepatan penguapan melebihi kecepatan *bleeding*.

Jenis-jenis beton berdasarkan sifat dan fungsinya dapat diuraikan sebagai berikut (Juniman Silalahi, 2009).

1. Beton bertulang

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan. Digunakan untuk struktur bangunan yang mampu menahan gaya yang bekerja.

2. Beton Normal

Beton Normal adalah beton bertulang yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³ menggunakan agregat alam yang atau tanpa dipecah dan tidak menggunakan bahan tambahan.

3. Beton pratekan

Beton pratekan adalah beton bertulang yang telah diberikan tegangan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja.

4. Beton pracetak

Beton pracetak adalah elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi suatu bangunan.

5. Beton polos

Beton tanpa tulangan atau mempunyai tulangan kurang dari ketentuan minimum, diantaranya beton tumbuk, dan beton siklop. Umumnya digunakan untuk lantai kerja, pondasi sumuran, dan lain-lain.

6. Beton ringan struktur

Beton yang mengandung agregat ringan yang mempunyai berat isi tidak lebih dari 1900 Kg/m³.

7. Beton ringan total

Beton ringan yang agregat halusya bukan pasir alami.

8. Beton ringan berpasir

Beton ringan yang agregat halusnya dari pasir alami.

9. Beton cair

Beton cair adalah beton yang memiliki kandungan air + 14%/ m³. Digunakan untuk konstruksi yang tipis maupun memiliki banyak baja tulangan yang cukup rapat.

10. Beton Plastis

Beton yang memiliki kekentalan tinggi, dimana campuran beton yang baru diaduk dapat dikepal-kepal dengan tangan. Biasanya digunakan untuk beton bertulang dengan jarak tulangan yang cukup.

11. Beton gemuk/ beton kurus

Beton gemuk (*rich concrete*) adalah beton yang memiliki jumlah semen banyak (sampai 15%) sedangkan beton kurus (*lean concrete*) adalah beton dengan jumlah semen sedikit (sampai 7%).

Menurut Tjokrodinuljo, (2007) beton memiliki beberapa sifat yang sering dijadikan acuan diantaranya :

1. Kekuatan

Beton bersifat getas, sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya rendah. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya bila kuat tekan tinggi, umumnya sifat-sifat yang lain juga baik. Berdasarkan kuat tekan beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekan

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton Sederhana	Sampai 10
Beton Normal	15 – 30
Beton pra tegang	30 – 40
Beton Kuat Tekan tinggi	40 – 80
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80

Sumber : Tjokrodimuljo,2007

- a. Beton sederhana dipakai untuk pembuatan bagian-bagian non-struktur, misalnya perkerasan lantai, dinding bukan penahan beban dan sebagainya.
- b. Beton normal dipakai untuk struktur beton bertulang, bagian-bagian struktur penahan beban, misalnya kolom, balok, dinding, yang menahan beban dan sebagainya.
- c. Beton prategang untuk balok prategang, yaitu balok dengan baja tulangan yang ditarik (ditegangkan) dulu sebelum diberi beban. Biasanya digunakan untuk balok jembatan dan balok gedung dengan bentang agak panjang (sekitar 35 meter), tiang pancang dan sebagainya.
- d. Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi dipakai pada struktur khusus, misalnya bantalan rel kereta api, tiang pancang, balok, dan kolom pada gedung bertingkat sangat banyak.

2. Berat Jenis

Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Beton berdasarkan Berat Jenis

Jenis Beton	Berat Jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	<1,00	Non Struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan
Beton Normal	2,30 – 2,40	Struktur
Beton Berat	>3,00	Perisai Sinar X

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

3. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus beton sebagai berikut :

$$E_c = (W_c)^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c} ; \text{ untuk } W_c = 1,5 - 2,5 \dots \dots \dots (2.1)$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} ; \text{ untuk beton normal } \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :

E_c = Modulus elastisitas beton, MPa

W_c = Berat Jenis Beton

f'_c = Kuat tekan beton MPa

4. Kerapatan Air

Pada bangunan tertentu beton diharapkan dapat rapat air (kedap air) agar tidak bocor, misalnya plat atap, dinding basement dan sebagainya. Selain itu juga untuk mencegah terjadinya karat pada baja tulangan, diperlukan beton yang rapat air.

Beton rapat air (kedap air) ialah beton yang sangat padat sehingga tidak dapat meresap kedalamnya atau rembes melalui pori-pori dalam beton. Pembuatan beton kedap air (Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air, SNI-03-2941-1992) dapat diusahakan dengan cara :

- a. Menambah butiran pasir halus (yaitu semen dan pasir yang lebih kecil dari 0,30 mm) sampai sekitar 400 – 520 Kg per meter kubik beton.
- b. Menambah jumlah semen sampai sekitar 280 – 380 Kg per meter kubik beton.

- c. Faktor air semen maksimum 0,45 – 0,50 (tergantung kedap air tawar, atau kedap air payau/ air laut)

5. Susutan Pengerasan

Volume beton setelah keras sedikit lebih kecil dari pada volume beton sewaktu masih lunak (beton segar), karena pada waktu mengeras mengalami sedikit susut karena peristiwa penguapan air. Bagian yang susut adalah pastinya, karena agregat tidak berubah volume. Oleh karena itu, semakin banyak pastinya semakin besar susutan betonnya. Sedangkan pasta itu sendiri, semakin besar faktor air- semen semakin besar susutannya. Susutan beton sekitar $2 \cdot 10^{-3}$ dan pastinya sekitar $6 \cdot 10^{-3}$.

6. Ketahanan terhadap ausan, cuaca, zat kimia

Pada bangunan tertentu beton khusus diharapkan dapat tahan terhadap ausan, abrasi, atau erosi, misalnya pada lapisan perkerasan jalan raya, landasan pesawat udara, permukaan dinding dan dasar saluran air, dasar terjunan air, dan sebagainya.

2.3 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton meliputi air, semen Portland, agregat kasar dan halus serta bahan tambah, dimana setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan, bila kuat tekan tinggi maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) serta umur beton (Tjokrodinuljo, 1996). Berikut adalah bahan penyusun beton yang digunakan adalah sebagai berikut.

2.3.1 Semen Portland

Menurut Standart Industri Indonesia (SII) 0013-81, Semen *Portland* atau *Portland Cement* (PC) adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling *klinkert*, yang dibuat dari bahan kalsium-silikat-hidrat dan material lainnya, seperti gipsum. Fungsi semen ialah bereaksi dengan air

menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk melekatkan butir-butir agregat agar menjadi satu kesatuan massa yang kompak/padat. Penemu semen (*Portland Cement*) adalah Joseph Aspdin pada tahun 1824, seorang tukang batu kebangsaan Inggris. Dinamakan semen *Portland*, karena awalnya semen dihasilkan mempunyai warna serupa dengan tanah liat alam di Pulau *Portland*.

Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan kedalam 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 potassium (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).

Indonesia Spesifikasi Bahan Bangunan Bukan Logam, (SK SNI S-04-1989F) semen Portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut ini :

1. Tipe I, Semen *Portland* Normal

Semen *Portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain. Jenis ini paling banyak diproduksi karena hampir semua jenis bangunan menggunakan semen ini, seperti pekerjaan struktur beton yang umum , misalnya untuk gedung, jembatan, dan bangunan-bangunan sipil lainnya yang tidak membutuhkan kewaspadaan tinggi terhadap aspek-aspek khusus seperti panas hidrasi atau pengaruh sulfat pada lingkungan yang korosif.



Gambar 2.1. Semen Portland Tipe I

Sumber : <https://lauwtjunji.weblly.com/semn> (diakses tanggal 12 Maret 2021)

2. Tipe II, Semen *Portland* Moderat

Semen *Portland* modifikasi adalah tipe yang setengah sifatnya tipe IV dan setengah tipe V (moderat). Semen ini digunakan pada saat ketahanan terhadap sulfat atau juga proses hidrasi dengan panas rendah. Dianjurkan untuk digunakan pada bangunan-bangunan yang mempunyai massa besar, atau juga pada komponen pondasi dengan volume pembetonan yang besar atau dengan kondisi air tanah yang korotif.



Gambar 2.2. Semen Portland Tipe II

Sumber : <https://distributorsemen.wordpress.com/semn> (diakses tanggal 12 Maret 2021)

3. Tipe III, Semen *Portland* untuk kekuatan awal yang tinggi.

Semen *Portland* tipe ini digunakan ketika dibutuhkan pengerasan yang cepat dan biasanya berhubungan dengan pelaksanaan bangunan yang memerlukan kekuatan awal yang lebih tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Umumnya digunakan untuk bangunan dengan metode konstruksi modern atau yang menggunakan peralatan modern, dimana kecepatan pengerasan beton dan kekuatan awal yang tinggi merupakan unsur penting yang dituntut.

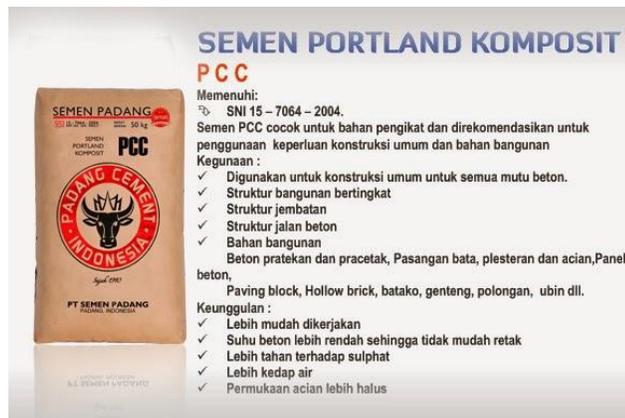


Gambar 2.3. Semen Portland Tipe III

Sumber : <https://halimahironti.blogspot.com/semen> (diakses tanggal 12 Maret 2021)

4. Tipe IV, Semen *Portland* dengan Panas Hidrasi Rendah.

Semen tipe ini dipakai ketika dibutuhkan pembetonan dengan panas hidrasi yang rendah. Dianjurkan pemakaian pada bangunan-bangunan yang mempunyai massa sangat besar, seperti dam, atau pada komponen pondasi dengan massa atau volume beton yang sangat besar, namun tidak menuntut kekuatan yang tinggi. Pertumbuhan kekuatan semen ini lebih lambat dari pada semen tipe I.



Gambar 2.4. Semen Portland Tipe IV

Sumber : <https://konstruksimania.blogspot.com/semen> (diakses tanggal 12 Maret 2021)

5. Tipe V, Semen *Portland* Tahan Sulfat.

Semen Portland ini umumnya digunakan untuk menghadapi aksi sulfat yang panas. Dianjurkan penggunaan pada bangunan-bangunan sipil yang berlokasi dilingkungan korosif seperti dermaga, anjungan beton lepas pantai, yang membutuhkan ketahanan beton terhadap korosi.



Gambar 2.5. Semen Portland Tipe V

Sumber : <https://halimahironti.blogspot.com/semen> (diakses tanggal 12 Maret 2021)

Pada penelitian kali ini, semen yang penulis gunakan adalah semen Portland Komposit (*Portland Composite Cement/PCC*). Menurut SNI-157064-2002 Semen Portland Komposit adalah bahan

pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen Portland dengan gips dengan satu atau lebih bahan organik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen Portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6-35% dari masa semen Portland komposit.

Semen Portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panelbeton, bata beton (*paving blok*) dan sebagainya.

Syarat mutu Semen *Portland* Komposit :

1. Syarat Kimia : SO_3 maksimum 4,0%
2. Syarat Fisika

Syarat Fisika untuk semen *Portland* Komposit dilihat tabel 2.4

Tabel 2.4 : Syarat Fisika Semen *Portland* Komposit

No	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehalusan dengan alat <i>blaine</i>	m ² /kg	Min 280
2	Kekekalan dalam <i>autoclave</i>		
	- Pemuai	%	Maks 0,80
	- Penyusutan	%	Maks 0,20
3	Waktu pengikatan dengan jarum vikat		
	- Pengikatan awal	Menit	Min 45
	- Pengikatan akhir	Menit	Max 375
4	Kuat Tekan		
	- Umur 3 hari	Kg/cm ²	Min 125
	- Umur 7 hari	Kg/cm ²	Min 200
	- Umur 28 hari	Kg/cm ²	Min 250
5	Peningkatan semu Penetrasi akhir	%	Min 50
6	Kandungan udara dalam mortar	% volume	Maks 12

Sumber : SNI 15-7064-2004

2.3.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar dan beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996). Agregat juga adalah suatu bahan yang berasal dari butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah melalui proses pelapukan dan abrasi yang berlangsung lama. Atau agregat dapat juga diperoleh dengan memecahkan batuan induk yang lebih besar. Mengingat bahwa agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Pengaruhnya bisa dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5. Pengaruh sifat agregat pada sifat beton

Sifat Agregat	Pengaruh Pada	Sifat beton
Bentuk, tekstur, dan gradasi	Beton cair	Keleccakan, pengikatan, dan pengerasan
Sifat fisik, sifat kimia, dan mineral	Beton Keras	Kekuatan, kekerasan, ketahanan (<i>durability</i>)

Sumber : Nugraha, P dan Antoni, 2007

1. Sifat – sifat mekanik agregat

a. Daya Lekat (*Bond*)

Bentuk butir dan tekstur permukaan agregat akan mempengaruhi kekuatan beton terutama beton mutu tinggi. Tekstur lebih kasar akan menyebabkan daya lekat yang lebih besar antara partikel dengan pasta.

b. Kekuatan

Kekuatan yang dibutuhkan pada agregat lebih tinggi dari pada kekuatan beton karena tegangan sebenarnya yang terjadi pada masing-masing partikel lebih tinggi dari pada tegangan nominal yang diberikan.

c. Kekerasan

Kekerasan agregat sangat diperlukan khususnya pada beton untuk struktur jalan atau pada lantai beton yang memikul beban lalu lintas yang berat. Kekerasan agregat dapat diukur dengan *Los Angeles Test*.

d. *Toughness* (Keuletan)

Keuletan adalah daya tahan agregat terhadap pecah akibat tumbukan, pengukuran keuletan biasanya dilakukan dengan uji kejut.

2. Sifat – sifat Fisik Agregat

a. *Specific Gravity* (Berat Jenis)

Berat jenis agregat adalah perbandingan berat di udara dari suatu unit volume terhadap berat air dengan volume yang sama. Pengukuran berat jenis dapat dilakukan pada 3 kondisi yaitu :

- 1) *Apparent Specific Gravity* (Berat Jenis Absolut) yaitu perbandingan berat agregat tanpa pori di udara dengan volumenya.
- 2) *Bulk Specific Gravity (Saturated surface Dry)* yaitu perbandingan berat agregat, termasuk berat air dalam pori dengan volumenya.
- 3) *Bulk Specific Gravity (Dry)* yaitu perbandingan berat agregat, termasuk pori di udara dengan volumenya.

b. *Bulk Density* (Berat Volume)

Berat volume adalah berat actual yang akan mengisi suatu penampung/wadah dengan volume satuan. Berat Volume diukur dalam kondisi padat dan gembur.

c. Porositas dan Absorpsi

Porositas dan absorpsi mempengaruhi daya lekat antara agregat dengan pasta, daya tahan terhadap abrasi, dan mempengaruhi nilai *specific*

gravity. Absorpsi agregat ditentukan dengan pengurangan berat dari kondisi SSD ke kondisi oven.

d. Kadar Air

Nilai Kadar air berubah-ubah sesuai dengan kondisi cuaca. Kadar air adalah perbandingan antara pengurangan berat tersebut terhadap berat kering dalam persen. Pengukuran kadar air sangat diperlukan pada pelaksanaan pencampuran beton sehingga kelecakan dan faktor air semen adukan beton tetap.

Sifat fisik dan mekanik mempengaruhi kekuatan, kekerasan, dan ketahanan dari beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan mortar dan beton. Secara umum, agregat penyusun beton dapat dibedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus.

Penetapan batas susunan butir agregat dapat dilakukan dengan menggunakan analisa saringan. Pengujian analisa saringan dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat. Beberapa ukuran saringan yang digunakan untuk mengetahui ukuran butir agregat dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 Ukuran Saringan standart agregat untuk campuran beton

STANDARD ISO	ASTM E11	BRITISH STANDARD, BS-812 (BS 410,1976)	STANDARD JERMAN	US STANDARD
128 mm	100 mm	-	-	
64 mm	90 mm	-	-	
-	75 mm	75 mm	-	No. 3”
-	63 mm	63 mm	63 mm	No. 2,5”
-	50 mm	50 mm	-	No. 2”
32 mm	37,5 mm	37,5 mm	31,5 mm	No. 1,5”
-	25 mm	28 mm	-	No. 1”
16 mm	19 mm	20 mm	16 mm	No. 3/4 “
-	12,5 mm	14 mm	-	
8 mm	9,5 mm	910 mm	8 mm	No. 3/8”
4 mm	4,75 mm	5 mm	4 mm	No. 4
2 mm	2,36 mm	2,36 mm	2 mm	No. 8
1 mm	1,18 mm	1,18 mm	1 mm	No.16
500 µm	600 µm	600 µm	500 µm	No. 30
250 µm	300 µm	300 µm	250 µm	No. 50
125 µm	120 µm	120 µm	-	No.100
62 µm	75 µm	75 µm	-	No.200

Sumber : Ir. Tri Mulyono, MT,2014

1. Agregat Kasar

Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran antara 5-40 mm, yang mana gradasi standart untuk agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut:

Tabel 2.7 Gradasi standart agregat kasar

Ukuran saringan (mm)	Persentase Lolos		
	38 – 4,76	19,0 – 4,76	9,6 – 4,76
38,1	95-100	-	-
19	35-70	90-100	100
9,52	10-30	20-55	40-70
4,76	0-5	0-10	0-15

Sumber : SK – SNI 03-2834-2000

Besar butiran maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian. Ukuran agregat sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton.

Semakin besar agregat maksimum yang digunakan, semakin berkurang kekuatan beton yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin besar agregat kasar, ruang antar agregat yang dihasilkan semakin besar sehingga potensi terjadinya rongga udara akan semakin tinggi dan dapat menyebabkan semakin kecilnya kekuatan tekan yang dihasilkan.

Syarat agregat kasar adalah :

- a. Agregat kasar memiliki partikel lebih besar daripada 4,75 mm.
- b. Harus berbutir keras dan tidak berpori
- c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering
- d. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton seperti alkali
- e. Butirannya harus bervariasi, tajam, kuat dan bersudut, sebagaimana gambar dibawah ini.



Gambar 2.6. Agregat Kasar

Sumber : <https://misterirham.blogspot.com/aggregatkasar> (diakses tanggal 12 Maret 2021)

2. Agregat Halus

Agregat halus untuk beton adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 5 mm.

Aggregat halus berfungsi mengisi pori-pori yang ada diantara agregat kasar, sehingga diharapkan dapat meminimalkan kandungan udara dalam beton yang dapat mengurangi kekuatan beton. Gradasi dan keseragaman agregat halus lebih menentukan kelecakan (*workability*) dari pada gradasi dari keseragaman agregat kasar karena mortar berfungsi sebagai pelumas sedangkan agregat kasar hanya mengisi ruang saja pada beton. Beton mutu tinggi saat ini dikembangkan menggunakan agregat halus yaitu pasir ukuran 0,125-0,5 mm (DIN 4226-1). Pada beton mutu tinggi harus memiliki susunan gradasi ukuran butiran yang dapat mengisi ruang kosong pada semen. Standart Susunan butir agregat halus dapat dilihat pada tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.8 Standart Susunan butir agregat halus

Lubang Ayakan BS	Persentase Tembus Kumulatif (Persen berat)				Menurut ASTM C333-74
	Menurut BS 882:1965				
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV	
9,52 mm	100	100	100	100	100
4,76 mm	90-100	90-100	90-100	95-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100	80-100
1,18 mm	30-70	55-90	75-100	90-100	50-85
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100	25-60
0,30 mm	5-10	8-30	12-40	15-50	10-30
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15	2-10

Sumber . Iskandar G, Rani, Teknologi Beton,2009

Dibawah ini adalah contoh sampel dari agregat halus yang akan digunakan dalam pembuatan campuran beton.



Gambar 2.7. Agregat Halus

Sumber . <https://notoprasetio.blogspot.com/aggregathalus> (Diakses tanggal 12 Maret 2020)

2.3.3 Air

Air merupakan bahan yang penting pada beton yang menyebabkan terjadinya reaksi kimia dengan semen. Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada didalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga beton lecah (*workable*). Air yang akan digunakan sebagai campuran beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi (ASTM C109):

1. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada uji kubus yang dibuat tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air yang dapat diminum.

Adapun batas toleransi zat kimia yang boleh terkandung didalam air untuk campuran beton dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut :

Tabel 2.9 Batas toleransi zat kimia pada air

Kotoran	Kotoran Maks (ppm)	Keterangan
Suspensi	2.000	<i>Silt</i> , tanah liat, bahan organik
Ganggang	500-1.000	Air entrain
Karbonat	1.000	Mengurangi <i>setting time</i>
Bikarbonat	400-1.000	400 ppm untuk Ca, Mg
Sodium sulfat	10.000	Kekuatan dapat meningkat, tapi kekuatan akhir menurun
Magnesium sulfat	40.000	
Sodium klorida	20.000	Mengurangi <i>setting time</i> , kekuatan dini meningkat tapi kekuatan akhir menurun.
Kalsium Klorida	50.000	
Magnesium Klorida	40.000	
Garam Besi	40.000	Memperlambat <i>setting time</i>
Phosphat, arsenat, borat	500	
Garam Zn, Cu, Mn, Sn	500	
Asam inorganic	10.000	pH tidak kurang dari 3,0
Sodium hidroksida	500	
Sodium sulfide	100	Beton harus diuji
Gula	500	Mempengaruhi <i>setting time</i>

Sumber : Nugraha, P dan Antoni, 2007

Pengaruh kotoran pada campuran beton secara umum bisa menyebabkan :

1. Gangguan pada hidrasi pada pengikatan
2. Gangguan pada kekuatan dan ketahanan
3. Perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan.
4. Korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton
5. Bercak-bercak pada permukaan beton.

Faktor Air Semen (FAS) adalah perbandingan jumlah penggunaan air dengan jumlah penggunaan semen (w/c) dalam suatu campuran mortar atau beton. Perbandingan yang dipakai dalam hal ini adalah perbandingan berat. Semakin tinggi nilai FAS maka semakin rendah mutu beton yang dihasilkan, akan tetapi nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang sangat rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

Umumnya nilai FAS minimum yang akan diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65.

D.A. Abrams pada tahun 1918 menyatakan bahwa “untuk material yang diberikan, kekuatan beton hanya tergantung pada satu faktor saja, yaitu faktor air semen dari pasta”.

2.3.4 Bahan Tambahan

1. Defenisi Bahan Tambahan

Bahan tambahan ialah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan kedalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau beton (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton Standar, SK SNI S-18-1990-03). Pemberian bahan tambahan pada adukan beton dengan maksud untuk memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas, mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan, dan sebagainya.

Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang berakibat memperburuk sifat beton (Tjokrodinuljo, 1996). Bahan tambah menurut maksud penggunaannya dibagi menjadi dua golongan yaitu *admixtures* dan *additives*.

Admixtures ialah semua bahan penyusun beton selain air, semen hidrolis dan agregat yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses pencampuran adukan didalam *batching*, untuk merubah sifat beton baik dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Defenisi *additive* lebih mengarah pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersamaan pada saat proses produksi semen (Taylor, 1997).

Menurut Tjokrodinuljo (1996), salah satu bahan tambah *Chemical Admixtures* merupakan bahan tambah bersifat kimiawi yang dicampurkan pada adukan beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras. Adapun jenis dari *Chemical Admixtures* ini yaitu :

1. *Superplasticizer*

Superplasticizer adalah bahan tambahan kimia yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen, sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena sangat mudah mengakibatkan terjadinya *bleeding*. *Superplasticizer* dapat mereduksi air sampai 40% dari campuran awal.

Beton berkekuatan tinggi dapat dihasilkan dengan pengurangan kadar air, sehingga pemakaian *superplasticizer* sangat diperlukan untuk mempertahankan nilai *slump* yang tinggi. Keistimewaan penggunaan *superplasticizer* dalam campuran pasta semen maupun campuran beton antara lain :

- a. Menjaga kandungan air dan semen tetap konstan sehingga didapat campuran dengan *workability* tinggi.
- b. Mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih besar.
- c. Mengurangi kandungan air dan semen dengan faktor air semen yang konstan tetapi meningkatkan kemampuan kerjanya sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan yang sama tetapi menggunakan semen lebih sedikit.

- d. Tidak ada udara yang masuk. Penambahan 1% udara kedalam beton dapat menyebabkan pengurangan kekuatan rata-rata 6%. Untuk memperoleh kekuatan yang tinggi, diharapkan dapat menjaga udara didalam beton serendah mungkin. Penggunaan *superplasticizer* menyebabkan sedikit bahkan tidak ada udara masuk kedalam beton.

Secara umum, partikel semendan air cenderung untuk berkohesi satu sama lainnya dan partikel semen akan menggumpal. Penambahan *superplasticizer*, partikel semen ini akan saling melepaskan diri dan terdispersi. Dengan kata lain *superplasticizer* mempunyai dua fungsi yaitu, mendispersikan partikel semen dari gumpalan partikel semen dan penambahan *superplasticizer* dapat menurunkan viskositas pasta semen, sehingga pasta semen lebih fluida/ alir. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan air dapat diturunkan dengan penambahan *superplasticizer*.

2. *Silica Fume*

Silica fume adalah material yang terdiri dari partikel halus dengan diameter 0,1-1,0 mikrometer. Berfungsi sebagai pengganti sebagian dari semen atau bahan tambahan pada saat sifat-sifat khusus beton dibutuhkan, seperti penempatan mudah, kekuatan tinggi, permeabilitas rendah, durabilitas tinggi dan sebagainya. Menurut standar “*Spesification for silica fume for use in Hydraulic Cement Concrete and mortar*” (ASTM.C.1240,1995), *silica fume* adalah material pozzolan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy* besi silikon.

Kegunaan *silica fume* secara geometrical adalah kemampuannya mengisi rongga-rongga diantara bahan pasta dan mengakibatkan membaiknya distribusi ukuran pori dan berkurangnya total volume pori. Namun kenyataan di lapangan,

ternyata penggunaan *silica fume* memiliki kekurangan. Beton yang mengandung *silica fume* mempunyai kecenderungan yang meningkat bahwa beton tersebut akan mengalami retak susut.

Untuk itu, kita bias gunakan beberapa cara, yakni salah satunya adalah beton *silica fume* yang masih segar harus secepatnya diberi perlindungan agar penguapan air yang cepat dapat dicegah. Penggunaan *silica fume* dapat menghasilkan beton yang kedap, awet dan berkekuatan tinggi.

Menurut Tjokrodimuljo (2007), bahan tambahan dapat dibedakan menjadi tiga golongan :

1. *Chemical Admixture* merupakan bahan tambahan bersifat kimiawi yang dicampurkan pada beton dengan maksud agar diperoleh sifat-sifat yang berbeda pada beton dalam keadaan segar maupun setelah mengeras. Misalnya sifat pengerjaannya yang lebih mudah dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau lebih cepat.
2. Pozolan merupakan bahan tambahan yang berasal dari alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang relative. Pozolan sendiri tidak memiliki sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton atau mortar, untuk memperbaiki kelecakan (*workability*), membuat beton lebih kedap air (mengurangi permeabilitas), dan menambah ketahanan beton terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif.
3. Serat (*fiber*) merupakan bahan tambahan yang berupa asbestos, gelas/kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (jerami, ijuk). Penambahan serat ini untuk meningkatkan daktilitas dan

ketahanan beton terhadap beban kejut (*iMPacct load*) sehingga dapat meningkatkan keawetan/durabilitas beton.

3. Putih Telur

Telur merupakan bahan makanan yang sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari yang merupakan sumber protein. Telur tersusun atas beberapa bagian yaitu kulit telur, kuning telur dan putih telur. Putih telur merupakan cairan putih atau yang sering disebut dengan albumen yang terkandung dalam telur. Putih telur memiliki kandungan yang terdiri atas 40% putih telur encer dan 60% putih telur kental yang mengandung 10 % protein terlarut dalam air. Putih telur memiliki kegunaan untuk menyediakan nutrisi tambahan dan melindungi kuning telur. Selain itu putih telur juga memiliki banyak kegunaan sebagai sumber pangan dan papan yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Abidin, 2011).

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pemeriksaan Agregat

1. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis semen. Berat jenis semen adalah perbandingan antara berat volume kering semen pada suhu ruangan dengan berat volume air pada 4°C, yang volumenya sama dengan volume semen. Peralatan dan bahan yang digunakan untuk pemeriksaan berat jenis semen adalah:

- a. Botol *Le chatelier*
- b. *Kerosin* bebas air dengan berat jenis 62 API (*American Proteleum Institute*)
- c. Semen ditimbang seberat 64 gram

Prosedur pemeriksaan berat jenis semen:

- a. Botol *Le Chatelier* diisi dengan *kerosin* sampai dengan skala 0 dan 1. Keringkan bagian dalam botol diatas permukaan cairan.
- b. Masukkan botol kedalam bak air sebagai usaha menjaga suhu yang konstan untuk menghindari variasi suhu botol yang lebih besar dari 0,2°C.
- c. Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol
- d. Masukkan contoh semen sedikit demi sedikit kedalam botol. jangan sampai terjadi ada semen yang menempel pada dinding botol di atas cairan.
- e. Setelah benda uji dimasukkan, putar botol dengan posisi miring secara perlahan-perlahan sampai gelembung udara yang timbul laagi pada permukaan cairan.
- f. Ulangi pekerjaan 1. Setelah suhu air sama dengan suhu cair dalam botol, baca skala pada botol.

Dengan pengujian diatas dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Berat jenis} = \frac{\text{berat semen}}{(v_2 - v_1)} \times d \dots\dots\dots(2.3)$$

V1 = Pembacaan pertama pada skala botol

V2 = Pembacaan kedua pada skala botol

(V2-V1) = Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan suhu berat tertentu

d = Berat isi air pada suhu 4°C (1 g/ cm³)

2. Pemeriksaan Berat Volume Agregat

Pemeriksaan berat volume agregat bertujuan menentukan berat isi agregat halus, kasar, atau campuran yang didefisiskan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Peralatn

yang digunakan dalam melakukan pemeriksaan berat volume agregat ini ini antara lain:

- a. Sekop
- b. mistar perata.
- c. Tongkat pemadat berdiameter 15 mm, panjang 60 cm, yang ujungnya bulat, terbuat dari baja tahan karat.
- d. Talam kapasitas cukup besar untuk meringankan contoh agregat Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
- e. Wadah baja berbentuk kubus dengan alat pemegang bekapasitas.

Tabel 2.10 kaapasitas wadah baja

Kapasitas (Liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal Wadah Minimum (mm)		Ukuran Butir Maksimum Agregat (mm)
			Dasar	Sisi	
2.832	152.4	154.9	5.08	2.54	12.70
9.435	2.5	2.5	5.08	2.54	25.40
14.158	203.2	292.1	5.08	3.00	38.10
28.316	2.5	2.5	5.08	3.00	101.60
	254.0	279.4			
	2.5	2.5			
	355.6	284.4			
	2.5	2.5			

Sumber: Panduan Pratikum Beton

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat volume agregat:

- a. Berat isi agregat ukuran butiran maksimum 38,10 mm
 1. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)
 2. Timbang dan catat berat wadah (W_1)
 3. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W_2)
 4. Retakan permukaan benda uji dengan menggunakan perata

5. Isilah wadah dengan benda uji dalam 3 lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat ditusukan sebanyak 25 kali secara merata

b. Berat isi lepas

1. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$)
2. Timbang dan catat benda wadah (W_1)
3. Timbang dan catat berat wadah beserta benda uji (W_2)
4. Retakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
5. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butiran-butiran, dari ketinggian 5 cm di atas wadah dengan sendok atau sekop sampai penuh.

Dari hasil pengujian tersebut kita dapat menghitung berat isi agregat dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat isi agregat} = \frac{W_3}{V} \text{ (kg/m}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : v adalah wadah (m^3)

3. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

Agregat halus yang dapat digunakan untuk pembuatan beton adalah agregat yang memiliki kadar lumpur < 5%. Pemeriksaan ini sama dengan pemeriksaan lewat saringan no. 200 yang bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dbenda uji dalam agregat.

Pengujian dapat dilakukan dengan memasukkan benda uji atau agregat halus ke dalam gelas ukur. Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur. Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan selama 24 jam. Setelah dibiarkan selama 24 jam lalu ukur tinggi pasir (V_1) dan tinggi lumpur (V_2). Hitunglh kadar lumpur menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

4. Pemeriksaan Zat Organik Pada Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan adanya kandungan bahan organik dalam agregat halus. Kandungan bahan organik yang berlebihan pada unsur bahan beton yang berlebihan pada unsur bahan beton dapat mempengaruhi kualitas beton. Dalam menganalisis hasil pemeriksaan berdasarkan pada observasi warna contoh terhadap warna standar.

Pemeriksaan zat organik pada agregat halus dilakukan dengan penambahan senyawa NaOH 3% pada benda uji yang sudah dimasukkan kedalam botol gelas tembus pandang yang dilengkapi dengan penutup karet atau gabus atau bahan lainnya yang tidak beraksi terhadap NaOH. Botol ditutup rapat dan dikocok agar agregat tercampur dengan NaOH. Diamkan selama 24 jam, kemudian bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar.

5. Analisis *Specific-Gravity* Dan Penyerapan Agregat

a. Agregat halus

Berat contoh agregat halus disisapkan sebanyak 500 gram.

Langkah pengujian seperti dibawah ini :

1. Agregat halus yang jenuh air di keringkan sampai diperoleh kondisi kering dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
2. Sebagian dari contoh dimasukan pada “*metal sand cone mold*”.benda uji didapatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumpukan.kondisi SSD diperoleh jika cetakan diangkat butiran-butiran pasir longsor atau runtuh.
3. Contoh agregat sebanyak 500 gram dimasukan dalam piknometer. Isi piknometer dengan air samapi 90 % penuh. Goyangkan piknometer untuk membebaskan gelembung-gelembung udara.

Rendam piknometer selama 24 jam dan timbang berat piknometer yang berisi berat air.

4. Periksa contoh benda uji dari piknometer dan keringkan. Tambahkan piknometer yang berisi air.
5. Perhitungan

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi SSD} = \frac{B}{B+D-C} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (kering)} = \frac{E}{B+D-C} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{E}{E+D-C} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Persentase Absorpsi} = \frac{B-E}{E} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana : A = berat piknometer

B = berat contoh kondisi SSD

C = berat piknometer + contoh + air

D = berat piknometer + air

E = berat contoh kering

b. Agregat kasar

Tujuan dari pengujian ini adalah menentukan *bulk and apparent specific-gravity* dan penyerapan (*absorption*) dari agregat kasar menurut prosedur ASTM C127. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton. Berat contoh agregat yang akan diuji disiapkan sebanyak 11 liter dalam keadaan kering permukaan (SSD = *Surface Saturated Dry*).

Langkah-langkah pengujian :

1. Benda uji direndam 24 jam
2. Benda uji dikeringkan sampai kondisi SSD dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat
3. Timbang berat benda uji dalam kondisi SSD (A)

4. Benda uji dimasukan kedalam keranjang dan direndam kembali dengan air. Goyang-goyangkan keranjang dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap. Hitunglah berat contoh kondisi jenuh (B)
5. Keringkan benda uji kemudian timbang kondisi kering (C)
6. Perhitungan

$$\text{Bulk Specific Gravity kondisi SSD} = \frac{C}{B-C} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Bulk Specific Gravity (kering)} = \frac{C}{A-C} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{A-B} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\text{Persentase Absorpsi} = \frac{B-E}{E} \times 100\% \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana : A = Berat contoh SSD
 B = Berat contoh dalam air
 C = Berat contoh kering di udara

7. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

Data distribusi butiran pada agregat dipermukaan dalam perencanaan campuran beton. Analisa saringan pembagian butir (gradasi agregat). Penentuan gradasi agregat ini dilakukan pada agregat kasar an agregat halus. Alat yang digunakan adalah :

- a. Timbangan digital
- b. Talam
- c. Kuas
- d. Sendok
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- f. Alat pemisah contoh (*simple spliter*)
- g. Mesin pengantar saringan
- h. Seperangkat saringan dengan ukuran jaringan tertentu, dan alat lainnya.

Benda uji yang akan diuji sebelum dikeringkan didalam oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat contoh tetap. Benda uji tersebut dicurahkan pada perangkat saringan yang sudah disusun mulai dari saringan paling besar dibagian atas sampai saringan paling kecil di bagian bawah. perangkat diguncang atau digetarkan dengan mesin penggetar selama 15 menit.

8. Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200

Tujuan dari pemeriksaan bahan lolos saringan no. 200 adalah menentukan jumlah bahan dalam agregat halus yang lolos saringan no.200 dengan cara pencucian. Berat minimum contoh agregat yang akan diuji tergantung pada ukuran maksimum dengan batas gradasi sebagai berikut :

Ukuran maksimum :

2.36 mm (no.8)	= 100 gram
1.18 mm (no.4)	= 500 gram
9.50 mm (3/8)	= 200 gram
19.10 mm (3/4)	= 2500 gram
38.10 mm (1.5)	= 5000 gram

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

- Saringan no.16 sampai no. 200
- Sendok/ sekop
- Talam dengan kapasitas yang cukup besar
- Timbangan dengan ketelitian 0.1%
- Oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- Wadah pencuci benda uji dengan kapasitas yang cukup besar sehingga waktu diguncang tidak tumpah.

Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah :

- a. Masukan agregat yang beratnya 1,25 kali berat minimum benda uji dalam talam. Kering dalam oven dengan suhu $(100 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai mencapai berat tetap.
- b. Masukkan benda uji agregat dalam wadah, dan beri air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- c. Guncang-guncangkan wadah dan tuangkan air pencucian kedalam susunan no.16 sampai no.200. dalam proses penuangan air cucian, usahakan bahan-bahan yang kasar tidak ikut tertuang
- d. Masukkan air pencucian baru, ulangi pekerjaan (c) sampai air cucian menjadi jernih
- e. Semua bahan yang tertahan saringan no. 16 dan no. 200 kembalikan kedalam wadah, kemudian masukan bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya (W2). Keringatan dalam oven sampai mencapai berat tetap.
- f. Setelah kering timbang dan catat beratnya (W3)
- g. Hitunglah berat bahan kering tersebut ($W4= W3-W2$)

Hitung jumlah beban yang lewat saringan no. 200 :

Jumlah bahan lewat saringan no. 200

$$= \frac{W1-W4}{W1} \times 100\% \dots \dots \dots (2.14)$$

Analisis jumlah yang lolos saringan no.200 dalam persen. Menurut SK SNI S-04-1984-F nilai kadar lumpur agregat < 5%. Jika persentase bahan yang lewat saringan no. 200 > 5% berarti bahan mempunyai kandungan lumpur yang tinggi.

2.4.2 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Langkah – langkah perhitungan *mix Design* beton normal mengacu pada SNI 03-2834-2000. Tujuannya adalah menentukan

komposisi komponen/unsur beton basah dengan ketentuan kekuatan tekan karakteristik dan *slump* rencana. Perencanaan campuran beton yang direncanakan untuk menentukan suatu komposisi pemakaian material yang digunakan untuk campuran beton. Dalam perencanaan ini harus memperhatikan aspek *workability*, *durability*, dan *finishing* dengan mutu beton f^c 14,5 Mpa yang telah direncanakan.

Tabel 2.11 berikut dapat dipergunakan untuk acuan nilai parameter yang perlu dalam perhitungan perencanaan.

Tabel 2.11 Perhitungan Perencanaan Campuran beton

No	Perhitungan Perencanaan Campuran beton		
1	Perhitungan Perencanaan Campuran beton		
2	Rencana <i>lamp</i>	Tabel II	Cm
3	Kekuatan Tekan Rencana Beton		Mpa
4	Modulus Kehalusan Agregat Halus		
5	<i>Specific Gravity</i> Agregat Kasar (SSD)		
6	<i>Specific Gravity</i> Agregat Halus (SSD)		
7	Ukuran Maksimum Agregat Kasar	Tabel IV	Mm
8	Berat Agregat Kasar		Kg/m ³

Perhitungn Komposisi Unsur Beton			
9	Rencana Air Adukan/m ³ Beton	Tabel A	Kg/m ³
10	Persentase Udara Yang Terperangkap	Tabel B	
11	w/c Ratio	Tabel I	
	w/c Ratio Maksimum	w/c terkecil /(9)	
	Berat Semen = Nilai w/c Terkecil	(9)/(11)	Kg
12	Berat Semen	Tabel B	Kg
13	Volume Agregat Kasar perlu/m ³ Beton	(13)x(8)	
14	Berat Agregat Kasar Perlu	0,001x (12)/3,15	M ³

15	Volume Semen	0,001 x (9)	M ³
16	Volume Air	0,001x(14)/(7)	M ³
17	Volume Agregat kasar		M ³
18	Volume Udara	-10	M ³
19	Volume Perlu Agregat Halus/m ³ Beton	1- [(15)+(16)+(17) +(18)]	M ³

Komposisi Berat Unsur Adukan/M³ Beton			
20	Semen	(12)	Kg
21	Air	(9)	Kg
22	Agregat Halus Kondisi (SSD)	(19)x(6)x1000	Kg
23	Agregat Kasar Kondisi (SSD)	(14)	Kg
24	Faktor Semen	(20)/50(1 zak=50 (kg)	Zak

Komposisi Unsur Campuran Beton/ Kapasitas Mesin Molen 0,03 m³			
25	Semen	(33) x 0,03	Kg
26	Air	(34) x 0,03	Kg
27	Agregat Halus Lapangan	(35) x 0,03	Kg
28	Agregat Kasar Lapangan	(36) x 0,03	Kg

2.4.3 Pengujian *Slump*

Cara pengujian *slump* menurut SNI 1972-2008 adalah sebagai berikut:

- a. Membasahi kerucut, meletakkan ditempat yang basah, rata, dan tidak menyerap air.
- b. Mengisi kerucut dengan beton segar dalam tiga lapis, masing-masing sepertiga dari volumenya.
- c. Menusuk setiap bagian sebanyak 25 kali

- d. Meratakan bagian atasnya, dan tunggu sampai 30 detik
- e. Menarik kerucut tegak lurus vertikal dengan perlahan
- f. Meletakkan tabung kerucut disamping beton segar, kemudian ukur beda tinggi kerucut dengan beton segar untuk mendapatkan nilai *slump*.

2.4.4 Pembuatan Benda Uji Kubus

Cara pembuatan benda uji silinder dengan cara mempersiapkan bahan sesuai dengan perhitungan *mix design*. Metode yang dilakukan untuk pembuatan beton adalah sebagai berikut:

- a. Persiapkan semua bahan dan timbang sesuai dengan berat rencana,
- b. Masukkan agregat kasar (*split*), agregat halus, dan semen kedalam *Concrete Mixer*,
- c. Setelah tercampur masukkan air sedikit demi sedikit, proses pencampuran tidak melebihi 5 menit untuk menjaga beton tidak mengeras waktu dimasukkan kedalam silinder,
- d. Keluarkan beton segar dari *Concrete Mixer* dan masukkan ke dalam kerucut Abram untuk pemeriksaan nilai *slump*,
- e. Setelah nilai *slump* didapatkan, kemudian beton dimasukkan kedalam cetakan kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm dengan cara memasukkan beton segar masing-masing sepertiga dari cetakan silinder, setelah itu ditusuk setiap lapisannya sebanyak 25 kali.

2.4.5 Perawatan (Curing) Benda Uji

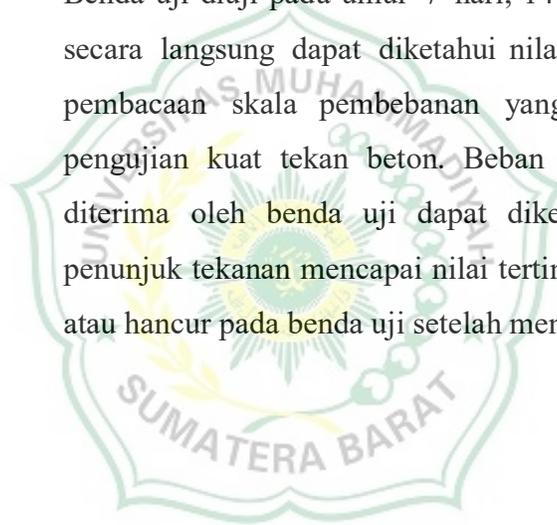
Cara perawatan benda uji adalah sebagai berikut :

- a. Setelah 24 jam, cetakan beton kubus dibuka, lalu beton dibersihkan.

- b. Rendam benda uji didalam bak perendam menggunakan air bersih selama 7 hari sampai 28 hari.
- c. Setelah itu beton diangkat dan di diamkan dalam suhu ruangan, kemudian diuji kuat tekan.

2.4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

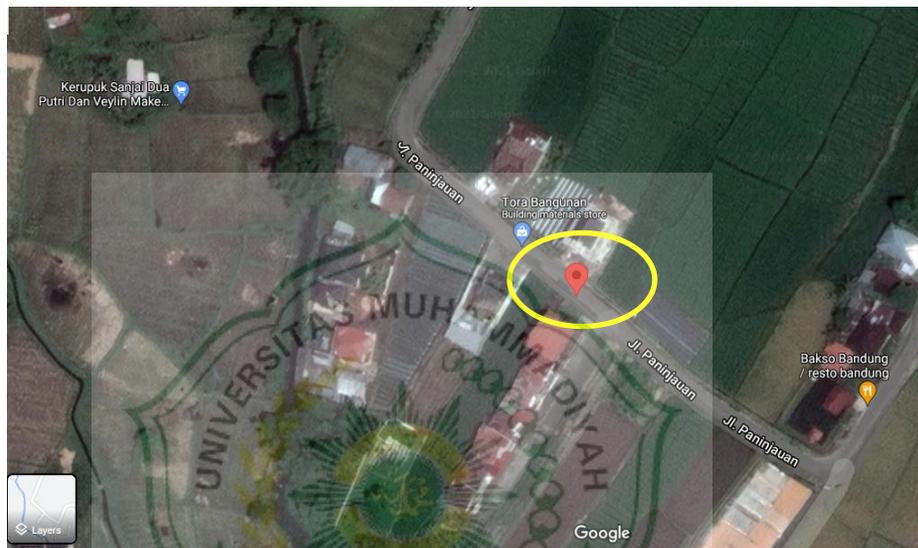
Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan rencana dengan kuat tekan di lapangan. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan mesin pengujian kuat tekan atau *Compression testing machine* (CTM). Benda uji diuji pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari, yang secara langsung dapat diketahui nilai kuat tekannya dengan pembacaan skala pembebanan yang didapat pada waktu pengujian kuat tekan beton. Beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji dapat diketahui pada saat angka penunjuk tekanan mencapai nilai tertinggi diikuti dengan retak atau hancur pada benda uji setelah menerima beban maksimum.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Jalan Paninjauan, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat 26136.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sumber : [//kodepos.id/jalan/jalan-paninjauan-mandiingin-koto-selayan-bukittinggi-sumatera-barat-26127.html](http://kodepos.id/jalan/jalan-paninjauan-mandiingin-koto-selayan-bukittinggi-sumatera-barat-26127.html) (3 Agustus 2021)

3.2 Data Penelitian

3.2.1 Data Primer

Untuk data primer pada penelitian ini kami dapatkan dari hasil uji test laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Untuk uji laboratorium ini kami mencoba melakukan penelitian terhadap korelasi antara porositas antara kuat tekan beton, dengan campuran putih telur.

3.2.2 Data Sekunder

Untuk data sekundernya kami mencoba mencari referensi dari jurnal yang terkait dengan judul penelitian serta dokumen-dokumen yang berhubungan dengan pengaruh penambahan putih telur pada beton.

3.2.3 Teknik Pengumpulan Data

Untuk teknik pengumpulan data sendiri dengan melakukan langsung uji laboratorium dengan membuat berbagai macam campuran benda uji beton dengan campuran putih telur. Dari pengujian benda ujin tersebut kami akan mencoba mendapat kan hasil penelitian berupa tingkat porositas beton dengan menggunakan campuran putih telur sesuai dengan persentase yang telah ditentukan sebelumnya.

3.3 Metode Analisis Data

3.3.1 Pengujian Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur beton 28 hari, Langkah-langkah pengujian nya adalah :

1. Kubus beton diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga kering permukaan.
2. Menimbang dan mencatat berat sampel beton, kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan.
3. Pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin ujitekan beton
4. Meletakkan sampel beton kedalam alat penguji, lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan alat menekan sampel beton
5. Mencatat hasil kuat tekan beton untuk tiap sampelnya

3.3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

a. Cetakan Beton

Cetakan beton terbuat dari plat baja yang berbentuk silinder yang berukuran diameter 15 cm tinggi 30 cm dan kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm.

b. Kerucut Abrams

Alat yang digunakan untuk menguji nilai *slump* terhadap beton segar. Kerucut abrams memiliki ukuran diameter bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm dan tinggi 30 cm.

c. Timbangan Digital

Untuk menimbang bahan-bahan penelitian beton.

d. Mesin Pencampur Bahan (*concret mixer*)

Untuk pembuatan campuran atau adukan beton

e. Piknometer

Untuk memeriksa berat jenis dan penyerapan agregat halus

f. Saringan

Untuk menguji gradasi agregat

g. Oven/kompor gas

Untuk memeriksa kadar air, berat jenis, dan penyerapan agregat.

h. Alat Penguji Kuat Tekan Beton

i. Gelas Ukur

Berfungsi untuk mengukur volume air dan pemeriksaan kadar lumpur

j. Bak Perendam

untuk perawatan beton

2. Bahan Penelitian

a. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PCC tipe I.

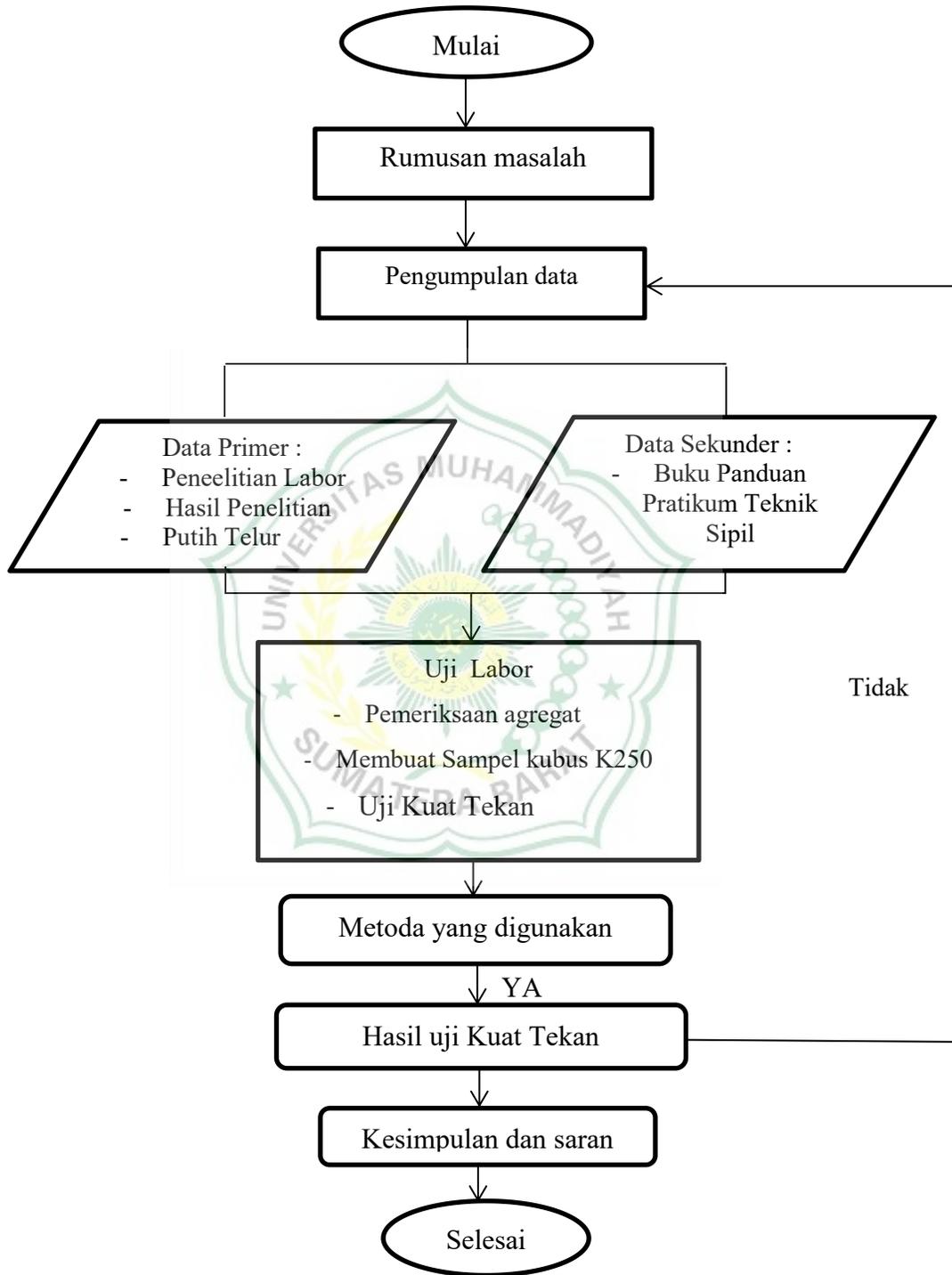
b. Agregat kasar yang digunakan ialah Split dari Kayu Tanam.

c. Agregat halus yang digunakan adalah pasir dari Palembang.

d. Untuk perendaman digunakan air bersih dari Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

e. Putih Telur

3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Hasil pemeriksaan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat adalah sebagai berikut ini:

4.1.1 Pengujian Semen

Pemeriksaan Semen pada percobaan ini untuk menentukan Pemeriksaan Berat Jenis Semen, Penentuan Konsistensi Normal Semen Hidrolis dan Komposisi Berat Unsur Adukan/M³ Beton sebagai penentuan waktu Pengikatan dari Semen. Data percobaan ini dapat dilihat pada tabel 4.1, tabel 4.2 dan tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.1 : Hasil Pengujian Semen Hidrolis

No	Uraian Pengujian	Satuan	Piknometer 1	Piknometer 2
1	Berat Semen	gr	64,00	-
2	Volume I zat cair	ml	20,7	-
3	Volume II zat cair	ml	21,8	-
4	Berat isi air pada suhu 4°C	gr/cm ³	1	-
5	Berat jenis semen = $1/(3-2) \times 4$	gr/cm ³	58,18	-
6	Berat jenis semen rata-rata	gr/cm ³	58,18	

Sumber : Data Penelitian 2021

Tabel 4.2 : Hasil Penentuan Konsistensi Normal Semen Hidrolis

No	Semen (gr)	Bahan Tambahan (% x semen)	Air (ml)	Penurunan tiap 30'' (mm)
1	250	-	125	29
2	250	-	110	4
3	250	-	113	12
4	250	-	112	9
5	250	-	-	-
6	250	-	-	-

Sumber : Data Penelitian 2021

Tabel 4.3 : Waktu Pengikatan Awal Semen Hidrolis

No	Waktu Penurunan air (menit)	Penurunan (mm)	Keterangan waktu pengujian
1	45	18,0	9:54 – 10:34
2	60	10,0	10:34 – 10:49
3	75	6,0	10:49 – 11:04
4	90	4,0	11:04 – 11.19
5	105	2,5	11:19 – 11:34
6	120	1,5	11:34 – 11:49
7	135	1,0	11:49 – 12:04
8	150	0,5	12:04 – 12:19
9	165	-	12:19 – 12:34
10	180	-	
11	195	-	
12	210	-	

Sumber : Data Penelitian 2021

4.1.2 Pemeriksaan Berat Volume Agregat

1.1 Agregat Kasar

Hasil Pemeriksaan berat Volume Agregat Kasar dapat dilihat Pada Tabel

4.4 berikut :

Table 4.4 Pemeriksaan berat volume Agregat kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan	
		Padat	Gembur	Padat	Gembur		
(1)	Volume wadah	10.174	10.174	10.174	10.174	Liter	
(2)	Berat wadah	2.214	2.214	2.214	2.214	kg	
(3)	Berat wadah + Benda uji	18.214	16.264	17.219	14.975	kg	
(4)	Berat benda uji = (3) - (2)	16.000	13.844	15.005	12.761	kg	
(5)	Berat volume agregat = (4) / (1)	1.573	1.361	1.475	1.254	kg/lt	
(6)	Berat volume rata-rata kondisi padat					1.524	kg/lt
(7)	Berat volume rata-rata kondisi gembur					1.308	kg/lt

Sumber :Data Penelitian (2021)

1.2 Agregat Halus

Hasil Pemeriksaan Berat Volume Agregat Halus dapat dilihat pada

Tabel 4.5 berikut :

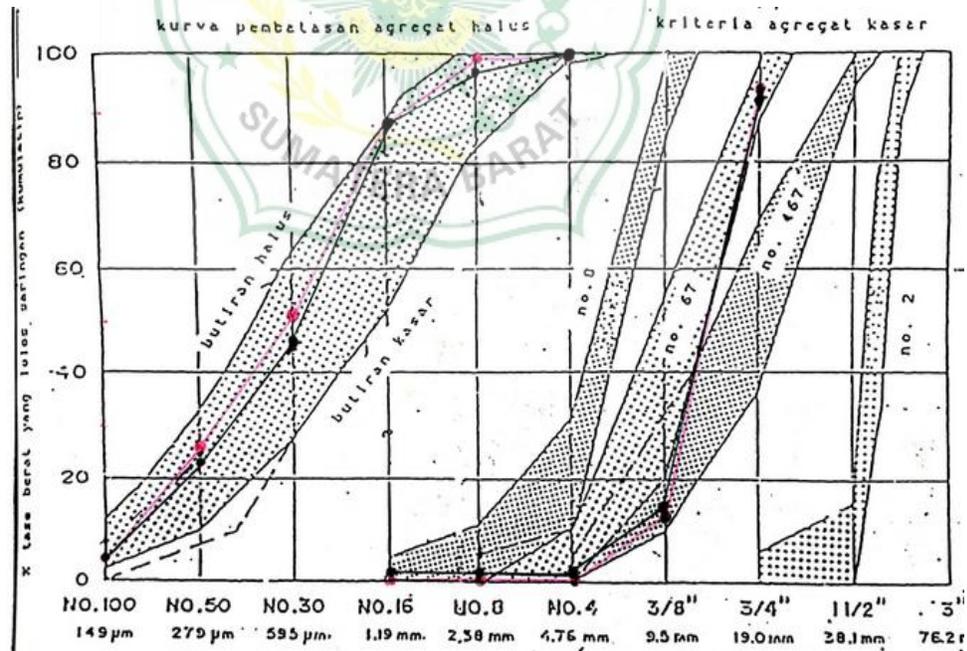
Tabel 4.5 : Pemeriksaan berat volume Agregat Halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1		Pengujian 2		Satuan	
		Padat	Gembur	Padat	Gembur		
(1)	Volume wadah	10,174	10.174	10,174	10.174	Liter	
(2)	Berat wadah	2.214	2.214	2.214	2.214	Kg	
(3)	Berat wadah + Benda uji	15.005	14.105	14.921	13.867	Kg	
(4)	Berat benda uji = (3) - (2)	12,791	11.891	12.707	11.653	Kg	
(5)	Berat volume Agregat = (4) / (1)	1.257	1.169	1.249	1.145	kg/lt	
(6)	Berat volume rata-rata kondisi padat					1.253	kg/lt
(7)	Berat volume rata-rata kondisi gembur					1.157	kg/lt

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.1.3 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

Pemeriksaan analisa saringan bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat.



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat

Sumber : Buku Pratikum Beton Fakultas Teknik Sipil UM Sumbar

Tabel 4.6: Analisis saringan agregat kasar

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Prosentase tertahan		Prosentase berat yang lolos	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	12.50	3/4	265.0	265.0	10.60	10.60	89.40	89.40
-	9.50	3/8	201.0	201.0	88.04	88.04	1.36	1.36
No.4	4.70	-	26.0	26.0	1.12	1.12	0.24	0.24
No.8	2.38	-	2.0	2.0	-	-	0.24	0.24
No.16	1.19	-	-	-	-	-	0.24	0.24
Wadah			6.0	6.0	Total		91.48	91.48
Total			500.0	500.0				
Total rata-rata							91.48	

Sumber : Data Penelitian (2021)

Hasil Pengujian analisa saringan agregat Kasar dan agregat halus, dapat disimpulkan bahwa :

- a. Berat terbesar yang tertahan pada percobaan saringan agregat kasar adalah saringan 9,50 mm atau 3/8 Inch sebesar 2,266 Kg.
- b. Berat terbesar yang tertahan pada percobaan saringan agregat halus adalah saringan No.50 sebesar 180 gram.
- c. Modulus Kehalusan agregat halus didapat dari penjumlahan % berat lolos saringan No.200 ke atas dibagi 100, karena% berat lolos pada wadah merupakan lumpur, jadi tidak dimasukkan kedalam perhitungan modulus kehalusan.
- d. Susunan gradasi pada percobaan analisa saringan agregat halus terletak pada Zona II.

Tabel 4.7 : Analisis Saringan agregat Halus

No. saringan	Uk. Lobang ayakan		Berat tertahan (gr)		Prosentase tertahan		Prosentase berat kumulatif	
	mm	inchi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
-	9.50	3/8	-	-	-	-	100.00	100.00
No.4	4.76	-	-	-	-	-	100.00	100.00
No.8	2.38	-	8.0	14.0	1.60	2.80	98.80	98.80
No.16	1.19	-	33.0	38.0	6.60	7.60	92.00	92.00
No.30	0.59	-	88.0	220.0	17.60	44.00	74.00	74.00
No.50	0.27	-	180.0	138.0	36.00	27.60	37.40	37.40
No.100	0.14	-	144.0	69.0	28.80	13.80	9.40	9.40
No.200	0.07	-	27.0	13.0	5.40	2.60	3.40	3.40
Wadah			20.0	8.0	Total (saringan no.4 - no.200)		415.00	
Total			500.0	500.0				
Total (saringan no.4 - no.200) rata-rata							207.5	
Modulus kehalusan							2.08	

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.1.4 Pemeriksaan Bahan Lolos Saringan

Pemeriksaan kadar lumpur untuk Agregat halus dilakukan dengan pemeriksaan lolos saringan No 200. Nilai kadar lumpur Agregat halus diperoleh 2,2%, memenuhi syarat SK-SNI S-04-1989-F dimana syarat agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton adalah yang memiliki kadar lumpur <5%, Hasil Pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.8: Pengujian Agregat lolos saringan No 200

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat wadah	135.0	135.0	gr
(2)	Berat wadah + benda uji	635.0	635.0	gr
(3)	Berat benda uji = (2) - (1)	500.0	500.0	gr
(4)	Berat benda uji tertahan dalam saringan	494.0	496.0	gr
(5)	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 = $\{ [(3) - (4)] / (3) \} \times 100$	1.200	0.80	%
(6)	Jumlah bahan lolos saringan no. 200 rata-rata		1.00	%

Sumber : Data Penelitian 2021

Dari data diatas dapat dibuat kesimpulan bahwa agregat memiliki kadar lumpur yang rendah sebesar 1,0 %. Dimana kadar lumpur yang diperbolehkan dalam agregat tidak boleh besar dari 5 %.

4.1.5 Pemeriksaan Zat Organik Agregat Halus

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap benda uji setelah direndam dengan campuran *NaOH* selama 24 jam, terjadi perubahan warna pada air perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa pasir tersebut banyak mengandung zat organik. Kesimpulan yang dapat diambil disini adalah sebelum agregat halus atau pasir digunakan sebaiknya dicuci terlebih dahulu untuk mengurangi jumlah zat organik yang terkandung dalam pasir tersebut.

Hasil Pengujian pemeriksaan zat organik pada agregat halus didapatkan sebesar 1,6%. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan dalam pembentuk beton layak digunakan, karena kandungan lumpur <5%. Merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton. Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9 : Pengujian Kadar Lumpur pada agregat halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Tinggi pasir	493.0	456.0	gr
(2)	Tinggi lumpur	5.0	7.0	gr
(3)	Kadar lumpur = (2) / [(1) + (2)]	1.00	1.51	%
(4)	Kadar lumpur rata-rata		1.26	%

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.1.6 Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Hasil Pengujian kadar air agregat Kasar dan agregat halus yang dilakukan di Laboratorium dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10: Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Uraian	Indeks	Pengujian 1 (Gram)	Pengujian 2 (gram)
Berat Wadah	W1	1.441	1.414
Berat Benda Uji + Wadah	W2	7.893	6.358
Berat Benda Uji Basah	W3	6.452	5.530
Berat Benda Uji Kering + Wadah	W4	6.318	5.424
Berat Benda Uji Kering	W5	4.877	4.596
Kadar Air = $W_3 - W_5 / W_3 \times 100\%$		0,244 %	0,16 %
Kadar Air Rata-rata			0,202 %

Sumber : Data Penelitian 2021

Hasil Pengujian kadar air pada agregat kasar 0,202% Menurut Tjokrodimulyo, 2007, nilai kadar air yang disyaratkan untuk agregat kasar < 1%. Ini berarti agregat kasar (*split*) dalam pengujian ini memenuhi persyaratan bahan campuran beton sehingga bisa kita gunakan langsung. Dan dapat dilihat hasil pengujiannya berdasarkan tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11: Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Uraian	Indeks	Pengujian 1 (Gram)	Pengujian 2 (gram)
Berat Wadah	W1	-	-
Berat Benda Uji + Wadah	W2	750	750
Berat Benda Uji	W3	750	750
Berat Benda Uji Kering + Wadah	W4	690	690
Berat Benda Uji Kering	W5	690	690
Kadar Air = $W_3 - W_5 / W_3 \times 100\%$		0,08 %	0,08 %
Kadar Air Rata-rata			0,08 %

Sumber : Data Penelitian 2021

Hasil Pengujian kadar air pasir didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,938% Nilai ini tidak memenuhi persyaratan kadar air untuk agregat halus menurut Mulyono, 2004 yang berkisar antara 1-2%.

4.1.7 Analisa *Specific Gravity* dan Penyerapan Agregat

Hasil Pengujian analisa *Specific Gravity* dan penyerapan agregat kasar dan halus rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13 :

Tabel 4.12 Analisa *specific gravity* dan penyerapan agregat kasar

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat contoh dalam kondisi SSD	8.7	8,069.0	gr
(2)	Berat contoh SSD dalam air	4,568.0	5,121.0	gr
(3)	Berat contoh kering di udara	7,886.0	7,872.0	gr
(4)	Apparent specific gravity = $(3) / [(3) - (2)]$	2.377	2.862	gr
(5)	Bulk specific gravity kondisi kering = $(3) / [(1) - (2)]$	2.130	2.670	gr
(6)	Bulk specific gravity kondisi SSD = $(1) / [(1) - (2)]$	2.280	2.737	gr
(7)	Prosentase penyerapan (absorption) = $\{ [(1) - (3)] / (1) \} \times 100$	7.13	2.50	%
(8)	Apparent specific gravity rata-rata		2.620	gr
(9)	Bulk specific gravity kondisi kering rata-rata		2.400	gr
(10)	Bulk specific gravity kondisi SSD rata-rata		2.509	gr
(11)	Prosentase penyerapan (absorption) rata-rata		4.82	%

Sumber : data Penelitian (2021)

Tabel 4.13 : Analisa *specific gravity* dan penyerapan agregat halus

No.	Uraian Pengujian	Pengujian 1	Pengujian 2	Satuan
(1)	Berat piknometer	190.0	190.0	gr
(2)	Berat contoh dalam kondisi SSD	500.0	500.0	gr
(3)	Berat piknometer + contoh SSD + air	990.0	982.0	gr
(4)	Berat piknometer + air	688.0	688.0	gr
(5)	Berat contoh kering	493.0	495.0	gr
(6)	Apparent specific gravity = $(5) / [(5) + (4) - (3)]$	2.581	2.463	gr
(7)	Bulk specific gravity kondisi kering = $(5) / [(2) + (4) - (3)]$	2.490	2.403	gr
(8)	Bulk specific gravity kondisi SSD = $(2) / [(2) + (4) - (3)]$	2.525	2.427	gr
(9)	Prosentase penyerapan (absorption) = $\{ [(2) - (5)] / (2) \} \times 100$	1.42	1.01	%
(10)	Apparent specific gravity rata-rata		2.522	gr
(11)	Bulk specific gravity kondisi kering rata-rata		2.447	gr
(12)	Bulk specific gravity kondisi SSD rata-rata		2.476	gr
(13)	Prosentase penyerapan (absorption) rata-rata		1.21	%

Sumber : Data Penelitian (2021)

$$\begin{aligned}
 \text{Apparent Specific Gravity} &= \frac{E}{E+D-C} = \frac{495}{495+688-966} = 2,281 \text{ gr} \\
 \text{Bulk Specific Gravity (kering)} &= \frac{E}{B+D-C} = \frac{495}{500+688-966} = 2,230 \text{ gr} \\
 \text{Bulk Specific Grafity (SSD)} &= \frac{B}{B+D-C} = \frac{500}{500+688-966} = 2,252 \text{ gr} \\
 \text{Persentase Penyerapan} &= \frac{B-E}{E} \times 100\% \\
 &= \frac{500-495}{495} \times 100\% = 1,01\% \\
 \text{Persentase Penyerapan} &= \frac{1,42\%+1,01\%}{2} = 1,215\%
 \end{aligned}$$

4.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton

Perhitungan dari Perencanaan campuran adukan beton dengan metode SNI 03-2834-2000, untuk analisis hitungan perencanaan beton . Rencana untuk kebutuhan bahan adukan beton dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut :



Tabel 4.15 : Perkiraan Campuran Beton f_c' 20,75 MPa

(1)	Kategori Jenis Struktur		
(2)	Rencana Slump (Tabel III)	10.00	cm
(3)	Kekuatan Tekan Rencana Beton	20.75	Mpa
	Kuat tekan beton yang disyaratkan umur 28 hari	$f_c =$	20.75 Mpa
	Kuat tekan rata-rata perlu untuk benda uji silinder Ø15 x 30 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm ²)	211.588	kg/cm ²
	Kuat tekan rata-rata perlu untuk benda uji kubus 15 x 15 x 15 cm (1 MPa = 10,197 kg/cm ²)	254.925	kg/cm ²
(4)	Modulus Kehalusan Agregat Halus	2.85	
(5)	Ukuran Maksimum Agregat Kasar (Tabel IV)	2.50	mm
(6)	Specific Gravity Agregat Halus (SSD)	2.202	gr
(7)	Specific Gravity Agregat Kasar (SSD)	2.560	gr
(8)	Berat Isi Agregat Kasar	1.481,6	kg/m ³
B. PERHITUNGAN KOMPOSISI UNSUR BETON			
(9)	Rencana air adukan/m ³ beton (Tabel A)	193.00	kg/m ³
(10)	Prosentase udara yang terperangkap (Tabel A)	1.50	%
(11)	W/C Ratio (Grafik I atau Tabel I)	0.59	
	W/C Ratio Maksimum (Tabel I)	0.60	
	Berat semen = (11) / (9)	0.003	
	Berat jenis semen (a)	327.120	gr/cm ³
(12)	Berat semen = (9) / (11)	327.120	kg
(13)	Volume agregat kasar perlu /m ³ beton (Tabel B)	0.670	
(14)	Berat agregat kasar perlu = (13) x (8)	992.700	kg
(15)	Volume semen = 0,001 x (12) / (3.15)	0.104	m ³
(16)	Volume air = 0,001 x (9)	0.193	m ³
(17)	Volume agregat kasar = 0,001 x (14) / (7)	0.388	m ³
(18)	Volume udara (10)	0.015	m ³
(19)	Volume agregat halus = 1 - { (15) + (16) + (17) + (18) }	0.300	m ³
C. KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN /M3 BETON			
(20)	Semen (12)	327.120	kg
(21)	Air (9)	193.000	kg
(22)	Agregat halus kondisi SSD = (19) x (6) x 1000	660.600	kg
(23)	Agregat kasar kondisi SSD (14)	992.700	kg
(24)	Faktor semen = (20) / 50 { 1 zak = 50 kg }	6.542	kg

D. KOREKSI UKURAN AIR DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN			
(25)	Prosentase kadar lembab agregat kasar : mk	0.0764	
(26)	Absorsi agregat kasar : ak	0.0482	
(27)	Kadar air agregat halus : mh	0.0889	
(28)	Absorsi agregat halus : ah	0.0121	
(29)	Tambahan air adukan dari kondisi agregat kasar = $(23) \times \{ [ak - mk] / [1 - mk] \}$	-30.339	kg
(30)	Tambahan agregat kasar untuk kondisi lapangan = $(23) \times \{ [mk - ak] / [1 - mk] \}$	30.339	kg
(31)	Tambahan air adukan dari kondisi agregat halus = $(22) \times \{ [ah - mh] / [1 - mh] \}$	-55.664	kg
(32)	Tambahan agregat halus untuk kondisi lapangan = $(22) \times \{ [mh - ah] / [1 - mh] \}$	55.664	kg
E. KOMPOSISI AKHIR UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN /M3 BETON			
(33)	Semen (12)	327.120	kg
(34)	Air = (21) + (29) + (31)	106.997	kg
(35)	Agregat Halus kondisi lapangan = (22) + (32)	716.26	kg
(36)	Agregat Kasar kondisi lapangan = (23) + (30)	1,023.04	kg
F. KOMPOSISI UNSUR CAMPURAN BETON UNTUK VOLUME			
	=	0.0034	M3
(37)	Semen	9.945	kg
(38)	Air	5.868	kg
(39)	Agregat Halus kondisi lapangan	20.088	kg
(40)	Agregat Kasar kondisi lapangan	30.153	kg
G. DATA SETELAH PELAKSANAAN			
(41)	Sisa air campuran (jika ada)	-	kg
(42)	Penambahan air selama pelaksanaan (jika ada)	-	kg
(43)	Jumlah air sesungguhnya yang digunakan	3.969	kg
(44)	Nilai SLUMP yang diukur	8.5	cm

Tabel 4.16 : Komposisi Unsur Penambahan Putih Telur

KOMPOSISI PENAMBAHAN PUTIH TELUR BERAT AIR				
Komposisi	Campuran 5%	Campuran 10%	Campuran 15%	Sat
Semen	9,945	9,945	9,945	Kg
Air	5,868	5,868	5,868	Lt
Agregat Halus	20,088	20,088	20,088	Kg
Agregat Kasar	30,195	30,195	30,195	Kg
Putih Telur	0,293	0,587	0,880	Kg

Sumber : Data Penelitian (2021)

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada penelitian ini pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji Kubus dengan penampang kubus ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm masing-masing sebanyak 3 benda uji.

1. Hasil Uji Kekuatan beton Normal K-250 F'c 20,75 MPa

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal dari umur 7 sampai dengan 28 haru dapat terlihat pada gambar 4.17 berikut:

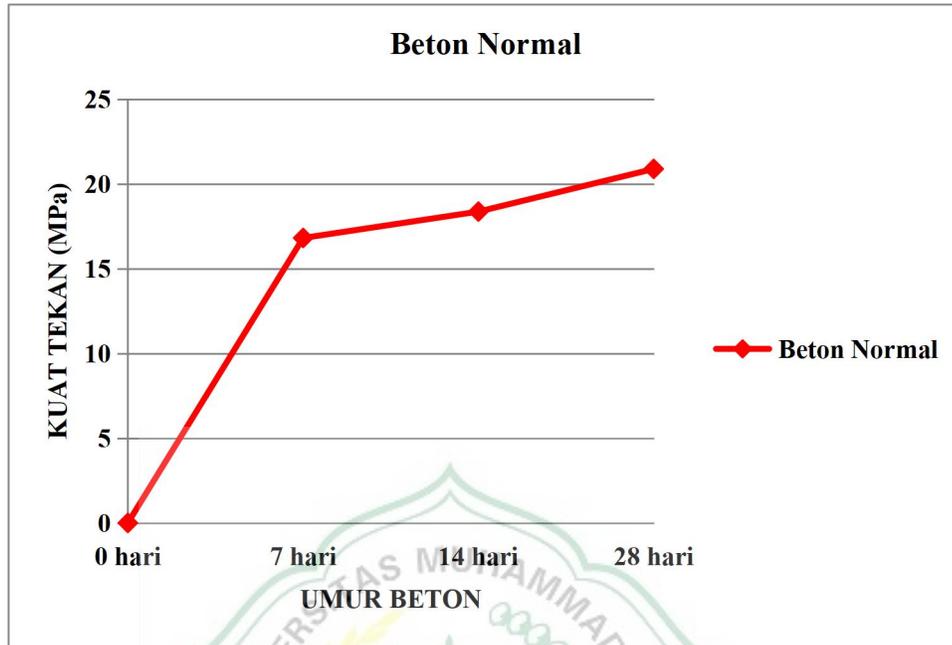
Tabel 4.17 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal f'c 20,75 Mpa

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	mm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
Normal	7	7.506	22500.00	35.5	15.78	16.81	202.59
		7.486	22500.00	40	17.78		
		7.517	22500.00	38	16.89		
	14	7.657	22500.0	41.5	18.44	18.37	221.33
		7.455	22500.0	40.5	18.00		
		7.516	22500.0	42	18.67		
	28	7.432	22500.0	48	21.33	20.89	251.67
		6.555	22500.0	46	20.44		
		7.134	22500.0	47	20.89		

Sumber : Data Hasil Penelitian (2021)

Hasil perhitungan uji kekuatan beton normal F'c 20,75 MPa dapat dilihat pada grafik 4.1 berikut:

**GRAFIK KUAT TEKAN
BETON NORMAL F'c 20,75 Mpa**



Gambar 4.1: Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

2. Hasil kekuatan beton dengan tambahan putih telur 5%

Hasil pengujian kekuatan beton pada beton normal yang ditambahkan putih telur 5% untuk umur 7 hari sampai 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.18 berikut:

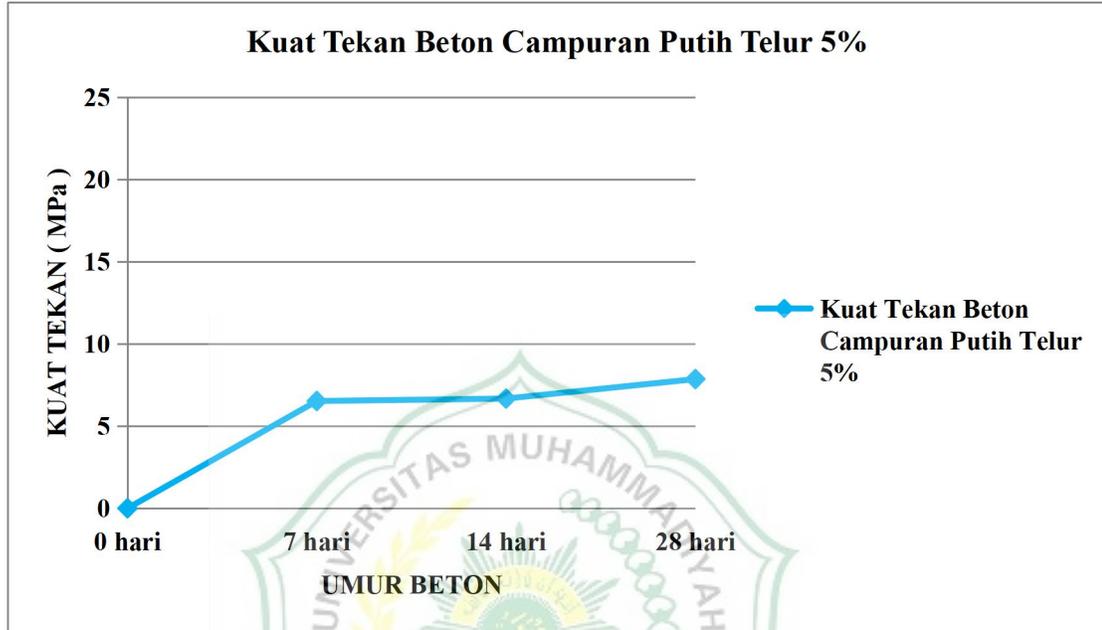
Tabel 4.18 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan campuran Putih Telur 5%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	cm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
5%	7	6.896	22500.00	16	7.11	6.52	78.54
		6.932	22500.00	13	5.78		
		6.912	22500.00	15	6.67		
	14	6.565	22500.00	14	6.22	6.67	80.32
		6.408	22500.00	15	6.67		
		6.497	22500.00	16	7.11		
	28	6.495	22500.00	15	6.67	7.85	94.60
		7.105	22500.00	20	8.89		
		6.876	22500.00	18	8.00		

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

Hasil perhitungan uji kekuatan beton normal dengan tambahan putih telur sebesar 5% dapat dilihat pada grafik 4.2 berikut:

**GRAFIK KUAT TEKAN
BETON CMAPURAN PUTIH TELUR 5%**



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Putih Telur 5%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

3. Hasil Kekuatan beton dengan campuran Putih Telur 10%

Hasil pengujian kekuatan beton pada beton normal yang ditambahkan putih telur sebesar 10% untuk umur 7 hari sampai 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut:

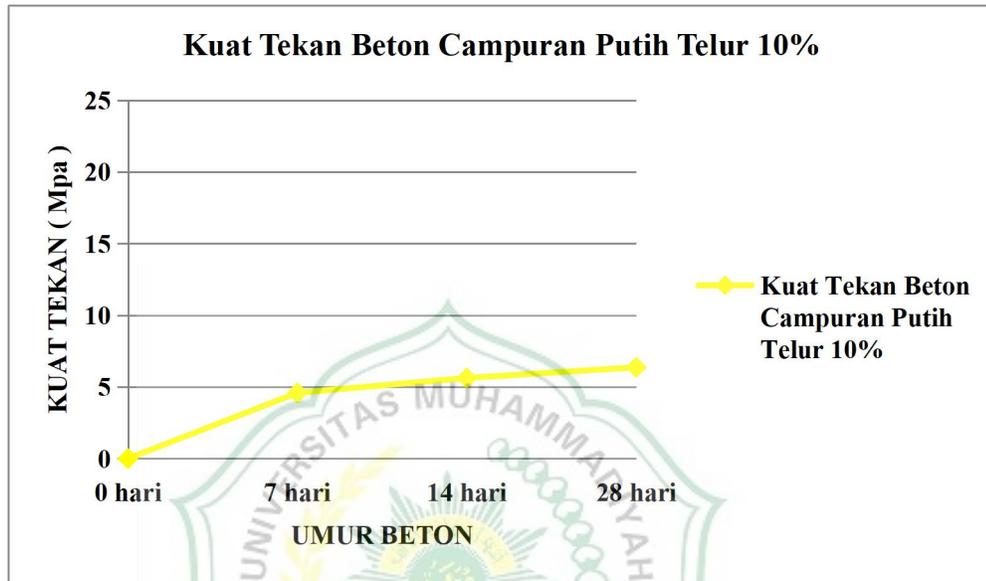
Tabel 4.19 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan campuran Putih Telur 10%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	cm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
10%	7	6.547	22500.00	9	4.00	4.59	55.33
		6.542	22500.00	10	4.44		
		6.498	22500.00	12	5.33		
	14	6.773	22500.00	11	4.89	5.63	67.83
		6.55	22500.00	14	6.22		
		6.679	22500.00	13	5.78		
	28	6.941	22500.00	10	4.44	6.37	76.75
		7.09	22500.00	17	7.56		
		6.989	22500.00	16	7.11		

Sumber : Data Penelitian (2021)

Hasil perhitungan uji kekuatan beton normal dengan tambahan putih telur sebesar 10% dapat dilihat pada grafik 4.3 berikut:

**GRAFIK KUAT TEKAN
BETON CAMPURAN PUTIH TELUR 10%**



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran Putih Telur 10%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

4. Hasil Kekuatan beton dengan campuran putih telur 15%

Hasil pengujian kekuatan beton pada beton normal yang ditambahkan putih telur sebesar 15% untuk umur 7 hari sampai 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.20 berikut:

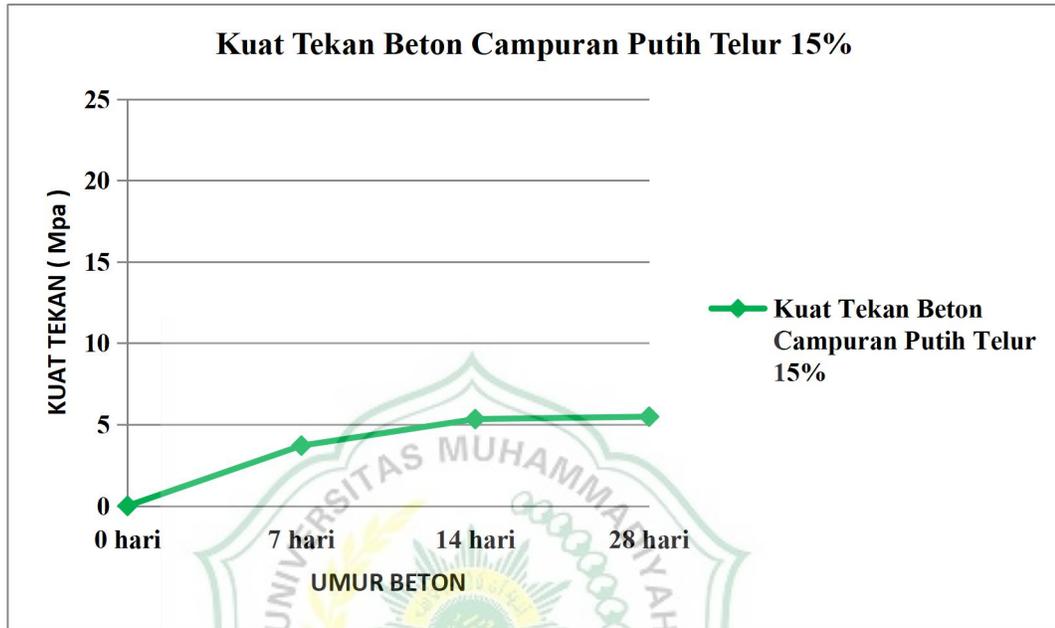
Tabel 4.20 : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan campuran putih telur 15%

Kode Benda Uji	Umur	Berat	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata	
	Hari	kg	cm ²	Ton	Mpa	Mpa	kg/cm ²
15%	7	6.334	22500.00	8	3.56	3.70	44.62
		6.242	22500.00	10	4.44		
		6.296	22500.00	7	3.11		
	14	6.639	22500.00	13	5.78	5.33	64.26
		6.739	22500.00	12	5.33		
		6.596	22500.00	11	4.89		
	28	6.717	22500.00	12	5.33	5.48	66.04
		6.751	22500.00	12	5.33		
		6.694	22500.00	13	5.78		

Sumber : Data Hasil Penelitian (2021)

Hasil perhitungan uji kekuatan beton normal dengan tambahan putih telur sebesar 15% dapat dilihat pada grafik 4.4 berikut:

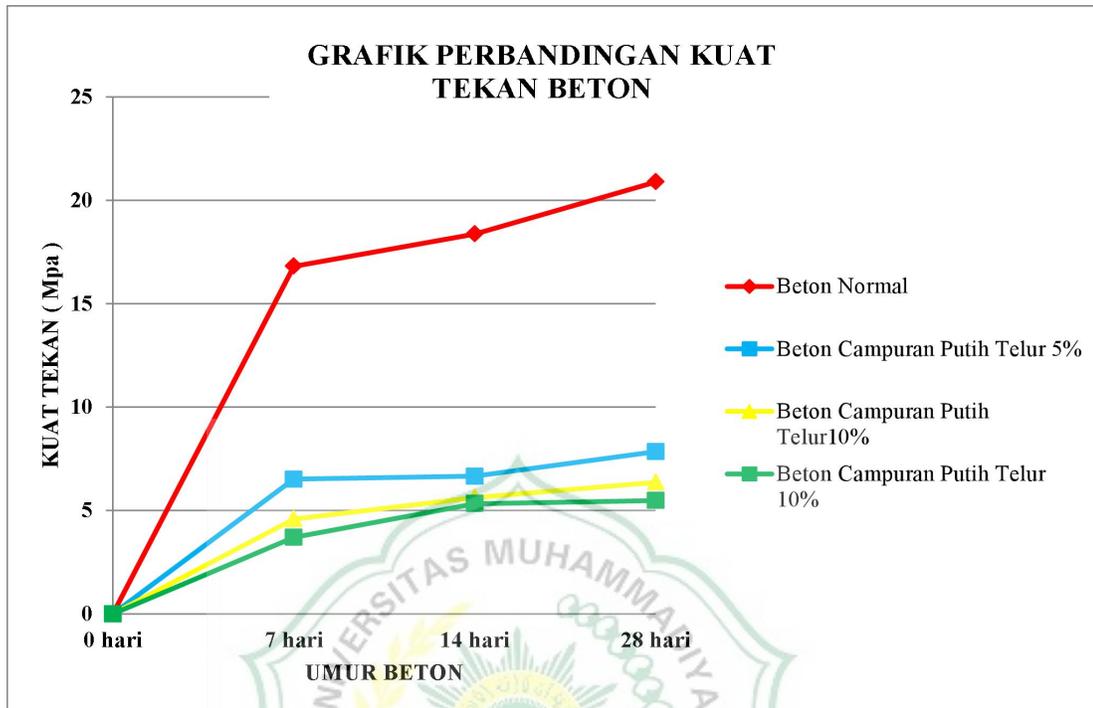
GRAFIK KUAT TEKAN
BETON CAMPURAN PUTIH TELUR 15%



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton campuran Putih Telur 15%
Sumber : Hasil Penelitian (2021)

Dari percobaan dan hasil penelitian analisis beton dengan campuran putih telur sebagai tambahan dengan besar campuran putih telur dengan persentase 0% 5%, 10% dan 15% maka diperoleh hasil kuat tekan beton yang dapat dilihat perbandingannya pada grafik 4.5 dibawah ini :

GRAFIK KUAT TEKAN
BETON CAMPURAN PUTIH TELUR 0%, 5%, 10% DAN 15%



Gambar 4.5 Grafik Hasil Kuat Tekan beton campuran putih telur 0%, 5%, 10% dan 15%

Sumber : Hasil Penelitian (2021)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian beton yang dicampurkan dengan Putih Telur sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat semen , maka diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Maka dapat disimpulkan bahwa penambahan putih telur mempengaruhi terhadap kuat tekan beton. Dengan perbandingan campuran 5%, 10%, dan 15% didapatkan kenaikan kekuatan tekan beton.
2. Campuran beton dengan 5% putih telur 7,85 MPa (94,60 kg/cm²)
3. Campuran beton dengan 10% putih telur 6,37 MPa (76,75 kg/cm²)
4. Campuran beton dengan 15% putih telur 5,48 MPa (66,04 kg/cm²)

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan nilai yang didapatkan dari penelitian tersebut, perlu beberapa koreksi yang harus diperhatikan sebagai pedoman dan acuan, di ajukan beberapa saran sebagai berikut

1. Diharapkan dilakukan kajian lebih lanjut dari campuran beton dengan menggunakan putih telur .
2. Perhitungan campuran (*mix desain*) beton harus lebih teliti karena akan mempengaruhi benda uji dan campuran yang akan digunakan.
3. Untuk penelitian selanjutnya putih telur divariasikan 20%, 25%, dan 30% untuk perbandingan optimal kadar putih telur dalam campuran beton.
4. Putih telur merupakan cairan putih atau yang disebut dengan albumen yang terkandung dalam putih telur.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Kurniati. (2011).” *Uji Kekuatan Material dengan Injeksi Zat Putih Telur*”.
Jurnal Dinamika, Halaman 27-33, Program Studi Fisika, Fakultas MIPA,
Universita Cokrominoto Palopo.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. “*Tentang Baja Tulangan Beton*”. Jakarta,
(SNI. 07-2025-2002)
- Badan Standarisasi Nasional. 1992. “*Tentang Spesifikasi Beton Tahan Sulfat*”
(SNI. 03-1915-1992)
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. “*Tata Cara Rencana Pembuatan Beton Normal*”
(SNI. 03-2834-2000)
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. “*Jenis Agregat Untuk Bahan Bangunan*” (SNI.
S-04-1989)
- Frida, Dkk. (2018).” *Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Pereduksi Semen
dalam Campuran Beton Berpori Ramah Lingkungan (Green Pervious
Concrete)*”. Volume 1, Nomor 2 Halaman 129-135, Program Studi Teknik
Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.
- SNI-2847-2013. “*Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*”.
- Rosida, Eri dkk. (2008). “*Pengaruh Penggunaan Bahan Tambahan Abu Sekam Padi
terhadap Kuat Tekan dan Workabilitas Beton*”. Universitas Islam Indonesia
- Raharja, Sri. (2013). “*Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan
Pengganti Sebagian Semen terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas
Beton Kinerja Tinggi*”.
- Suhirkan,D . dan Dafrimon (2014). “*Beton Mutu K-400 dengan Penambahan Abu
Sekam Padi dan Superplasticizer*”.
- Nawi,E.G., (1990). “*Reinforce Concrete a Fundamental Approach*”. Terjemahan.
Cetakan Pertama PT. Eresco. Bandung.