

**PEMANFAATAN PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR  
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana  
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Islam Riau  
Pekanbaru*



**OLEH :**

**RAY SAHENDRA**

**143110478**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2020**

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Pemanfaatan Penambahan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Kuat Tekan Beton”**. Adapun penulisan tugas akhir dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis untuk menyelesaikan program pendidikan Sarjana Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Didalam Pembuatan beton hendaknya terlebih dahulu membuat rancangan campuran beton (*mix design*), untuk mengetahui kuat tekan beton yang direncanakan untuk sebuah bangunan. Maka penelitian ini membuat rancangan beton untuk mengetahui perilaku kuat tekan beton menggunakan penambahan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian semen.

Penulis mengakui bahwa kesempurnaan itu hanya milik Allah SWT. Untuk itu, dengan kelapangan hati penulis menerima kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan dalam pembuatan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 5 Januari 2021

Ray Sahendra  
NPM. 143110478

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dengan judul “**Pemanfaatan Penambahan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Kuat Tekan Beton**” dapat diselesaikan. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (S.T) di Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH., MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
3. Ibu Drs. Mursyidah, Ssi., MSc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
6. Ibu Harmiyati ST., M.Si, selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru dan selaku Tim Penguji I
7. Ibu Sapitri, ST., MT, selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
8. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT selaku Pembimbing.
9. Ibu Roza Mildawati, ST., MT selaku Tim Penguji II.
10. Bapak Mahadi Kurniawan, ST., MT sebagai Kepala Laboratorium Struktur, Material, dan Komputer dan semua karyawan/i Laboratorium Universitas Islam Riau- Pekanbaru.
11. Seluruh staf dosen Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru.

12. Seluruh staf dan karyawan/i T.U Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
13. Seluruh staf dan karyawan/i Perpustakaan Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
14. Buat orang tua tercinta Abdul Rais dan Lismiati, terimakasih sebanyak banyaknya atas do'a dan dukungan yang telah diberikan.
15. Dua adik kandung saya Ray Naldi dan Samratus Silmi, terimakasih sebanyak banyaknya atas do'a dan dukungan yang telah diberikan.
16. Teman dan rekan-rekan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau seluruh angkatan, khususnya angkatan 2014, dan sahabat terdekat selama kuliah, Doni Novrialdi, Yudha Apriyadi, M. Noven Budiharto dan Azzahrawi Insanul Kamil yang telah memberikan dorongan, kritik dan saran serta ide-ide dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, serta pihak-pihak lain yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengharapkan keritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan untuk pembaca pada umumnya.

Pekanbaru, 05 Januari 2020

Ray Sahendra  
143110478

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	x
<b>ABSTRAK</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Umum .....	4
2.2 Penelitian Terdahulu .....	4
2.3. Keaslian Penelitian .....	8
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	9
3.1 Beton .....	9
3.2 Agregat.....	12
3.3 Air .....	13
3.4 Bahan Tambahan ( <i>Additonal</i> ) .....	15
3.4.1 Serbuk Cangkang Telur .....	15
3.5 Pengadukan (Pencampuran) Beton .....	16
3.6. Jenis-Jenis Pemeriksaan Material.....	18
3.6.1 Analisa Saringan Agregat Halus .....	18

3.6.2 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus .....	19
3.6.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air	
Agregat Halus.....	20
3.6.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	21
3.6.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus .....	21
3.6.6 Analisa Saringan Agregat Kasar .....	22
3.6.7 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar .....	22
3.6.8 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	
Air Agregat Kasar .....	24
3.6.9 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar .....	25
3.6.10 Pemeriksaan Kadar Air Lapangan	
Agregat Kasar .....	25
3.7. Perencanaan Campuran Beton .....	26
3.8. Perencanaan Campuran Beton Dalam SK.SNI 2847-2013.....	27
3.9. <i>Slump test</i> .....	31
3.10. Perawatan Beton.....	32
3.11. Kekuatan Tekan Beton ( <i>f<sub>c</sub>'</i> ).....	33
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Lokasi Penelitian .....	34
4.2 Teknik Penelitian .....	34
4.3 Bahan .....	34
4.4 Peralatan.....	36
4.5 Prosedur Pengerjaan.....	45
4.6 Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	48
4.7 Tahapan Analisis Data .....	50
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>51</b>
5.1 Hasil Pemeriksaan Material Benda Uji .....	51
5.1.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
Agregat Halus .....	50

5.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
Agregat Kasar.....	53
5.1.3 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Material .....	56
5.1.4 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
Agregat Kasar.....	56
5.1.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Serta	
Penyerapan Material .....	55
5.1.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur.....	57
5.1.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan .....	58
5.2 Hasil Pemeriksaan Beton .....	59
5.2.1 Hasil Pemeriksaan Campuran Beton	
(SNI 03-2834-2000) .....	59
5.2.2 Hasil dan Analisa Nilai <i>Slump</i> Beton Terhadap	
Air Campuran .....	62
5.3 Hasil Analisa Kuat Tekan Beton .....	64
5.4 Hasil Analisa Kuat Tekan Beton .....	66
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	67
6.1 Kesimpulan .....	67
6.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	68
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	
<b>LAMPIRAN D</b>	



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Susuna Unsur Semen <i>Portland</i> .....	10
<b>Tabel 3.2</b> Batas Gradasi Agregat Halus .....	13
<b>Tabel 3.3</b> Ukuran Agregat Kasar .....	13
<b>Tabel 3.4</b> Waktu Pengadukan Minimal .....	17
<b>Tabel 3.5</b> Nilai Deviasi Standar Untuk Indikasi Tingkat Pengendalian Mutu .....	27
<b>Tabel 3.6</b> Nilai Tambah m Jika Pelaksana Tidak Mempunyai Pengalaman .....	28
<b>Tabel 3.7</b> Perkiraan Kekuatan Tekan ( $N/mm^2$ ) Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5 Jenis Semen dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia .....	29
<b>Tabel 4.1</b> Jumlah Benda Uji .....	49
<b>Tabel 5.1</b> Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Halus.....	53
<b>Tabel 5.2</b> Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 2/3 .....	53
<b>Tabel 5.3</b> Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 1/2 .....	53
<b>Tabel 5.4</b> Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar Kombinasi Agregat 2/3 dan Agregat ½ .....	56
<b>Tabel 5.5</b> Berat Isi Agregat Halus, Kasar, dan Serbuk Cangkang Telur .....	58
<b>Tabel 5.6</b> Hasil Rata-rata Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material .....	58
<b>Tabel 5.7</b> Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat.....	59
<b>Tabel 5.8</b> Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat .....	60
<b>Tabel 5.9</b> Proporsi Campuran Beton Untuk Tiap m <sup>3</sup> Sebelum Koreksi Kadar Air SSD.....	61
<b>Tabel 5.10</b> Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD.....	61
<b>Tabel 5.11</b> Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD 2% ..	62

<b>Tabel 5.12</b> Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD 4% ..	62
<b>Tabel 5.13</b> Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD 6% ..	62
<b>Tabel 5.14</b> Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD 8% ..	63
<b>Tabel 5.15</b> Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD 10%	63
<b>Tabel 5.16</b> Nilai <i>Slump</i> Beton Dengan Penambahan Serbuk Cangkang Telur.....	64
<b>Tabel 5.17</b> Hasil Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Campuran Serbuk Cangkang Telur.....	66

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 4.1</b>	Serbuk Cangkang Telur Dari Bofet Mulya.....	35
<b>Gambar 4.2</b>	Saringan .....	36
<b>Gambar 4.3</b>	Cawan .....	36
<b>Gambar 4.4</b>	Oven.....	37
<b>Gambar 4.5</b>	Timbangan .....	37
<b>Gambar 4.6</b>	Piknometer .....	38
<b>Gambar 4.7</b>	Batang Penusuk .....	38
<b>Gambar 4.8</b>	Mistar atau Penggaris .....	39
<b>Gambar 4.9</b>	Kerucut Terpancung .....	39
<b>Gambar 4.10</b>	Wadah .....	40
<b>Gambar 4.11</b>	Kerucut Alat Uji <i>Slump</i> .....	40
<b>Gambar 4.12</b>	Mesin Pengaduk.....	41
<b>Gambar 4.13</b>	Cetakan Beton Silinder.....	41
<b>Gambar 4.14</b>	Mesin Kuat Tekan Beton .....	42
<b>Gambar 4.15</b>	Bak Perendam.....	42
<b>Gambar 4.16</b>	Lesung .....	43
<b>Gambar 4.17</b>	Bagan Alir Penelitian.....	52
<b>Gambar 5.1</b>	Grafik Batas Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Gradasi Zona II.....	54
<b>Gambar 5.2</b>	Grafik persentase Lolos Agregat Kasar Dari Desa Manggilang Kampar Dengan Batas Gradasi Untuk Ukuran Maksimum 40 mm .....	57
<b>Gambar 5.3</b>	Grafik Nilai <i>Slump</i> Beton Dengan Penambahan Serbuk Cangkang Telur.....	64
<b>Gambar 5.4</b>	Grafik Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari .....	65

## DAFTAR NOTASI

<i>A</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan (litr/m <sup>3</sup> )
<i>A<sub>h</sub></i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat alami (liter/m <sup>3</sup> )
<i>A<sub>k</sub></i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat batu pecah (liter/m <sup>3</sup> )
<i>B</i>	= Jumlah air (Kg/m <sup>3</sup> )
<i>BA</i>	= Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)
<i>BK</i>	= Berat benda uji kering oven (gram)
<i>BS</i>	= <i>British Standard</i>
<i>BT</i>	= Berat pikno + benda uji SSD + air (25°C) (gram)
<i>C</i>	= Jumlah agregat halus (Kg/cm <sup>3</sup> )
<i>Ca</i>	= Penyerapan air pada agregat halus (%)
<i>Ck</i>	= Kandungan air dalam agregat halus (%)
<i>D</i>	= Jumlah agregat kasar (Kg/cm <sup>3</sup> )
<i>Da</i>	= Penyerapan air pada agregat kasar (%)
<i>Dk</i>	= Kandungan air dalam agregat kasar (%)
<i>F.A.S</i>	= Faktor air seman
<i>f<sub>c</sub>'</i>	= Kuat tekan beton (MPa)
<i>f<sub>c</sub>'<sub>r</sub></i>	= Kuat tekan beton rata – rata beton dari jumlah benda uji (MPa)
<i>f<sub>c</sub>'<sub>k</sub></i>	= Kuat tekan beton karakteristik (MPa)
<i>K</i>	= Ketetapan Konstanta
<i>M</i>	= Nilai tambah margin (1 N/mm <sup>2</sup> = 1 Mpa)
<i>MPa</i>	= Mega Pascal (1 Mpa = 10 Kg/cm <sup>3</sup> )
<i>N/mm<sup>2</sup></i>	= Newton/mm <sup>2</sup> (1 N/mm <sup>2</sup> = 1 Mpa)
<i>P</i>	= Beban aksial yang bekerja (KN)
<i>S</i>	= Standar deviasi (MPa)
<i>SSD</i>	= Koreksi kadar air ( <i>Saturated surface dry</i> )
<i>SNI</i>	= Standar Nasional Indonesia

# PEMANFAATAN PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG TELUR TERHADAP KUAT TEKAN BETON

**RAY SAHENDRA**

**NPM : 143110478**

## **ABSTRAK**

Beton merupakan bahan bangunan utama yang digunakan dalam dunia konstruksi, secara umum diketahui bahwa baik buruknya sifat beton dapat dilihat dari kuat tekannya. Beton terdiri dari *portland Cement (PC)* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan. Pencampuran bahan-bahan penyusunnya dilakukan agar diperoleh komposisi beton yang solid. Tingginya tingkat pembangunan dimasa kini membuat tingkat perkembangan penggunaan beton semakin tinggi, untuk meminimalisir kebutuhan tersebut, perlu adanya inovasi untuk menekan angka produksi material, semen misalnya. Perlu adanya alternatif untuk memanfaatkan limbah yang terbuang seperti cangkang telur untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton. Penelitian ini bertujuan menentukan pengaruh pemanfaatan serbuk cangkang telur terhadap kuat tekan beton.

Serbuk cangkang telur digunakan sebagai pengganti sebagian semen, dengan komposisi campuran 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Penelitian ini menggunakan SNI 03-2834-2000 untuk *mix design* beton. Benda uji berupa silinder ukuran (150 mm x 300 mm), benda uji dirawat dan di uji pada umur 28 hari.

Berdasarkan penelitian penggunaan serbuk cangkang telur dapat dilihat bahwa beton yang menggunakan campuran serbuk cangkang telur lebih kental dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan campuran serbuk cangkang telur. Semakin besar penambahan persentase serbuk cangkang telur akan semakin rendah nilai *slump* yang diperoleh. Hasil kuat tekan beton yang diperoleh dari penggunaan serbuk cangkang telur dengan komposisi campuran 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%, nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada persentase penambahan serbuk cangkang telur 6% yaitu 21.419 Mpa, kuat tekan mengalami penurunan mutu pada persentase penambahan 10% yaitu 16.701 Mpa. Berdasarkan penelitian, serbuk cangkang telur tidak dapat mengganti peranan sebagian semen dalam konstruksi berat, akan tetapi serbuk cangkang telur dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen pada konstruksi ringan, untuk memanfaatkan limbah terbuang yang ada disekitar kita, seperti limbah botol plastik, limbah botol kaca, limbah aluminium dll.

**Kata Kunci** : *Beton, Serbuk Cangkang Telur, Kuat Tekan, Limbah disekitar.*

# UTILIZATION OF ADDITIONAL EGG SHELL POWDER ON COMPRESSION STRENGTH OF CONCRETE

**RAY SAHENDRA**  
**NPM : 143110478**

## ABSTRACT

Concrete is the main building material used in the construction world, it is generally known that the good and bad properties of concrete can be seen from its compressive strength. Concrete consists of Portland Cement (PC) or other hydraulic cement, fine aggregate, coarse aggregate, and water, with or without additives. Mixing the constituent materials is done in order to obtain a solid concrete composition. The high level of development today makes the level of development of the use of concrete higher, to minimize this need, it is necessary to have innovations to reduce the production of materials, cement for example. There needs to be an alternative to utilize wasted waste such as egg shells to be used as a mixture in the manufacture of concrete. This study aims to determine the effect of the use of eggshell powder on the compressive strength of concrete.

Eggshell powder was used as a partial substitute for cement, with a mixed composition of 2%, 4%, 6%, 8%, and 10%. This research uses SNI 03-2834-2000 for concrete mix design. The specimens were cylindrical size (150 mm x 300 mm), the specimens were treated and tested at the age of 28 days.

Based on research on the use of eggshell powder, it can be seen that concrete that uses a mixture of eggshell powder is thicker than concrete that does not use a mixture of eggshell powder. The greater the addition of the percentage of eggshell powder, the lower the slump value obtained. The results of the compressive strength of concrete obtained from the use of eggshell powder with a mixed composition of 2%, 4%, 6%, 8%, and 10%, the highest compressive strength value was obtained at the percentage addition of 6% eggshell powder, which was 21,419 Mpa, the compressive strength decreased. quality at the percentage addition of 10% is 16,701 MPa. Based on research, eggshell powder cannot replace the role of some cement in heavy construction, but eggshell powder can be used as a partial replacement for cement in light construction, to take advantage of wasted waste that is around us, such as plastic bottle waste, glass bottle waste, waste aluminum etc.

Keywords: Concrete, Eggshell Powder, Compressive Strength, Waste around.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beton adalah salah satu komponen penting dalam struktur bangunan, yang banyak digunakan dalam jasa konstruksi karena materialnya mudah diperoleh dan memiliki kuat tekan yang cukup baik. Beton sangat diminati karena banyak memiliki kelebihan antara lain mudah dalam pengerjaan, bersifat kaku dan biaya produksi yang relatif murah. Beton terdiri dari beberapa material yang diikat menjadi satu oleh bahan ikat (Antoni, 2007).

Pada umumnya beton digunakan sebagai salah satu bahan konstruksi yang sering dipakai dalam pembangunan. Akibat besarnya penggunaan beton, sementara material penyusun beton yang semakin terbatas dan mahal, maka diperlukannya terobosan untuk mengganti bahan penyusun beton tanpa mengurangi kualitas beton itu sendiri. Salah satu bentuk terobosan ini dilakukan dengan mengganti atau mengurangi sebagian bahan penyusun beton dengan bahan lainnya misalnya memanfaatkan limbah yang ada disekitar kita. Dengan demikian, limbah-limbah tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal, sehingga mempunyai nilai tambah yang tinggi.

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Salah satu limbah rumah tangga yang banyak dihasilkan adalah cangkang telur. Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Jendral Peternakan, produksi telur Indonesia pada tahun 2017 sebesar 1.506.192 ton, pada tahun 2018 sebesar 1.731.259 ton, dan pada tahun 2019 sebesar 1.769.183 ton dengan pertumbuhan produksi tahun 2019 terhadap tahun 2018 sebesar 2,19%.

Cangkang telur kering mengandung sekitar 95% kalsium karbonat dengan berat 5,5 gram (Butcher dan Miles, 1990). Hunton (2005) melaporkan bahwa cangkang telur terdiri atas 97% kalsium karbonat, 3% fosfor, 3% magnesium, kalium, natrium, mangan, besi dan tembaga (Butcher dan Miles, 1990).

Tingginya tingkat pembangunan di masa kini membuat tingkat perkembangan penggunaan beton semakin tinggi, untuk meminimalisir kebutuhan tersebut, perlu adanya inovasi yang mampu menekan angka produksi material, semen misalnya. Perlu adanya alternatif untuk memanfaatkan limbah yang terbuang seperti cangkang telur untuk digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton.

Cangkang telur yang terbuang diolah dan dihancurkan sehingga menghasilkan serbuk. Dalam penelitian ini, peneliti mencoba memanfaatkan serbuk cangkang telur untuk menggantikan Sebagian jumlah berat semen dalam proporsi campuran penyusun beton. Melalui penelitian ini, akan diamati karakteristik beton yang dihasilkan, dan diharapkan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai substitusi semen dengan komposisi yang tepat dapat menghasilkan karakteristik yang sama atau lebih baik dari beton normal sehingga dapat di aplikasikan dalam dunia konstruksi dan mengurangi penggunaan semen dalam jumlah yang cukup signifikan.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh komposisi pemanfaatan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton ?
2. Berapa kadar persentase kuat tekan beton yang didapat mencapai nilai optimum ?
3. Apakah serbuk cangkang telur dapat mengganti penggunaan sebagian semen dalam campuran beton ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan pengaruh komposisi pemanfaatan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan beton.
2. Menentukan pada kadar persentase berapa kuat tekan beton mencapai nilai optimum.



3. Mengetahui keefektifan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian semen.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Dalam hal ini, untuk memperikat dan memperjelas suatu penelitian agar dapat dibahas dengan baik dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batasan masalah yang terdiri dari:

1. Komposisi persentase penggunaan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian semen adalah 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat semen.
2. Mutu yang direncanakan  $f_c$  20 Mpa.
3. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,53.
4. Benda uji di buat dengan cetakan silinder (  $d=15$  cm ,  $t=30$  cm ).
5. Metode yang digunakan untuk rancangan mix desain beton adalah SNI 03-2834-2000.
6. Penelitian tidak membahas kandungan mineral dan sifat kimia serbuk cangkang telur.
7. Limbah cangkang telur yang digunakan tidak tergantung pada jenis telur.
8. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah :

1. Bagi masyarakat dapat memanfaatkan limbah-limbah yang tidak termanfaatkan dengan baik terutama pemanfaatan limbah cangkang telur sehingga dapat memberi nilai tambah tersendiri.
2. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi solusi alternatif untuk pemanfaatan limbah yang tepat guna.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Tinjauan pustaka adalah kegiatan yang meliputi mencari, membaca, dan mendengarkan laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Hasil dari kegiatan ini merupakan materi yang akan disajikan untuk menyusun dasar atau kerangka teori penelitian.

### 2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan pada beton antara lain sebagai berikut ini:

**George (2020)** “ Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton”. Perkembangan teknologi yang begitu pesat menyebabkan pembangunan infrastruktur berkembang cepat, sehingga pemakaian beton meningkat. Semen *Portland* (SP) sebagai bahan dasar beton proses produksinya menghasilkan gas emisi karbondioksida (Co<sub>2</sub>) yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan manusia. Limbah cangkang telur yang sangat melimpah disetiap daerah bisa menjadi bahan alternatif pengganti sebagian semen karena cangkang telur memiliki kandungan senyawa yang sama dengan bahan pembentuk semen yaitu kalsium karbonat. Penelitian ini menggunakan Metode ACI 211.1-91 untuk perhitungan komposisi campuran beton. Pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji silinder dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm, untuk pengujian kuat tarik lentur menggunakan benda uji ukuran 100x100x400 mm. Komposisi serbuk cangkang telur yang digunakan sebesar 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%. Hasil penelitian beton substitusi parsial semen menggunakan serbuk cangkang telur menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terdapat pada presentase 5%, dengan kuat tekan sebesar 22.15 Mpa dan untuk kuat tarik lentur optimum terdapat pada persentase 2.5%, yaitu sebesar 5.57 Mpa.

**Rozana (2019)** “ Pengaruh pemanfaatan pecahan cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus terhadap uji kuat tekan beton”. Tingginya tingkat pembangunan masa kini mengakibatkan perkembangan penggunaan beton semakin tinggi. Hal ini membuat pengguna material campuran beton semakin tinggi pula. Sehingga banyak dilakukannya inovasi sebagai pengganti sebagian material beton. Salah satu limbah yang tidak dimanfaatkan adalah cangkang kerang. Kebanyakan masyarakat terkhusus masyarakat yang tinggal didesa hanya memanfaatkan daging kerangnya saja, hal ini justru menimbulkan permasalahan berupa sampah atau limbah cangkang kerang yang menumpuk didaerah pesisir pantai. Limbah lingkungan akan berdampak buruk bagi lingkungan sekitar. Penelitian ini memanfaatkan cangkang kerang darah untuk pengganti bahan material beton sebagai agregat halus. Mengingat campuran kulit kerang yang terbanyak dibanding isinya yang berbanding 70% cangkang dan 30% daging. Cangkang kerang yang dimanfaatkan untuk kerajinan hanya sebagian kualitas dan bentuknya yang baik , selebihnya hanya menjadi limbah yang berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat disekitarnya. Pada penelitian ini komposisi yang digunakan sebesar 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, dan 100% sebagai pengganti sebagian dari agregat halus, perawatan beton umur 28 hari. Hasil dari penelitian ini beton substitusi pasir menggunakan pecahan cangkang kerang menunjukkan bahwa kuat tekan optimum terdapat pada persentase pecahan cangkang kerang 40% dengan kuat tekan sebesar 21,892 MPa, dan nilai kuat tekan beton yang terendah didapat pada pecahan cangkang kerang dengan persentase 100% yaitu 16,230 MPa. Penggunaan pecahan cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus efektif digunakan sebagai campuran beton dengan persentase 0% sampai 60% karena memenuhi kuat tekan rencana sebesar 20 MPa.

**Yohanes (2017)** “Pengaruh serbuk cangkang telur substitusi semen terhadap karakteristik beton”. Dunia konstruksi saat ini mengalami peningkatan dan kemajuan yang sangat pesat. Semakin tingginya kebutuhan material untuk pembangunan infrastruktur, penyerapan sumber daya alam yang dibutuhkan untuk pembangunan tentunya akan semakin besar. Biaya

pembangunan infrastruktur akan sangat tinggi dikarenakan mahal biaya produksi bahan atau material yang dibutuhkan untuk pembangunan. Untuk meminimalisir kebutuhan bahan dan material pembangunan, perlu adanya inovasi untuk menekan angka produksi bahan dan material, misalnya semen. Perlu adanya alternatif untuk memanfaatkan limbah yang terbuang seperti cangkang telur untuk digunakan sebagai pengganti sebagian atau keseluruhan semen, khususnya sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan beton untuk material konstruksi struktural dengan bahan baku campur yang terdiri dari *eggshell powder* (ESP), semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Variasi komposisi ESP antara lain: 0%, 5%, 10%, 12,5%, 15% dan 20% dari total penggunaan semen. Pengujian dilakukan ketika beton berumur 7, 14 dan 28 hari. Sampel benda uji silinder dengan dimensi tinggi (H) 30 cm dan diameter (D) 15 cm. Parameter pengujian yang dilakukan meliputi kuat tekan dan modulus elastisitas, penyerapan air, densitas dan penyusutan. Dari hasil pengujian kuat tekan beton umur 7, 14 dan 28 hari, menunjukkan bahwa pada kadar 5%-10% *eggshell powder* dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen. Selanjutnya, ketika kadar ESP (*eggshell powder*) ditingkatkan, terjadi penurunan kuat tekan. Semakin tinggi kadar ESP (*eggshell powder*), kuat tekan beton semakin rendah. Modulus elastisitas tertinggi terjadi pada beton normal (0% ESP). Penyerapan air pada beton berkisar antara 9,414% - 10,345%. Penyerapan air paling kecil terjadi pada beton umur 7 hari dan paling besar terjadi pada beton berumur 28 hari. Dari hasil pengujian densitas, menunjukkan bahwa densitas beton ESP berkisar antara 2,0193 gr/cm<sup>3</sup> - 2,1845 gr/cm<sup>3</sup>, serta penyusutan beton yang beragam mulai dari 0,044% - 0,184%. Dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa karakteristik beton untuk setiap variasi ESP memiliki karakteristik yang sama dengan beton normal, sehingga dapat digunakan sebagai beton struktural.

**Siti (2017)** “Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan *Copper Slag* Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen”. Pembangunan dibidang struktur mengalami kemajuan sangat pesat. Baik pembangunan

perumahan, gedung-gedung, jembatan, bendungan, jalan raya, pelabuhan, bandara dan sebagainya. Selain kayu dan logam, beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi. Kelebihan yang dimiliki beton seperti harganya yang relatif murah, kekuatan tekannya yang besar, tahan lama, dan tahan terhadap api, menjadi salah satu faktor kenapa beton banyak diminati. Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang sangat mudah didapat, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) dan kekuatan (*strenght*) yang diperlukan dalam setiap pembangunan konstruksi. Semen merupakan material penting dalam pembuatan beton karena merupakan zat pengikat agregat kasar dan halus, namun di era sekarang penggunaan semen semakin tinggi dengan meningkatnya pembangunan dibidang struktur dan infrastruktur, ini akan berdampak besar pada sumber daya dimasa yang akan datang yang terus menipis, oleh karena itu diperlukan material pengganti semen atau sebagiannya. Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan sebagai pengganti Sebagian semen adalah cangkang telur. Cangkang telur salah satu limbah yang melimpah dan tak terpakai, ini juga akan menekan angka polusi yang disebabkan oleh semen itu sendiri. Material limbah tak terpakai dan ramah lingkungan ini diharapkan menjadi solusi di era yang menuntut pembuatan beton yang tidak merusak lingkungan. Dari hasil penelitian ini dengan cangkang telur sebagai bahan pengganti Sebagian semen kuat tekan beton pada umur 3 hari persentase nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 4,9 MPa, pada umur beton 14 hari persentase nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 10,8 MPa, dan pada umur beton 21 hari persentase nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 14 MPa. Kesimpulan pada penelitian ini beton dengan material cangkang telur dapat dimanfaatkan untuk pengerjaan konstruksi struktural ataupun nonstruktural seperti bangunan umum seperti perumahan, interior rumah dan lainnya. Beton dengan material cangkang telur relatif murah dan ramah lingkungan, namun untuk hasil kuat tekan yang lebih optimal perlu adanya pemilihan material agregat halus dan kasar yang bagus kualitasnya sehingga dapat mendukung kebutuhan konstruksi itu sendiri.

### 2.3. Keaslian Penelitian

Setiap penelitian memiliki sisi permasalahan yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh lokasi penelitian, jenis pekerjaan, waktu pelaksanaan, yang berbeda dari setiap penelitian. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah persentase penambahan serbuk cangkang telur 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat semen untuk satu kali pengadukan. Pengujian yang dilakukan hanya pengujian kuat tekan beton dengan umur rendaman beton 28 hari. Kuat tekan beton yang direncanakan sebesar 20 MPa.

Cangkang telur yang digunakan pada penelitian ini tidak tergantung pada jenis telur. Cangkang telur melewati proses pencucian dan penjemuran sebelum dilakukan penghalusan dengan cara menumbuk cangkang telur menggunakan lesung sampai tercapai tingkat kehalusan lolos saringan No 200.

## BAB III LANDASAN TEORI

### 3.1 Beton

Beton adalah pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu pecah, atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton (Dipohusodo, 1994). Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI) beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen *Portland* dan air. Menurut SK SNI 2847-2013 beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidraulis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan.

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pada saat ini banyak dipakai di Indonesia dalam pembangunan fisik. Karena sifatnya yang unik maka diperlukan pengetahuan yang cukup luas, antara lain mengenai sifat bahan dasarnya, cara pembuatannya, cara evaluasinya, dan variasi bahan tambahannya (Samekto, 2001).

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton tergantung pada sifat bahan-bahan dasar penyusunnya yaitu semen *Portland*, air, agregat halus, dan agregat kasar, serta pengerjaannya dalam menggunakan bahan tambah (*admixture*) seperti *superplatiCizer* (Tjokrodimuljo, 1992). Selain itu cara pengadukan maupun pengerjaannya juga dapat mempengaruhi kekuatan, keawetan serta sifat beton tersebut. Untuk mendapatkan beton yang baik maka diperlukan ketelitian dalam perhitungan komposisi adukan materialnya, semakin baik komposisi adukannya maka semakin baik pula beton yang diperoleh. Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecendrungan terjadinya pemisahan agregat dari adukan

(*segresi*), dan pemisahan air dan semen dari adukan (*bleeding*) aktif, maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah. (Tjokrodimuljo, 1996).

Semen yang digunakan untuk bahan beton pada penelitian ini adalah semen *Portland*, berupa semen *hidrolik* yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton. Dengan jenis semen tersebut diperlukan air guna berlangsungnya reaksi kimiawi pada proses hidrasi. Pada proses hidrasi semen mengeras dan mengikat bahan susun beton membentuk masa padat. Semen *portland* yang pada awalnya ditemukan di dekat kota Dorset, Inggris, adalah bahan yang umumnya digunakan untuk keperluan tersebut (Dipohusodo, 1994).

Berdasarkan (Mulyono, 2004) semen *prtland* dibagi menjadi 5 tipe yaitu adalah sebagai berikut :

1. Tipe I, semen *Portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang lebih tinggi terhadap sulfat.

Semen *Portland* yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditentukan agar dapat berfungsi secara efektif. Pemeriksaan secara berkala perlu dilakukan, baik masih berbentuk bubuk kering maupun yang pasta.

Secara umum komposisi kimia senyawa-senyawa pada semen dapat dilihat pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1** Susunan Unsur Semen *Portland* (Tjokrodimuljo,1996)

No	Komposisi	Jumlah (%)
1	Kapur (CaO)	60 – 65



**Tabel 3.1** Lanjutan

2	<b>Silika (<math>SiO_2</math>)</b>	17 – 25
3	<b>Alumina (<math>Al_2O_3</math>)</b>	3 – 8
4	<b>Besi (<math>Fe_2O_3</math>)</b>	0,5 – 6,0
5	Magnesia ( $MgO$ )	0,5 – 4,0
6	Alkali ( $K_2O + Na_2O$ )	0,5 – 1,0
7	<b>Sulfur (<math>SO_3</math>)</b>	1 – 2

Bahan dasar semen adalah batu kapur dan tanah liat dari alam yang memiliki berbagai oksida. Standar Industri Indonesia (SII) 0013-1981 mendefinisikan bahwa semen *Portland* ialah semen hidrolis, dibuat dengan menghaluskan klinker yang mengandung silikat kalsium (bersifat hidrolis) dan *gypsum*.

Semen *portland* secara garis besar terdiri dari 4 (empat) senyawa kimia utama yang masing-masing berfungsi sebagai (Mulyono, 2004):

1. *Trikalsium silika ( $C_3S$ )*

*Trikalsium silika* dalam semen memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. Berpengaruh terhadap pengerasan semen, terutama sebelum umur 14 hari setelah mempengaruhi kekuatan awal beton.
- b. Apabila tercampur air *Trikalsium silika* segera mulai berhidrasi dan menghasilkan panas hidrasi yang cukup tinggi.

2. *Dikalsium silika ( $C_2S$ )*

*Dikalsium silika* dalam semen memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. *Dikalsium silika* bereaksi dengan air lebih lambat dan panas hidrasi lebih rendah.
- b. Pengaruh *dikalsium silika* terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari dan memberikan kekuatan akhir pada beton.

3. *Trikalsium aluminat ( $C_4A$ )*

*Trikalsium aluminat* dalam semen memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Hidrasi yang dialaminya sangat cepat dan hidrasi yang dihasilkan sangat tinggi.

- b. Berpengaruh pada pengerasan awal dan pengerasan berikutnya yang panjang.
- c. Kadar *trikalsium aluminat* tidak boleh lebih dari 10% karena akan menghasilkan beton yang kurang bagus.

#### 4. *Tetrakalsium aluminoforit (C<sub>4</sub>AF)*

*Tetrakalsium aluminoforit* dalam semen memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Bereaksi cepat dengan air, dan pasta berbentuk dalam beberapa menit.
- b. Semakin tebal lapisan, makin lambat hidrasi pada semen. Jika kekurangan air, akan kehilangan daya plastisnya di akhir.

### 3.2. Agregat

Agregat menurut SNI 2847-2013 menyebutkan, agregat adalah bahan berbutir, dan slag tanur (*blast-furnace slag*), yang di gunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis.

Jika dilihat dari sumbernya, agregat dapat dbedakan menjadi dua golongan yaitu agregat yang berasal dari alam dan agregat buatan. Contoh agregat yang berasal dari sumber alam adalah pasir alami dan kerikil, sedangkan agregat buatan adalah agregat yang berasal dari *stone crusher*, hasil residu terak tanur tinggi, pecahan genteng, pecahan beton, dan lainnya (Mulyono, 2004).

Berdasarkan ukurannya, menurut SNI-03-2834-2000 agregat dibedakan menjadi dua, yaitu:

#### 1. Agregat halus

Adalah pasir alam sebagai hasil *disintegrasi* 'alami' bantuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

#### 2. Agregat kasar

Adalah kerikil sebagai hasil *desintegrasi* alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antar 5 mm – 40 mm.

SNI - 03 - 2834 - 2000 memberikan syarat-syarat untuk gradasi agregat yang diadopsi dari British Standard yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

**Tabel 3.2** Batas Gradasi Agregat Halus (SNI-03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

Adapun gradasi agregat kasar yang baik, sebaiknya masuk dalam batas-batasan yang tercantum pada tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Ukuran Agregat Kasar (SNI-03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan, Besar Butir Maksimum		
	40 mm	20 mm	10 mm
75	100-100		
37.5	95-100	100-100	
19.0	35-70	95-100	100-100
9.5	10-40	30-60	50-85
4.75	0-5	0-10	0-10

Dapat dilihat dari tabel 3.3, lubang ayakan 75 mm besar butir maksimumnya 40 mm, lubang ayakan 37.5 mm besar butir maksimumnya 20 mm, dan lubang ayakan 19.0 mm besar butir maksimumnya 10 mm.

### 3.4 Air

Air adalah bahan dasar pembuat beton yang harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang memenuhi persyaratan bahan bangunan, memenuhi syarat untuk bahan campuran beton. Air

yang dapat dipakai untuk campuran beton adalah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih besar 90 persen kekuatan beton yang memakai air suling. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

Pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran beton yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau biasa disebut Faktor Air Semen (*water cementratio*). Air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan beton yang dihasilkan sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan beton yang dihasilkan. Syarat air untuk beton adalah air yang menghasilkan kuat tekan beton lebih dari 90% jika dibandingkan dengan kuat tekan beton dengan air suling (PB 1989 dalam Mulyono, 2004).

Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai air pengaduk beton. Adapun jenis-jenis air yang dapat digunakan untuk air pengaduk beton ( Mulyono, 2004 ) adalah :

1. Air hujan, air hujan menyerap gas-gas serta uap dari udara pada saat jatuh kebumi. Udara terdiri komponen-komponen utama yaitu zat asam atau *oksigen*, *nitrogen* dan *karbon dioksida*. Bahan-bahan padat serta garam yang larut dalam air hujan terbentuk akibat peristiwa kondensasi.
2. Air tanah. Biasanya mengandung unsur *kation* dan *anion*. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>.
3. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan dan air *reservoir*. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampur beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau air genangan yang mengandung zat-zat *alkali* tidak dapat digunakan.
4. Air laut. Air laut mengandung 30.000 – 36.000 mg/liter garam (3% - 3,6 %) dapat digunakan sebagai air pencampur beton tidak bertulang. Air

laut yang mengandung garam diatas 3 % tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pratekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya.

### **3.4 Bahan Tambahan (*Additional*)**

Bahan tambahan merupakan bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya (Mulyono, 2004).

Bahan mineral pembantu saat ini banyak ditambahkan ke dalam campuran beton dengan berbagai tujuan, antara lain untuk mengurangi pemakaian semen, mengurangi temperature akibat reaksi hidrasi, mengurangi *bleeding* atau menambah kekecekan beton segar. Cara pemakaiannya pun berbeda-beda, sebagai bahan pengganti atau sebagai tambahan pada campuran untuk mengurangi pemakaian agregat (Antoni, 2007).

Penambahan zat-zat kimia atau mineral tambahan ini diharapkan dapat merubah performa dan sifat-sifat campuran beton sesuai dengan kondisi dan tujuan yang diinginkan, serta dapat pula sebagai bahan tambah (*admixer*) disebut sebagai *superplaticizer*, sebagai *superplaticizer* ini syarat pemakaian yang dianjurkan (dosis) berkisar antara 0,2% - 0,5% dari pemakaian semen yang dibutuhkan (Antoni, 2007).

#### **3.4.1 Serbuk Cangkang telur**

Serbuk cangkang telur merupakan serbuk yang dihasilkan dari proses penumbukan cangkang telur yang lolos saringan No.200. Cangkang telur merupakan lapisan luar dari telur yang berfungsi melindungi semua bagian telur dari luka atau kerusakan. Cangkang telur ayam yang membungkus telur umumnya beratnya 9-12% dari berat telur total. Warna kulit telur ayam bervariasi, mulai dari putih kekuningan sampai coklat. Warna cangkang luar telur ayam ras (ayam boiler) ada yang putih, ada yang coklat. Bedanya pada ketebalan cangkang, yang berwarna coklat lebih tebal daripada yang berwarna putih (Wirakusumah, 2011).

Komposisi utama dalam cangkang ini adalah kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebesar 94% dari total bobot keseluruhan cangkang, kalsium fosfat (1%), bahan organik (4%) dan magnesium karbonat (1%) (Rivera, 1999). Berdasarkan hasil penelitian, serbuk cangkang telur ayam mengandung kalsium sebesar  $401 \pm 7,2$  gram atau sekitar 39% kalsium, dalam bentuk kalsium karbonat. (Schaafsma, 2000). Kandungan kalsium karbonat dari cangkang telur dapat digunakan sebagai sumber kalsium yang efektif untuk metabolisme tulang (Rivera, 1999).

Lapisan kulit telur memberikan perlindungan fisik, terutama terhadap mikroba, karena mengandung enzim lisozim, maka membran kulit telur dipercaya bersifat membunuh mikroba (bakteriosidal) terhadap Gram positif. Lapisan ini tidak efektif untuk mencegah masuknya mikroba yang menghasilkan enzim proteolitik, karena protein lapisan tersebut akan mudah dihancurkan oleh enzim bakteri (Winarno dan Koswara, 2002). Kutikula berfungsi menutupi pori-pori sehingga mengurangi hilangnya air, gas dan masuknya mikroba, tetapi fungsi kutikula akan hilang selama telur disimpan (Romanoff, 1963). Kutikula pada telur segar merupakan garis pertahanan pertama dari telur yang memberikan pembatasan fisik terhadap masuknya mikroba (Winarno dan Koswara, 2002).

### **3.5 Pengadukan (Pencampuran) Beton**

Secara umum pengadukan dilakukan sampai didapatkan suatu sifat yang plastis dalam campuran beton segar. Indikasinya adalah warna adukan merata, kelecekan yang cukup, dan tampak homogen.

Selama proses pengadukan, harus dilakukan pendataan rinci mengenai :

1. Jumlah batch-aduk yang dihasilkan
2. Proporsi material
3. Perkiraan lokasi dari penuangan akhir pada struktur, dan
4. Waktu dan tanggal pengadukan serta penuangan.

Ketentuan mengenai waktu pengadukan minimal dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Waktu Pengadukan Minimal (Mulyono,2004)

No	Kapasitas Dari Mixer (m <sup>3</sup> )	ASTM C.94 dan ACI 318
1	0,8 – 3,1	1 menit
2	3,8 – 4,6	2menit
3	7,6	3menit

Menurut SK.SNI.T-28-1991-03 Ps.(3.3.3), waktu pengadukan minimal untuk campuran beton yang volumenya lebih kecil atau sama dengan 1 m<sup>3</sup> adalah 1,5 menit, dan ditambah selama 0,5 menit untuk penambahan 1 m<sup>3</sup> beton serta pengadukan ditambahkan selama 1,5 menit setelah semua bahan tercampur.

Waktu pengadukan ini akan berpengaruh pada mutu beton. Jika terlalu sebentar pencampuran bahan kurang merata, sehingga pengikatan antara bahan-bahan beton akan berkurang. Sebaliknya, pengadukan yang terlalu lama akan mengakibatkan :

1. Naiknya suhu beton.
2. Keausan pada agregat sehingga agregat pecah.
3. Terjadinya kehilangan air sehingga penambahan air diperlukan.
4. Bertambahnya nilai *slump*, dan
5. Menurunnya kekuatan beton.

Selama proses pengadukan, kekentalan campuran beton harus diawasi terus dengan cara memeriksa nilai *slump* yang disesuaikan dengan syarat pengadukan. Adapun jenis *slump* dibagi atas 3 jenis, yaitu:

1. *Slump* sesungguhnya, merupakan penurunan umum dan seragam tanpa adukan beton yang pecah, pengambilan nilai *slump* ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.
2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncak kerucut adukan beton tergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring, pengambilan nilai *slump* geser ada dua cara yaitu penurunan minimum dan penurunan rata-rata dari puncak kerucut.

3. *Slump* runtuh terjadi pada kerucut adukan beton yang runtuh seluruhnya akibat adukan beton yang terlalu cair, pengambilan nilai *slump* ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.

Mesin dan alat pengaduk dapat dibedakan menjadi dua, yaitu alat aduk yang mobile (dapat dipindah-pindah) dan mempunyai kapasitas yang kecil (dinamakan *mixer* atau molen), serta alat aduk stasioner yang biasanya mempunyai kapasitas besar (dinamakan *batching plant*).

### 3.6 Jenis-Jenis Pemeriksaan Material

Dalam pemeriksaan materil pada penelitian ini yaitu, analisa saringan agregat kasar dan agregat halus, pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus, pemeriksaan kadar lumpur, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan berat isi agregat kasar dan agregat halus, pemeriksaan keausan agregat kasar.

#### 3.6.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Analisa saringan agregat halus dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan. Cara untuk menentukan gradasi agregat halus sebagai berikut :

1. Pasir dikeringkan didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai beratnya tetap.
2. Setelah itu benda uji di timbang untuk mengetahui berat pasir yang telah di oven.
3. Benda uji yang telah ditimbang di cuci dengan air dengan syarat air cucian tersebut di tampung dengan saringan #200. Ini bertujuan untuk mengantisipasi kehilangan butiran agregat halus.
4. Setelah itu benda uji dekeringkan lagi di dalam oven dengan suhu yang sama yaitu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Setelah kering sampel di saring dengan menggunakan saringan no.1” (25,4 mm), no.3/4” (19 mm), no.1/2” (12,7 mm), no.3/8” (9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm), no.50 (0,3 mm), no.100 (0,15 mm), dan no.200 (0,075 mm).



mm). Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butiran pasir.

### 3.6.2 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Diambil bejana yang berbentuk selinder yang akan digunakan sebagai wadah untuk pemeriksaan berat satuan, timbang berat wadah ( $W_1$ ).
- b. Untuk berat isi padat, masukan benda uji kedalam wadah  $\pm 3$  lapisan yang sama ketebalannya, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, sedangkan untuk berat isi lepas benda uji dimasukan secara perlahan-lahan (agar tidak terjadi pemisahan agregat) maksimum 5 cm dari atas wadah dengan mempergunakan sendok lalu didatarkan permukaannya.
- c. Timbang dan catat berat wadah yang berisi benda uji ( $W_2$ ).
- d. Hitung berat bersih benda uji dengan rumus sebagai berikut :

- a. Hitung berat bersih benda uji ( $W_3$ )

$$W_3 = W_2 - W_1 \quad (3.1)$$

Keterangan :

$W_1$  = berat tempat

$W_2$  = berat tempat + benda uji

- b. Hitung berat isi tempat ( $W_4$ )

$$W_4 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \quad (3.2)$$

Keterangan :

$d$  = diameter tempat (cm)

$t$  = tinggi tempat (cm)

- c. Berat isi lepas ( $W_5$ )

$$W_5 = W_3 \div W_4 \quad (3.3)$$

Keterangan :

$W_3$  = Berat bersih benda uji

W4 = Berat isi tempat

(Sumber : SNI 03-1970-1990)

### 3.6.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven ( $110 \pm 5$ ) °C sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam didalam air selama  $\pm 24$  jam.
2. Setelah direndam  $\pm 24$  jam, air rendaman dibuang dan pasir di hamparkan dengan cara pasir yang lolos saringan no. 4. Untuk mengetahui keadaan jenuh kering maka pasir dimasukan kedalam kerucut pancung lalu ditumbuk sebanyak 25 kali sebanyak tiga lapis, kemudian kerucut diangkat maka pasir akan runtuh tetapi runtuh pasir masing berbentuk kerucut tersebut.
3. Pasir dalam keadaan jenuh kering permukaan tersebut kemudian dimasukan kedalam piknometer sebanyak  $\pm 500$  gram, lalu dimasukan air sebanyak yang diperlukan, kemudian diguncang-guncang untuk mengeluarkan udara yang terperangkap didalam piknometer tersebut.
4. Seteh itu, piknometer di tambah air pada batas yang telah ditentukan dan ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram.
5. Pasir dikeluarkan dari piknometer didalam cawan, kemudian dikeringkan didalam oven sampai beratnya tetap setelah itu ditimbang beratnya.
6. Piknometer diisi air sampai batas yang telah ditentukan di piknometer dan ditimbang beratnya.
7. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- a. Berat jenis curah (*Bulk Specific Gravity*)

$$\frac{BK}{(B+BA-BT)} \quad (3.4)$$

- b. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*)

$$\frac{BA}{(B+BA-BT)} \quad (3.5)$$

- c. Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$\frac{BK}{(B+BK-BT)} \quad (3.6)$$

d. Penyerapan

$$\frac{BA-BK}{BK} \times 100 \quad (3.7)$$

Dimana:

B = Berat picnometer diisi air (gr)

BK = Berat benda uji kering oven (gr)

BT = Berat benda uji + Picnometer + Air (gr)

BA = Berat benda uji permukaan jenuh (gr)

(Sumber : SNI 03-1970-1990)

#### 3.6.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus dan kasar, yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven ( $110 \pm 5$ )<sup>o</sup>C sampai beratnya tetap, kemudian pasir ditimbang beratnya (B<sub>1</sub>).
2. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian di saring dengan menggunakan saringan #200.
3. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu ( $110 \pm 5$ )<sup>o</sup>C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B<sub>2</sub>).
4. Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{(B_1-B_2)}{B_1} \times 100 \% \quad (3.8)$$

Keterangan :

B<sub>1</sub> = Berat uji kering sebelum dicuci

B<sub>2</sub> = Berat uji kering sesudah dicuci

(Sumber : SNI 03-1970-1990)

#### 3.6.5 Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Halus

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada agregat halus, yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian pasir ditimbang beratnya ( $B_1$ ).
2. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu ( $110 \pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya ( $B_2$ ).
3. Hitung kadar air dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{B_1}{B_2} \times 100 \% \quad (3.9)$$

Keterangan :

- $B_1$  = Berat air  
 $B_2$  = Berat benda uji kering oven

(Sumber : SNI 03-1970-1990)

### 3.6.6 Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisa saringan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir *Split* dengan menggunakan saringan. Cara untuk menentukan gradasi agregat kasar sebagai berikut :

1. Agregat kasar dikeringkan didalam oven dengan suhu ( $110 \pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap.
2. Setelah itu benda uji di timbang untuk mengetahui berat agregat yang telah di oven.
3. Benda uji yang telah ditimbang di cuci dengan air dengan syarat air cucian tersebut di tampung dengan saringan #200. Ini bertujuan untuk mengantisipasi kehilangan butiran agregat kasar.
4. Setelah itu benda uji dekeringkan lagi di dalam oven dengan suhu yang sama yaitu ( $110 \pm 5$ ) $^{\circ}\text{C}$ .
5. Setelah kering sampel di saring dengan menggunakan saringan no.1”(25,4 mm), no.3/4”(19 mm), no.1/2”(12,7 mm), no.3/8”(9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm),no.50 (0,3 mm),no.100(0,15 mm), dan no.200 (0,075 mm).
6. Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butiran *split*.

### 3.6.7 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Diambil bejana yang berbentuk selinder yang akan digunakan sebagai wadah untuk pemeriksaan berat satuan, timbang berat wadah ( $W_1$ ).
2. Untuk berat isi padat, masukan benda uji kedalam wadah  $\pm 3$  lapisan yang sama ketebalannya, setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, sedangkan untuk berat isi lepas benda uji dimasukan secara perlahan-lahan (agar tidak terjadi pemisahan agregat) maksimum 5 cm dari atas wadah dengan mempergunakan sendok lalu didatarkan permukaannya.
3. Timbang dan catat berat wadah yang berisi benda uji ( $W_2$ ).
4. Hitung berat bersih benda uji dengan rumus sebagai berikut :

- a. Hitung berat bersih benda uji ( $W_3$ )

$$W_3 = W_2 - W_1 \quad (3.10)$$

Keterangan :

$W_1$  = berat tempat

$W_2$  = berat tempat + benda uji

- b. Hitung berat isi tempat ( $W_4$ )

$$w_4 = \frac{1}{4} \pi x d^2 x t \quad (3.11)$$

Keterangan :

$d$  = diameter tempat (cm)

$t$  = tinggi tempat (cm)

- c. Berat isi lepas ( $W_5$ )

$$W_5 = W_3 \div W_4 \quad (3.12)$$

Keterangan :

$W_3$  = Berat bersih benda uji

$W_4$  = Berat isi tempat

(Sumber : SNI 03-1970-1990)

### 3.6.8 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

1. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven ( $110 \pm 5$ )°C sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam didalam air selama  $\pm 24$  jam.
2. Setelah direndam  $\pm 24$  jam, air rendaman dibuang dan *split* di hamparkan dengan *carasplit* yang tertahan lolos saringan no. 4. Dan ditunggu kering permukannya.
3. Setelah itu benda uji di timbang, dengan menggunakan keranjang sebelumnya berat keranjang kosong ditimbang di udara terlebih dahulu, setelah itu berat keranjang kosong diudara dengan agregat diudara, berat agregat dengan keranjang di dalam air dan berat keranjang kosong didalam air.
4. Kemudian *Split* dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu ( $110 \pm 5$ )°C sampai kering tetap.
5. *Split* yang telah kering ditimbang beratnya.
6. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- a. Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(BJ-BA)} \quad (3.13)$$

- b. Berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry)

$$\frac{BJ}{(BJ-BA)} \quad (3.14)$$

- c. Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)

$$\frac{BK}{(BK-BA)} \quad (3.15)$$

- d. Penyerapan

$$\frac{BJ-BK}{BK} \times 100 \quad (3.16)$$

Keterangan :

BJ = Berat benda uji permukaan jenuh (gr)

BK = Berat benda uji kering oven (gr)

BA = Berat benda uji dalam air (gr)

(Sumber : SNI 03-1970-1990)

### 3.6.9 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus, yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai beratnya tetap, kemudian *split* ditimbang beratnya ( $B_1$ ).
2. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian di saring dengan menggunakan saringan #200.
3. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya ( $B_2$ ).
4. Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{(B_1 - B_2)}{B_1} \times 100 \% \quad (3.17)$$

Keterangan :

$B_1$  = Berat uji kering sebelum dicuci

$B_2$  = Berat uji kering sesudah dicuci

(Sumber : SNI 03-1970-1990)

### 3.6.10 Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada agregat kasar, yaitu sebagai berikut :

1. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian *split* ditimbang beratnya ( $B_1$ ).
2. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya ( $B_2$ ).
3. Hitung kadar air dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{B_1}{B_2} \times 100 \% \quad (3.19)$$

Keterangan :

$B_1$  = Berat air

B2 = Berat benda uji kering oven

(Sumber : SNI 03-1970-1990)

### 3.7 Perencanaan Campuran Beton

Setelah semua bahan sifat bahan baku yang akan digunakan dalam pekerjaan beton diketahui, maka dilanjutkan pada tahap perencanaan campuran beton (*mix design*) yang akan digunakan pada pekerjaan tersebut.

Agar dapat merancang kekuatannya dengan baik, artinya dapat memenuhi kriteria aspek ekonomi yaitu rendah dalam biaya dan memenuhi aspek teknik yaitu memenuhi kekuatan struktur, seorang perencana beton harus mampu merancang campuran beton (*mix design*) yang memenuhi kriteria tersebut.

Didalam penelitian ini penulis mencoba menggunakan metode SNI 2847-2013 dalam perencanaan campuran beton dengan perawatan benda uji selama 28 hari, tahap-tahap yang dilakukan dalam pembuatan rancangan campuran beton metode SK.SNI 2847-2013 adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan material penyusun beton seperti: agregat kasar, agregat halus, air, semen, dan bahan tambah.
2. Pemeriksaan bahan karakteristik penyusun beton dan harus memenuhi standar spesifikasi yang diisyaratkan.
3. Perhitungan rumusan campuran sesuai mutu beton.
4. Membuat *trial mix*.
5. Melakukan penyesuaian kembali rancangan campuran beton apabila *trial mix* tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan.

Proses pembuatan rancangan campuran beton pada umumnya dibagi menjadi tiga tahap utama sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan proporsi campuran beton yang tepat berdasarkan data tentang bahan baku yang akan digunakan.
2. Pembuatan campuran percobaan dalam skala kecil (dalam penelitian ini menggunakan benda uji silinder ukuran diameter 150 mm dan panjang 300 mm), dengan agregat menggunakan agregat yang diketahui kadar airnya.



3. Membuat percobaan dalam skala penuh sebelum pelaksanaan konstruksi bangunan sebenarnya dimulai.

### 3.8 Perencanaan Campuran Beton Dalam SK.SNI 2847-2013

Syarat-syarat perencanaan dari metode SK.SNI2847-2013 adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan kuat tekan ( $f_c'$ ) yang diisyaratkan pada umur 28 hari. Beton yang direncanakan harus memenuhi persyaratan kuat tekan beton rata-rata ( $f_c'r$ ).
2. Deviasi Standar (S)  
 Deviasi Standar (S) adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan (produksi) beton. Deviasi Standar adalah indentifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data dalam hal ini produksi beton. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran adukan beton.

**Tabel 3.5** Nilai Deviasi Standar Untuk Indikasi Tingkat Pengendalian Mutu Beton (Mulyono, 2004)

NO	Deviasi Standar (S)	Indekasi Tingkat Pengendalian Mutu Beton
1	2,8	Sangat Memuaskan
2	3,5	Memuaskan
3	4,2	Baik
4	5,6	Cukup
5	7,0	Jelek
6	8,4	Tanpa Kendali

Data hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung deviasi standar (S) haruslah :

- a. Mewakili bahan-bahan, prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- b. Mewakili kuat tekan beton yang diisyaratkan  $f_c'$  yang nilainya dalam batas  $\pm 7$  Mpa dari nilai yang ditentukan.

- c. Paling sedikit dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji berurutan jumlah minimum 30 hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
3. Nilai Tambah (*Margin*)
- a. Jika pelaksana mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah dihitung menggunakan rumus :
- $$M = 1,64 \times S \quad (3.20)$$
- Keterangan :
- M = Nilai Tambah (margin) (N/mm<sup>2</sup>)
- S = Standar deviasi (N/mm<sup>2</sup>)
- (Sumber : SK.SNI2847-2013)
- b. Jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah diambil dari tabel 3.6

**Tabel 3.6** Nilai tambah m jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman (SK.SNI2847-2013)

No	Kuat tekan yang disyaratkan $f_c'$ (MPa)	Nilai tambah (MPa)
1	Kurang dari 21	7
2	21 s.d 35	8,5
3	Lebih dari 35	10

4. Perhitungan kuat tekan rata-rata ( $f_c'r$ ) yang ditergetkan. Kuat tekan rata-rata direncanakan dihitung dengan rumus :
- $$f_c'r = f_c' + m \quad (3.21)$$
- Dimana:
- $f_c'r$  = kuat tekan rata-rata (Mpa)
- $f_c'$  = kuat tekan beton yang direncanakan (Mpa)
- $M$  = nilai tambah atau margin (N/mm<sup>2</sup>)
- (Sumber : SNI 1974:2011)
5. Menetapkan jenis semen *portland* yang digunakan.
6. Menetapkan jenis agregat yang akan digunnakan. Baik agregat halus maupun agregat kasar.

7. Menentukan faktor air semen.

Faktor air semen adalah perbandingan berat air dengan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen didapat dengan menggunakan grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen untuk benda uji selinder. Dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Tentukan kuat tekan beton pada umur 28 hari berdasarkan tipe semen dan agregat dapat dilihat pada tabel 3.7.

**Tabel 3.7** Perkiraan Kekuatan Tekan ( $N/mm^2$ ) Beton Dengan Faktor Air Semen 0,5 Jenis Semen dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia (SNI 03-2834-2000).

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekakuan Tekan ( $N/mm^2$ )				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	91	
Semen portland tipe I atau semen tahan sulfat tipe II,V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	18	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

- b. Tarik garis tegak lurus pada (F.A.S) 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan beton yang ditentukan.
- c. Tarik garis mendatar kuat tekan yang dipakai sampai memotong garis tegak lurus.
- d. Penetapan (F.A.S) maksimum. Penetapan ini berdasarkan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam rancangan campuran beton. Dari langkah (7) dan langkah (8) pilih (F.A.S) yang terendah.

8. Penetapan nilai *slump*.

9. Penetapan ukuran agregat maksimum.

Dengan ketentuan:

- a.  $\frac{3}{4}$  kali jarak bersih minimum antar baja tulangan
- b.  $\frac{1}{3}$  kali tebal plat
- c.  $\frac{1}{5}$  jarak terkecil antar bidang sampai cetakan (*begisting*)

10. Penentuan nilai kadar air bebas yang diperlakukan per meter kubik, berdasarkan jenis agregat ukuran maksimum dan nilai *slump*. Dihitung menggunakan rumus:

$$W_{\text{air}} = \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \quad (3.22)$$

Dimana:

$W_h$  = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

11. Menghitung jumlah semen yang diperlukan berdasarkan kadar air bebas dibagi faktor air semen (f.a.s), yaitu langkah (11) : langkah (8).
12. Jumlah semen maksimum diabaikan jika tidak ditetapkan.
13. Tentukan jumlah semen minimum. Berat semen yang diperoleh dari langkah (11) harus lebih besar dari kebutuhan minimum.
14. Tentukan faktor air semen (f.a.s) yang disesuaikan.
15. Menentukan jumlah susunan butiran agregat halus, sesuai dengan syarat SK.SNI 2847-2017.
16. Menentukan persentase agregat halus terhadap campuran berdasarkan nilai *slump*, faktor air semen (f.a.s) dan besar nominal agregat maksimum.
17. Menghitung berat jenis relatif agregat.

$$B_j \text{ Campuran} = \left(\frac{p}{100} \times B_j \text{ agregat halus}\right) + \left(\frac{k}{100} \times B_j \text{ agregat kasar}\right) \quad (3.23)$$

Dimana:

P = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)

K = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

18. Tentukan berat jenis beton, berdasarkan jenis agregat gabungan dan nilai kadar air bebas, langkah (11).

19. Hitung kadar air gabungan, yaitu berat jenis beton dikurangi dengan kadar semen dan kadar air, langkah (19 - 15 - 11).
20. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikalikan persentase agregat halus dalam campuran, langkah (20 - 16).
21. Hitung kadar agregat kasar, agregat gabungan dikurangi kadar agregat kasar, langkah (20 -21).

### 3.9 SlumpTest

*Slumptest* adalah salah satu cara untuk mengukur kecairan atau kepadatan dalam adukan beton. Tujuan *slump test* adalah untuk mengecek adanya perubahan kadar air yang ada dalam adukan beton, sedangkan pemeriksaan nilai *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifatnya *workability* (kemudahan dalam pekerjaan) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan, semakin rendah nilai *slump* menunjukkan bahwa beton semakin kental dan nilai *slump* yang tertinggi menunjukkan bahwa beton tersebut semakin encer

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kekecekan beton segar yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kerucut *abrams*, pelaksanaan pengujian dengan cara kerucut *abrams* diletakan diatas talam baja yang rata dan tidak menyerap air. Adukan beton dituang dalam 3 tahap, volume berturut-turut 1/3, 2/3, hingga penuh. Tiap lapisan ditumbuk dengan menggunakan batang baja diameter 16 mm dan panjang 600 mm sebanyak 25 kali, penusukan dilakukan secara merata keseluruhan bidang dan dijaga agar tidak mengenai lapisan dibawahnya. Kemudian kerucut diangkat tegak lurus keatas, maka lapisan beton akan turun dari posisi semula, penurunan ini diukur dengan cara meletakan kerucut *abrams* di sampingnya, kemudian diukur selisih beda tingginya penurunan dari posisi semula ini disebut *slump*.

Menurut (Antoni, 2007 ) ada tiga jenis *slump* yaitu:

1. *Slump* sejati merupakan penurunan umum dan seragam tanpa adukan beton yang dipecahkan, pengukuran *slump* ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.

2. *Slump* geser terjadi apabila separuh puncak kerucut adukan beton tergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring, pengambilan nilai *slump* geser ada dua cara, yaitu penurunan minimum dan penurunan rata-rata dari puncak tersebut.
3. *Slump* runtuh terjadi pada kerucut adukan beton yang runtuh seluruhnya akibat adukan beton yang terlalu cair, pengambilan nilai *slump* ini dengan cara mengukur penurunan minimum dari puncak tersebut.

### 3.10 Perawatan Beton

Perawatan beton adalah usaha untuk merawat beton dengan tujuan utama untuk menjaga kadar air (didalam beton) yang mencukupi, artinya dalam kualitas yang mencukupi untuk keperluan pertumbuhan optimal kekakuan beton serta temperatur normal, terutama pada umur beton yang masih muda agar kekuatan dan kinerja beton dapat tumbuh dengan normal.

Pada penelitian ini, perawatan beton dilakukan dengan perendaman benda uji didalam bak yang ada dilaboratorium teknik sipil Universitas Islam Riau.

Menurut Supartono dalam Setiawan, 2015 beberapa cara perawatan beton yang sering digunakan pada proses pengerasan adalah sebagai berikut :

#### 1. Perawatan dengan air

Cara ini yang paling banyak digunakan. Namun demikian, penggunaan cara ini perlu didukung oleh pertimbangan ekonomi sehubungan dengan kondisi lapangan dan tersedianya air. Dengan mutu air yang digunakan harus bebas dari bahan-bahan yang agresif terhadap beton.

Beberapa macam cara perawatan beton dengan menggunakan air, sebagai berikut:

- a. Penyemprotan dengan menggunakan air.
  - b. Perendaman dalam air.
  - c. Penumpukan jerami basah.
  - d. Pelapisan tanah atau pasir basah
  - e. Penyelimutan dengan kain atau karung basah.
- #### 2. Perawatan dengan penguapan

Cara ini banyak digunakan dengan tujuan untuk mendapatkan kuat tekan awal yang tinggi pada elemen-elemen beton pracetak, seperti fabrikasi tiang pancang beton pratekan.

3. Perawatan dengan penguapan tekanan tinggi.

Cara ini juga dikenal sebagai *high pressure steam curing*, banyak digunakan untuk perawatan elemen beton ringan. Cara ini digunakan sering kali dengan tujuan mengurangi resiko terjadinya retak susut elemen beton dan sekaligus meningkatkan kemampuan ketahanan terhadap *sulfat*.

4. Perawatan dengan isolasi permukaan beton.

Cara perawatan dengan menggunakan lapisan yang rapat untuk menutupi permukaan beton biasa merupakan solusi yang baik, karena cara ini bisa menghambat proses penguapan air pori dari dalam beton, disamping juga bisa mengurangi resiko timbulnya perbedaan temperatur yang menyolok antara bagian dalam beton dengan bagian luar beton. Beberapa material yang bisa digunakan untuk keperluan perawatan ini antara lain:

- a. Lapisan pasir kering.
- b. Lembaran plastik.
- c. Kertas berserat, yang dilapisi dengan *adhesive bituminious*.

Tujuan dari perawatan beton yaitu menahan kelembaban didalam beton selama beton berhidrasi, karena dengan terjaganya kelembaban beton tersebut akan tercapainya kekuatan yang diinginkan, serta tercapainya tingkat *impermeabilitas* yang diisyaratkan untuk ketahanan, stabilitas volume dan pencairan serta abrasi terhadap beton.

### 3.11 Kekuatan Tekan Beton ( $f_c'$ )

Kuat tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut (Mulyono, 2004).

Kuat tekan beton didapat melalui pengujian kuat tekan dengan memakai alat uji tekan (*compressive strength machine*). Pemberian beban tekan dilakukan

bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2013):

1. Kuat tekan beton ( $f'c$ )

$$f'c = \frac{P}{A} \times 102 \quad (3.24)$$

Dimana:

$f'c$  = Kuat tekan benda uji beton, MPa

P = Besar beban maksimum, N

A = Luas penampang benda uji,  $\text{mm}^2$

2. Kuat tekan rata-rata benda uji ( $f'c' r$ )

Kuat tekan rata-rata benda uji adalah kuat tekan beton yang dicapai dari beberapa sampel benda uji dibagi dengan jumlah benda uji, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$f'c' r = \frac{\sum f'c'}{n} \quad (3.25)$$

Dimana:

$f'c'$  = Kuat tekan benda uji beton ( $\text{Kg/cm}^2$ )

$f'c' r$  = Kuat tekan rata-rata dari jumlah benda uji ( $\text{Kg/cm}^2$ )

n = Jumlah benda uji.

3. Standar deviasi (s)

Standar deviasi adalah suatu istilah statistik yang dipakai sebagai ukuran tingkat variasi suatu hasil produk tertentu (dalam hal ini produk beton) (Purwono, 2010). Rumus standar deviasi dapat dilihat pada persamaan 3.27 (panduan praktikum teknologi bahan dan beton, Universitas Islam Riau, 2013):

$$s = \frac{\sqrt{\sum x-xi^2}}{n-1} \quad (3.26)$$

Dimana:

s = Standar deviasi

x = Kuat tekan beton estimasi 28 hari

$n - 1$  = Jumlah benda uji



$x_i$  = Kuat tekan beton rata-rata 28 hari

#### 4. Kuat tekan karakteristik ( $f_c'k$ )

Kuat tekan karakteristik atau kuat tekan rata-rata perlu yang digunakan sebagai dasar pemilihan campuran beton, lihat persamaan 3.28 (panduan teknologi bahan beton, Universitas Islam Riau, 2013):

$$f_c'k = f_c'r - (1,64 \cdot s) \quad (3.27)$$

Dimana:

$f_c'k$  = Kuat tekan karakteristik beton

$f_c'r$  = Kuat tekan beton rata-rata estimasi 28 hari

$s$  = Standar deviasi

Dari perhitungan diatas, kuat tekan karakteristik yang diperoleh harus lebih atau sama dengan kuat tekan karekteristik yang direncanakan atau ( $f_c' \geq f_c'r$ ) (Dipohusodo,1994).

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Laboratorium Fakultas Teknik Sipil dipakai untuk melakukan penelitian antara lain, pemeriksaan agregat (agregat halus dan agregat kasar), *mix desain*, pengecoran atau pengadukan, *slump test*, pembuatan benda uji (berbentuk silinder diameter 150mm dan tinggi 300mm), perawatan beton dan melakukan pengujian kuat tekan beton.

### 4.2 Teknik Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa cara dalam pengumpulan data, teknik pengumpulan data yang penulis gunakan adalah sebagai berikut:

1. Teknik eksperimen

Pengertian eksperimen adalah mencari atau membuat sesuatu dari hal yang baru untuk mendapatkan hasil percobaan yang baru dengan sengaja oleh peneliti. Dalam penelitian ini data diperoleh dengan teknik pengujian dilaboratorium. Benda uji berupa silinder yang berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan variasi penambahan serbuk cangkang telur sebesar 0% berjumlah 3 buah, 2% sebanyak 3 buah, 4% sebanyak 3 buah, 6% sebanyak 3 buah, 8% sebanyak 3 buah, 10% sebanyak 3 buah untuk uji kuat tekan beton, jadi semua sampel berjumlah 18 benda uji.

2. *Study literatur*

*Study literatur* dilakukan dengan cara pengkajian teori-teori dan persyaratan teknis yang relevan dengan judul penelitian, juga sebagai materi untuk melakukan pengamatan.

### 4.3 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan pasir cor yang berasal dari PT. RIAU MAS BERSAUDARA yang berasal dari quarry di Desa Muara Takus Kampar.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan batu pecah (*split*) yang berasal dari PT. RIAU MAS BERSAUDARA yang berasal dari quarry di Desa Manggilang Kampar.

3. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland PCC kemasan 50 Kg yang diproduksi oleh PT. Semen Padang.

4. Bahan Tambah

Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang telur yang dihaluskan. Cangkang telur dalam penelitian ini berasal dari limbah dapur gerai nasi goreng Bofet Mulya Delima yang berlokasi di kota Pekanbaru jl. Delima, kelurahan Tobek Godang, Kecamatan Tampan .



**Gambar 4.1** Cangkang Telur Dari Bofet Mulya

5. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sumur bor yang berada di Laboratorium Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Riau.

#### 4.4 Peralatan

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu set saringan

Saringan yang dipakai dalam penelitian ini adalah saringan no.1”(25,4 mm), no.3/4”(19 mm), no.1/2”(12,7 mm), no.3/8”(9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm),no.50 (0,3 mm),no.100(0,15 mm), dan no.200 (0,075 mm).



**Gambar 4.2** Saringan (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

2. Cawan

Cawan digunakan sebagai wadah tempat benda uji (agregat kasar dan agregat halus). Cawan terbuat dari aluminium yang tahan terhadap panas. Ukuran yang digunakan berbeda-beda.



**Gambar 4.3** Cawan (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

### 3. Oven

Sebagai tempat mengeringkan agregat halus dan agregat kasar, yang dilengkapi dengan pengatur suhu. Suhu yang dipakai dalam penelitian ini adalah  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 4.4** Oven (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

### 4. Timbangan

Ada beberapa jenis timbangan yang dipakai dalam penelitian ini antara lain ketelitian 0,1% dari benda uji, timbangan kapasitas 15 Kg, dan kapasitas timbangan 20 Kg.



**Gambar 4.5** Timbangan (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

5. Piknometer

Piknometer digunakan untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus kapasitas benda uji 500 gram.



**Gambar 4.6** Piknometer (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

6. Batang penusuk

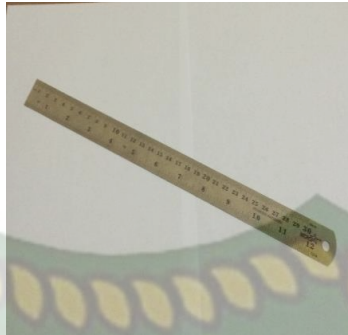
Batang penusuk terbuat dari baja yang digunakan pada jenis pemeriksaan berat isi segar dan pengujian *slump*.



**Gambar 4.7** Batang Penusuk (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

7. Mistar atau penggaris

Mistar digunakan untuk mengukur jarak penurunan yang terjadi pada *slump test*.



**Gambar 4.8** Mistar atau Penggaris (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

8. Kerucut terpancung (*abrams*)

Terbuat dari plat baja dengan diameter 34 -37 mm, diameter bawah 87 - 93mm, tinggi 67 -73mm dan dengan ketebalan 0,8 mm. Digunakan untuk pemeriksaan kering permukaan jenuh pada agregat halus.



**Gambar 4.9** Kerucut Terpancung (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

9. Wadah

Wadah berbentuk silinder yang terbuat dari baja dengan tinggi 155 mm dan diameter 158 mm. Digunakan untuk pemeriksaan berat isi agregat halus dan agregat kasar.



**Gambar 4.10** Wadah (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

10. Alat Uji *Slump*

Alat ini terbuat dari baja yang berbentuk kerucut dengan tebal 2 mm, diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm.



**Gambar 4.11** Kerucut Alat Uji *Slump* (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

11. Mesin pengaduk (molen)

Berfungsi untuk pembuatan beton segar yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air dan bahan tambah.





**Gambar 4.12** Mesin Pengaduk (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

12. Cetakan silinder

Cetakan selinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.



**Gambar 4.13** Cetakan Beton Silinder (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

13. Mesin Kuat Tekan Beton

Mesin kuat tekan beton berfungsi menguji kuat tekan beton. Mesin yang digunakan adalah BT Testing dial manual. Alat ini terbuat dari baja dan mempunyai pengaturan dan pengontrol beban.



**Gambar 4.14** Mesin Kuat Tekan Beton (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

14. Bak Perendam

Bak perendam berfungsi untuk perawatan beton yang telah dicetak, beton direndam sesuai hari perencanaan.



**Gambar 4.15** Bak Perendam (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

15. Lesung

Lesung digunakan sebagai tempat untuk penumbukan cangkang telur sehingga menjadi serbuk.



**Gambar 4.16** Lesung (*Dokumentasi Penelitian, 2019*)

Penggunaan peralatan tersebut pada pemeriksaan agregat dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagian-bagian berikut ini:

1. Analisa saringan

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari benda uji.
- Satu set saringan no.1”(25,4 mm), no.3/4”(19 mm), no.1/2”(12,7 mm), no.3/8”(9,6 mm), no.4 (4,8 mm), no.8 (2,4 mm), no.16 (1,2 mm), no.30 (0,6 mm),no.50 (0,3 mm),no.100(0,15 mm), dan no.200 (0,075 mm).
- Oven dengan suhu  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Cawan untuk tempat material.
- Sikat untuk saringan, sendok dan serta alat lainnya.

2. Pemeriksaan berat isi

Peralatan yang digunakan antara lain:

- Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari benda uji.
- Wadah baja berbentuk silinder
- Tongkat pemadat dengan diameter 15 mm, dan panjang 60 cm yang terbuat dari baja.

3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air

Peralatan yang digunakan sebagai berikut:

- a. Keranjang kawat berukuran 3,35 mm atau 2,36 mm dengan kapasitas  $\pm 5$  Kg.
  - b. Timbangan dengan kapasitas 20 Kg untuk menimbang agregat kasar.
  - c. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari benda uji untuk menimbang agregat halus.
  - d. Piknometer untuk mencari berat isi agregat halus.
  - e. Kerucut terpancung (*cone*) dengan diameter atas 37 mm – 43 mm dan diameter bawah 87 mm – 93 mm dengan tinggi 67 mm – 73 mm yang terbuat dari logam dengan ketebalan 0,8 mm.
  - f. Saringan no. 4 (4,8 mm).
  - g. Oven dengan suhu  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
  - h. Talam/Koran, tempat yang digunakan untuk mengeringkan agregat kering permukaan.
  - i. Air suling
  - j. Bejana air
  - k. Desikator
4. Pemeriksaan kadar lumpur
- Peralatan yang digunakan antara lain:
- a. Saringan no.200 (0,075 mm).
  - b. Wadah untuk mencuci benda uji (cawan).
  - c. Timbangan
  - d. Oven dengan suhu  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
5. Pemeriksaan keausan agregat kasar
- Peralatan yang digunakan antara lain:
- a. Cawan sebagai wadah untuk menimbang agregat kasar.
  - b. Timbangan
  - c. Saringan no.12.
  - d. Oven dengan suhu  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
6. Pengujian slump
- Peralatan yang digunakan antara lain:
- a. Kerucut *abrams*

- b. Alat ukur seperti mistar.
  - c. Alat perata (sendok semen).
  - d. Skop atau cangkul.
  - e. Alat penusuk berupa batang baja.
7. Pekerjaan benda uji
- Peralatan yang digunakan antara lain:
- a. Sendok
  - b. Mesin pengaduk (molen)
  - c. Cetakan beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
  - d. Batang penusuk terbuat dari baja.
  - e. Alat penggetar berbentuk meja untuk memadatkan beton.

#### 4.5 Prosedur Pengerjaan

Prosedur pengerjaan sangat penting dalam pembuatan beton. Prosedur ini harus dilakukan dengan benar agar diperoleh hasil yang benar-benar berkualitas, berikut prosedur pengerjaan pembuatan sampel beton :

1. Prosedur Analisa Saringan
  - a. Timbangan cawan
  - b. Memasukkan agregat ke cawan yang sudah ditimbang
  - c. Masukkan agregat kedalam oven selama 24 jam
  - d. Dinginkan agregat
  - e. Masukkan agregat kesaringan yang sudah tersusun sesuai nomor saringannya.
  - f. Goncang saringan agar agregat tersaring sesuai dengan gradasi besar butirnya
  - g. Timbang agregat yang tertahan disetiap nomor saringan menggunakan cawan yang sama
2. Prosedur Pemeriksaan Berat isi
  - Berat isi Gembur
    - a. Timbang wadah baja berbentuk silinder

- b. Masukkan agregat kedalam wadah baja
- c. Timbang wadah baja yang sudah berisi agregat

Berat isi Padat

- a. Timbang wadah baja berbentuk silinder
- b. Masukkan agregat kedalam wadah sebanyak  $\frac{1}{3}$  dari wadah
- c. Padatkan agregat menggunakan tongkat pemadat dengan cara menusukkan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan
- d. Ulangi hingga tiga kali tahap C sampai wadah terisi penuh
- e. Timbang wadah baja yang sudah berisi agregat

### 3. Prosedur Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Agregat halus

- a. Masukkan agregat ke cawan
- b. Rendam agregat selama 24 jam
- c. Keringkan agregat hingga tercapainya kering permukaan jenuh (SSD)
- d. Timbang picnometer
- e. Masukkan agregat kedalam picnometer sebanyak 500gr
- f. Isi picnometer yang telah terisi agregat halus menggunakan air hingga batas yang sudah ditetapkan
- g. Buang gelembung udara yang terdapat disela-sela agregat halus dengan cara menggoncang picnometer
- h. Timbang picnometer yang telah terisi dengan agregat dan air
- i. Pindahkan agregat halus yang sudah ditimbang kedalam cawan
- j. Masukkan cawan kedalam oven selama kurang lebih 24 jam
- k. Timbang agregat dan cawan yang sudah dioven

Agregat kasar

- a. Masukkan agregat ke cawan
- b. Rendam selama kurang lebih 24 jam
- c. Keringkan agregat hingga tercapainya kering permukaan jenuh (SSD)
- d. Masukkan agregat kedalam keranjang timbangan
- e. Timbang agregat kasar diatas permukaan air
- f. Timbang agregat kasar didalam air

- g. Masukkan agregat yang sudah ditimbang kedalam cawan
  - h. Masukkan ke oven agregat yang sudah ditimbang selama 24 jam
  - i. Timbang agregat yang sudah dimasukkan kedalam oven
4. Prosedur Pemeriksaan Kadar Lumpur
- a. Masukkan agregat kedalam cawan
  - b. Masukkan kedalam oven
  - c. Timbang agregat
  - d. Cuci agregat menggunakan saringan No.200
  - e. Masukkan agregat yang sudah dicuci kedalam cawan
  - f. Masukkan agregat kedalam oven
  - g. Timbang agregat yang sudah kering
5. Prosedur Pengerjaan Benda uji
- a. Menyiapkan material
  - b. Menyiapkan alat-alat untuk melakukan pengecoran
  - c. Basahkan alat-alat yang akan digunakan untuk pengecoran
  - d. Masukkan agregat kasar sesuai dengan jumlah perhitungan *mix design* kedalam mesin pengaduk
  - e. Masukkan agregat halus sesuai dengan jumlah perhitungan *mix design* kedalam mesin pengaduk
  - f. Masukkan agregat campuran (serbuk cangkang telur) sesuai dengan jumlah perhitungan *mix design* kedalam mesin pengaduk
  - g. Masukkan semen sesuai dengan jumlah perhitungan *mix design* kedalam mesin pengaduk
  - h. Masukkan air sesuai dengan jumlah perhitungan *mix design* kedalam mesin pengaduk
  - i. Tunggu agregat tercampur dengan rata
  - j. Tuangkan beton segar kedalam wadah baja yang sudah dipersiapkan
  - k. Masukkan beton segar kedalam cetakan
  - l. Tunggu hingga umur beton yang sudah ditentukan
  - m. Buka cetakan beton

#### 6. Prosedur Pengujian *slump*

- a. Cetakan slump dan pelat dibasahi
- b. Letakkan cetakan diatas pelat
- c. Isi cetakan dengan beton segar sampai penuh dalam tiga lapis, kira-kira 1/3 isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata
- d. Setelah pemadatan, ratakan permukaan benda uji, kelebihan beton segar disekitar cetakan harus dibersihkan
- e. Cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus keatas
- f. Balikkan cetakan dan letakkan disamping benda uji
- g. Ukur *slump* yang terjadi dengan mengukur rata-rata penurunan benda uji.

#### 4.6 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

##### 1. Persiapan alat dan material

Dalam melaksanakan penelitian perlu dilakukan persiapan diantaranya perizinan pemakaian laboratorium, pengumpulan material, persiapan alat penelitian dan persiapan blangko isian data.

##### 2. Pemeriksaan agregat

Adapun pemeriksaan agregat terdiri dari analisa saringan, berat jenis, berat isi, kadar lumpur, kadar air dan keausan agregat kasar.

##### 3. Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran beton berdasarkan metode SK.SNI 03-2834-2000.

##### 4. Pembuatan beton segar

Dalam penelitiann ini pembuatan beton segar menggunakan mesin molen.

##### 5. *Slump Test*

Pemeriksaan *slump test* dimaksud sebagai tolak ukur kelecakan beton segar, yang berhubungan dengan tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton.

##### 6. Pembuatan benda uji



Benda uji yang dibuat dengan menggunakan silinder diameter 15cm, tinggi 30cm, pembuatan benda uji ini perlu diperhatikan saat pemadatan karena sangat mempengaruhi kuat tekan benda uji tersebut.

**Tabel 4.1** Jumlah Benda Uji

NO	Umur Perawatan (Hari)	Persentase Substitusi Serbuk Cangkang Telur						Jumlah
		0%	2%	4%	6%	8%	10%	
1	28	3	3	3	3	3	3	18

7. Perawatan (*curing*)

Perawatan dilakukan dengan cara perendaman benda uji ke dalam bak yang berisi air, perendaman dilakukan selama 28 hari.

8. Pengujian Kuat Tekan.

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mencari perbandingan kuat tekan rencana dengan kuat tekan yang dihasilkan untuk di jadikan ukuran/patokan dilapangan.

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mencari perbandingan kuat tekan rencana dengan kuat tekan yang dihasilkan untuk di jadikan ukuran/patokan dilapangan.

9. Analisa Data

Analisa data didapat setelah pengujian benda uji.

10. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran bertujuan menyimpulkan apa yang telah didapat dari hasil penelitian dan saran memberi saran kepada peneliti selanjutnya dan bagi para kontruksi.

Prosedur pelaksanaan penelitian dapat dijelaskan melalui diagram alir gambar 4.1.

#### 4.7 Tahapan Analisis Data

Tahapan-tahapan analisis data dalam penelitian secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Menghitung rencana campuran beton dengan metode Standar Nasional Indonesia SK.SNI.03-2834-2000.
  - a. Menetapkan kuat tekan yang disyaratkan.
  - b. Menambahkan nilai tambah pada kuat tekan yang disyaratkan.
  - c. Menentukan kuat tekan rata-rata perlu ( $f'_{cr}$ ).
  - d. Menentukan jenis semen.
  - e. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus.
  - f. Menentukan nilai faktor air semen.
  - g. Menentukan nilai *slump*.
  - h. Menentukan besar butiran agregat maksimum
  - i. Menentukan kebutuhan air.
  - j. Menentukan jumlah semen.
  - k. Menentukan jenis agregat halus.
  - l. Menentukan proporsi berat agregat halus terhadap campuran.
  - m. Menentukan berat jenis agregat campuran.
  - n. Menentukan perkiraan berat beton.
  - o. Menentukan berat agregat campuran.
  - p. Menentukan agregat halus yang diperlukan.
  - q. Menentukan agregat kasar yang diperlukan.
2. Menghitung proporsi campuran betondengan  $F_c'20$  Mpa.
  - a. Memsaukkan data berat agregat kasar yagn sudah didapat kedalam tabel proporsi campuran beton.
  - b. Menentukan campuran beton untuk 3 benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm sebelum koreksi kadar air SSD (*Saturated Surface Dry*).
3. Koreksi campuran beton SSD (*Saturated Surface Dry*).
  - a. Analisa Persentase.
  - b. Koreksi campuran beton SSD (*Saturated Surface Dry*) untuk 3 benda uji silinder.

4. Analisa slump test beton.
  - a. Mencari nilai rata-rata nilai *slump test* beton.
5. Analisa pengujian kuat tekan beton
  - a. Memasukkan data yang didapat dari hasil uji kuat tekan beton kedalam tabel uji kuat tekan beton.
  - b. Menentukan hasil kuat tekan rata-rata beton.
  - c. Menentukan deviasi standar beton.
  - d. Menentukan kuat tekan karakteristik beton.





**Gambar 4.17** Bagan Alir Penelitian.

## BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Hasil Pemeriksaan Material Benda Uji

Pemeriksaan material pada penelitian ini, meliputi beberapa pemeriksaan, yaitu: analisa saringan agregat halus, dan agregat kasar, pemeriksaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar, pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar, dan pemeriksaan berat isi agregat halus dan agregat kasar, dan pemeriksaan kadar air lapangan agregat halus dan agregat kasar.

#### 5.1.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Gradasi agregat halus dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat halus yang tertinggal atau melewati suatu susunan saringan 4,8 mm. Analisa saringan batas gradasi pasir dalam daerah pasir No.1, batas gradasi pasir dalam daerah pasir No.2, batas gradasi pasir dalam daerah pasir No.3, batas gradasi pasir dalam daerah pasir No.4. Analisa saringan dapat dilihat pada lampiran B, dan hasil analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

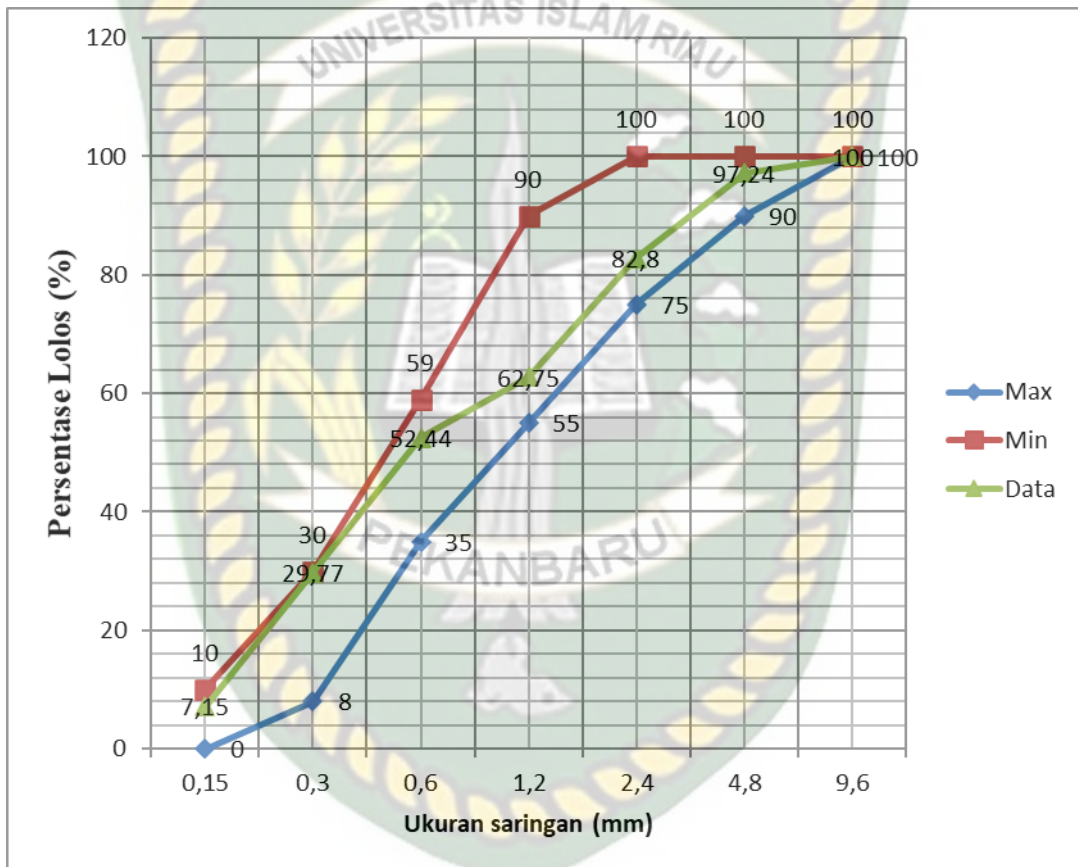
**Tabel 5.1** Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Halus.

Nomor Ayakan	1.5"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
Ukuran Ayakan (mm)	38,1	19	12,7	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075
Lolos (%)	100	100	100	100	97,24	82,8	62,75	52,44	29,77	7,15	0,60

Sumber : Hasil Analisa Penelitian.

Dari tabel 5.1 dapat dilihat bahwa persentase lolos agregat halus memenuhi persyaratan batas gradasi halus zona II. Hasil dapat dilihat saringan ukuran 0,15 mm persentase lolos sebesar 7,15 %. Saringan ukuran 0,3 mm persentase lolos sebesar 29,77 %. Saringan ukuran 0,6 mm persentase lolos sebesar 52,44 %. Saringan ukuran 1,2 mm persentase lolos sebesar 62,75 %.

Saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 82,8 %. Saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 97,24 %. Saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 100 %. Saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 100 %, dan saringan ukuran 38 mm persentase lolos sebesar 100 %. Dari data dapat terlihat bahwa persentase lolos saringan agregat halus berada diantara batas gradasi halus zona II yaitu batas minimum dan maksimum pada setiap ukuran saringan.



**Gambar 5.1** Grafik Batas Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Gradasi Zona II

Dari Gambar 5.1 dapat dijelaskan bahwa agregat halus yang digunakan untuk penelitian ini termasuk pada zona II sesuai dengan persyaratan SNI 2847-2013, dimana hasil persentase agregat halus yang lolos berada diantara nilai batas maksimum dan batas minimum syarat zona II.

### 5.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran B, hasil persentase lolos dapat dilihat pada tabel 5.2, untuk hasil rata-rata dua percobaan analisa saringan agregat kasar ukuran 2/3 dapat dilihat pada tabel 5.2

**Tabel 5.2** Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 2/3.

Nomor Ayakan	1.5"	¾"	½"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
Ukuran Ayakan (mm)	38	19	12,7	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075
Lolos (%)	100	12,84	1,79	1,24	1,24	1,24	1,21	1,15	0,93	0,58	0,10

Sumber: Hasil Analisa Penelitian

Berdasarkan Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa persentase lolos agregat kasar dengan saringan ukuran 0,15 mm memiliki persentase lolos sebesar 0,58%. Dari saringan ukuran 0,3 mm persentase lolos sebesar 0,93%. Dari saringan ukuran 0,6 mm persentase lolos sebesar 1,15%. Dari saringan ukuran 1,2 mm persentase lolos sebesar 1,21%. Dari saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 1,24%. Dari saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 1,24%. Dari saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 1,24%. Dari saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 12,84% dan saringan ukuraan 38 mm persentase lolos sebesar 100%. Dari data diatas bahwa persentase lolos saringan agregat kasar tidak ada yang berada diantara batas gradasi agregat kasar zona I sampai zona III yaitu batas minimum dan maksimum pada setiap ukuran saringan.

**Tabel 5.3** Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran ½

Nomor Ayakan	1.5"	¾"	½"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
Ukuran Ayakan (mm)	38,1	19	12,7	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075
Lolos (%)	100	91,15	50,88	21,61	4,35	2,8	2,32	2,15	1,74	1,23	0,66

Sumber: Hasil Analisa Penelitian.

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa persentase lolos agregat kasar dengan saringan ukuran 0,15 mm memiliki persentase lolos sebesar 1,23%. Dari saringan ukuran 0,3 mm memiliki persentase lolos sebesar 1,74%. Dari saringan ukuran 0,6 mm memiliki persentase lolos sebesar 2,15%. Dari saringan ukuran 1,2 mm memiliki persentase lolos sebesar 2,32%. Dari saringan ukuran 2,4 mm memiliki persentase lolos sebesar 2,8%. Dari saringan ukuran 4,8 mm memiliki persentase lolos sebesar 4,35%. Dari saringan ukuran 9,6 mm memiliki persentase lolos sebesar 21,61%. Dari saringan ukuran 19 mm memiliki persentase lolos sebesar 91,15%. Dan saringan ukuran 38 mm persentase lolos sebesar 100%.

Untuk hasil kombinasi agregat kasar 2/3 dan 1/2 persentase lolos dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan hasil analisa saringan dapat dilihat pada gambar 5.3 dengan batas gradasi untuk besar butir maksimum 40 mm. Dengan menggunakan kombinasi agregat ukuran 2/3 sebanyak 35% dan ukuran 1/2 sebanyak 65%.

**Tabel 5.4** Hasil Persentase lolos Agregat Kasar Kombinasi Agregat 2/3 dan Agregat 1/2

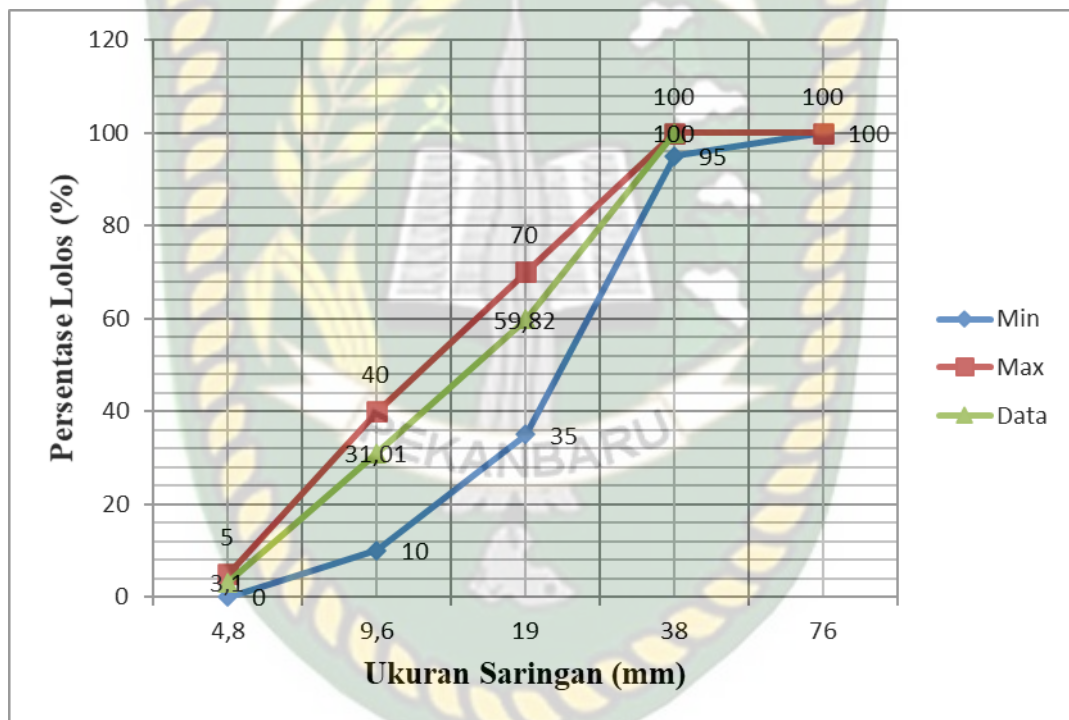
Ukuran (mm)	Persentase Yang Lolos (%)		Persentase Kombinasi (%)		Gabungan
	2/3'	1/2'	35	65	
38	100	100	35	65	100
19	12,84	91,15	5,13	54,69	59,82
9,6	1,24	50,88	0,49	30,52	31,01
4,8	1,24	4,35	0,49	2,61	3,1
2,4	1,24	2,8	0,49	1,68	2,17
1,2	1,21	2,32	0,48	1,39	1,87
0,6	1,15	2,15	0,46	1,29	1,75
0,3	0,93	1,74	0,37	1,04	1,41
0,15	0,58	1,23	0,23	0,73	0,96
0,075	0,10	0,66	0,04	0,39	0,43

Sumber : Hasil Analisa Penelitian.

Berdasarkan Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa persentase lolos agregat kasar dengan saringan ukuran 0,15 mm memiliki persentase lolos sebesar 0,96%. Dari saringan ukuran 0,3 mm persentase lolos sebesar 1,41%. Dari saringan ukuran 0,6



mm persentase lolos sebesar 1,75%. Dari saringan ukuran 1,2 mm persentase lolos sebesar 1,87%. Dari saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 2,17%. Dari saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 3,1%. Dari saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 30,01%. Dari saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 59,82%. Dan saringan ukuran 38 mm persentase lolos sebesar 100%. Dari data bahwa persentase lolos saringan agregat kasar berada diantara batas gradasi agregat kasar zona III yaitu batas minimum dan maksimum pada setiap ukuran saringan dapat dilihat pada gambar 5.2.



**Gambar 5.2.** Grafik Persentase Lolos Agregat Kasar Dari Desa Manggilang Kampar Dengan Batas Gradasi Untuk Ukuran Maksimum 40 mm.

Dari Gambar 5.2 dapat dijelaskan bahwa agregat kasar yang digunakan untuk penelitian ini termasuk pada zona III sesuai dengan persyaratan SNI 2847-2013, dimana hasil persentase agregat kasar yang lolos berada diantara nilai batas maksimum dan batas minimum syarat zona III.

### 5.1.3 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Material

Berat isi adalah perbandingan antara berat agregat kering dengan volumenya. Analisa pemeriksaan berat isi ini dapat dilihat pada lampiran B. Hasil pemeriksaan berat isi material dapat dilihat pada tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Berat Isi Agregat Halus, Kasar, dan Serbuk Cangkang Telur.

Material	Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )		Keterangan
	Kondisi Gembur	Kondisi Padat	
Agregat Kasar 2/3	1,400	1,493	>1 (Memenuhi)
Agregat Kasar ½	1,446	1,514	>1 (Memenuhi)
Agregat Halus	1,227	1,407	>1 (Memenuhi)
Serbuk Cangkang Telur	1,198	1,397	>1 (Memenuhi)

Sumber : Hasil Analisa Penelitian.

Berdasarkan Tabel 5.5 dapat dilihat bahwa berat isi untuk agregat halus, agregat kasar 2/3, ½, dan cangkang telur memiliki perbedaan nilai berat isi yang tidak terlalu signifikan baik berat isi saat padat maupun saat padat gembur, berat isi ini sudah memenuhi persyaratan lebih besar dari 1 gr/cm<sup>3</sup>.

### 5.1.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material

Pemeriksaan berat jenis serta penyerapan air material dilakukan untuk mengetahui berat jenis kering permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) serta untuk memperoleh angka berat jenis curah dan berat jenis semu. Analisa perhitungan dapat dilihat pada lampiran B, hasil rata-rata dari dua percobaan pemeriksaan berat jenis dapat dilihat pada Tabel 5.6

**Tabel 5.6** Hasil Rata-rata Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material.

Material	Berat Jenis Semu (gr)	Berat Jenis Permukaan Jenuh (gr)	Berat Jenis (gr)	Penyerapan (gr)	Keterangan
Agregat Kasar 2/3	2,780	2,677	2,619	2,214	Memenuhi syarat

**Tabel 5.6 Lanjutan**

Agregat Kasar 1/2	2,805	2,743	2,708	1,267	Memenuhi syarat
Agregat Halus	2,626	2,598	2,571	0,674	Memenuhi syarat

Berdasarkan Tabel 5.6 dapat dilihat berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat kasar 2/3 diperoleh 2,677 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat kasar 1/2 diperoleh 2,743 gr/cm<sup>3</sup>, dan berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat halus diperoleh 2,598 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan nilai berat jenis material tersebut dapat memenuhi standar spesifikasi berat jenis material tersebut dapat dapat memenuhi standar spesifikasi berat jenis yaitu 2,58 s/d 2,83 gr/cm<sup>3</sup> (Tjokrodimuljo,1995). Berat jenis kering permukaan jenuh ini merupakan sebagai pegangan untuk memperoleh berat jenis agregat campuran yang nantinya digunakan dalam menentukan perkiraan berat beton dalam m<sup>3</sup>.

#### 5.1.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur ini menggunakan metode penjumlahan bahan dalam agregat yang lolos saringan #200 (0,075) yang dimaksudkan sebagai acuan dalam pegangan untuk melaksanakan pengujian dan untuk melakukan penjumlahan setelah dilakukan pencucian benda uji. Analisa dapat dilihat pada lampiran B dan hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

**Tabel 5.7** Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat.

Material	Kadar Lumpur %	Kadar Max	Keterangan
Agregat Kasar 2/3	1,57	<1%	Tidak Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 1/2	2,06	<1%	Tidak Memenuhi Syarat
Agregat Halus	3,94	<5%	Memenuhi Syarat

Sumber : Hasil Analisa Penelitian

Berdasarkan Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa agregat halus mengandung kadar lumpur dalam keadaan yang aman digunakan untuk campuran adukan beton, dimana menurut SNI 03-6821-2002 untuk kadar lumpur agregat halus yaitu  $3,94\% < 5\%$ , sedangkan untuk agregat kasar ukuran  $2/3$  dan  $1/2$  dalam keadaan tidak memenuhi syarat dimana kadar lumpur untuk agregat kasar  $2/3$  didapat  $1,57\% > 1\%$  dan agregat  $1/2$  didapat  $2,06\% > 1\%$  sehingga material agregat kasar  $2/3$  dan  $1/2$  perlu dicuci sebelum digunakan.

### 5.1.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan

Pemeriksaan kadar air bertujuan memperoleh persentase dari kadar air yang terkandung dalam agregat. Analisa perhitungan pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada lampiran B, hasil pemeriksaan kadar air lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Material	Kadar Air %	Kadar Air Max	Keterangan
Agregat Halus	2,888	3% - 5%	Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 2/3	0,0045	3% - 5%	Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 1/2	0,0045	3% - 5%	Memenuhi Syarat

Sumber : Hasil analisa penelitian

Berdasarkan Tabel 5.8 dapat dilihat bahwa agregat halus mengandung kadar air dalam keadaan yang aman digunakan untuk campuran adukan beton, dimana menurut SNI 03-6821-2002 untuk kadar air agregat halus yaitu  $2,88\% < 3,00\%$ , untuk agregat kasar ukuran  $2/3$  dan  $1/2$  dalam keadaan memenuhi syarat dimana kadar air untuk agregat kasar  $2/3$  didapat  $0,0045\% < 3\%$  dan agregat  $1/2$  didapat  $0,0045\% < 3\%$  sehingga material agregat kasar  $2/3$  dan  $1/2$  tidak perlu perlu dijemur sebelum digunakan.

## 5.2 Hasil Pemeriksaan Beton

Hasil pemeriksaan beton meliputi hasil pemeriksaan campuran (*mix design*), hasil pemeriksaan nilai slump beton terhadap pengaruh penambahan serbuk besi.

### 5.2.1 Hasil Pemeriksaan Campuran Beton (SNI 03-2834-2000)

Perencanaan campuran beton bertujuan untuk mengetahui proporsi campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Analisa dapat dilihat pada Lampiran A, hasil perencanaan campuran beton untuk m<sup>3</sup> sebelum koreksi kadar air dapat dilihat pada tabel 5.9.

**Tabel 5.9** Proporsi Campuran Beton Untuk Tiap m<sup>3</sup> Sebelum Koreksi Kadar Air SSD (*Saturated Surface Dry*).

Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (litr)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Tiap m <sup>3</sup>	349,06	185	714,20	1162,854
Tiap 1 Zak Semen	50	26,4	98,443	160,620
Tiap Komp.Camp	1	0,53	1,968	3,212

Sumber : Hasil Analisa Penelitian

Berdasarkan tabel 5.9 dapat dilihat pemakaian semen, agregat kasar, agregat halus, dan air dalam tiap m<sup>3</sup>, tiap 1 zak semen dan tiap komposisi campuran. Setelah dilakukan koreksi kadar air didapat proporsi campuran beton untuk 3 benda uji silinder. Analisa dapat dilihat pada lampiran A, hasil perencanaan campuran beton untuk 3 benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm sesudah koreksi kadar air SSD (*Saturated Surface Dry*) yang dapat dilihat pada tabel 5.10.

**Tabel 5.10** Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan 0% campuran serbuk cangkang telur.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	7,225

**Tabel 5.10 Lanjutan**

2	Air	3,955
3	Agregat Kasar 2/3	15,332
4	Agregat Kasar ½	8,335
5	Agregat Halus	15,111
6	Serbuk Cangkang Telur	0

Sumber : Hasil Analisa Penelitian

**Tabel 5.11** Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan 2% campuran serbuk cangkang telur.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	7,0805
2	Air	3,955
3	Agregat Kasar 2/3	15,332
4	Agregat Kasar ½	8,335
5	Agregat Halus	15,111
6	Serbuk Cangkang Telur	0,1445

Sumber : Hasil Analisa Penelitian

**Tabel 5.12** Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan 4% campuran serbuk cangkang telur.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	6,936
2	Air	3,955
3	Agregat Kasar 2/3	15,332
4	Agregat Kasar ½	8,335
5	Agregat Halus	15,111
6	Serbuk Cangkang Telur	0,289

Sumber : Hasil Analisa Penelitian

**Tabel 5.13** Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan 6% campuran serbuk cangkang telur.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	6,7915
2	Air	3,955

**Tabel 5.13 Lanjutan**

3	Agregat Kasar 2/3	15,332
4	Agregat Kasar ½	8,335
5	Agregat Halus	15,111
6	Serbuk Cangkang Telur	0,4335

Sumber : Hasil Analisa Penelitian

**Tabel 5.14** Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan 8% campuran serbuk cangkang telur.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	6,647
2	Air	3,955
3	Agregat Kasar 2/3	15,332
4	Agregat Kasar ½	8,335
5	Agregat Halus	15,111
6	Serbuk Cangkang Telur	0,578

Sumber : Hasil Analisa Penelitian

**Tabel 5.15** Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan 10% campuran serbuk cangkang telur.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	6,5026
2	Air	3,955
3	Agregat Kasar 2/3	15,332
4	Agregat Kasar ½	8,335
5	Agregat Halus	15,111
6	Serbuk Cangkang Telur	0,7225

Sumber : Hasil Analisa Penelitian

Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini adalah 3 buah benda uji silinder diameter 15 cm x 30 c, dimana dilakukan 1x pengadukan pencampuran saja karena didukung oleh kemampuan alat pengaduk campuran yang tersedia dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau cukup maksimal dalam proses pencampuran bahan penyusun beton.

### 5.2.2. Hasil dan Analisa Nilai *Slump* Beton Terhadap Air Campuran.

*Slump test* bertujuan untuk mengecek perubahan air yang terdapat dalam adukan beton, nilai *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensinya beton dan sifat *workability* (kemudahan dalam pengerjaan) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan, semakin rendah nilai *slump* menunjukkan beton semakin mengental dan proses pemadatan atau pengerjaan beton tersebut mengalami kesulitan dan butuh waktu yang cukup lama dalam pengerjaan beton tersebut. Sedangkan nilai *slump* beton yang tinggi menunjukkan bahwa beton tersebut encer, dalam proses pengerjaan atau pemadatan beton tersebut akan lebih mudah dibandingkan dengan pemadatan beton yang kental dan pengerjaannya pun hanya membutuhkan waktu yang sebentar dalam proses pemadatan. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat nilai *slump* yang dihasilkan pada tabel 5.16.

**Tabel 5.16** Nilai *Slump* Beton Dengan Penambahan Serbuk Cangkang Telur.

No	Persentase Serbuk Cangkang Telur	Nilai <i>Slump</i> (mm)	<i>Slump</i> Rata-rata (mm)
1	0%	70	90
		90	
		110	
2	2%	80	100
		100	
		120	
3	4%	60	73,3
		75	
		85	
4	6%	30	51,6
		50	
		75	

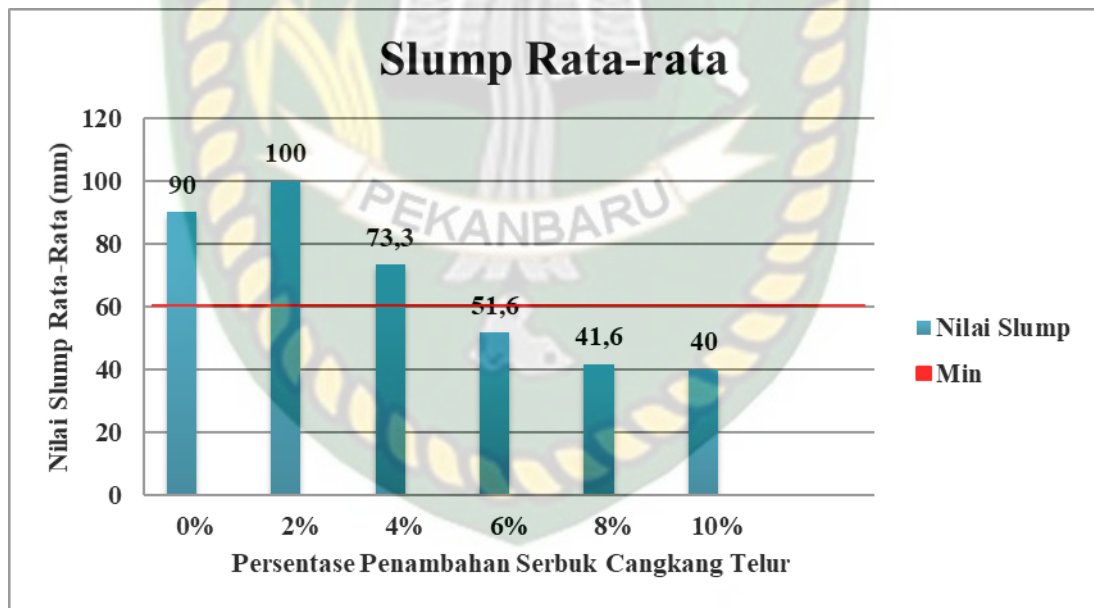


**Tabel 5.16 Lanjutan**

5	8%	30	41,6
		45	
		50	
6	10%	30	40
		40	
		50	

Sumber : Hasil Analisa Penelitian.

Dari Tabel 5.16 nilai slump yang dihasilkan dari penambahan serbuk cangkang telur sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% sudah sesuai dengan slump rencana yaitu 60mm – 180mm, grafik campuran beton dengan penambahan serbuk cangkang telur dapat dilihat pada Gambar 5.3 semakin mengental dari pada beton tanpa campuran serbuk cangkang telur.



**Gambar 5.3** Grafik Nilai *Slump* Beton Dengan Penambahan Serbuk Cangkang Telur.

Dari gambar 5.4 dapat dilihat bahwa beton yang menggunakan campuran serbuk cangkang telur lebih kental dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan campuran serbuk cangkang telur, hal ini dikarenakan perbandingan berat isi cangkang telur dan semen lebih besar berat isi cangkang telur yaitu 1,297 gr/cm<sup>3</sup> untuk berat isi cangkang telur , dan 0,662 gr/cm<sup>3</sup> untuk berat isi

semen, analisa dapat dilihat pada Lampiran A. Benda uji yang memenuhi nilai slump terdapat pada persentase penambahan serbuk cangkang telur sebesar 0 %, 2%, dan 4 %.

### 5.3 Hasil Analisa Kuat Tekan Beton

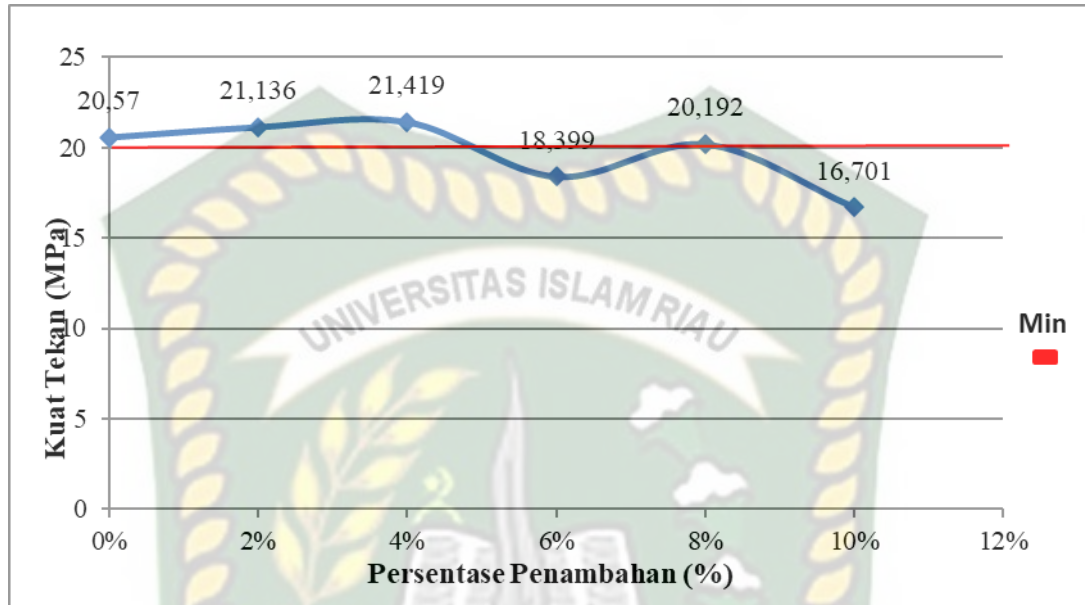
Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah masa perawatan (*curing*) benda uji umur 28 hari, dari hasil pengujian beton benda uji silinder dengan menggunakan alat kuat tekan maka didapat hasil untuk tiap benda uji dengan penambahan serbuk cangkang telur sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%, analisa perhitungan kuat tekan beton untuk tiap benda uji dapat dilihat pada Lampiran A, sedangkan hasil uji kuat tekan untuk tiap benda uji dapat dilihat pada tabel 5.17.

**Tabel 5.17** Hasil Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Campuran Serbuk Cangkang Telur Umur 28 Hari

No	Persentase Campuran Serbuk Cangkang Telur	Kode	Pmax	Fc'	Fc' Rata-rata	Persentase Kenaikan dan Penurunan %
			kN	MPa	MPa	
1	0%	1	360	20,382	20,570	0%
		2	340	19,249		
		3	390	22,080		
2	2%	1	345	19,532	21,136	+2,75%
		2	435	24,628		
		3	340	19,249		
3	4%	1	410	23,213	21,419	+4,12%
		2	395	22,363		
		3	330	18,683		
4	6%	1	340	19,249	18,399	-10,55%
		2	345	19,532		
		3	290	16,418		
5	8%	1	375	21,231	20,192	-1,83%
		2	350	19,815		
		3	345	19,532		
6	10%	1	285	16,135	16,701	-18,80%
		2	300	16,985		
		3	300	16,985		

Sumber : Hasil Analisa Penelitian.

Nilai kuat tekan beton campuran serbuk cangkang telur umur 28 hari untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4** Grafik Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Dari gambar 5.5 dapat dilihat bahwa beton umur 28 hari dengan kuat tekan rencana 20 MPa menggunakan campuran serbuk cangkang telur tercapai kuat tekan yang direncanakan dan mengalami kenaikan kuat tekan beton di persentase campuran 2% dengan nilai kuat tekan beton 21,136 Mpa mengalami kenaikan sebesar 2,75%, dicampuran 4% dengan nilai kuat tekan beton 21,419 Mpa mengalami kenaikan sebesar 4,12%, dicampuran 6% dengan nilai kuat tekan beton 18,399 Mpa mengalami penurunan sebesar 10,55%, dicampuran 8% dengan nilai kuat tekan beton 20,192 Mpa mengalami penurunan sebesar 1,83 %, dan dicampuran 10% dengan kuat tekan beton 16,701 Mpa mengalami penurunan sebesar 18,80%. Penurunan kuat tekan beton yang besar terjadi pada beton dengan campuran serbuk cangkang telur 10% dengan nilai kuat tekan beton 16,701 Mpa sebesar 18,80%.

Beton yang menggunakan campuran serbuk cangkang telur menghasilkan kuat tekan beton yang bervariasi, setelah terjadinya penurunan kuat tekan pada persentase 6%, beton mengalami kenaikan kuat tekan pada persentase 8% dan

kembali mengalami penurunan kuat tekan pada persentase 10%. Variasi kuat tekan beton yang terjadi dikarenakan pemadatan benda uji tidak merata.

#### **5.4 Hasil Komparasi Peneliti Dengan Peneliti Terdahulu**

Adapun penelitian terdahulu yang dibandingkan pada penelitian ini yaitu Yohanes (2017) dan Siti (2017). Penelitian yang dilakukan oleh Yohanes (2017) terdapat perbedaan yaitu pada variasi komposisi serbuk cangkang telur, dimana Yohanes (2017) menggunakan variasi komposisi 0%, 5%, 10%, 12,5%, 15%, dan 20%, dari total penggunaan semen, kemudian perbedaan terdapat pada mutu beton, dimana yang ditinjau pada perawatan beton 7, 14, dan 28 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Siti (2017) terdapat perbedaan pada hasil kuat tekan beton dan umur perawatan beton, dimana beton pada umur 3 hari persentase nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 4,9 Mpa, pada umur beton 14 hari persentase nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 10,8 Mpa, dan pada umur beton 21 hari persentase nilai kuat tekan yang diperoleh sebesar 14 Mpa.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Beton yang menggunakan campuran serbuk cangkang telur memiliki nilai *slump* yang cenderung menurun seiring penambahan persentase serbuk cangkang telur dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan campuran serbuk cangkang telur, artinya beton yang dihasilkan akan lebih kental dan akan lebih sulit dalam proses pengerjaan dan pematatannya.
2. Berdasarkan dari penelitian ini, kuat tekan beton yang mencapai nilai optimum pada kadar persentase 4%, dengan nilai kuat tekan sebesar 21,419 Mpa.
3. Beton yang menggunakan campuran serbuk cangkang telur dapat mengganti penggunaan sebagian semen pada kadar persentase 4% dengan nilai kuat tekan 21,419 Mpa. Beton campuran serbuk cangkang telur dapat digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti trotoar, lantai kerja, dan penimbunan kembali dengan beton.

#### 6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis menyampaikan beberapa saran yang terkait pada penelitian ini, antara lain sebagai berikut :

1. Berdasarkan kuat tekan yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat bahwa beton menggunakan campuran serbuk cangkang telur tidak bisa dipakai untuk konstruksi berat, akan tetapi beton dengan serbuk cangkang telur bisa digunakan untuk pekerjaan konstruksi ringan untuk mengurangi limbah cangkang telur yang ada disekitar kita.

2. Untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil dan komposisi yang maksimal untuk dapat terlebih dahulu melakukan pengkajian zat kimia serbuk cangkang telur sebelum digunakan.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan persentase penambahan serbuk cangkang telur dengan komposisi yang lebih tepat, serta tambahkan zat Adiktif.
4. Perlu adanya penelitian lanjutan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai pengganti sebagian agregat halus atau pasir.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, 2017. Sifat *Workability* Beton Ramah Lingkungan, *Tugas Akhir*, Universitas Negeri Makasar, Makasar.
- Antoni dan Paul Nugraha., 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- ASTM C33, 2004. “*Standard Specification For Concrete Aggregates*”, Annual Books of ASTM Standard, USA.
- ASTM C494 / C494M, 2016. “*Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*” Annual Books of ASTM Standard, USA.
- Butcher, G.D. dan R. Miles. 1990. Concepts of Eggshell Quality. (Online). <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/VM/VM01300.PDF> 1990 diakses tanggal 22 Oktober 2020.
- Buol et.al, 1980. *Food Comotition and Analysis*, p.122-123,AVI Publishing, New York
- Direktorat Jendral Peternakan, 2019. Layer Egg Production by Province, 20152019.<https://www.pertanian.go.id/home/index.php?show=repo&fileNum=387>  
Diakses tanggal 26 Desember 2020
- Diktat kuliah., 2016. *Pedoman Praktikum Teknologi Bahan dan Beton*, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Dipohusodo, Istimawan, 1999. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T- 15-1991-03*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- DPU-T-07-2005-B, 2005, *Pedoman Konstruksi Beton, Pelaksanaan Pekerjaan Beton untuk Jalan Dan Jembatan*.
- George, 2020. Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/28735>.  
Diakses tanggal 23 November 2019.
- Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*, Edisi Kedua, Andi, Yogyakarta.
- Oladipupo, 2012. *Strength Properties of Corn Cob Ash Concrete*, *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)* 3 (2).

- Rozanna, 2019. Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Uji Kuat Tekan Beton , *Tugas Akhir*, Universitas Islam Riau, Riau.
- Siti, 2017 . “Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan *Copper Slag* Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen, Aug 25, 2017 <https://sttgarut.ac.id/jurnal/index.php/konstruksi/issue/view/32>. Oct 22, 2019
- Subakti, 1999. *Teknologi Beton Dalam Praktek*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik ITS, Surabaya.
- Samekto, W., 2001. *Teknologi Beton*, Edisi Kelima, Kanisius, Yogyakarta.
- SNI 03-2834-2000, 2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2002, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangun Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990, 1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standarisasi Nasional.
- Tjokrodimulyo, Kardiyono, 1992. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit, Yogyakarta.