

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK BESI DARI SISA Pengerjaan
BUBUT BESI SEBAGAI BAHAN PENGANTI AGGREGAT HALUS
PADA CAMPURAN BETON DENGAN FAKTOR AIR SEMEN
(FAS) 0,4**

TUGAS AKHIR

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



OLEH :

YUDHA APRIYADI

143110188

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK BESI DARI SISA Pengerjaan
BUBUT BESI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS
PADA CAMPURAN BETON DENGAN FAKTOR AIR SEMEN
(FAS) 0,4**

UNIVERSITAS ISLAM RIAU
DISUSUN OLEH :

YUDHA APRIYADI
NPM 143110188

Diperiksa dan disetujui oleh :

Harmiyati, ST., M.Si
Pembimbing


Tanggal : 08 September 2020

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK BESI DARI SISA Pengerjaan
BUBUT BESI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS
PADA CAMPURAN BETON DENGAN FAKTOR AIR SEMEN
(FAS) 0,4**

DISUSUN OLEH :

**YUDHA APRIYADI
NPM 143110188**

**Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Tanggal 27 Agustus 2020
Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima**

SUSUNAN DEWAN PENGUJI


**Harmiyati, ST., M.Si
Dosen Pembimbing**


**Sri Hartati Dewi, ST., MT.
Dosen Penguji**


**Firman Syarif, ST., M.Eng.
Dosen Penguji**

**Pekanbaru, 27 Agustus 2020
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademi (Strata Satu), di Universitas Islam Riau.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak kebenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, 27 Agustus 2020

Yang Bersangkutan Pernyataan



Yudha Apriyadi
NPM. 143110188

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 skripsi yang berjudul **“PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK BESI DARI SISA Pengerjaan Bubut Besi sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton dengan Faktor Air Semen (FAS) 0,4”**. Adapun penulisan tugas akhir dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis untuk menyelesaikan program studi (strata I) 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 abu batang jagung 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, 27 Agustus 2020

Yudha Apriyadi
NPM. 143110188

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dengan judul **“PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK BESI DARI SISA Pengerjaan Bubut Besi sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton dengan Faktor Air Semen (FAS) 0,4”** dapat diselesaikan. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil pada 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 Dr. Mursyidah, M.Sc, 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 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.
7. Ibu Sapitri, ST., MT, selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
8. Ibu Harmiyati, ST., M.Si selaku Pembimbing.
9. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT, selaku Tim Penguji.
10. Bapak Firman Syarif, ST., M.Eng, selaku Tim Penguji.
11. Bapak Muchammad Zaenal Muttaqin, ST., M.Sc sebagai Kepala Laboratorium dan semua karyawan/i Laboratorium Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
12. Seluruh staf dosen Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru.

13. Seluruh staf dan karyawan/i T.U Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
14. Seluruh staf dan karyawan/i Perpustakaan Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
15. Buat orang tua tercinta Priyatno dan Tariani, 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 dan khususnya angkatan 2014 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 kritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun.

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

Pekanbaru, 27 Agustus 2020

Yudha Apriyadi
143110188

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN	
KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
ABSTRAK	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II. TINJAUAN PENELITIAN	
2.1 Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Keaslian Penelitian	6
BAB III. LANDASAN TEORI	
3.1 Beton	7
3.2 Material Penyusun Beton	7
3.3 Beton Serat	12

3.2.1	Pengertian Serat	12
3.2.2	Mekanisme Kerja Serat	13
3.2.3	Serbuk Besi	13
3.4	Pengadukan (Pencampuran) Beton	14
3.5	Jenis-Jenis Pemeriksaan Material	15
3.6	Perencanaan Campuran Beton	23
3.7	Perencanaan Campuran Beton Dalam SK. SNI 2847-2013	24
3.8	<i>Slump Test</i>	28
3.9	Perawatan Beton	29
3.10	Kekuatan Tekan Beton (f_c')	31
3.11	Kuat Tarik Belah	32
BAB IV. METODE PENELITIAN		
4.1	Lokasi Penelitian	34
4.2	Teknik Penelitian	34
4.3	Bahan	35
4.4	Peralatan	36
4.5	Prosedur Pengerjaan	39
4.6	Tahapan Pelaksanaan Penelitian	42
4.7	Tahapan Analisis Data	44
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN		
5.1	Hasil Pemeriksaan Hasil Benda Uji.....	47
5.1.1	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	47
5.1.2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	48
5.1.3	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Material	52
5.1.4	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material	52

5.1.5	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur	53
5.1.6	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan	54
5.2	Hasil Pemeriksaan Beton.....	54
5.2.1	Hasil Pemeriksaan Campuran Beton (SNI 03-2834-2000)	54
5.2.2	Hasil dan Analisa Nilai <i>Slump</i> Beton Terhadap Air Campuran	56
5.3	Hasil Analisa Kuat Tekan Beton	58
5.4	Hasil Analisa Kuat Tarik Belah Beton	60
5.5	Hasil Analisa Perbandingan Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu	61
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	63
6.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN A. ANALISIS DAN PERHITUNGAN		
A.1	Rancangan Campuran Beton $f_c'45$ Mpa Dengan Metode Standar Nasional Indonesia SK.SNI.03-2834-2000	A-2
A.2	Proporsi Campuran Beton Dengan $f_c' 32$ Mpa	A-7
A.3	Koreksi Campuran Beton SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	A-8
A.4	<i>Slump Test</i> Beton	A-12
A.5	Analisa Pengujian Kuat Tekan Beton (<i>compressive streng</i>)	A-13
A.6	Analisa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	A-22
LAMPIRAN B. DATA		
	Analisa Saringan Agregat Halus.....	B-1
	Analisa Saringan Agregat Kasar 2/3	B-3

Analisa Saringan Agregat Kasar ½.....	B-5
Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	B-7
Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	B-8
Pemeriksaan Berat Isi Serbuk Besi.....	B-10
Pemeriksaan Berat Isi Semen	B-11
Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	B-12
Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar 2/3.....	B-14
Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar ½.....	B-16
Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	B-18
Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 2/3.....	B-19
Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar ½.....	B-20
Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Halus.....	B-21
Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Kasar 2/3.....	B-22
Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Kasar ½.....	B-23
<i>Slump Test</i> Beton.....	B-24
Hasil Uji Kuat Tekan Beton Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	B-25
Hasil Uji Kuat Tarik Beton Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	B-26

LAMPIRAN C. SURAT – SURAT

LAMPIRAN D. DOKUMENTASI

Pengambilan Serbuk Besi.....	D-1
Penimbangan Agregat Kasar 2/3.....	D-2
Penimbangan Agregat Kasar ½.....	D-3
Penimbangan Agregat Halus	D-4
Pemeriksaan Analisa Saringan	D-5
Pemeriksaan Berat Isi Serbuk Besi.....	D-6
Pencucian Agregat Kasar.....	D-7

Penimbangan Agregat Kasar	D-8
Perbedaan Agregat Kasar Yang Sudah di Cuci Dan Sebelum di Cuci	D-9
Penimbangan Semen.....	D-10
Pembuatan Beton Segar.....	D-11
<i>Slump Test</i> Beton	D-12
Proses Pemadatan Beton Segar	D-13
Proses Pembukaan Cetakan Beton	D-14
Proses Perawatan Beton.....	D-15
Pengujian Kuat Tekan Beton.....	D-16
Beton Sesudah Pengujian Kuat Tekan Beton.....	D-17
Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	D-18
Beton Sesudah Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.....	D-19



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Susunan Unsur Semen <i>Portland</i> (Tjokrodimuljo,1996)	8
Tabel 3.2	Batas Gradasi Agregat Halus (SNI-03-2834-2000)	11
Tabel 3.3	Ukuran Agregat Kasar (SNI-03-2834-2000)	11
Tabel 3.4	Waktu Pengadukan Minimal (Mulyono,2004)	14
Tabel 3.5	Nilai Deviasi Standar Untuk Indikasi Tingkat Pengendalian Mutu Beton (SK.SNI 2847-2013)	25
Tabel 3.6	Nilai tambah m jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman (SK.SNI 2847-2013)	26
Tabel 3.7	Perkiraan Kekuatan Tekan (N/mm^2) Beton Dengan Faktor Air Semen 0,4 Jenis Semen dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia (SK.SNI 2847-2013)	27
Tabel 4.1	Jumlah Benda Uji	43
Tabel 5.1	Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Halus	47
Tabel 5.2	Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 2/3	48
Tabel 5.3	Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 1/2	50
Tabel 5.4	Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar Kombinasi Agregat 2/3 dan Agregat 1/2	50
Tabel 5.5	Berat Isi Agregat Halus, Agregat Kasar, Semen, dan Serbuk Besi	52
Tabel 5.6	Hasil Rata-rata Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material	52
Tabel 5.7	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat	53
Tabel 5.8	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat	54
Tabel 5.9	Proporsi Campuran Beton Untuk Tiap m^3 Sebelum Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	54

Tabel 5.10	Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>) dengan campuran 0% serbuk besi	55
Tabel 5.11	Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>) dengan campuran 25% serbuk besi	55
Tabel 5.12	Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>) dengan campuran 50% serbuk besi	55
Tabel 5.13	Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>) dengan campuran 75% serbuk besi	55
Tabel 5.14	Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>) dengan campuran 100% serbuk besi	55
Tabel 5.15	Nilai Slump Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi	57
Tabel 5.16	Hasil Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	58
Tabel 5.17	Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	60
Tabel 5.18	Hasil Perbandingan Peneliti dengan Peneliti Terdahulu	62
Tabel A.1	Formulir Perencanaan Campuran Adukan Beton	A-1
Tabel A.2	Nilai Tambah M Jika Pelaksanaan Tidak Mempunyai P engalaman (Dapartemen Pekerjaan Umum,2002)	A-2
Tabel A.3	Gradasi Agregat Kasar (SK SNI.03.2834.2000)	A-3
Tabel A.4	Perkiraan Kebutuhan Air Permeter Kubik Beton	A-3

Tabel A.5	Hasil Persentase Lolos Agregat Halus.....	A-4
Tabel A.6	Proporsi Campuran Beton Untuk Tiap M ³ Sebelum Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	A-7
Tabel A.7	Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sebelum Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	A-8
Tabel A.8	Proporsi Campuran Beton Untuk 3 Benda Uji Silinder Ukuran 15 cm x 30 cm Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>)	A-10
Tabel A.9	Jumlah Benda Uji Penelitian	A-10
Tabel A.10	Penggunaan 0% Serbuk Besi Terhadap Berat Agregat Halus	A-10
Tabel A.11	Penggunaan 25% Serbuk Besi Terhadap Berat Agregat Halus	A-11
Tabel A.12	Penggunaan 50% Serbuk Besi Terhadap Berat Agregat Halus	A-11
Tabel A.13	Penggunaan 75% Serbuk Besi Terhadap Berat Agregat Halus	A-11
Tabel A.14	Penggunaan 100% Serbuk Besi Terhadap Berat Agregat Halus	A-12
Tabel A.15	Nilai <i>Slump</i> Beton Dengan Campuran Serbuk Besi Menggunakan Faktor Air Semen 0,4	A-12
Tabel A.16	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0% Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-14
Tabel A.17	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 25% Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-15
Tabel A.18	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 50% Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-17
Tabel A.19	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 75% Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-19
Tabel A.20	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 100%	

	Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-20
Tabel A.21	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 0%	
	Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-22
Tabel A.22	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 25%	
	Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-24
Tabel A.23	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 50%	
	Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-25
Tabel A.24	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 75%	
	Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-27
Tabel A.25	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 100%	
	Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	A-29
Tabel 1	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
	Agregat Halus Sample 1	B-1
Tabel 2	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
	Agregat Halus Sample 2	B-2
Tabel 3	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
	Agregat Kasar 2/3 Sample 1	B-3
Tabel 4	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
	Agregat Kasar 2/3 Sample 2	B-4
Tabel 5	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
	Agregat Kasar 1/2 Sample 1	B-5
Tabel 6	Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan	
	Agregat Kasar 1/2 Sample 2	B-6
Tabel 7	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus Sample 1	B-7
Tabel 8	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus Sample 2	B-7
Tabel 9	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	
	Ukuran Batu 2/3 Sample 1	B-8
Tabel 10	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	
	Ukuran Batu 2/3 Sample 2	B-8
Tabel 11	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	
	Ukuran Batu ½ Sample 1	B-9

Tabel 12	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar Ukuran Batu ½ Sample 2	B-9
Tabel 13	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Serbuk Besi Sample 1	B-10
Tabel 14	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Serbuk Besi Sample 2	B-10
Tabel 15	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Semen Sample 1	B-11
Tabel 16	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Semen Sample 2	B-11
Tabel 17	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Sample 1	B-12
Tabel 18	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus Sample 2	B-13
Tabel 19	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Dengan Ukuran 2/3 Sample 1	B-14
Tabel 20	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Dengan Ukuran 2/3 Sample 2	B-15
Tabel 21	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Dengan Ukuran 1/2 Sample 1	B-16
Tabel 22	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Dengan Ukuran 1/2 Sample 2	B-17
Tabel 23	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus Sample 1	B-18
Tabel 24	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus Sample 2	B-18
Tabel 25	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 2/3 Sample 1	B-19
Tabel 26	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 2/3 Sample 2	B-19
Tabel 27	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 1/2 Sample 1	B-20
Tabel 28	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 1/2 Sample 2	B-20
Tabel 29	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Halus Sample 1	B-21
Tabel 30	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan	

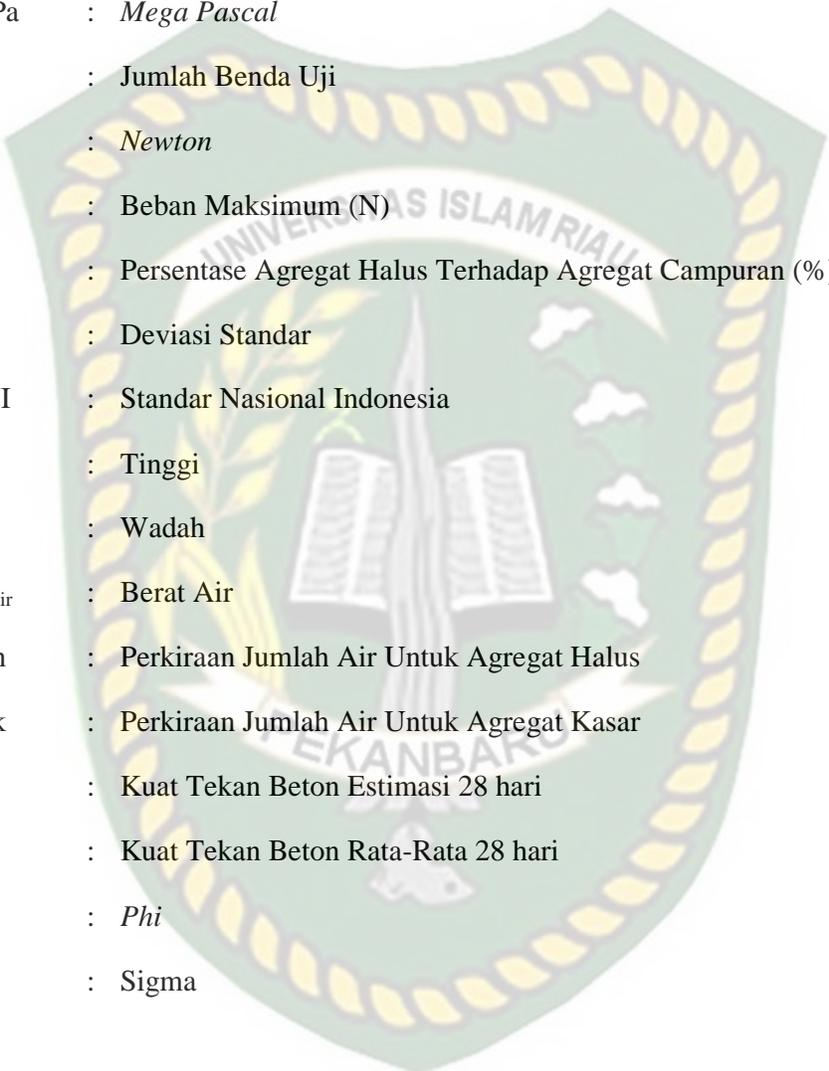
	Agregat Halus Sample 2	B-21
Tabel 31	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan	
	Agregat Kasar 2/3 Sample 1	B-22
Tabel 32	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan	
	Agregat Kasar 2/3 Sample 2	B-22
Tabel 33	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan	
	Agregat Kasar 1/2 Sample 1	B-23
Tabel 34	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan	
	Agregat Kasar 1/2 Sample 2	B-23
Tabel 35	Nilai Slump Beton Dengan Campuran Serbuk Besi	
	Menggunakan Faktor Air Semen 0,4	B-24
Tabel 36	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan	
	Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	B-25
Tabel 37	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan	
	Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari	B-26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Serbuk Besi Dari PT. Sri Indosiak Diesel	35
Gambar 4.2	Bagan Alir Penelitian	46
Gambar 5.1	Grafik Presentase Lolos Agregat Kasar Dari Desa Manggilang Kampar Dengan Batas Gradasi Untuk Besar Ukuran Maksimum 40 mm Sebelum Dikombinasikan.....	49
Gambar 5.2	Grafik Presentase Lolos Agregat Kasar Dari Desa Manggilang Kampar Dengan Batas Gradasi Untuk Besar Ukuran Maksimum 40 mm Setelah Dikombinasikan.....	51
Gambar 5.3	Grafik Nilai <i>Slump</i> Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi	58
Gambar 5.4	Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Pada Umur 49 Hari	59
Gambar 5.5	Grafik Hasil Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 49 Hari	61
Gambar A.1	Batas Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona II	A-4
Gambar A.2	Proporsi Agregat Halus Pada Agregat Maksimum 40 mm	A-5
Gambar A.3	Perkiraan Berat Jenis Beton	A-6
Gambar A.4	Grafik Nilai <i>Slump</i> Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi	A-13

DAFTAR NOTASI

A	: Luas Penampang Benda Uji (mm^2)
B	: Berat <i>Picnometer</i> Diisi Air (gr)
BA	: Berat Permukaan Uji Benda Jenuh (gr)
BK	: Berat Benda Uji Kering Oven (gr)
Bjh	: Berat Jenis Agregat Halus
Bjk	: Berat Jenis Agregat Kasar
BJ	: Berat Benda Uji Permukaan Jenuh (gr)
BT	: Berat Benda Uji + <i>Picnometer</i> + Air (gr)
C	: Jumlah Agregat Halus (kg/m^3)
Ca	: Penyerapan Air Pada Agregat Halus (%)
Ck	: Kandungan Air Dalam Agregat Halus (%)
d	: Diameter
D	: Jumlah Agregat Kasar (kg/m^3)
Da	: Penyerapan Air Pada Agregat Kasar (%)
Dk	: Kandungan Air Dalam Agregat Kasar (%)
FAS	: Faktor Air Semen
f_c'	: Kuat Tekan Beton (MPa)
f_c^k	: Kuat Tekan Karakteristik Beton
f_c^r	: Kuat Tekan Beton Rata – Rata (MPa)
f^t	: Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 28 Hari (N/mm^2)
K	: Persentase Agregat Kasar Terhadap Agregat Campuran (%)
Kh	: Presentase Berat Agregat Halus Terhadap Agregat Campuran
Kk	: Presentase Berat Agregat Kasar Terhadap Agregat Campuran



L	: Tinggi Silinder Beton (mm)
M	: Nilai Tambah atau Margin (N/mm ²)
mm	: Milimeter
MPa	: <i>Mega Pascal</i>
n	: Jumlah Benda Uji
N	: <i>Newton</i>
P	: Beban Maksimum (N)
P	: Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Campuran (%)
S	: Deviasi Standar
SNI	: Standar Nasional Indonesia
t	: Tinggi
W	: Wadah
W _{air}	: Berat Air
Wh	: Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
Wk	: Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
x	: Kuat Tekan Beton Estimasi 28 hari
xi	: Kuat Tekan Beton Rata-Rata 28 hari
π	: <i>Phi</i>
	: Sigma

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK BESI DARI SISA Pengerjaan
BUBUT BESI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGGREGAT HALUS
PADA CAMPURAN BETON DENGAN FAKTOR AIR SEMEN
(FAS) 0,4**

**YUDHA APRIYADI
143110188**

ABSTRAK

Pada umumnya beton digunakan sebagai salah satu bahan konstruksi yang sering dipakai dalam pembangunan. Akibat besarnya penggunaan beton, sementara material penyusunnya yang terbatas dan mahal, maka muncul terobosan-terobosan yang dilakukan untuk mengganti bahan penyusunnya tanpa mengurangi kualitas beton itu sendiri. Salah satu bentuk terobosan ini dilakukan dengan mengganti bahan tersebut dengan bahan yang lainnya misalnya memanfaatkan limbah yang ada disekitar kita. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk besi terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan nilai *slump* beton, menggunakan fas (Faktor Air Semen) 0,4 dikarenakan pada penelitian terdahulu tidak menggunakan fas (Faktor Air Semen) 0,4.

Serbuk besi digunakan sebagai bahan pengganti sebagian dari berat agregat halus, dengan persentase campuran sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Penelitian ini menggunakan SK.SNI 2847-2013 untuk *mix design* beton. Benda uji berupa silinder ukuran (150 mm x 300 mm) sebanyak 30 buah.

Berdasarkan penelitian beton menggunakan campuran serbuk besi terjadi penurunan nilai slump beton, penurunan terbesar terjadi pada persentase campuran 100% yaitu mencapai nilai 71,33 mm. Pada pengujian kuat tekan beton mengalami penurunan kuat tekan beton yang terbesar terjadi pada beton dengan campuran serbuk besi 100% dengan nilai kuat tekan 25,949 MPa sebesar 23,40%. Pada pengujian kuat tarik belah beton mengalami peningkatan terbesar pada campuran 100% dengan nilai kuat tarik belah 2,146 MPa mengalami peningkatan sebesar 49,23%, dan terjadi penurunan pada persentase 50% dengan nilai kuat tarik belah 1,344 MPa sebesar 6,53%. Berdasarkan penelitian, beton menggunakan campuran serbuk besi tidak bisa dipakai untuk konstruksi berat, akan tetapi serbuk besi bisa digunakan di pekerjaan konstruksi ringan untuk mengurangi limbah serbuk besi yang ada di sekitar kita.

Kata Kunci : *Beton, Serbuk Besi, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (SNI 2847-2013). Meskipun demikian beton juga dikenal sebagai material yang sifatnya relatif getas (tidak daktail) sehingga lemah terhadap tarik dibandingkan dengan baja. Pemberian bahan tambah berupa serat diharapkan dapat membuat beton lebih daktail serta dapat meningkatkan kuat tarik pada beton (Anonymous, 2016 dalam Atira 2015).

Pada umumnya beton digunakan sebagai salah satu bahan konstruksi yang sering dipakai dalam pembangunan. Akibat besarnya penggunaan beton, sementara material penyusunnya yang terbatas dan mahal, maka muncul terobosan-terobosan yang dilakukan untuk mengganti bahan penyusunnya tanpa mengurangi kualitas beton itu sendiri. Salah satu bentuk terobosan ini dilakukan dengan mengganti bahan tersebut dengan bahan yang lainnya misalnya memanfaatkan limbah yang ada disekitar kita. Dengan demikian, limbah-limbah tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal, sehingga mempunyai nilai yang lebih tinggi salah satunya pemanfaatan limbah serbuk besi dari hasil pengerjaan bubut besi (Atira, 2015).

Di Pekanbaru serbuk besi jarang di manfaatkan sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan di masa yang akan datang. Serbuk besi adalah serpihan serpihan besi yang berasal dari bengkel bubut yang menghasilkan limbah serbuk besi, limbah serbuk besi tersebut di biarkan begitu saja tanpa ada pengolahan khusus atau pemanfaatan terhadap limbah tersebut. Limbah serbuk besi ini perlu di manfaatkan lebih optimal agar memiliki nilai jual yang lebih tinggi.

Serbuk besi yang digunakan adalah hasil dari pengikisan mesin atau besi yang di perbaiki, menghasilkan serpihan besi yang halus. Sampah dibuang begitu saja tanpa ada yang memanfaatkannya. Limbah serbuk besi ini perlu

dimanfaatkan lebih optimal agar memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Salah satu pemanfaatannya dengan menjadikan limbah bubut ini sebagai bahan campuran beton.

Kondisi ini menyebabkan penulis tertarik untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk besi terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan nilai *slump* beton apakah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan. Dalam penelitian ini serbuk besi dijadikan bahan pengganti agregat halus, atau pasir yang digunakan akan diganti sebagian dengan serbuk besi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah penelitian yang terurai diatas, penulis dapat merumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dengan adanya penambahan serbuk besi sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat agregat halus terhadap nilai *slump* dibandingkan beton tanpa penambahan serbuk besi?
2. Berapa nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat agregat halus dibandingkan dengan beton tanpa penambahan serbuk besi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Menentukan pengaruh nilai *slump* beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat agregat halus dibanding beton tanpa penambahan serbuk besi.
2. Menentukan kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan penambahan serbuk besi sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari berat agregat halus dibanding beton tanpa penambahan serbuk besi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah:

1. Bagi masyarakat, dapat memanfaatkan limbah-limbah yang tidak termanfaatkan dengan baik terutama pemanfaatan limbah serbuk besi sehingga dapat memberi nilai tambah tersendiri.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pelaksana konstruksi untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini menjadi lebih sederhana, tetapi memenuhi persyaratan teknis maka perlu diambil beberapa batasan masalah diantaranya:

1. Penelitian beton dengan bahan tambah serbuk besi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap berat agregat halus dalam satu kali adukan (pencampuran beton).
2. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dilakukan pada umur beton 49 hari.
3. Dalam penelitian ini mengabaikan sifat kimiawi semen dan serbuk besi.
4. Dalam penelitian ini tidak mengkaji biaya pekerjaan.
5. Dalam penelitian ini tidak mengkaji kemudahan dalam proses pekerjaan.
6. Menggunakan agregat kasar dengan ukuran 1/2 dan 2/3.
7. Menggunakan sampel berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 30 mm.

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:

Paryati (2001). Dalam penelitian yang berjudul “Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi dan Baja”. Di Indonesia, serbuk besi dan baja hasil kegiatan penggergajian besi dan baja jarang di manfaatkan, sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Dalam penelitian ini, serbuk besi dan baja di gunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton sebagai usaha pemecahan masalah limbah tersebut, dengan cara meneliti seberapa jauh pemanfaatan limbah berupa serbuk besi dan baja dapat di gunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton dengan persentase 0%, 25%, 50%, 75% di tinjau dari kuat tekannya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan benda uji berupa kubus 15cm x 15cm x 15cm yang di tekan pada umur 28 hari. Setiap variasi penambahan berjumlah 6 benda uji dengan perbandingan berat antara semen : agregat halus : agregat kasar adalah 1 : 3 : 5, sehingga keseluruhan benda uji berjumlah 24 buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan karakteristik beton pada variasi penambahan 0%, serbuk besi dan baja $\sigma_k = 125,4894 \text{ kg/cm}^2$, 25% serbuk besi dan baja $\sigma_k = 121,9823 \text{ kg/cm}^2$, 50% serbuk besi dan baja $\sigma_k = 118,063 \text{ kg/cm}^2$, 75% serbuk besi dan baja $\sigma_k = 80,3928 \text{ kg/cm}^2$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar penambahan, maka kuat tekan beton yang di capai semakin menurun. Hal ini disebabkan karena

beberapa faktor, antara lain adalah adanya kesalahan pemilihan permukaan yang ditekan, adanya korosi diantara butir, adanya segregasi dan timbulnya gelembung air serta proses pencampuran bahan-bahan penyusun beton yang tidak sempurna.

Hadi dan Setiawan (2019). Dalam studi eksperimen yang berjudul “Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah mesin bubut terhadap kuat tekan beton. Limbah mesin bubut di tambahkan secara parsial untuk menggantikan agregat halus, dimana limbah mesin bubut yang di gunakan adalah yang tertahan pada saringan nomor 200. Sampel pada penelitian ini berbentuk silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Campuran beton yang di berikan bahan parsial serpihan alumunium bervariasi mulai dari 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase parsial limbah mesin bubut ini dapat menurunkan kuat tekan beton hingga 64,21%. Berdasarkan analisis hasil pengujian, dapat di simpulkan bahwa penambahan limbah bubut sebagai bahan pengganti parsial agregat halus pada beton dapat mempengaruhi sifat fisik, mekanik dan kimia.

Pratama dan Bale (2018). Dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Pasir Besi Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton”. Perkembangan di sektor konstruksi memicu permintaan tinggi untuk kebutuhan beton. Ini karna, beton merupakan bahan bangunan yang memiliki kelebihan dalam kekuatan tekan saat dibandingkan dengan bahan yang lain seperti kayu dan baja. Sebagai bahan penyusun beton, agregat adalah sumberdaya alam yang terus menurun volumenya saat ini. Ini mendorong penggantian bahan agregat inovasi dengan bahan alternatif memiliki hampir sama karakteristik sehingga dapat mengurangi jumlah volume yang dibutuhkan dalam pembuatan beton. Salah satu upaya adalah dengan menggunakan bahan alternatif seperti pasir besi. Penggunaan pasir besi dalam beton campuran ini diharapkan membuat beton lebih padat karena ukuran butir lebih kecil dari pasir biasa sehingga bisa mengisi kekosongan di beton. Dalam penelitian ini perencanaan campuran beton menggunakan beton normal standar (SNI 03-2834-2000) dengan kuat tekan 25

Mpa dengan pasir besi sebagai pengganti agregat halus dengan berbagai tingkat 0%, 60%, 70%, 80%, dan 90%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton dari pengujian kuat tekan beton, modulus elastisitas beton, kekuatan tarik beton dan penyerapan beton dengan spesimen silindris (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton cenderung meningkat dengan meningkatnya kadar pasir besi, tetapi setelahnya kadar pasir mencapai 80% ada penurunan kuat tekan. Rata-rata nilai kuat tekan adalah 25.170 MPa, 29.771 MPa, 30.270 MPa, 32.942 MPa, dan 29.517 MPa, masing masing. Kemudian diperoleh kuat tekan rata-rata optimum pada besi 80% isi pasir. Sedangkan pengujian kuat tarik beton menunjukkan bahwa penggunaan kadar pasir besi 60% memiliki nilai tertinggi 2,785 MPa, peningkatan 17,19% beton dengan 0% kadar pasir besi. Sebaliknya, nilai kekuatan tarik *split* beton terendah adalah 2.173 MPa yang terjadi dalam penggunaan kadar pasir besi sebesar 70% menurun 8% dari beton dengan 0% kadar pasir besi.

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 besi sebesar 0%, 25%, 50%, 75, dan 100% dari berat agregat halus untuk satu kali pengadukan. Faktor air semen yang dipakai dalam penelitian ini juga berbeda dengan penelitian sebelumnya dimana dalam penelitian ini faktor air semen yang dipakai adalah 0,4.

Penelitian sebelumnya menggunakan campuran serbuk besi dan baja dengan persentase penambahan 0%, 25%, 50%, dan 75% ukuran serbuk tidak ditentukan berbeda dengan penelitian yang dilakukan peneliti saat ini. Penelitian sebelumnya tidak meneliti kaut belah beton akan meningkat atau tidaknya.

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.

3.2 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton adalah bahan-bahan yang jika dicampurkan akan membentuk adukan beton dan akan menjadi beton jika sudah mengering. Berikut ini akan dijabarkan mengenai bahan-bahan pembentuk beton yang juga dipakai sebagai bahan beton yang akan diteliti pada penelitian ini. Adapun material-material dalam pembentuk beton adalah sebagai berikut:

1. Semen *Portland*

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Fungsi utama semen adalah untuk merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya mengisi 10% saja

dari volume beton, namun kerana merupakan bahan yang 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).

Semen *Portland* yang dipakai harus memenuhi syarat (SII 0013-81) dibagi menjadi 5 type yaitu adalah sebagai berikut (Mulyono, 2004).

- a. Tipe I, semen *Portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
- b. Tipe II, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- c. Tipe III, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Tipe IV, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- e. Tipe V, semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang lebih tinggi terhadap sulfat.

Semen *Portland* yang di pakai 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)

Komposisi	Jumlah (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO₂)	17 – 25
Alumina (Al₂O₃)	3 – 8

Tabel 3.1 Lanjutan

Besi (Fe_2O_3)	0,5 – 6,0
Magnesia (MgO)	0,5 – 4,0
Alkali ($K_2O + Na_2O$)	0,5 – 1,0
Sulfur (SO_3)	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_4AF)

Tetrakalsium aluminoforit dalam semen memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. Bereaksi cepat dengan air, dan pasta berbentuk dalam beberapa menit.
- b. Kurang besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen.

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

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

3. 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% 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).

3.3 Beton Serat

Beton serat (*fiber concrete*) ialah bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Bahan serat dapat berupa : serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (jerami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja. Jika serat yang dipakai mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada beton, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi daripada beton biasa (Tjokrodimuljo 1996).

3.3.1 Pengertian Serat

Serat merupakan bahan tambah yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat atau kekuatan beton (Tjokrodimuljo 1992). Serat memiliki peranan yang penting dalam komposit karena menentukan kinerja komposit secara keseluruhan (Balaguru dan Shah, 1992).

Perkembangan serat dimulai pada tahun 1960-an, dengan diterapkannya aplikasi serat anorganik sebagai tambahan pada beton, yaitu serat baja lurus (Balaguru dan Shah, 1992). Sejak tahun 1970-an, serat polimer sintetis mulai digunakan secara komersial dengan tujuan antara lain sebagai kontrol retak awal. Inovasi ini diikuti aplikasi serat kaca yang tahan terhadap alkali, pada tahun 1980-an sampai dengan tahun 1990-an serat karbon mulai digunakan karena memiliki kuat tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan serat polimer sintetis (Balaguru dan Shah, 1992)

Ada beberapa jenis serat yang sudah dikenal saat ini, antara lain:

1. *Naturally occuring fibers* atau serat alami yang berasal dari alam, seperti serat tebu, serat kelapa, dan serat kayu.

2. *Steel fibers* atau serat baja, seperti kawat bendrat, seng, galvalum.
3. *Fiberglass* atau serat kaca
4. *Polimeric fiber* atau serat polimer, yakni serat yang berasal dari serat sintesis. Serat polimer terdiri dari *polypropylene*, *polyethylene*, *polyester*, *nylon*, *carbon*, dan *acrylic*.

3.3.2 Mekanisme Kerja Serat

Teori yang digunakan untuk menjelaskan mekanisme kerja serat yaitu *Spacing Concept Spacing* konsep dalam teori ini diartikan dengan mendekatkan jarak antara serat dalam campuran beton sehingga beton akan lebih mampu membatasi ukuran retak dan mencegah berkembangnya retak menjadi lebih besar (Soroshian dan Bayasi, 1987).

Mekanisme kerja serat dalam adukan beton secara bersama-sama adalah sebagai berikut:

1. Serat bersama pasta beton akan membentuk matriks komposit, dimana serat akan menahan beban yang ada sesuai dengan modulus elastisitasnya.
2. Pasta beton akan semakin kokoh/stabil dalam menahan beban karena aksi serat (*fiber bridging*) yang sangat mengikat di sekelilingnya.
3. Serat akan melakukan *dowel action* (aksi pasak) sehingga pasta yang sudah retak dapat stabil/kokoh menahan beban yang ada.

3.3.3 Serbuk Besi

Serbuk besi berasal dari limbah pabrik pembubutan besi yang di hasilkan berupa serat-serat besi dengan ukuran panjang dan ketebalan yang berbeda. Tingkat kekerasan besi termasuk menengah, yaitu 4 sehingga limbah tersebut dapat di gunakan sebagai campuran tulangan. Salah satu diantaranya adalah dengan mencampurkan serbuk besi ke dalam campuran beton karna serbuk besi akan menambah kekuatan beton.

3.4 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 stuktur, 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)

Kapasitas Dari Mixer (m ³)	ASTM C.94 dan ACI 318
0,8 – 3,1	1 menit
3,8 – 4,6	2 menit
7,6	3 menit

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 m³ adalah 1,5 menit, dan ditambah selama 0,5 menit untuk penambahan 1 m³ beton serta pengadukan ditambahkan selama 1,5 menit setelah semua bahan tercampur.

Waktu pengadukan ini akan berpengaruh pada mutu beton. Jika terlalu sebentar maka 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*).

3.5 Jenis-Jenis Pemeriksaan Material

Dalam pemeriksaan material terdapat beberapa tahapan 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.

1. Analisa Saringan Agregat Halus

Analisa saringan agregat halus merupakan uraian langkah-langkah untuk melakukan analisa distribusi ukuran butir (gradasi) agregat melalui alat ayakan. Metoda ini dimaksud sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir agregat halus dengan menggunakan saringan yang telah ditentukan.

Cara untuk menentukan gradasi agregat halus, yaitu sebagai berikut :

- a. Pasir dikeringkan didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- b. Setelah itu benda uji di timbang untuk mengetahui berat pasir yang telah di oven.
- c. 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.
- d. Setelah itu benda uji dekeringkan lagi di dalam oven dengan suhu yang sama yaitu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- e. 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).

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

2. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi agregat halus ini dimaksudkan untuk mengetahui berat satuan isi agregat halus. Langkah-langkah untuk mencari berat isi agregat halus, yaitu 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 ± 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 :
 - 1) Hitung berat bersih benda uji (W_3)

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

2) Hitung berat isi tempat (W_4)

$$w_4 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana: d = diameter tempat (cm)

t = tinggi tempat (cm)

3) Berat isi lepas (W_5)

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

3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pemeriksaan ini merupakan suatu pegangan utama dalam pengujian agregat pembuat beton untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat halus, serta angka penyerapan dari agregat halus.

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

- a. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven (110 ± 5) $^{\circ}$ C sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam didalam air selama ± 24 jam.
- b. Setelah direndam ± 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.
- c. Pasir dalam keadaan jenuh kering permukaan tersebut kemudian dimasukan kedalam piknometer sebanyak ± 500 gram, lalu dimasukan air sebanyak yang diperlukan, kemudian diguncang-guncang untuk mengeluarkan udara yang terperangkap didalam piknometer tersebut.
- d. Seteh itu, piknometer di tambah air pada batas yang telah ditentukan dan ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram.
- e. Pasir dikeluarkan dari piknometer didalam cawan, kemudian dikeringkan didalam oven sampai beratnya tetap setelah itu ditimbang beratnya.
- f. Piknometer diisi air sampai batas yang telah ditentukan di piknometer dan ditimbang beratnya.

g. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

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

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

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

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

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

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

d. Penyerapan

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

- 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)

4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kandungan lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan banyaknya kandungan lumpur terutama dalam pasir secara teliti. Dalam pengujian menggunakan metode penjumlahan bahan dalam agregat yang lolos saringan 200 (0,0075 mm) yang dimaksud sebagai acuan dan pegangan dalam melaksanakan pengujian untuk menentukan jumlah setelah dilakukan pencucian benda uji jika diperlukan.

Langkah-langkah pemeriksaan kadar lumpur agregat halus yaitu sebagai berikut :

- a. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven (110 ± 5)°C sampai beratnya tetap, kemudian pasir ditimbang beratnya (B₁).
- b. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian di saring dengan menggunakan saringan #200.

- c. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B_2).
- d. Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

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

5. Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi di dalam agregat. Dalam pembuatan beton, kadar air sangat dibutuhkan guna mengetahui komposisi yang terdapat dalam membuat suatu beton yang baik dan sesuai harapan.

Langkah-langkah pemeriksaan kadar air lapangan agregat halus, yaitu sebagai berikut :

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

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

6. Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisa saringan agregat kasar merupakan uraian langkah-langkah untuk melakukan analisa distribusi ukuran butir (gradasi) agregat melalui alat ayakan. Metoda ini dimaksud sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir agregat kasar dengan menggunakan saringan yang telah ditentukan.

Cara untuk menentukan gradasi agregat kasar, yaitu sebagai berikut :

- a. Agregat kasar dikerinkan didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap.
- b. Setelah itu benda uji di timbang untuk mengetahui berat agregat yang telah di oven.

- c. 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.
- d. Setelah itu benda uji dekeringkan lagi di dalam oven dengan suhu yang sama yaitu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- e. 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).
- f. Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butiran *split*.

7. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Pemeriksaan berat isi agregat kasar ini dimaksudkan untuk mengetahui berat satuan isi agregat kasar. Langkah-langkah untuk mencari berat isi agregat kasar, yaitu 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 ± 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 :

- 1) Hitung berat bersih benda uji (W_3)

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

2) Hitung berat isi tempat (W_4)

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

Dimana: d = diameter tempat (cm)

t = tinggi tempat (cm)

3) Berat isi lepas (W_5)

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

8. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pemeriksaan ini merupakan suatu pegangan utama dalam pengujian agregat pembuat beton untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat kasar.

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

- a. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven (110 ± 5) $^{\circ}$ C sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam didalam air selama ± 24 jam.
- b. Setelah direndam ± 24 jam, air rendaman dibuang dan *split* di hamparkan dengan cara *split* yang tertahan lolos saringan no. 4. Dan ditunggu kering permukannya.
- c. 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.
- d. Kemudian *Split* dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu (110 ± 5) $^{\circ}$ C sampai kering tetap.
- e. *Split* yang telah kering ditimbang beratnya.
- f. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1) Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)

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

2) Berat jenis permukaan jenuh (Saturated Surface Dry)

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

3) Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)

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

4) Penyerapan

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

Dimana: BJ = Berat benda uji permukaan jenuh (gr)
 BK = Berat benda uji kering oven (gr)
 BA = Berat benda uji dalam air (gr)

9. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan kandungan lumpur ini merupakan cara untuk menetapkan banyaknya kandungan lumpur terutama dalam agregat kasar secara teliti. Dalam pengujian menggunakan metode penjumlahan bahan dalam agregat yang lolos saringan 200 (0,0075 mm) yang dimaksud sebagai acuan dan pegangan dalam melaksanakan pengujian untuk menentukan jumlah setelah dilakukan pencucian benda uji jika diperlukan.

Langkah-langkah pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar yaitu sebagai berikut :

- a. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian dikeringkan kedalam oven (110 ± 5)°C sampai beratnya tetap, kemudian *split* ditimbang beratnya (B₁).
- b. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian di saring dengan mnggunakan saringan #200.
- c. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B₂).
- d. Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{(B1-B2)}{B1} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.17)$$

10. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan aus agregat kasar (*split*), dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Agregat kasar di saring dengan saringan sesuai dengan gradasi yang diperoleh, pada penelitian ini didapat gradasi G.
- b. Setelah disaring agregat di timbang dengan berat 10000 (B₁).
- c. Benda diuji dengan mesin *Los Angeles* dengan 1000 kali putaran.
- d. Setelah selesai, benda uji di saring dengan saringan No. 12, benda uji dicuci dan dikeringkan serta di timbang (B₂)

$$\frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100 \dots\dots\dots (3.18)$$

11. Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi di dalam agregat. Dalam pembuatan beton, kadar air sangat dibutuhkan guna mengetahui komposisi yang terdapat dalam membuat suatu beton yang baik dan sesuai harapan.

Langkah-langkah pemeriksaan kadar air lapangan agregat kasar yaitu sebagai berikut :

- a. Benda uji dimasukan kedalam cawan, kemudian *split* ditimbang beratnya (B₁).
- b. Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu (110 ± 5)°C sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B₂).
- c. Hitung kadar air dengan rumus sebagai berikut :

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

3.6 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.

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.

3.7 Perencanaan Campuran Beton Dalam SK. SNI 2847-2013

Perencanaan campuran beton (*Mix desain*) bermaksud untuk memenuhi komposisi dan proporsi bahan penyusun beton. Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis dan ekonomis (Indah, 2016)

Syarat-syarat perencanaan dari metode SK.SNI 2847-2013 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 (SK.SNI 2847-2013)

Deviasi Standar (S)	Indikasi Tingkat Pengendalian Mutu Beton
2,8	Sangat Memuaskan
3,5	Memuaskan
4,2	Baik
5,6	Cukup
7,0	Jelek
8,4	Tanpa Kendali

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

- a. Mewakili bahan-bahan, prosedur penganwasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
 - b. Mewakili kuat tekan beton yang diisyaratkan f_c' yang nilainya dalam batas ± 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 prokduksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
3. Nilai Tambah (*Margin*)
 - a. Jika pelaksana mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah dihitung menggunakan rumus :

$$M = 1,64 \times S \dots\dots\dots(3.20)$$

Dimana:

M = Nilai Tambah (margin) (N/mm²)

s = Standar deviasi (N/mm²)

- 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.SNI 2847-2013)

Kuat tekan yang disyaratkan f_c' (MPa)	Nilai tambah (MPa)
Kurang dari 21	7
21 s.d 35	8,5
Lebih dari 35	10

4. Perhitungan kuat tekan rata-rata ($f_c'r$) yang ditergetkan. Kuat tekan rata-rata direncanakan dihitung dengan rumus :

$$f_c'r = f_c' + m \dots\dots\dots(3.21)$$

Dimana:

$f_c'r$ = kuat tekan rata-rata (Mpa)

f_c' = kuat tekan beton yang direncanakan (Mpa)

M = nilai tambah atau margin (N/mm²)

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 0,4 Jenis Semen dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai di Indonesia (SK.SNI 2847-2013)

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) 0,4 sampai memotong kurva kuat tekan beton yang ditentukan.
- c. Tarik garis mendatar kuat tekan yang dipakai sampai memotong garis tegak lurus.
8. 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.
9. Penetapan nilai *slump*.
10. 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*)
11. Penentuan nilai kadar air bebas yang diperlakukan per meter kubik, berdasarkan jenis agregat ukuran maksimum dan nilai *slump*. Dihitung menggunakan rumus:

$$W_{\text{air}} = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \dots \dots \dots (3.22)$$

Dimana: W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Menghitung jumlah semen yang diperlukan berdasarkan kadar air bebas dibagi faktor air semen (f.a.s), yaitu langkah (11) : langkah (8).
13. Jumlah semen maksimum diabaikan jika tidak ditetapkan.
14. Tentukan jumlah semen minimum. Berat semen yang diperoleh dari langkah (11) harus lebih besar dari kebutuhan minimum.
15. Tentukan faktor air semen (f.a.s) yang disesuaikan.
16. Menentukan jumlah susunan butiran agregat halus, sesuai dengan syarat SK.SNI 2847-2013.
17. Menentukan persentase agregat halus terhadap campuran berdasarkan nilai *slump*, faktor air semen (f.a.s) dan besar nominal agregat maksimum.
18. Menghitung berat jenis relatif agregat.
$$B_j \text{ Campuran} = \left(\frac{p}{100} \times B_j \text{ agregat halus} \right) + \left(\frac{k}{100} \times B_j \text{ agregat kasar} \right) \dots \dots (3.23)$$

Dimana:
P = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)
K = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)
19. Tentukan berat jenis beton, berdasarkan jenis agregat gabungan dan nilai kadar air bebas, langkah (11).
20. Hitung kadar air gabungan, yaitu berat jenis beton dikurangi dengan kadar semen dan kadar air, langkah (19 - 15 - 11).
21. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah kadar agregat gabungan dikalikan persentase agregat halus dalam campuran, langkah (20 - 16).
22. Hitung kadar agregat kasar, agregat gabungan dikurangi kadar agregat kasar, langkah (20 -21).

3.8 *Slump Test*

Slump test 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* diletakkan 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 meletakkan kerucut *abrams* di sampingnya, kemudian diukur selisih beda tingginya penurunan dari posisi semula ini disebut *slump*.

3.9 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.

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 pada fabrikasi tiang pancang beton pratekan.
3. Perawatan dengan penguapan tekanan tinggi
- Cara ini juga dikenal sebagai *high prosure steam curing*, banyak digunakan untuk perawatan elemen beton ringan. Cara ini digunakan sering kali dengan tujuan untuk mengurangi resiko terjadinya retak susut elemen beton dan sekaligus meningkatkan kemampuan ketahanan terhadap *silfat*.
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 penghambat proses penguapan air pori dari dalam beton, disamping juga bisa mengurangi resiko timbulnya perbedaan tempratur yang mencolok antara bagian dalam beton dengan bagian luar beton. Beberapa material yang biasa digunakan untuk keperluan perawatan ini anatara lain:
- a. Lapisan pasir kering.
 - b. Lembaran elastik.
 - 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 disyaratkan untuk ketahanan, stabilitas volume dan pencairan serta abrasi terhadap beton.

3.10 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, 2017):

1. Kuat tekan beton (f_c')

$$f_c' = \frac{P}{A} \times 102 \dots\dots\dots(3.24)$$

Dimana:

- f_c' = Kuat tekan benda uji beton, MPa
- P = Besar beban maksimum, N
- A = Luas penampang benda uji, mm²

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 :

$$f_c'r = \frac{\sum f_c'}{n} \dots\dots\dots(3.25)$$

Dimana:

- f_c' = Kuat tekan benda uji beton (Kg/cm²)
- $f_c'r$ = Kuat tekan rata-rata dari jumlah benda uji (Kg/cm²)
- 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, 2017):

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

Dimana:

- s = Standar deviasi
- x = Kuat tekan beton estimasi 28 hari
- n - 1 = Jumlah benda uji
- xi = Kuat tekan beton rata-rata 28 hari

4. Kuat tekan karakteristik (*fc'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, 2017):

$$fc'k = fc'r - (1,64 \cdot s) \dots\dots\dots(3.27)$$

Dimana:

- fc'k* = Kuat tekan karakteristik beton
- fc'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 (*fc' ≥ fc'r*) (Dipohusodo,1994).

3.11 Kuat Tarik Belah

Nilai kuat tekan dan kuat tarik bahan beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar dapat dipakai, bahwa nilai kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1994).

Kuat tarik belah benda uji balok beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil

pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja panekan mesin uji tekan (SK SNI 03-2491-2002).

Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan benda uji bentuk balok beton dengan panjang 600 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 150 mm diletakkan arah memanjang atau horizontal diatas alat penguji. Kemudian diberi beban tekan secara merata arah tegak lurus dari atas ke seluruh panjang balok.

Berdasarkan Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SK SNI 03-2491-2002), untuk mendapatkan nilai kuat tarik masing-masing benda uji menggunakan rumus seperti dibawah ini:

$$f't = \frac{2P}{\pi DL} \dots\dots\dots(3.28)$$

Keterangan:

- $f't$ = kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (N/mm²)
- P = beban maksimum (N)
- L = tinggi silinder beton (mm)
- D = diameter silinder beton (mm).

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 150 mm dan tinggi 300 mm), 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 besi sebesar 0% berjumlah 6 buah, 25% sebanyak 3 buah untuk uji kuat tekan beton dan 3 buah lagi untuk uji kuat tarik belah beton, 50% sebanyak 3 buah untuk uji kuat tekan beton dan 3 buah lagi untuk uji kuat tarik belah beton, 75% sebanyak 3 buah untuk uji kuat tekan beton dan 3 buah lagi untuk uji kuat tarik belah beton, 100% sebanyak 3 buah untuk uji kuat tekan beton dan 3 buah lagi untuk uji kuat tarik belah beton, jadi semua sampel berjumlah 30 buah 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 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*) 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 serbuk besi dari limbah pengerjaan bubut besi di PT. Sri Indosiak Diesel yang berlokasi di Jl. Riau Ujung No.134 Tampan, Kec. Payung Sekaki, Kota Pekanbaru, Riau. Dapat di lihat contoh serbuk besi pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Serbuk Besi Dari PT. Sri Indosiak Diesel

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).

2. Cawan

Cawan digunakan sebagai wadah tempat benda uji (agregat kasar dan agregat halus).

3. Oven

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

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.

5. Piknometer

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

6. Batang penusuk

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

7. Mistar atau penggaris

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

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.

9. Stopwatch

Digunakan untuk menghitung waktu (menit). dengan variasi waktu yang telah ditentukan.

10. Mesin pengaduk (molen)

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

11. Cetakan silinder

Cetakan selinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

12. Mesin uji tekan

Berfungsi untuk menguji beton yang berbentuk silinder atau kubus yang sebelumnya telah menjalani perawatan sesuai umur perawatan.

13. Mesin uji kuat tarik belah

Berfungsi untuk menguji beton yang berbentuk silinder yang sebelumnya telah menjalani perawatan sesuai umur perawatan.

14. Alat pendukung

Alat-alat pendukung antara lain cangkul, skop, sendok semen dan lain sebagainya.

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 :

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari benda uji.
- b. 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).
- c. Oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- d. Cawan untuk tempat material.
- e. Sikat untuk saringan, sendok dan serta alat lainnya.

2. Pemeriksaan berat isi

Peralatan yang digunakan antara lain:

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari benda uji.

- b. Wadah baja berbentuk silinder
 - c. 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 ± 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. 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.
6. 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. Perosedur ini harus dilakukan dengan benar agar diperoleh hasil yang benar-benar berkualitas, berikut prosedur pengerjaan pembuatan sampel beton:

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

- c. Timbang wadah baja yang sudah berisi agregat
- Berat Isi Padat
- a. Timbang wadah baja berbentuk silinder
 - b. Masukkan agregat ke dalam 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 picknometer
 - e. Masukkan agregat ke dalam picknometer sebanyak 500gr
 - f. Isi picknometer yang sudah terisi dengan agregat halus menggunakan air hingga batas yang sudah ditetapkan
 - g. Buang gelembung udara yang terdapat disela-sela agregat halus dengan cara menggoncang picknometer
 - h. Timbang picknometer yang sudah terisi dengan agregat dan air
 - i. Pindahkan agregat halus yang sudah ditimbang ke dalam cawan
 - j. Masukkan cawan ke dalam oven selama 24 jam
 - k. Timbang agregat dan cawan yang sudah di oven
- Agregat kasar
- a. Masukkan agregat ke cawan
 - b. Rendam selama 24 jam
 - c. Keringkan agregat hingga tercapainya kering permukaan jenuh (SSD)
 - d. Masukkan agregat ke dalam keranjang timbangan
 - e. Timbang agregat kasar di atas permukaan air
 - f. Timbang agregat kasar di dalam air
 - g. Masukkan agregat yang sudah ditimbang ke dalam cawan

- h. Masukkan ke oven agregat yang sudah di timbang selama 24 jam
 - i. Timbang agregat yang sudah dimasukkan ke 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 besi) 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 di sediakan
 - 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 kali 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

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

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 SNI 2847-2013.
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 15 cm, tinggi 30 cm pembuatan benda uji ini perlu diperhatikan saat pemadatan karena sangat mempengaruhi kuat tekan benda uji tersebut.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji

Benda Uji Beton	Umur Perawatan 49 Hari	
	Kuat Tekan	Kuat Tarik Belah
	49 Hari	49 Hari
BSB 0%	3 Buah	3 Buah
BSB 25%	3 Buah	3 Buah
BSB 50%	3 Buah	3 Buah
BSB 75%	3 Buah	3 Buah
BSB 100%	3 Buah	3 Buah
Jumlah	15 Buah	15 Buah
Total	30 Buah Benda Uji	

7. Perawatan (*curing*)

Perawatan dilakukan dengan cara perendaman benda uji ke dalam bak yang berisi air, perendaman dilakukan selama 49 hari dikarenakan disaat perawatan beton umur 28 hari alat uji kuat tekan beton sedang dikirim ke bandung untuk dikalibrasi maka harus menunggu alat uji tekan beton tersebut sampai selesai dikalibrasi.

8. Pengujian Kuat Tekan dan Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton bertujuan untuk mencari perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah rencana dengan kuat tekan dan kuat tarik belah 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.

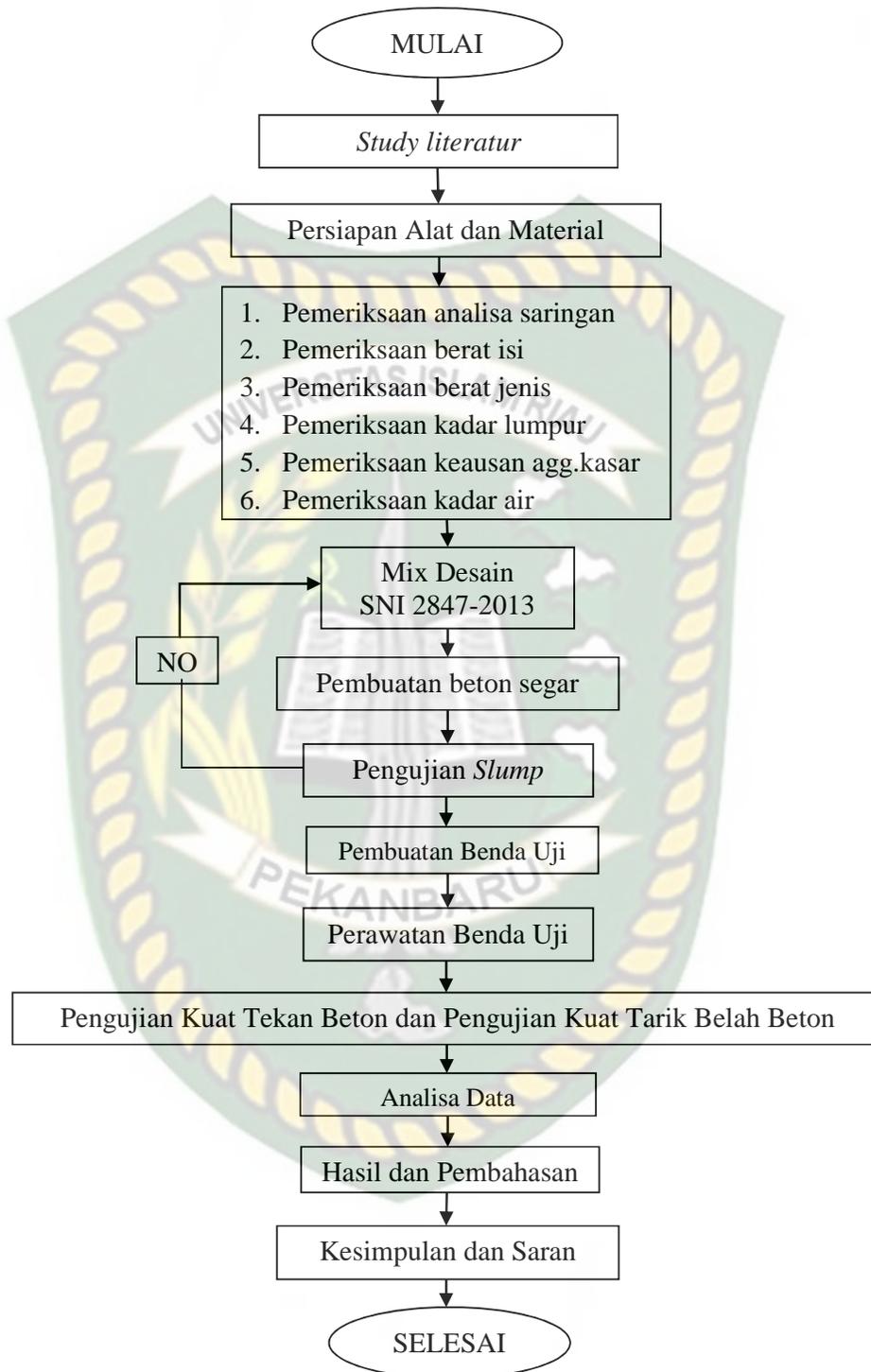
Prosedur pelaksanaan penelitian dapat dijelaskan melalui diagram alir gambar 4.1.

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 $F_c'32$ 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.
6. Analisa pengujian kuat tarik belah beton.
 - a. Memasukkan data yang didapat dari hasil uji kuat tarik belah beton kedalam tabel uji kuat tarik beton.
 - b. Menentukan hasil kuat tarik belah rata-rata beton.
 - c. Menentukan deviasi standar beton.
 - d. Menentukan kuat tarik belah karakteristik beton.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Hasil Benda Uji

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

5.1.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Gradasi agregat halus merupakan variasi dari ukuran agregat, gradasi yang baik akan memberikan kekuatan beton yang maksimal.

Gradasi agregat halus dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat halus yang tertahan 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, dan batas gradasi pasir dalam daerah pasir no.4. Analisa saringan dapat dilihat pada lampiran B-1 dan lampiran B-2, dan hasil rata-rata dari dua percobaan analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Halus

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	100	100	100	97,24	82,8	62,75	52,44	29,77	7,15	0,60

Sumber: Hasil analisa penelitian.

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

62,75%. Dari saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 62,75%. Dari saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 97,24%. Dari saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 100%. Dari saringan ukuran 12,7 mm persentase lolos sebesar 100%. Dari saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 100%. Dari saringan ukuran 38 mm persentase lolos sebesar 100%. Dari data bahwa persentase lolos saringan agregat halus berada diantara batas gradasi agregat halus zona II yaitu batas minimum dan maksimum pada setiap ukuran saringan, 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

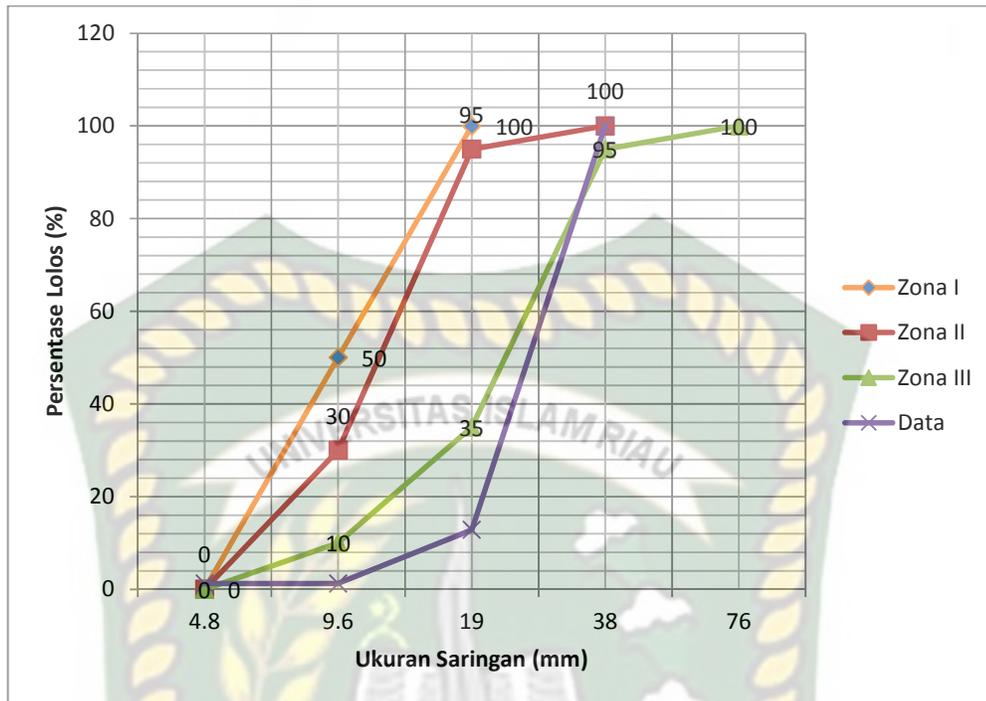
Hasil pemeriksaan analisa saringan dapat dilihat pada lampiran B-3 dan lampiran B-4, untuk hasil rata-ratar dari dua percobaan analisa saringan agregat kasar ukuran 2/3 dapat dilihat pada tabel 5.2

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 ukuran 38 mm persentase lolos sebesar 100%. Dari data 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 dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Presentase Lolos Agregat Kasar Dari Desa Manggilang Kampar Dengan Batas Gradasi Untuk Besar Ukuran Maksimum 40 mm Sebelum di Kombinaskan.

Dari Gambar 5.1 dapat dilihat bahwa persentase agregat kasar tidak ada yang masuk pada zona gradasi yang ada, hal ini dapat disebabkan karna analisa saringan agregat kasar hanya menggunakan satu jenis ukuran batu split, maka digunakan dua jenis ukuran batu split yaitu ukuran $\frac{2}{3}$ dan $\frac{1}{2}$, gradasi yang tersedia untuk jenis ukuran batu yang tidak seragam. Dengan kombinasi agregat kasar ukuran $\frac{2}{3}$ sebanyak 40% dan untuk ukuran $\frac{1}{2}$ sebanyak 60%.

Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar $\frac{1}{2}$ dapat dilihat pada lampiran B-5 dan lampiran B-6, untuk hasil rata-ratar dari dua percobaan analisa saringan agregat kasar ukuran $\frac{1}{2}$ dapat dilihat pada tabel 5.3

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 persentase lolos sebesar 1,74%. Dari saringan ukuran 0,6 mm persentase lolos sebesar 2,15%. Dari saringan ukuran 1,2 mm persentase lolos sebesar 2,32%. Dari saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 2,8%. Dari saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 4,35%. Dari saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 21,61%. Dari saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 91,15% dan saringan ukuran 38 mm persentase lolos sebesar 100%.

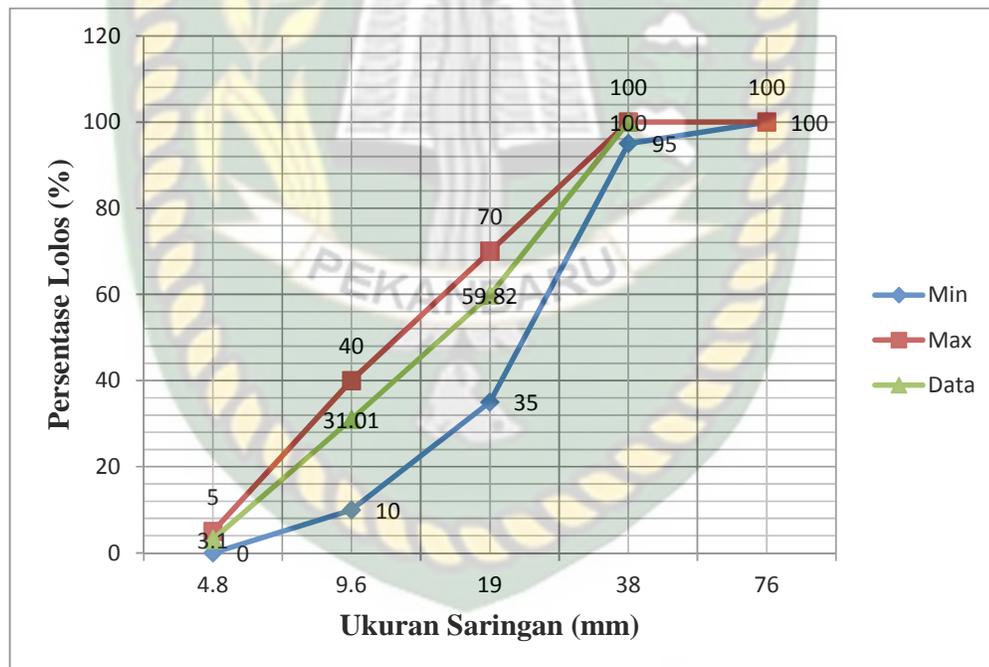
Untuk hasil kombinasi agregat kasar 2/3 dan ½ persentase lolos dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan untuk hasil analisa saringan dapat dilihat pada gambar 5.2 dengan batas gradasi untuk besar butir maksimum 40 mm. dengan menggunakan kombinasi agregat ukuran 2/3 sebanyak 40% dan untuk ukuran ½ sebanyak 60%.

Tabel 5.4 Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar Kombinasi Agregat 2/3 dan Agregat ½.

Ukuran (mm)	Persentase Yang Lolos (%)		Persentase Kombinasi (%)		Gabungan
	2/3'	1/2'	40	60	
38	100	100	40	60	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 setelah dikombinasikan, 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 yang sudah dikombinasikan 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 Presentase Lolos Agregat Kasar Dari Desa Manggilang Kampar Dengan Batas Gradasi Untuk Besar Ukuran Maksimum 40 mm Setelah Dikombinasikan.

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-7 sampai lampiran B-11. Hasil pemeriksaan berat isi material dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Berat Isi Agregat Halus, Agregat Kasar, Semen, dan Serbuk Besi.

Material	Berat Isi (gr/cm ³)	
	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Agregat Kasar 2/3	1,400	1,493
Agregat Kasar 1/2	1,446	1,514
Agregat Halus	1,227	1,407
Semen	0,364	0,961
Serbuk Besi	1,186	1,427

Sumber: Hasil analisa penelitian

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-12 sampai Lampiran B-17, 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
Agregat Kasar ½	2,805	2,743	2,708	1,267	Memenuhi Syarat
Agregat Halus	2,626	2,598	2,571	0,674	Memenuhi Syarat

Sumber: Hasil analisa penelitian

Berdasarkan Tabel 5.6 dapat dilihat berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat kasar 2/3 diperoleh 2,677, berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat kasar 1/2 diperoleh 2,743, dan berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat halus diperoleh 2,598. Berdasarkan nilai berat jenis material tersebut dapat memenuhi standar spesifikasi berat jenis yaitu 2,58 s/d 2,83 gr/cm³ (Tjokrodinuljo,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 m³.

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-18 sampai lampiran B-20 dan hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.7 sebagai berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat.

Material	Kadar Lumpur %	Keterangan
Agregat Kasar 2/3	1,57	Tidak Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 1/2	2,06	Tidak Memenuhi Syarat
Agregat Halus	3,94	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 1/2 didapat dan 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 untuk memperoleh persentase dari kadar air yang terkandung dalam agregat. Analisa perhitungan pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada lampiran B-21 sampai lampiran B-23, Hasil pemeriksaan kadar air lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Material	Kadar Air %
Agregat Halus	2,888
Agregat Kasar 2/3	0,0045
Agregat Kasar 1/2	0,0045

Sumber: Hasil analisa penelitian

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-7, hasil perencanaan campuran beton untuk tiap m³ sebelum koreksi kadar air dapat dilihat pada tabel 5.9.

Tabel 5.9. Proporsi Campuran Beton Untuk Tiap m³ Sebelum Koreksi Kadar Air SSD (*Saturated Surface Dry*).

Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (ltr)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)
Tiap m ³	462,5	185	599,046	1162,854
Tiap 1 Zak Semen	50	25,5	64,762	125,714
Tiap Komp.Camp	1	0,51	1,295	2,514

Sumber: Hasil analisa penelitian

Berdasarkan tabel 5.9 dapat dilihat pemakaian semen, agregat kasar, agregat halus, dan air dalam tiap m³, 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-10 sampai A-12, 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 5.11, 5.12, 5.13, dan 5.14.

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 campuran 0% serbuk besi.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	9,574
2	Air	3,9499
3	Agregat Kasar 2/3	9,415
4	Agregat Kasar ½	14,262
5	Agregat Halus	12,674
6	Serbuk Besi 0%	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 campuran 25% serbuk besi.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	9,574
2	Air	3,9499
3	Agregat Kasar 2/3	9,415
4	Agregat Kasar ½	14,262
5	Agregat Halus	9,506
6	Serbuk Besi 25%	3,168

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 campuran 50% serbuk besi.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	9,574
2	Air	3,9499
3	Agregat Kasar 2/3	9,415
4	Agregat Kasar ½	14,262
5	Agregat Halus	6,337
6	Serbuk Besi 50%	6,337

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 campuran 75% serbuk besi.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	9,574
2	Air	3,9499
3	Agregat Kasar 2/3	9,415
4	Agregat Kasar ½	14,262
5	Agregat Halus	3,168
6	Serbuk Besi 75%	7,506

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 campuran 100% serbuk besi.

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan (kg)
1	Semen	9,574
2	Air	3,9499
3	Agregat Kasar 2/3	9,415
4	Agregat Kasar ½	14,262
5	Agregat Halus	0
6	Serbuk Besi 100%	12,674

Sumber: Hasil analisa penelitian

Benda uji yang dibuat dalam penelitian ini adalah 3 buah benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dimana cukup dilakukan 1x pengadukan pencampuran saja karna didukung oleh kemampuan alat pengaduk campuran yang ada di laboratorium 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

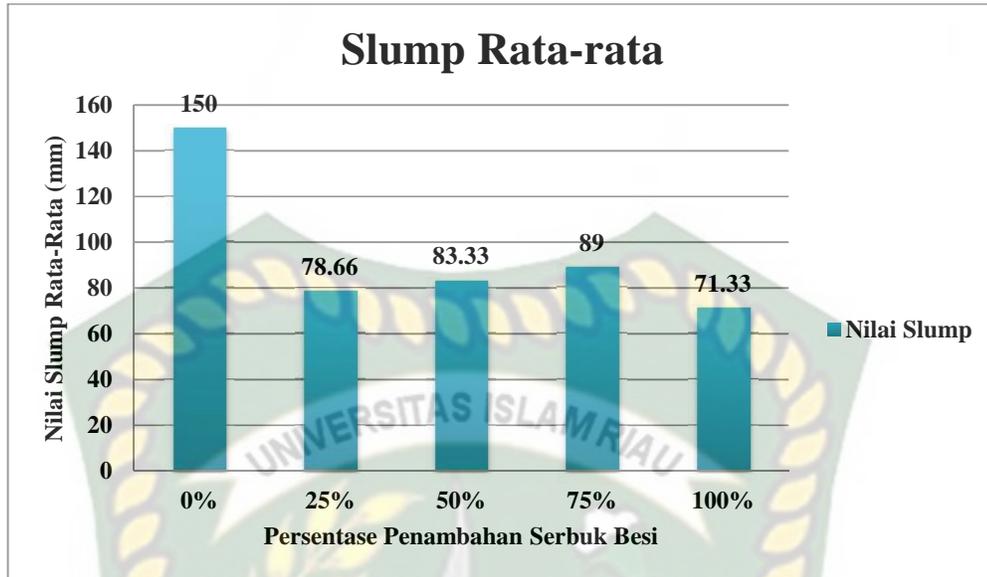
Slump test bertujuan untuk mengecek perubahan kadar air yang terdapat dalam adukan beton, nilai *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat *workability* (kemudahan dalam pengerjaan) beton sesuai dengan syarat-syarat yang ditetapkan, semakin rendah nilai *slump* menunjukkan beton semakin 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 di bandingkan 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 5.15.

Tabel 5.15 Nilai Slump Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi

No	Persentase Serbuk Besi	Nilai Slump (mm)	Slump Rata-rata (mm)
1	0%	140	150
		158	
		152	
2	25%	67	78,66
		73	
		96	
3	50%	68	83,33
		75	
		107	
4	75%	70	89
		95	
		102	
5	100%	66	71,33
		88	
		60	

Dari Tabel 5.15 nilai slump yang dihasilkan dari penambahan serbuk besi sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% sudah sesuai dengan slump rencana yaitu 60mm – 180mm, tetapi campuran beton dengan penambahan serbuk besi dapat dilihat pada data di tabel 5.15 semakin mengental dari pada beton tanpa campuran serbuk besi, hal ini membuktikan bahwa penggunaan serbuk besi membuat beton semakin kaku dapat dilihat pada campuran serbuk besi dengan persentase 100% didapat nilai slump 71,33 mm.



Gambar 5.3 Grafik Nilai *Slump* Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi.

Dari gambar 5.3 dapat dilihat bahwa beton yang menggunakan campuran serbuk besi lebih kental dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan campuran serbuk besi.

5.3. Hasil Analisa Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah masa perawatan (*curing*) benda uji umur 49 hari, dari hasil pengujian beton benda uji silinder dengan menggunakan alat kuat tekan maka didapat hasil untuk tiap benda uji dengan penambahan serbuk besi sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, analisa perhitungan kuat tekan beton untuk tiap benda uji dapat dilihat pada Lampiran A-14 sampai Lampiran A-21, sedangkan hasil uji kuat tekan untuk tiap benda uji dapat dilihat pada tabel 5.16.

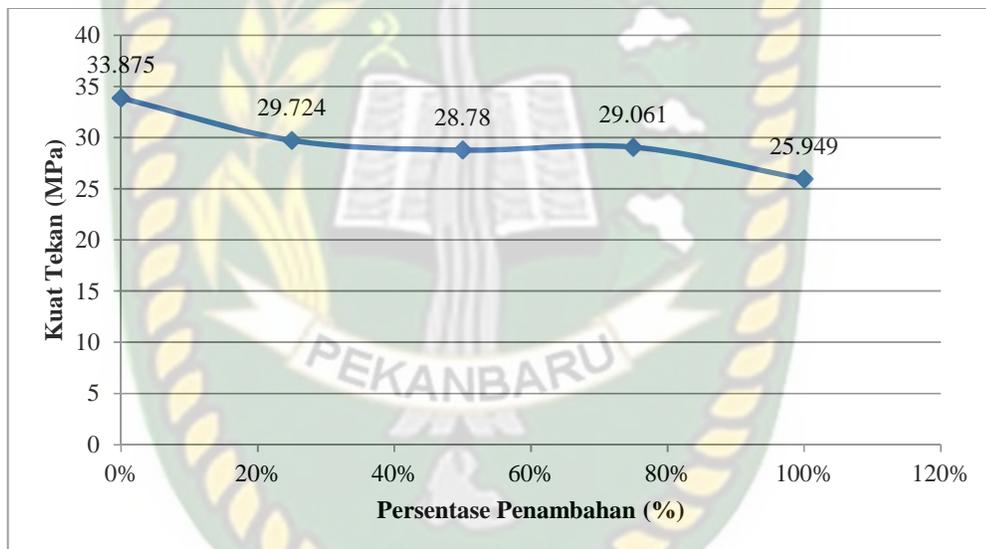
Tabel 5.16 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Menggunakan Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari

No	Persentase Campuran Serbuk Besi	Kode	Pmax	Fc'	Fc' Rata-rata	Persentase Kenaikan dan Penurunan
			kN	MPa	MPa	%
1	0%	1	650	36,801	33,875	0%
		2	445	25,194		
		3	700	39,631		

Tabel 5.16 Lanjutan

2	25%	1	720	40,764	29,724	-12,25%
		2	430	24,345		
		3	425	24,062		
3	50%	1	480	27,176	28,780	-15,04%
		2	545	30,856		
		3	500	28,309		
4	75%	1	530	30,001	29,061	-14,21%
		2	590	33,404		
		3	420	23,779		
5	100%	1	605	34,253	25,949	-23,40%
		2	420	23,779		
		3	350	19,816		

Nilai kuat tekan beton campuran serbuk besi umur 49 hari untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Pada Umur 49 Hari

Dari gambar 5.4 dapat dilihat bahwa beton umur 49 hari dengan menggunakan campuran serbuk besi mengalami penurunan kuat tekan beton dicampurkan 25% dengan nilai kuat tekan 29,724 MPa mengalami penurunan sebesar 12,25%, dicampurkan 50% dengan nilai kuat tekan 28,78 MPa mengalami penurunan sebesar 15,04%, dicampurkan 75% dengan nilai kuat tekan 29,061 MPa mengalami penurunan sebesar 14,21%, dan dicampurkan 100% dengan nilai kuat tekan 25,949 MPa mengalami penurunan sebesar 23,40%. Penurunan kuat tekan beton yang terbesar terjadi pada beton dengan campuran serbuk besi 100% dengan

nilai kuat tekan 25,949 MPa sebesar 23,40%. Dapat dilihat bahwa beton menggunakan campuran serbuk besi mengalami penurunan kekuatan tekan beton.

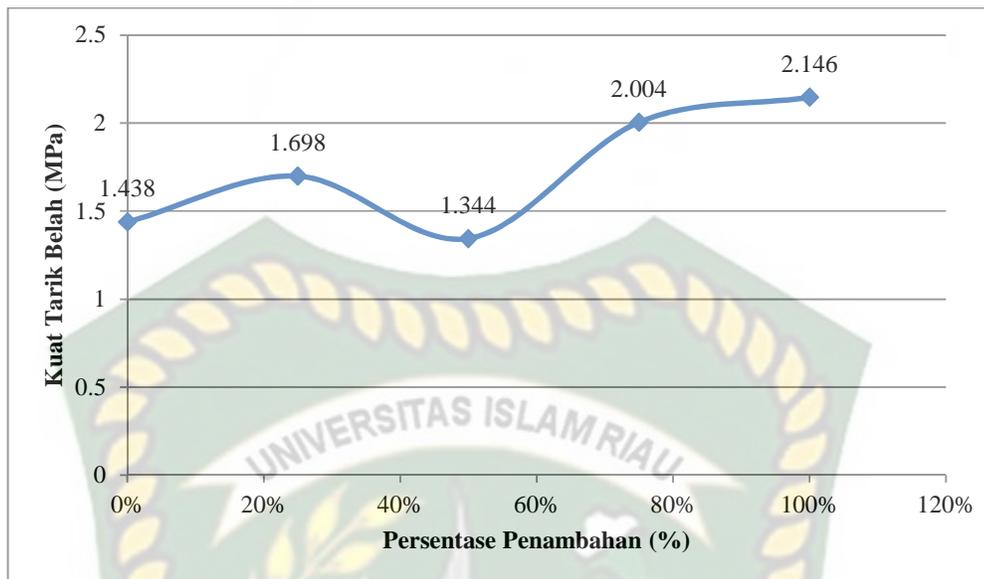
5.4. Hasil Analisa Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan setelah masa perawatan (*curing*) benda uji berusia 49 hari. Dari hasil pengujian beton benda uji silinder dengan menggunakan alat kuat tekan beton dengan alat tambahan untuk pengujian kuat tarik belah beton maka didapat hasil untuk masing-masing benda uji dengan penambahan serbuk besi sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, analisa perhitungan kuat tarik belah beton untuk masing-masing benda uji dapat dilihat pada Lampiran A-22 sampai Lampiran A-29, sedangkan hasil uji kuat tarik belah beton untuk masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Menggunakan Campuran Serbuk Besi Umur 49 Hari

No	Persentase Campuran Serbuk Besi	Kode	Pmax	Fct'	Fct' Rata-rata	Persentase Kenaikan dan Penurunan
			kN	MPa		
1	0%	1	95	1,344	1,438	0%
		2	100	1,415		
		3	110	1,557		
2	25%	1	95	1,344	1,698	18,08%
		2	125	1,769		
		3	140	1,981		
3	50%	1	110	1,557	1,344	-6,53%
		2	80	1,132		
		3	95	1,334		
4	75%	1	140	1,981	2,004	39,36%
		2	140	1,981		
		3	145	2,052		
5	100%	1	160	2,264	2,146	49,23%
		2	145	2,052		
		3	150	2,123		

Nilai kuat tarik belah beton campuran serbuk besi umur 49 hari untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Hasil Kuat Tarik Belah Beton Pada Umur 49 Hari

Dari Gambar 5.5 dapat dilihat bahwa beton menggunakan campuran serbuk besi terjadi peningkatan nilai kuat tarik belah pada campuran 25% dengan nilai kuat tarik belah 1,698 MPa mengalami peningkatan sebesar 18,08%, pada campuran 75% dengan nilai kuat tarik belah 2,004 MPa mengalami peningkatan sebesar 39,65%, pada campuran 100% dengan nilai kuat tarik belah 2,146 MPa mengalami peningkatan sebesar 49,23%, dan terjadi penurunan pada persentase 50% dengan nilai kuat tarik belah 1,344 MPa sebesar 6,53%.

5.5. Hasil Analisa Perbandingan Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu

1. Nilai kuat tekan

Nilai kuat tekan dengan penambahan serbuk besi pada penelitian ini dapat di bandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu yaitu Paryati pada tahun 2001 yang menggunakan penambahan serbuk besi dan baja dengan tingkat persentase 0%, 25%, 50% dan 75%. Selain itu terdapat perbedaan dimana peneliti terdahulu tidak melakukan pengujian kuat tarik belah sedangkan untuk penelitian ini melakukan pengujian kuat tarik belah. Berdasarkan hal itu maka diambil perbandingan terhadap pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton pada tabel 5.18.

Tabel 5.18 Hasil Perbandingan Peneliti dengan Peneliti Terdahulu

Persentase Penambahan Serbuk Besi	Peneliti, 2020		Paryati, 2001	
	Kuat Tekan (MPa)	Persentase Kenaikan atau Penurunan	Kuat Tekan (MPa)	Persentase Kenaikan atau Penurunan
0%	33,875	0%	12,548	0%
25%	29,724	-12,25%	12,198	-2,79%
50%	28,780	-15,04%	11,806	-5,91%
75%	29,061	-14,21%	8,039	-35,93%
100%	25,949	-23,40%	-	-

Sumber: Hasil Analisa Penelitian.

Dari Tabel 5.18 dapat dilihat bahwa beton menggunakan campuran serbuk besi mengalami penurunan kekuatan beton, kekuatan tekan beton pada penelitian ini mengalami penurunan yang terbesar terjadi pada persentase penambahan serbuk besi 100% dengan nilai kuat tekan beton 25,949 MPa dengan penurunan sebesar 23,40%. Sedangkan pada penelitian terdahulu mengalami penurunan yang terbesar pada persentase campuran di 75% dengan nilai kuat tekan beton 8,0392 MPa dengan penurunan sebesar 35,9370%. Pada penelitian ini dan penelitian sebelumnya memiliki perbedaan mutu rencana serta material yang digunakan.

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 besi lebih kental dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan campuran serbuk besi, artinya beton yang dihasilkan lebih kental dan akan lebih sulit dalam proses pengerjaan dan pematatannya.
2. Berdasarkan dari penelitian ini beton menggunakan campuran serbuk besi cenderung mengalami penurunan kuat tekan pada beton. Sedangkan hasil pengujian kuat tarik belah pada beton cenderung mengalami peningkatan kuat tarik belah pada 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 besi tidak bisa dipakai untuk konstruksi berat, akan tetapi serbuk besi bisa digunakan di pekerjaan konstruksi ringan untuk mengurangi limbah serbuk besi yang ada di sekitar kita.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal penelitian selanjutnya disarankan agar dapat melakukan pemeriksaan zat kimia serbuk besi yang digunakan terlebih dahulu.
3. Untuk penelitian selanjutnya menggunakan serbuk besi sebagai bahan tambah agregat halus dianjurkan melakukan pengkajian kuat lentur beton dikarenakan didalam penelitian ini tidak melakukan pengkajian kuat lentur beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Atira. 2015. *Pengaruh Penambahan Serat Seng Pada Campuran Beton Dengan Ukuran Pemotongan Serat Bervariasi*. Tugas Akhir. Universitas Islam Riau.
- Balaguru, P.N., & S. P. Shah. 1992. *Fiber-Reinforced Cement Composites*, McGRAW-HILL International Editions, Singapore.
- Dipohusodo. 1994. *Struktur Beton bertulang*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- Hadi, P.N., & Setiawan, A.A. 2019. Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. <https://docplayer.info/168982149-Studi-eksperimental-penambahan-limbah-bubut-sebagai-bahan-substitusi-parsial-agregat-halus-terhadap-kuat-tekan-beton.html>.
- Indah. 2020. *Perancangan Campuran Beton*. <https://www.slideshare.net/indah0330/perancangan-campuran-beton>.
- Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*. Edisi Kedua, Andi, Yogyakarta.
- Oroushian., & Bayasi .1987. *Mekanisme Kerja Serat dalam Beton*. <http://e-journal.uajy.ac.id/11932/4/TS149863.pdf>.
- Paryati. 2001. Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi Dan Baja. *Jurnal Beton*. <https://www.neliti.com/id/publications/262542/kuat-tekan-beton-dengan-penambahan-serbuk-besi-dan-baja>.
- Pratama, R., & Bale, H.A. 2018. Pengaruh Pasir Besi Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton. <https://dspace.uir.ac.id/bitstream/handle/123456789/13002/08%20naskah%20publikasi.pdf?sequence=13&isAllowed=y>.
- Purwono. 2010. *Pengendalian Mutu Beton*. Its press. Surabaya.
- Setiawan, Y.A., 2015. *Pengaruh Komposisi Glenium ACE 8590 dengan Fly Ash dan Filler Pasir Kuarsa Terhadap Sifat Mekanik Beton Mutu Tinggi.*, Skripsi, Universitas Atma Jaya . Yogyakarta.
- SK SNI T-28-1991-03, 1991, *Standar Tata Cara Pengadukan dan Pengecoran Beton*, Badan Standarisasi Nasional.

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 2847-2013, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.

Tjokrodimuljo, K., 1994. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri. UGM, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tjokrodimuljo. K., 1992. *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

