

PENGARUH PEMANFAATAN BIJI PLASTIK HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*) SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON

TUGAS AKHIR

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



OLEH :

TESSA PUTRI AULIA

143110713

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

2021

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirobbil alamin. Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Pemanfaatan Biji Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran Beton”**. 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 pembuat beton hendaknya terlebih dahulu membuat rancangan campuran beton (*mix design*), untuk mengetahui pengaruh biji plastik HDPE pada kuat tekan beton yang direncanakan untuk suatu bangunan, maka penelitian ini membuat rancangan beton dengan inovasi baru yaitu menggunakan biji plastik HDPE sebagai ganti beberapa jumlah agregat halus.

Kesempurnaan hanya milik Allah *subhanahu wa ta'ala*. 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 Warahmatullahi Wabarakatuh.

Pekanbaru, Juni 2021

Tessa Putri Aulia
NPM. 143110713

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur atas kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dengan judul **“Pengaruh Pemanfaatan Biji Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran Beton”** dapat diselesaikan. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Serjana 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. Kedua orang tua tercinta Alm Sulaiman (Ayah) dan Susniarti (Mama), terimakasih atas do'a dan dukungan yang telah diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH., MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
3. Bapak Dr. Eng. Muslim, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.
4. Ibu Harmiyati, ST., M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru dan selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun tugas akhir ini.
5. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT selaku tim penguji I, yang telah membantu memberikan pengarahan dalam menyusun tugas akhir ini.
6. Ibu Sy. Sarah Alwiyah, ST., MT selaku tim penguji II, yang telah membantu memberikan pengarahan dalam menyusun tugas akhir ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru yang telah memberikan ilmu perkuliahan sehingga penulis dapat mencapai tahap menyusun tugas akhir.
8. Seluruh staf dan karyawan/ti T.U Fakultas Teknik Universitas Islam Riau-Pekanbaru.

9. Keluarga tersayang, bang Yose Hendrik, SE, bang Anci Mirza, ST., MBA, bang Andres, bang Raynaldi, S.Pd, bang Febri Risky, ST dan Imam Afizy, terimakasih atas do'a dan dukungan yang telah diberikan.
10. Suami tercinta, Surya Ramadhana, ST, terimakasih telah memberikan dukungan dan saran dalam pengerjaan tugas akhir ini.
11. Rekan-rekan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau seluruh angkatan dan khususnya angkatan 2014 yang telah memberikan dorongan, kritik dan saran dalam penyelesaian skripsi ini, serta pihak-pihak lain yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.
12. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting*

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, Juni 2021

TESSA PUTRI AULIA

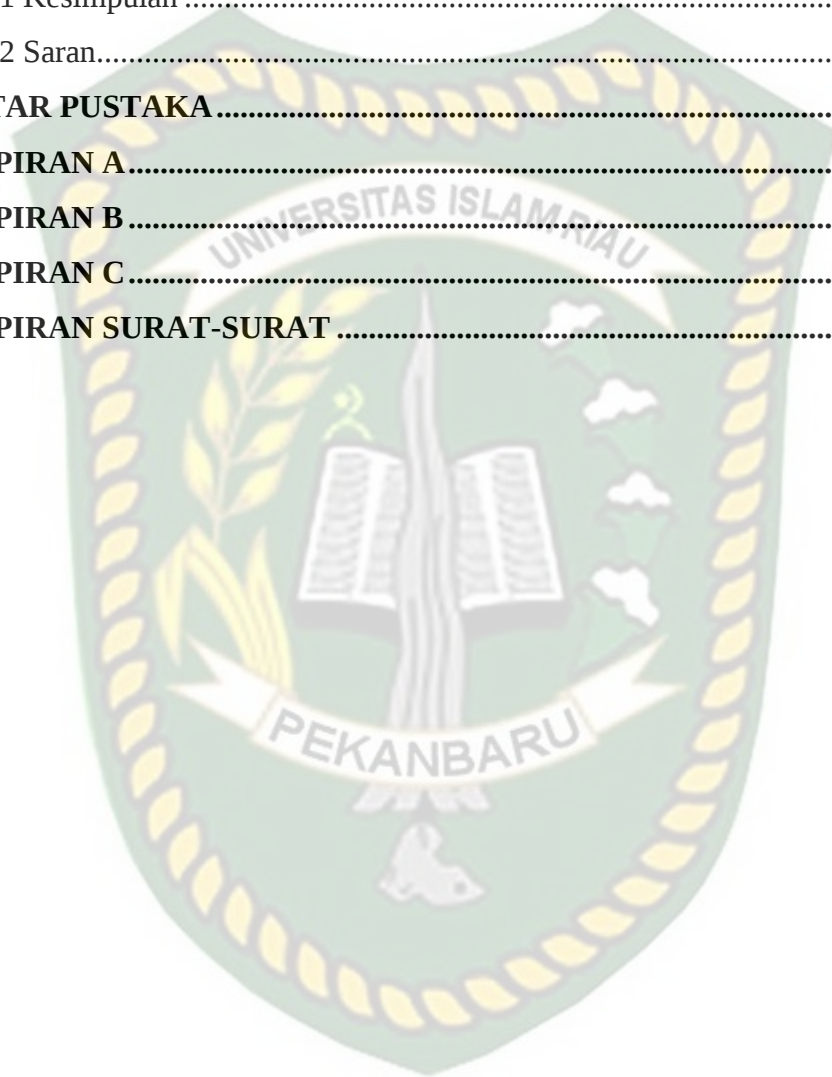
143110713

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian.....	8
BAB III LANDASAN TEORI.....	9
3.1 Definisi Beton	9
3.2 Jenis-Jenis Beton.....	10
3.3 Material Pembentuk Beton.....	12
3.3.1 Semen	12
3.3.2 Agregat	16
3.3.2.1 Agregat Halus	22
3.3.2.2 Agregat Kasar	23

3.3.3 Air	24
3.4 Beton Segar	27
3.5 Prosedur Pemeriksaan Material dan Pengerjaan	28
3.5.1 Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar	28
3.5.2 Berat Isi Agregat Halus dan Agregat Kasar	29
3.5.3 Berat Jenis Penyerapan Air Agregat Halus dan Agregat Kasar ...	30
3.5.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar .	33
3.5.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar	34
3.6 Perencanaan Campuran Beton	35
3.6.1 Perencanaan Campuran Beton dalam SNI 03-2834-2000	37
3.7 <i>Slump</i> Beton	46
3.8 Perawatan Beton	47
3.9 Kuat Tekan Beton	49
3.10 Plastik	54
3.10.1 <i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	55
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	57
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian	57
4.2 Bahan Penelitian	57
4.3 Peralatan Penelitian	59
4.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	69
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	72
5.1 Hasil Pemeriksaan Benda Uji	72
5.1.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	72
5.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	73
5.1.3 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Material	77
5.1.4 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis serta Penyerapan Material	77
5.1.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur	78
5.1.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan	79
5.2 Hasil Pemeriksaan Beton	79
5.2.1 Hasil Pemeriksaan Campuran Beton (SNI 03-2834-2000)	79
5.2.2 Hasil dan Analisa Nilai <i>Slump</i> Terhadap Air Campuran	81

5.3 Hasil Analisa Kuat Tekan Beton.....	83
5.4 Hasil Analisa Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Terdahulu ..	85
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	87
6.1 Kesimpulan	87
6.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN A.....	A-1
LAMPIRAN B	B-1
LAMPIRAN C	C-1
LAMPIRAN SURAT-SURAT	



DAFTAR NOTASI

<i>A</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan (ltr/m ³)
<i>ACI</i>	= <i>American Concrete Institute</i>
<i>Agr.k 2/3</i>	= Agregat Kasar <i>Split 2/3</i> '
<i>Agr.k 1/2</i>	= Agregat Kasar <i>Split 1/2</i> '
<i>Ah</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat alami (liter/m ³)
<i>Ak</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat batu pecah (liter/m ³)
<i>ASTM</i>	= <i>American Standard For Testing Material</i>
<i>B</i>	= Jumlah air
<i>BA</i>	= Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)
<i>BJ</i>	= Berat Jenis (gram)
<i>BK</i>	= Berat benda uji kering oven (gram)
<i>BS</i>	= <i>British Standard</i>
<i>BT</i>	= Berat pikno + benda uji SSD + air (25°C) (gram)
<i>C</i>	= Jumlah agregat halus (Kg/cm ³)
<i>Ca</i>	= Penyerapan air pada agregat halus (%)
<i>Ck</i>	= Kandungan air dalam agregat halus (%)
<i>D</i>	= Jumlah agregat kasar (Kg/cm ³)
<i>Da</i>	= Penyerapan air pada agregat kasar (%)
<i>DDA</i>	= Perawatan di dalam air
<i>DLR</i>	= Perawatan di luar ruangan
<i>DDR</i>	= Perawatan di dalam ruangan
<i>Dk</i>	= Kandungan air dalam agregat kasar (%)
<i>EEA</i>	= <i>Ethylene-Ethyl Acrylate</i>
<i>EVA</i>	= <i>Ethylene-Vinyl Acetate</i>
<i>F.A.S</i>	= Faktor air semai
<i>fc'</i>	= Kuat tekan beton (MPa)
<i>fc'r</i>	= Kuat tekan beton rata – rata beton dari jumlah benda uji (MPa)
<i>fc'k</i>	= Kuat tekan beton karakteristik (MPa)

<i>HDPE</i>	= <i>High Density Polyethylyne</i>
<i>K</i>	= Ketetapan Konstanta
<i>LDPE</i>	= <i>Low-Density Polyethylene</i>
<i>LLDPE</i>	= <i>Linear Low-Density Polyethylene</i>
<i>M</i>	= Nilai tambah margin ($1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ Mpa}$)
<i>MPa</i>	= Mega Pascal ($1 \text{ Mpa} = 10 \text{ Kg/cm}^3$)
<i>N/mm²</i>	= Newton/mm ² ($1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ Mpa}$)
<i>P</i>	= Beban aksial yang bekerja (kN)
<i>PBI</i>	= Peraturan Beton Indonesia
<i>PCA</i>	= Portland Cement Association
<i>PE</i>	= <i>Polyethylene</i>
<i>PP</i>	= <i>Polypropylene</i>
<i>S</i>	= Standar deviasi (MPa)
<i>SII</i>	= Standar Industri Indonesia
<i>SK</i>	= Surat Keputusan
<i>SSD</i>	= Koreksi kadar air (<i>Saturated surface dry</i>)
<i>SNI</i>	= Standar Nasional Indonesia
<i>UHMWPE</i>	= <i>Ultrahigh Molecular-Weight Polyethylene</i>
<i>Wagr.camp</i>	= Berat Agregat Campuran
<i>Wagr.h</i>	= Berat Agregat Halus
<i>Wagr.k</i>	= Berat Agregat Kasar
<i>Wair</i>	= Perkiraan Kebutuhan Air Permeter Kubik Beton
<i>Wbtn</i>	= Berat Beton
<i>Wh</i>	= Perkiraan Jumlah Air untuk Agregat Halus
<i>Wk</i>	= Perkiraan Jumlah Air untuk Agregat Kasar
<i>Wsemen</i>	= Jumlah Semen yang Diperlukan

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jenis-jenis Beton Berdasarkan Berat Jenis dan Pemakaiannya	11
Tabel 3.2	Tipe Semen <i>Portland</i> Sesuai Jenis Pekerjaannya	14
Tabel 3.3	Perkiraan Komposisi Berbagai Tipe Standar Semen <i>Portland</i>	14
Tabel 3.4	Persentase Komposisi Semen <i>Portland</i>	15
Tabel 3.5	Gradasi Agregat Halus	22
Tabel 3.6	Gradasi Agregat Kasar	24
Tabel 3.7	Nilai Tambah (<i>Margin</i>) Jika Pelaksanaan tidak Mempunyai Pengalaman.....	37
Tabel 3.8	Kadar Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	39
Tabel 3.9	Nilai-nilai <i>Slump</i> untuk Berbagai Pekerjaan.....	40
Tabel 3.10	Perkiraan Kebutuhan Air Permeter Kubik Beton	41
Tabel 3.11	Jenis Kuat Tekan Beton	50
Tabel 3.12	Karakteristik Plastik HDPE	55
Tabel 4.1	Variasi Beton dengan Menggunakan Biji Plastik HDPE.....	70
Tabel 5.1	Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Halus	72
Tabel 5.2	Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 2/3'	74
Tabel 5.3	Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 1/2'	75
Tabel 5.4	Berat Isi Agregat Halus, Agregat Kasar, Semen, dan Biji Plastik HDPE.....	76
Tabel 5.5	Hasil Rata-rata Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material .	77
Tabel 5.6	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat	78
Tabel 5.7	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	78
Tabel A.1	Formulir Perencanaan Campuran Adukan Beton	A-1
Tabel A.2	Nilai Tambah (<i>Margin</i>) Jika Pelaksanaan tidak Mempunyai Pengalaman.....	A-2
Tabel A.3	Kadar Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	A-4
Tabel A.4	Nilai-nilai <i>Slump</i> untuk Berbagai Pekerjaan	A-4
Tabel A.5	Gradasi Agregat Kasar	A-5

Tabel A.6 Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar Kombinasi Agregat 2/3' dan Agregat 1/2'	A-5
Tabel A.7 Perkiraan Kebutuhan Air Permeter Kubik Beton	A-6
Tabel A.8 Gradasi Agregat Halus	A-7
Tabel A.9 Hasil Persentase Agregat Halus	A-8
Tabel A.10 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-12
Tabel A.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>)	A-14
Tabel A.12 Jumlah Benda Uji Penelitian	A-15
Tabel A.13 Penggunaan 0% Biji Plastik HDPE Terhadap Berat Agregat Halus	A-15
Tabel A.14 Penggunaan 5% Biji Plastik HDPE Terhadap Berat Agregat Halus	A-15
Tabel A.15 Penggunaan 10% Biji Plastik HDPE Terhadap Berat Agregat Halus	A-15
Tabel A.16 Penggunaan 15% Biji Plastik HDPE Terhadap Berat Agregat Halus	A-16
Tabel A.17 Penggunaan 20% Biji Plastik HDPE Terhadap Berat Agregat Halus	A-16
Tabel A.18 Nilai <i>Slump</i> Beton dengan Campuran Biji Plastik HDPE Menggunakan Faktor Air Semen 0,4	A-16
Tabel A.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 0% Campuran Biji Plastik HDPE Umur 28 Hari	A-18
Tabel A.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 5% Campuran Biji Plastik HDPE Umur 28	A-19
Tabel A.21 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 10% Campuran Biji Plastik HDPE Umur 28 Hari	A-21

Tabel A.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 15% Campuran Biji Plastik	
HDPE Umur 28 Hari	A-23
Tabel A.23 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 20% Campuran Biji Plastik	
HDPE Umur 28 Hari	A-24
Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus <i>Sample 1</i>	B-1
Tabel 2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus <i>Sample 2</i>	B-2
Tabel 3 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran 2/3'	
<i>Sample 1</i>	B-3
Tabel 4 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran 2/3'	
<i>Sample 2</i>	B-4
Tabel 5 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran 1/2'	
<i>Sample 1</i>	B-5
Tabel 6 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Ukuran 1/2'	
<i>Sample 2</i>	B-6
Tabel 7 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus <i>Sample 1</i>	B-7
Tabel 8 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus <i>Sample 2</i>	B-7
Tabel 9 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar Ukuran 2/3' <i>Sample 1</i> ...	B-8
Tabel 10 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar Ukuran 2/3' <i>Sample 2</i> ...	B-8
Tabel 11 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar Ukuran 1/2' <i>Sample 1</i> ...	B-9
Tabel 12 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar Ukuran 1/2' <i>Sample 2</i> ...	B-9
Tabel 13 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Biji Plastik HDPE <i>Sample 1</i>	B-10
Tabel 14 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Biji Plastik HDPE <i>Sample 2</i>	B-10
Tabel 15 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Semen <i>Sample 1</i>	B-11
Tabel 16 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Semen <i>Sample 2</i>	B-11
Tabel 17 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus <i>Sample 1</i>	B-12
Tabel 18 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus <i>Sample 2</i>	B-13
Tabel 19 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Ukuran 2/3'	
<i>Sample 1</i>	B-14
Tabel 20 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Ukuran 2/3'	
<i>Sample 2</i>	B-15

Tabel 21 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Ukuran 1/2'	
<i>Sample 1</i>	B-16
Tabel 22 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Ukuran 1/2'	
<i>Sample 2</i>	B-17
Tabel 23 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus <i>Sample 1</i>	B-18
Tabel 24 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus <i>Sample 2</i>	B-18
Tabel 25 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 2/3 <i>Sample 1</i>	B-20
Tabel 26 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 2/3 <i>Sample 2</i>	B-20
Tabel 27 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 1/2 <i>Sample 1</i>	B-21
Tabel 28 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar 1/2 <i>Sample 2</i>	B-21
Tabel 29 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Halus <i>Sample 1</i> ...	B-22
Tabel 30 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Halus <i>Sample 2</i> ...	B-22
Tabel 31 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Kasar 2/3	
<i>Sample 1</i>	B-23
Tabel 32 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Kasar 2/3	
<i>Sample 2</i>	B-23
Tabel 33 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Kasar 1/2	
<i>Sample 1</i>	B-24
Tabel 34 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan Agregat Kasar 1/2	
<i>Sample 2</i>	B-24
Tabel 35 Nilai <i>Slump</i> Beton dengan Campuran Biji Plastik HDPE	
Menggunakan Faktor Air Semen 0,4	B-25
Tabel 36 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan Campuran Biji Plastik HDPE Umur 28 Hari.....	B-26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Proporsi Bahan Penyusun Beton	10
Gambar 3.2 <i>Strength vs Workability</i>	27
Gambar 3.3 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen.....	39
Gambar 3.4 Persentase Agregat Halus terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	42
Gambar 3.5 Perkiraan Berat Jenis Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	44
Gambar 3.6 Cetakan untuk Uji <i>Slump</i> (kerucut Abrams)	45
Gambar 3.7 Diagram Laju Kenaikan Kuat Tekan	49
Gambar 3.8 Jenis-jenis Plastik	53
Gambar 4.1 Agregat Kasar Ukuran 2/3'	57
Gambar 4.2 Agregat Kasar Ukuran 1/2'	57
Gambar 4.3 Agregat Halus.....	57
Gambar 4.4 Biji Plastik HDPE.....	58
Gambar 4.5 Cawan Stainless Steel.....	58
Gambar 4.6 Oven	59
Gambar 4.7 Batang Penusuk.....	59
Gambar 4.8 Palu.....	60
Gambar 4.9 Penggaris	60
Gambar 4.10 Satu Set Saringan	61
Gambar 4.11 Wadah.....	61
Gambar 4.12 Timbangan Manual atau Neraca	62
Gambar 4.13 Timbangan Digital	62
Gambar 4.14 Picnometer.....	62
Gambar 4.15 Kerucut <i>Abrams</i>	63
Gambar 4.16 Cetakan Beton	63
Gambar 4.17 Mesin Getar	64
Gambar 4.18 Kerucut Terpancung.....	64
Gambar 4.19 Mesin Uji Kuat Tekan Tekan Beton	65

Gambar 4.20 Mesin Pengaduk Beton.....	65
Gambar 4.21 Bak Perendam	66
Gambar 4.22 Diagram Alir Penelitian	70
Gambar 5.1 Grafik Batas Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona II.....	72
Gambar 5.2 Grafik Persentase Lolos Agregat Kasar dari Desa Manggilang Kampar dengan Batas Gradasi untuk Besar Ukuran Maksimum 40 mm Setelah Dikombinasikan	75
Gambar 5.3 Grafik Nilai <i>Slump</i> Beton Dengan Penambahan Biji Plastik	84
Gambar 5.4 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari	85
Gambar A.1 Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata Silinder (150 mm x 300 mm).....	A-3
Gambar A.2 Grafik Persentase Lolos Agregat Kasar dari Desa Manggilang Kampar dengan Batas Gradasi untuk Besar Ukuran Maksimum 40 mm Setelah Dikombinasikan.....	A-6
Gambar A.3 Grafik Batas Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona II.....	A-8
Gambar A.4 Persentase Agregat Halus terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm	A-9
Gambar A.5 Perkiraan Berat Jenis Beton	A-10
Gambar A.6 Grafik Nilai <i>Slump</i> Beton Dengan Penambahan Biji Plastik	A-17

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	A-1
LAMPIRAN B.....	B-1
LAMPIRAN C.....	C-1
LAMPIRAN D.....	D-1
LAMPIRAN KUMPULAN SURAT-SURAT	



PENGARUH PEMANFAATAN BIJI PLASTIK HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*) SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON

Tessa Putri Aulia

NPM.143110713

Abstrak:

Pembangunan di bidang konstruksi mengalami kemajuan yang pesat. Beton merupakan salah satu bahan dasar struktur dalam konstruksi bangunan. Pada umumnya beton tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Pemanfaatan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengurangi limbah plastik. Penelitian ini menitikberatkan sejauh mana pengaruh pemanfaatan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton.

Penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-2000 untuk *mix design* beton. Perencanaan mutu beton f_c' 32 MPa dan penggunaan biji plastik HDPE sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat pasir. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai *slump* dan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Didapatkan hasil penelitian bahwa nilai *slump* pada persentase 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% menggunakan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus yaitu 153,33 mm, 119,33 mm, 92,67 mm, 85,67 mm dan 79 mm. Nilai *slump* yang dihasilkan sudah sesuai dengan nilai *slump* rencana yaitu 60 mm – 180 mm. Nilai kuat tekan beton pada persentase 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% menggunakan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus sebesar 32,083 MPa, 23,308 MPa, 22,458 MPa, 19,058 MPa, 16,608 MPa. Nilai kuat tekan pada persentase 20% mengalami penurunan maksimal sebesar 48,23%. Dengan bertambahnya biji plastik HDPE menyebabkan kuat tekan beton semakin menurun. Maka beton jenis ini dapat diaplikasikan untuk jenis beton ringan dengan pemakaian struktur ringan.

Kata kunci: biji plastik, plastik HDPE, kuat tekan, *slump*, beton

**THE INFLUENCE OF HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE)
PELLETS UTILIZATION AS A SUBSTITUTION FOR FINE
AGGREGATE IN CONCRETE MIX**

Tessa Putri Aulia

NPM.143110713

Abstract:

Development in the field of construction progressed rapidly. Concrete is one of the basic material structure in the construction buildings. In general, concrete is composed of cement, fine aggregate, coarse aggregate and water. The utilization of pellets HDPE plastic as the material of the concrete mix is expected to be a solution to reduce the amount of plastic waste. This research will discuss the extent to which the influence of the utilization pellets HDPE plastic as a substitute for fine aggregate in the concrete mix.

This research using SNI 03-2834-2000 for mix design of concrete. Planning the quality of the concrete f_c' 32 MPa and the use of HDPE plastic by 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% of the weight of the sand. This research was conducted to determine the value of the slump and compressive strength of concrete at 28 days.

Research results that the slump value in percentage 0%, 5%, 10%, 15% and 20% using pellets HDPE plastic as a replacement for fine aggregate is 153,33 mm, 119,33 mm, 92,67 mm, 85,67 mm and 79 mm. Slump value produced are in accordance with the slump value plan that is 60 mm – 180 mm. The value of concrete compressive strength on the percentage of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% using pellets HDPE plastic as a replacement of fine aggregate by 32,083 MPa, 23,308 MPa, 22,458 MPa, 19,058 MPa, 16,608 MPa. The value of compressive strength on the percentage of 20% decreased the maximum amount 48,23%. With increasing pellets HDPE plastic cause compressive strength of concrete decreases. Then the concrete of this type can be applied to a type of lightweight concrete with the use of lightweight structures.

Keywords: plastic pellets, HDPE plastic, compressive strength, slump, concrete

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di bidang konstruksi saat ini mengalami perkembangan sangat pesat. Hal ini tidak terlepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat akan infrastruktur yang semakin canggih, seperti jembatan bentang besar, gedung bertingkat dan fasilitas lainnya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan dasar untuk struktur konstruksi. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, bahan penyusun beton juga mengalami perubahan. Contohnya adalah dimasukkannya bahan tambah atau bahan pengganti dalam beton.

Plastik merupakan salah satu bahan yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Mulai dari tas belanja, kemasan produk, botol minum, *face shield*, dan sebagainya menggunakan plastik sebagai bahan pembuatannya. Sifat plastik yang fleksibel, kuat, ringan, stabil, tahan air, mudah disterilkan dan biaya produksi yang rendah menjadikan plastik sebagai bahan kemasan yang ideal baik untuk penggunaan komersial maupun industri. Adapun jenis plastik yang digunakan untuk membuat kemasan produk tersebut yaitu plastik HDPE (*High Density Polyethylene*).

Plastik HDPE merupakan plastik yang paling kuat dan memiliki densitas yang relatif tinggi dibandingkan dengan turunan *polyethylene* lainnya. Dengan kepadatan yang lebih tinggi, HDPE relatif kaku dan tahan benturan dan dapat menahan suhu hingga 120°C tanpa efek. HDPE memiliki struktur molekul yang lebih padat dibandingkan jenis plastik lainnya, meskipun perbedaannya kecil. Sehingga dimungkinkan untuk menggunakan jenis plastik HDPE ini sebagai bahan konstruksi.

Pada umumnya beton tersusun dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Agregat halus biasanya berasal dari alam atau hasil olahan dari dekomposisi dan pemisahan butiran dengan penyaringan atau cara lain dari batuan. Dengan karakteristiknya yang keras, ringan namun kuat, membuat plastik HDPE bisa dijadikan bahan pengganti agregat halus dalam pembuatan beton.

Pemanfaatan biji plastik HDPE sebagai bahan campuran beton diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi jumlah limbah plastik yang semakin meningkat.

Penelitian ini berfokus pada pengaruh pemanfaatan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton. Maksudnya untuk mengetahui kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus. Dimana bertujuan untuk mengetahui pengaruh agregat halus buatan dari biji plastik HDPE paling optimal untuk pembuatan beton f_c' 32 MPa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, rumusan masalah yang dapat diambil, yaitu:

1. Berapakah nilai slump dengan menggunakan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat pasir?
2. Bagaimana kuat tekan beton dengan menggunakan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat pasir dibandingkan dengan beton tanpa biji plastik HDPE?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Menentukan nilai slump dengan menggunakan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat pasir.
2. Menentukan kuat tekan beton dengan menggunakan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat pasir dibandingkan dengan beton tanpa biji plastik HDPE.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Memberikan ilmu pengetahuan khususnya dalam teknologi beton yang memenuhi syarat kekuatan dan lebih ramah lingkungan.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan pelaku konstruksi untuk memastikan nilai kuat tekan beton saat umur uji 28 hari dengan menggunakan biji plastik HDPE.
3. Dapat menjadi salah satu cara pemanfaatan limbah plastik, sehingga dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan oleh limbah plastik.
4. Untuk peneliti, merupakan suatu pemikiran baru yang perlu terus dikembangkan dan diupayakan untuk disosialisasikan ke masyarakat pemakai beton.
5. Menyediakan informasi untuk bahan penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Penelitian menggunakan mutu beton $f_c' 32$ MPa.
2. Penelitian menggunakan persentase biji plastik HDPE sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% sebagai pengganti agregat halus.
3. Penelitian hanya membatasi pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari.
4. Jumlah total benda uji 15 buah, dengan tiap penambahan biji plastik HDPE digunakan 3 benda uji.
5. Semua benda uji dibuat dengan cetakan silinder (diameter 15 cm dan tinggi 30 cm).
6. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam di dalam bak perendaman beton.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton dimaksudkan sebagai bahan dasar struktur dalam konstruksi bangunan. Banyak penelitian yang dilakukan terhadap beton yang terus berkembang dari tahun ke tahun. Berbagai cara diciptakan untuk membuat berbagai jenis beton dengan inovasi baru, dengan cara menambahkan bahan tambahan atau material yang dapat meningkatkan kekuatan beton tersebut.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian terdahulu yang pernah dilakukan mengenai pengaruh penambahan biji plastik atau limbah plastik terhadap campuran beton sebagai berikut:

Rahmatullah, 2017, telah melakukan penelitian berjudul “*Karakteristik Beton Ringan Struktural dengan Biji Plastik dan Batu Skoria*”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan biji plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan batu skoria yang dihasilkan dari kegiatan vulkanik Gunung Kelud, Blitar sebagai agregat kasar terhadap karakteristik beton ringan struktural, serta untuk mendapatkan proporsi campuran yang optimal. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut sesuai dengan SNI-03-2847-2002. Penelitian tersebut dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember. Dalam penelitian tersebut dilakukan pengujian bahan dari agregat kasar ringan (biji plastik LDPE dan batu skoria), agregat halus dan sifat mekanis beton ringan struktural yang meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan berat isi beton sesuai standar yang ditetapkan.

Benda uji yang digunakan berupa silinder beton ukuran diameter 15 cm x tinggi 30 cm dan diameter 10 cm x tinggi 20 cm. Proporsi biji plastik LDPE dan batu skoria masing-masing 0%-100%, 10%-90%, 20%-80% dan 30%-70%. Kuat tekan beton yang dihasilkan dari pengujian untuk campuran 0%, 10%, 20%, dan 30% biji plastik secara berturut-turut adalah 216.51 kg/cm², 185.53 kg/cm²,

117.35 kg/cm² dan 115.17 kg/cm². Kuat tarik belah beton yang dihasilkan dari pengujian untuk campuran 0%, 10%, 20% dan 30% biji plastik secara berturut-turut adalah 24.31 kg/cm², 22.50 kg/cm², 14.65 kg/cm² dan 14.58 kg/cm². Modulus elastisitas beton yang dihasilkan dari pengujian untuk campuran 0%, 10%, 20% dan 30% biji plastik secara berturut-turut adalah 16731.15 MPa, 12910.28 MPa, 11707.86 MPa dan 10365.82 MPa.

Berat isi beton yang dihasilkan dari pengujian untuk campuran 0%, 10%, 20% dan 30% biji plastik secara berturut-turut adalah 1882.89 kg/m³, 1786.07 kg/m³, 1734.05 kg/m³ dan 1711.9 kg/m³. Melalui analisis hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton tersebut menurun seiring dengan penambahan proporsi biji plastik LDPE. Namun dengan penambahan biji plastik LDPE berat isi beton semakin ringan. Sehingga dari hasil ini diperoleh proporsi yang paling optimal, yaitu campuran 10% biji plastik LDPE. Proporsi ini memenuhi semua kriteria beton ringan struktural yang ditentukan, baik dari segi kuat tekan, kuat tarik dan berat isinya.

Maulana, 2019, telah melakukan penelitian berjudul “*Analisis Pengaruh Penambahan Biji Plastik Injeksi (HDPE), Pasir Kuarsa dan Additive Terhadap Campuran Beton*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan biji plastik injeksi (HDPE), pasir kuarsa dan *additive* terhadap kuat tekan beton. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, pengujian dilakukan di laboratorium dengan waktu perawatan selama 28 hari. Pengujian antara lain kuat tekan beton dengan mengganti agregat kasar menggunakan biji plastik HDPE sebesar (20%, 30% dan 40%) dari berat batu kerikil, variasi pasir kuarsa (20%, 30% dan 40%) terhadap berat pasir, dan *additive* 3% setiap pengadukan. Adukan beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dengan benda uji silinder.

Terdapat 2 tahap dalam penelitian beton ini, tahap 1 yaitu beton dengan variasi pasir kuarsa (20%, 30%, dan 40%) terhadap berat pasir dan didapatkan

hasil yang paling optimum pada campuran beton dengan pasir kuarsa 40% dan *additive* 3% (TH1/40 – 28) yaitu sebesar 613,1 kg/cm² pada pengujian 28 hari, terjadi kenaikan 42,34% dari kuat tekan beton normal K300 sebesar 430,73 kg/cm². Untuk tahap 2 yaitu beton dengan variasi pasir kuarsa 40% dan tambahan agregat kasar dari biji plastik (HDPE) (20%, 30%, dan 40%) terhadap berat kerikil dan didapatkan hasil yang paling optimum pada campuran beton kuarsa 40%, plastik 20%, *additive* 3% (TH2/20 – 28) yaitu sebesar 359,5 kg/cm² pada pengujian 28 hari, terjadi penurunan 41,4% dari kuat tekan beton tahap 1 pasir kuarsa 40% (TH1/40 - 28) sebesar 613,1 kg/cm².

Panji, 2020, telah melakukan penelitian berjudul “Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis Polyethelene Thereptalate (PET) sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Paving Block”. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari dan juga pengujian serapan air setelah umur 28 hari dengan menggunakan limbah plastik PET. Metode penelitian dilakukan menggunakan dua metode yaitu metode pengumpulan data melalui studi pustaka atau studi dokumenter dan metode observasi dengan cara melakukan pengujian langsung di laboratorium sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Komposisi bahan pembuatan paving block adalah 1 (semen) dan 4 (pasir) dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% limbah plastik sebagai pengganti agregat halus.

Hasil pengujian kuat tekan beton paving block normal didapat kenaikan pada hari ke 28 dengan nilai kuat tekan 158.3 kg/cm² = 15.8 MPa. Hasil pengujian kuat tekan paving block 10% limbah plastik Polyethelene Thereptalate (PET) didapat kenaikan pada hari ke 28 dengan nilai kuat tekan 196.7 kg/cm² = 19.7 MPa. Hasil pengujian kuat tekan paving block 20% limbah plastik *Polyethelene Thereptalate* (PET) didapat kenaikan pada hari ke 28 dengan nilai kuat tekan 136.7 kg/cm² = 13.6 MPa. Hasil pengujian kuat tekan paving block 30% limbah plastik *Polyethelene Thereptalate* (PET) didapat kenaikan pada hari ke 28 dengan nilai kuat tekan 128.3 kg/cm² = 12.8 MPa. Campuran variasi optimum paving block dengan penggunaan limbah plastik terdapat pada variasi bahan pengganti sebesar 10% dengan nilai kuat tekannya yaitu sebesar 19.7 MPa. Sesuai

persyaratan SNI 03-0691-1996 nilai kuat tekan dan penyerapan air tersebut termasuk kedalam mutu B yang digunakan untuk pelataran parkir.

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian yang peneliti lakukan terdapat perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Adapun perbedaan tersebut terletak pada jenis biji plastik sebagai substitusi agregat halus dan material yang digunakan seperti semen Portland (semen Padang), agregat yang berasal dari PT. Riau Mas Bersaudara, air yang digunakan adalah air yang berasal dari sumur bor Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau, serta persentase variasi penggunaan biji plastik yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat pasir.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Definisi Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture* atau *addictive*), untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), kita memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen (Mulyono, 2004). Menurut Bahar, 2004, beton merupakan material komposit yang terdiri dari medium pengikat (pada umumnya campuran semen hidrolis dan air), agregat halus (pada umumnya pasir) dan agregat kasar (pada umumnya kerikil) dengan atau tanpa bahan tambahan/campuran/*additives*.

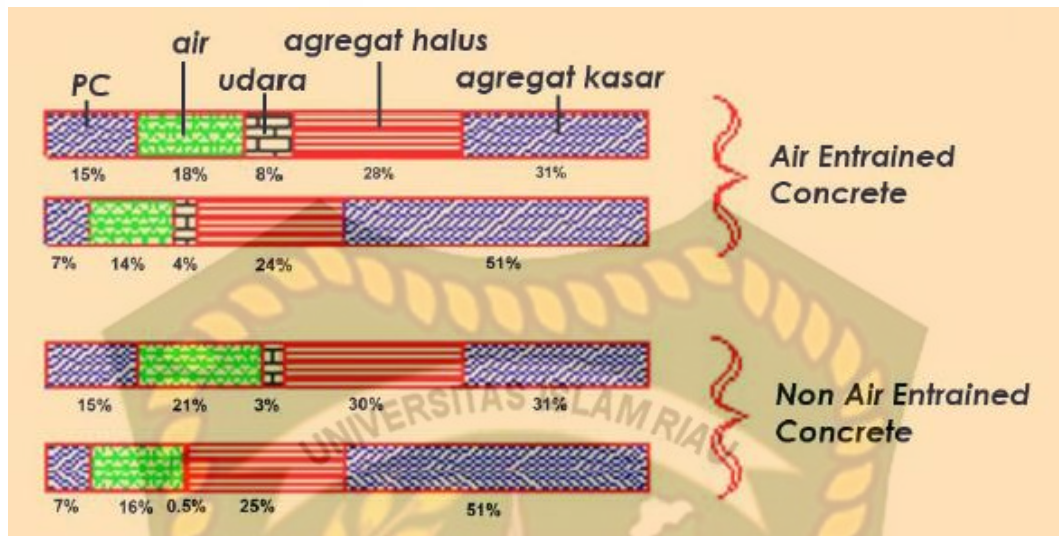
Bahan tambah (*admixture*) dapat meningkatkan *workability* dan *flowability* beton. Dimana *admixture* ini dapat terserap dalam partikel semen dengan demikian dapat merendahkan daya tarik partikel dalam menghasilkan lebih banyak butiran semen seperti menggunakan *water reducer* normal.

Beton lebih umum digunakan dalam pekerjaan konstruksi daripada baja atau kayu, karena beton memiliki kelebihan diantaranya :

- a. Harga relatif lebih murah.
- b. Tahan terhadap kobaran api.
- c. Mudah untuk dicetak.
- d. Tidak memerlukan biaya perawatan.
- e. Tahan lama karena tidak membusuk dan berkarat.

Dibalik kelebihan yang dimiliki beton terdapat juga kekurangan beton, adapun kekurangan beton menurut (Mulyono, 2004) sebagai berikut :

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



Gambar 3.1 Proporsi Bahan Penyusun Beton (Bahar, 2004)

Beton dapat mengandung sejumlah rongga udara yang terperangkap atau dapat juga rongga udara yang sengaja dimasukkan melalui penambahan bahan tambahan. Bahan tambahan kimia sering digunakan untuk mempercepat, memperlambat, memperbaiki sifat kemudahan pengerjaan (*workability*), mengurangi air pencampur, menambah kekuatan, atau mengubah sifat-sifat lain dari beton yang dihasilkan.

3.2 Jenis-Jenis Beton

Berikut ini merupakan klasifikasi beton menurut Bahar, 2004, diantaranya:

1. Beton ringan, berat jenisnya $< 1900 \text{ kg/m}^3$, dipakai untuk elemen non-struktural.
2. Beton normal, berat jenisnya $2200\text{-}2500 \text{ kg/m}^3$, dipakai hampir pada semua bagian struktural bangunan.
3. Beton berat, berat jenis $> 2500 \text{ kg/m}^3$, dipakai untuk struktur tertentu, misal: struktur yang harus tahan terhadap radiasi atom.
4. Beton jenis lain
 - a. Beton massa (*mass concrete*) merupakan beton yang dituang dalam volume besar, biasanya untuk pilar, bendungan dan pondasi turbin pada pembangkit listrik.
 - b. Fero semen (*ferrocement*) merupakan mortar semen yang diberi anyaman

kawat baja. Beton ini mempunyai ketahanan terhadap retakan, ketahanan terhadap patah lelah, daktilitas, fleksibilitas dan sifat kedap air yang lebih baik dari beton biasa.

- c. Beton serat (*fibre concrete*), komposit dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat, dapat berupa serat plastik atau baja. Beton serat lebih detail daripada beton biasa, dipakai pada bangunan hidrolik, landasan pesawat, jalan raya dan lantai jembatan.
- d. Beton siklop merupakan beton biasa dengan ukuran agregat yang relatif besar. Agregat kasar dapat sebesar 20 cm. Beton ini digunakan pada pembuatan bendungan dan pangkal jembatan.
- e. Beton hampa, seperti beton biasa, namun beton tercetak padat, air sisa reaksi hidrasi disedot dengan cara divakum (*vacuum method*).
- f. Beton ekspos merupakan beton yang tidak memerlukan proses *finishing*, biasanya beton ini dihasilkan dengan menggunakan bahan *bekisting* yang dapat menghasilkan permukaan beton yang halus (misal baja dan multiplek film). Beton ini sering dijumpai pada gelagar jembatan, lisplang, kolom dan balok bangunan.

Berdasarkan berat jenis dan pemakaian beton dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok seperti yang ditunjukkan dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jenis-jenis Beton Berdasarkan Berat Jenis dan Pemakaiannya.

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (kg/m ³)	Pemakaian
Beton sangat ringan	<1000	Non struktur
Beton ringan	1000 – 2000	Struktur ringan
Beton normal	2300 – 2500	Struktur
Beton berat	n>3000	Perisai sinar x

Sumber: Tjokrodimuljo, 2003

3.3 Material Pembentuk Beton

3.3.1 Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis dari berbagai macam agregat (Bahar, 2004), yang artinya senyawa – senyawa yang terkandung dalam semen tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru yang bersifat

sebagai perekat terhadap agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 7% sampai 15%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Jenis – jenis semen (arsigriya.com), diantaranya:

1. Semen Non-Hidrolik

Semen non-hidrolik merupakan jenis perekat yang tidak dapat mengeras dalam air, namun dapat mengeras di udara bila bereaksi dengan CO₂, sehingga memiliki wujud dempul. Semen ini terbuat dari batu kapur/gamping murni yang banyak digunakan sebagai perekat material bangunan sebelum tahun 1970 ketika belum adanya semen yang banyak digunakan saat ini. Sifat berlemak semen ini cocok digunakan sekaligus sebagai plester maupun cat pada bangunan serta dinilai lebih ekologis dibanding semen biasa.

2. Semen Hidrolik

Merupakan semen yang dapat mengeras dalam air karena bersifat hidrolik. Beberapa contoh semen hidrolik diantaranya:

a. Kapur Hidrolik

Berasal dari proses pembakaran batu kapur yang mengandung silika dan lempung. Kapur hidrolik memiliki kekuatan tekan yang lebih besar dibandingkan dengan kapur non hidrolik. Karena sifatnya yang lebih kuat, kapur hidrolik banyak digunakan untuk pekerjaan eksterior. Semakin tinggi tingkat hidrolik kapur tersebut, semakin cepat proses pembangunan serta semakin tinggi kekuatannya.

b. Semen *Portland*

Dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik dengan kalsium sulfat sebagai bahan tambahan.

c. *Portland Composite Cement* (PCC)

Merupakan bahan pengikat konstruksi beton umum, pasangan batu bata, beton pracetak, plesteran dan acian, dan sebagainya. Unsur penyusun PCC diantaranya terak, gypsum, dan bahan anorganik.

d. *Portland Pozzolan Cement* (PPC)

PPC merupakan campuran antara semen portland dengan pozzolan halus

kadar pozolan 6-4% massa PPC. Pozolan merupakan bahan yang mengandung unsur silikat dan aluminat yang sifat awalnya tidak mengikat seperti semen. Namun dalam bentuknya yang halus dengan tambahan air dapat menjadikannya bersifat mengikat. Material pozzolan tersebut diantaranya adalah abu vulkanik, tanah liat, *fly ash*, dan asap silika. Semen ini memiliki daya tahan yang tinggi terhadap air, garam, serta asam sulfat, sehingga sesuai untuk konstruksi hidrolik serta konstruksi lainnya yang membutuhkan ketahanan terhadap sulfat.

e. *Special Blended Cemeny* (SBC)

Semen ini adalah semen campur yang khusus dirancang dalam pembangunan jembatan Suramadu yang menghubungkan Surabaya dan Madura, dimana memenuhi kebutuhan konstruksi bangunan air laut.

f. *Super Masonry Cement* (SMC)

Merupakan bahan baku genteng beton, tegel, *hollow brick*, dan *paving block* yang digunakan hanya untuk ranah konstruksi bangunan rumah dan irigasi.

g. *Oil Well Cement* (OWC) *Class G-HSR (High Sulfate Resistance)*

Dibuat khusus untuk sumur minyak bumi dan gas alam yang tahan terhadap sulfat tinggi.

h. Semen *Portland* Putih

Merupakan semen *Portland* dengan kadar oksida besi rendah dan bahan baku kapur murni. Semen putih digunakan pada siar ubin keramik yang lebih mementingkan estetika, tidak digunakan untuk bangunan struktur.

Semen yang digunakan untuk bahan beton adalah semen *Portland*, berupa semen hidrolik yang berfungsi sebagai 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 massa padat. Semen *Portland* yang pada awalnya ditemukan di dekat kota Dorset, Inggris, adalah bahan yang umumnya digunakan untuk keperluan tersebut (Dipohusodo, 1999).

Beberapa tipe Semen *Portland* sesuai jenis pekerjaannya seperti yang diuraikan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tipe Semen *Portland* Sesuai Jenis Pekerjaannya

Tipe	Syarat Penggunaan	Pemakaian
I	Kondisi biasa, tidak memerlukan persyaratan khusus	Perkerasan jalan, gedung, jembatan biasa dan konstruksi tanpa serangan sulfat
II	Serangan sulfat konsentrasi sedang	Bangunan tepi laut, dam, bendungan, irigasi dan beton massa
III	Kekuatan awal tinggi	Jembatan dan pondasi dengan beban berat
IV	Panas hidrasi rendah	Pengecoran yang menuntut panas hidrasi rendah dan diperlukan <i>setting time</i> yang lama
V	Ketahanan yang tinggi terhadap sulfat	Bangunan dalam lingkungan asam, tangki bahan kimia dan pipa bawah tanah

Sumber: Bahar, 2004

Semen *Portland* dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenis yang dihasilkan berkisar antara 3,12 s.d 3,16 dan berat volume sekitar 1500 kg/cm³. Bahan utama pembuatan semen *Portland* adalah kapur (CaO), silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksidasi besi, sedangkan gipsum (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2004).

Tabel 3.3 Perkiraan Komposisi Berbagai Tipe Standar Semen *Portland*

Tipe	Tricalcium Silicate (C ₃ S) %	Dicalcium Silicate (C ₂ S) %	Tricalcium Aluminate (C ₃ A) %	Tetracalcium Aluminoferrite (C ₄ AF)	Air permeability specific surface m ² /kg
I	42-65	10-30	0-17	6-18	300-400
II	35-60	15-35	0-8	6-18	280-380

Tabel 3.3 Perkiraan Komposisi Berbagai Tipe Standar Semen *Portland*

Tipe	<i>Tricalcium Silicate</i> (C ₃ S) %	<i>Dicalcium Silicate</i> (C ₂ S) %	<i>Tricalcium Aluminate</i> (C ₃ A) %	<i>Tetracalcium Aluminoferrite</i> (C ₄ AF)	<i>Air permeability specific surface</i> m ² /kg
III	45-70	10-30	0-15	6-18	450-600
IV	20-30	50-55	3-6	8-15	280-320
V	40-60	15-40	0-5	10-18	290-350

Sumber: Bahar, 2004

Tabel 3.4 Persentase Komposisi Semen *Portland*

Tipe	Komposisi Dalam Persen (%)							Karakteristik Umum
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
I	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4	Semen untuk semua tujuan
II	46	29	6	12	2,8	0,6	3	Relatif sedikit pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar
III	56	15	12	8	3,8	1,4	2,6	Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari
IV	30	46	5	13	2,9	0,3	2,7	Dipakai pada bendungan beton
V	43	36	4	12	2,7	0,4	1,6	Dipakai pada saluran dan struktur yang diekspos terhadap sulfat

Sumber: Mulyono, 2004

3.3.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral dengan ukuran diameter dan gradasi butiran tertentu yang apabila dicampur dengan semen dan air akan menghasilkan beton. Tujuan penggunaan agregat antara lain sebagai sumber kekuatan dari beton, menghemat semen, memperkecil tingkat penyusutan beton, mencapai kepadatan beton yang maksimal, serta memperoleh *workability* yang baik (Bahar, 2004).

Agregat menempati 70 - 75% dari total volume beton, ataupun $\frac{3}{4}$ dari volume beton yang sudah membeku. Oleh sebab itu, kualitas agregat sangat mempengaruhi terhadap mutu beton. Secara universal agregat dalam beton bisa dibedakan menjadi dua dari dimensi wujudnya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batas dimensi 4,80 mm, *British Standard* (BS. 812) ataupun 4,75 mm, Standar ASTM (ASTM C33). Agregat kasar ialah batuan yang dimensi butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) serta agregat halus lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm).

Tujuan digunakannya agregat dalam campuran beton antara lain:

- a. Menciptakan kekuatan yang besar pada beton.
- b. Mengurangi penyusutan pada perkerasan beton.
- c. Mengirit pemakaian semen *Portland*.
- d. Bisa menggapai beton padat dengan gradasi agregat yang baik.
- e. Bisa mendapatkan *workability* yang baik pada adukan beton.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan agregat dalam campuran beton ada lima, yaitu sebagai berikut (Landgren, 1994, dalam Tri Mulyono, 209: hal. 26):

- 1) Volume udara, udara yang terdapat dalam campuran beton akan mempengaruhi beton, terjadinya pada saat proses yang dimulai dari pasta semen,
- 2) volume padat, kepadatan dalam volume untuk agregat akan mempengaruhi berat isi dari beton jadi nantinya,
- 3) berat jenis agregat, akan mempengaruhi proporsi campuran dalam berat sebagai kontrol,
- 4) penyerapan, akan menyebabkan efek terhadap berat jenis, dan
- 5) Kadar air permukaan agregat, akan menyebabkan pengaruh terhadap penggunaan air saat pencampuran.

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan (pecah). Agregat alam dan agregat buatan ini pun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirannya (gradasi) dan tekstur permukaannya.

Oleh karena itu, jenis agregat dapat dikategorikan sebagai berikut (Mulyono, 2004) :

1. Jenis Agregat berdasarkan Berat

Terdapat tiga jenis agregat menurut beratnya, yaitu agregat normal, agregat ringan dan agregat berat. Peraturan beton 1989 mencakup agregat normal dan agregat ringan.

- a. Agregat normal dihasilkan dari pemecahan batuan dengan *quarry* atau langsung dari sumber alam. Agregat ini biasanya berasal dari batuan granit, *basalt*, kuarsa dan sebagainya. Berat jenis rata-ratanya adalah 2,5 – 2,7 atau tidak kurang dari 1,2 kg/cm³. Beton yang dibuat dengan agregat normal adalah beton normal yaitu beton yang mempunyai berat isi 2.200 – 2.500 kg/m³. (SNI T-15-1990-03) dengan kuat tekan sebesar 15 – 40 MPa.
- b. Agregat ringan digunakan untuk menghasilkan beton yang ringan dalam suatu bangunan. Agregat ringan digunakan dalam bermacam beton misalnya bahan-bahan untuk isolasi ataupun bahan untuk pra-tekan. Agregat ini paling banyak digunakan untuk beton pracetak.
- c. Agregat berat mempunyai berat jenis lebih besar dari 2.800 kg/m³. Contohnya adalah *magnetic* (Fe₃O₄), *barytes* (BaSO₄) dan serbuk besi. Berat jenis beton yang dihasilkan dapat mencapai lima kali berat jenis bahannya. Beton yang dibuat dengan agregat ini biasanya digunakan sebagai pelindung dari radiasi sinar-X. Untuk mengetahui apakah suatu agregat termasuk agregat berat, ringan, normal dapat diperiksa berat isinya. Standar yang digunakan adalah C29, ukuran maksimum yang diizinkan dalam ASTM C29 adalah 6 inci (150 mm).

2. Jenis Agregat berdasarkan Bentuk

Bentuk agregat dipengaruhi oleh beberapa faktor, secara alamiah bentuk agregat dipengaruhi oleh proses geologi batuan. Setelah dilakukan penambahan, bentuk agregat dipengaruhi oleh cara peledakan maupun mesin pemecah batu dan teknik yang digunakan. Jika dikonsolidasikan, butiran yang bulat akan menghasilkan campuran beton yang lebih baik jika dibandingkan dengan butiran yang pipih. Penggunaan pasta semennya pun akan lebih ekonomis. Bentuk-bentuk

agregat ini lebih banyak berpengaruh terhadap sifat pengerasan pada beton segar (*fresh concrete*).

Klasifikasi agregat berdasarkan bentuknya adalah sebagai berikut :

1) Agregat Bulat

Agregat ini terbentuk akibat pengikisan oleh air atau keseluruhannya terbentuk karena pergeseran, memiliki rongga udara minimum 33% sehingga rasio luas permukaannya kecil. Kualitas mutu beton apabila menggunakan agregat bentuk bulat ini kurang cocok untuk struktur yang menekan pada kekuatan atau untuk beton dengan mutu tinggi. Hal ini disebabkan karena ikatan yang timbul antar agregat kurang kuat.

2) Agregat Bulat Sebagian atau Tidak Teratur

Agregat berbentuk tidak teratur terbentuk secara alamiah. Sebagian agregat ini terbentuk karena pergeseran sehingga permukaan atau sudut-sudutnya berbentuk bulat. Agregat ini mempunyai rongga udara lebih tinggi sekitar 35% - 38% sehingga membutuhkan lebih banyak pasta semen pada saat pelaksanaan. Hal ini dilakukan agar pekerjaan menjadi lebih mudah. Kualitas beton yang dihasilkan dari agregat jenis ini belum cukup baik apabila digunakan untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton dengan mutu beton yang tinggi hal ini disebabkan karena ikatan yang timbul antar agregat belum cukup baik atau masih kurang kuat.

3) Agregat Bersudut

Agregat ini memiliki sudut yang terlihat jelas. Sudutnya terbentuk ditempat perpotongan bidang dengan permukaan kasar. Agregat ini memiliki rongga udara antara 38%-40%, sehingga membutuhkan pasta semen yang lebih banyak saat pelaksanaan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pelaksanaannya. Kualitas beton yang dihasilkan dari agregat ini cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi. Hal ini disebabkan karena ikatan yang timbul antar agregatnya baik atau kuat. Agregat ini dapat juga digunakan untuk bahan lapis perkerasan (*rigid pavement*).

4) Agregat Panjang

Agregat ini memiliki panjang lebih besar dari lebarnya dan lebarnya lebih besar dari tebalnya. Agregat disebut panjang apabila ukuran terbesarnya lebih dari $\frac{9}{5}$ ukuran rata-rata. Yang dimaksud dengan ukuran rata-rata yakni adalah ukuran ayakan yang meloloskan dan menahan butiran agregat. Agregat jenis ini akan berpengaruh buruk terhadap kualitas mutu beton yang akan dibuat. Hal ini disebabkan karena agregat jenis ini cenderung berada di rata-rata air sehingga akan terdapat rongga di bawahnya dan kekuatan tekan dari beton yang menggunakan agregat ini buruk.

5) Agregat Pipih

Agregat disebut pipih apabila perbandingan antara tebal agregat terhadap ukuran – ukuran lebar dan tebalnya lebih kecil. Agregat pipih sama dengan agregat panjang jika digunakan untuk campuran beton dengan kualitas mutu tinggi hasilnya tidak baik. Agregat ini dinamakan pipih jika ukuran terkecilnya kurang dari $\frac{3}{5}$ ukuran rata-ratanya.

3. Jenis Agregat berdasarkan Tekstur Permukaan

Umumnya agregat dibedakan menjadi kasar, agak kasar, licin, agak licin. Berdasarkan pemeriksaan visual, tekstur agregat dapat dibedakan menjadi sangat halus, halus, granular, kasar, berkristal, berpori, dan berlubang-lubang. Secara numerik belum dipakai untuk menentukan definisi dari susunan permukaan agregat. Permukaan yang kasar akan menghasilkan ikatan yang lebih baik dibandingkan dengan permukaan agregat yang licin. Jenis lain dari permukaan agregat adalah mengkilap dan kusam.

Ukuran susunan agregat tergantung dari kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan dan besarnya gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin atau kasar permukaan tersebut. Secara umum susunan permukaan ini sangat berpengaruh pada kemudahan pengerjaan. Semakin licin permukaan agregat akan semakin sulit beton untuk dikerjakan. Umumnya jenis agregat berdasarkan tekstur permukaannya dapat dibedakan sebagai berikut (Mulyono, 2004) :

- a. Agregat Licin
- b. Agregat seperti ini lebih sedikit membutuhkan air dari pada agregat kasar. Dari hasil penelitian kekasaran agregat akan menambah kekuatan gesekan antara pasta semen dengan permukaan butir agregat sehingga beton yang menggunakan agregat licin cenderung mutunya lebih rendah.
- c. Berbutir
Pecahan agregat ini berbentuk bulat dan seragam.
- d. Kasar
Pecahan kasar dapat terdiri dari batuan berbutir halus atau kasar yang mengandung bahan-bahan berkrystal.
- e. Berbentuk sarang labah.
Tampak dengan jelas pori-porinya dan rongganya.

4. Jenis Agregat berdasarkan Ukuran

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Untuk perbandingan bahan-bahan campuran tertentu, kekuatan tekan beton berkurang bila ukuran maksimum bertambah besar, dan juga akan menambah kesulitan dalam pengerjaannya. Ukuran dan bentuknya harus disesuaikan dengan syarat yang diberikan oleh ASTM, BS, ataupun SNI/SII. Seperti yang diuraikan diatas ukuran agregat banyak berpengaruh pada kemudahan pengerjaan beton. Pemilihan agregat ini cenderung tergantung dari pada jenis cetakan dan tulangan. Untuk struktur beton bertulang SK-SNI-T-15-1991-03 memberikan batasan untuk butir agregat maksimum 40 mm. Sebagai dasar perancangan campuran beton besar butir maksimum agregat, (ACI 318, dalam Tri Mulyono, 2004) memberikan batasan sebagai berikut :

- a. Seperlima dari jarak terkecil antara bidang samping cetakan.
- b. Sepertiga dari tebal plat.
- c. Tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang tulangan atau berkas-berkas.

Jika ukuran maksimum agregat lebih besar dari 40 mm, agregat tersebut dapat saja digunakan, asal disetujui oleh ahlinya dengan mempertimbangkan kemudahan dalam pengerjaannya dan pemadatan selama pengerjaan tidak

menyebabkan terjadinya rongga-rongga udara atau sarang kerikil. Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua, yaitu: agregat halus dan agregat kasar (Mulyono, 2004).

1. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menebus ayakan berlubang 4,8 mm.

2. Agregat kasar

Agregat kasar adalah bila semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm.

Agregat harus mempunyai bentuk yang baik, bersih, keras, kuat dan gradasinya baik. Agregat harus pula mempunyai kestabilan kimiawi dan dalam hal-hal tertentu harus tahan aus dan tahan cuaca. Jika dilihat dari tekstur permukaannya, secara umum susunan permukaan agregat sangat berpengaruh pada kemudahan pekerjaan. Semakin licin permukaan agregat akan semakin mudah beton dikerjakan.

3.3.2.1 Agregat Halus

Menurut SNI 03-6820-2002, yang dimaksud dengan Agregat halus:

1. Agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil olahan,
2. Agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pemecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan, atau terak tanur tinggi,
3. Agregat halus alam adalah agregat halus hasil disintegrasasi dari batuan; Agregat halus yaitu berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alam dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Menurut PBI 1971, agregat halus yang digunakan harus memenuhi salah satu, beberapa atau semua persyaratan berikut:
 - i. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran yang tajam dan keras. Butiran-butiran agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan

hujan.

- ii. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
 - iii. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak, dibuktikan dengan percobaan warna.
1. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak, memenuhi persyaratan berikut :
 - a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat,
 - b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat,
 - c. Sisa di atas ayakan 0.25 mm, harus berkisar antara 80% dan 90% berat.

SNI-03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk gradasi agregat yang diadopsi dari *British Standard* yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut:

Tabel 3.5 Gradasi Agregat Halus menurut (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

Sumber: SNI-03-2834-2000

Agregat halus sangat berperan dalam menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan beton (*strength*), keawetan beton (*durability*).

3.3.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2000). Menurut PBI 1971, agregat kasar yang digunakan harus memenuhi salah satu, beberapa atau semua

persyaratan berikut:

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butiran-butiran pipih hanya dapat dipakai apabila jumlahnya tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butiran-butiran agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
4. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak, memenuhi persyaratan berikut :
 - a. Sisa di atas ayakan 31.5 mm, harus minimum 0% berat,
 - b. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

Jenis-jenis agregat kasar (Bahar, 2004), diantaranya:

1. Alami, merupakan hasil disintegrasi alam (kerikil), dengan penggolongan:
 - a. Kerikil halus, dengan diameter 0,5 - 10 mm
 - b. Kerikil sedang, dengan diameter 10 - 20 mm
 - c. Kerikil kasar, dengan diameter 20 - 40 mm
 - d. Kerikil kasar sekali, dengan diameter 40 - 70 mm
2. Hasil pemecahan, dengan *stone crusher*, dengan penggolongan:
 - a. Diameter 0,5 - 10 mm (*screen*)
 - b. Diameter 10 - 20 mm
 - c. Diameter 20 - 40 mm
 - d. Diameter 40 - 80 mm

Tabel 3.6 Gradasi Agregat Kasar menurut SNI 03-2834-2000

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan		
	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
75	-	-	100
37.5	-	100	95-100
19	100	95-100	35-70
9.5	50-85	30-60	10-40
4.75	0-10	0-10	0-5

Sumber: SNI 03-2834-2000

3.3.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

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

1. Air hujan. Air hujan menyerap gas-gas serta uap dari udara pada saat jatuh ke bumi. Udara terdiri dari komponen-komponen utama, yaitu zat asam atau *oksigen*, *nitrogen* dan *karbon dioksida*. Bahan-bahan padat serta garam yang larut dalam air hujan terbentuk akibat peristiwa kondensasi.
2. Air tanah. Biasanya mengandung unsur *kation* dan *anion*. Selain itu, juga kadang-kadang terdapat unsur CO_2 , H_2S dan NH_3 .
3. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan dan air *reservoir*. Air sungai atau air danau dapat digunakan sebagai air pencampur beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau air genangan yang mengandung zat-zat *alkali* tidak dapat digunakan.

4. Air laut. Air laut mengandung 30.000-36.000 mg/liter garam (3% - 3,6%) dapat digunakan sebagai air pencampur beton tidak bertulang. Air laut yang mengandung garam diatas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pratekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya.

Air sangat dibutuhkan pada pembuatan beton, tanpa air semen tidak bisa menjadi pasta. Menurut Bahar, 2004, fungsi air dalam beton adalah sebagai berikut:

- a. Bahan penghidrasi semen, agar semen bisa berfungsi sebagai bahan pengikat,
- b. Bahan pelumas, yaitu mempermudah proses pencampuran agregat & semen serta mempermudah pelaksanaan pengecoran beton (*workability*).

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang merusak yang mengandung minyak, asam, alkali, garam, zat organis atau bahan-bahan lainnya yang dapat merusak beton. Sebaiknya menggunakan air tawar yang dapat diminum. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:

1. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan "Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis (menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 cm)" ASTM C109.
3. Bila terpaksa menggunakan air laut, disarankan hanya untuk beton tanpa tulangan dengan kandungan maksimal garam terlarut 35.000 ppm.
4. Hindari penggunaan air dengan dengan $pH \leq 3$.

Jumlah Air Optimum (JAO) Adalah jumlah air dalam suatu rancangan campuran beton yang menghasilkan tingkat kemudahan pengecoran yang sesuai dengan tuntutan (dinyatakan dengan *Slump*).

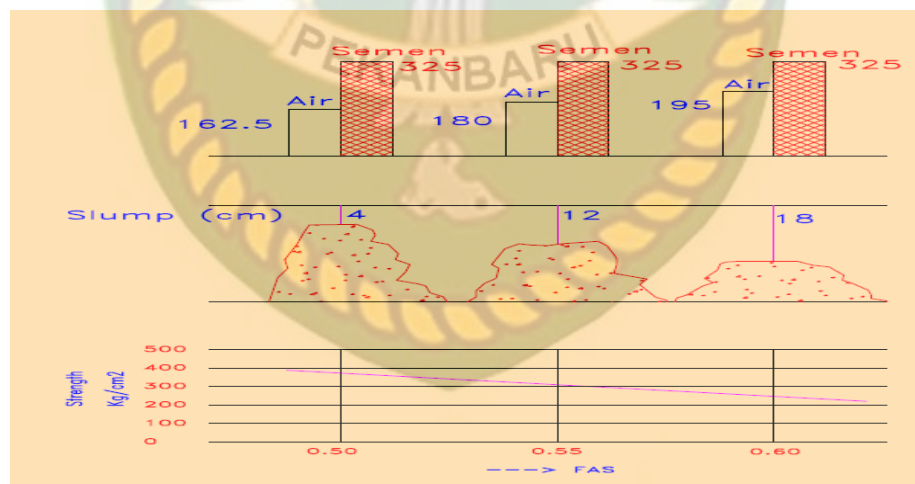
1. Jika jumlah air $<$ JAO
 - a. Dalam batas tertentu, kuat tekan akan naik,
 - b. Pengecoran lebih sulit,
 - c. Daya pelumasan material oleh air berkurang (ditunjukkan oleh nilai *slump* yang lebih kecil),
 - d. Proses pengecoran dituntut lebih singkat dan diperlukan pemadatan ekstra agar didapat beton yang tidak keropos.
2. Jika jumlah air $>$ JAO
 - a. Kuat tekan beton akan turun,
 - b. Pengecoran lebih mudah,
 - c. Bisa terjadi segregasi (pemisahan butiran),
 - d. Cenderung terjadi penyusutan (air kelebihan akan menguap meninggalkan pori-pori beton).

3.4 Beton Segar

Beton segar yang baik adalah beton yang dapat diaduk, dapat dihitung dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan terjadinya pemisahan agregat kasar dari adukan (*segregation*) maupun pemisahan air (*bleeding*). *Segregation* dan *bleeding* mengakibatkan mutu beton yang dihasilkan kurang baik. Tiga sifat penting yang harus diperhatikan adalah *workability*, *segregation* dan *bleeding* (Mulyono, 2004). Sifat-sifat penting yang harus diperhatikan dalam beton segar, dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Kemudahan pengerjaan (*Workability*), umumnya dinyatakan dalam besaran nilai *slump* (cm) dan dipengaruhi oleh:
 - a. Jumlah air yang dipakai. Makin banyak air, beton makin mudah dikerjakan,
 - b. Penambahan semen. Semen bertambah, air juga ditambah agar Faktor Air Semen (FAS) tetap, maka beton makin mudah dikerjakan,
 - c. Gradasi campuran pasir dan kerikil,
 - d. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai,
 - e. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat.

2. Segregasi, kecenderungan agregat kasar untuk memisahkan diri dari campuran adukan beton, peluang segregasi diperbesar dengan:
 - a. Campuran yang kurus/kurang semen,
 - b. Pemakaian air yang terlalu banyak,
 - c. Semakin besar butir kerikil yang dipakai,
 - d. Campuran yang kasar, atau kurang agregat halus,
 - e. Tinggi jatuh pengecoran beton yang terlalu tinggi.
3. *Bleeding*, kecenderungan air campuran untuk naik keatas (memisahkan diri) pada beton segar yang baru saja dipadatkan. Hal ini dapat dikurangi dengan cara:
 - a. Memberi lebih banyak semen dalam campuran,
 - b. Menggunakan air sesedikit mungkin,
 - c. Menggunakan pasir lebih banyak,
 - d. Menyesuaikan intensitas dan durasi penggetaran pemadatan sesuai dengan nilai slump campuran.



Gambar 3.2 Strength vs Workability (Bahar, 2004)

3.5 Prosedur Pemeriksaan Material dan Pengerjaan

Pemeriksaan material adalah suatu tindakan guna mendapatkan bahan-bahan campuran beton yang memenuhi syarat, sehingga beton yang dihasilkan dapat sesuai dengan standar persyaratan beton yang telah ditetapkan. Agregat yang digunakan harus memenuhi spesifikasi teknik yang telah ditetapkan.

3.5.1 Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

Metoda ini dapat dilakukan untuk memeriksa hasil pembagian butir agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan, tujuannya untuk memperoleh distribusi besaran ataupun jumlah persentase butiran yang lolos.

1. Peralatan yang digunakan sebagai berikut :
 - a. Cawan
 - b. Oven
 - c. Timbangan
 - d. Satu set saringan
 - e. Sikat
2. Langkah kerja:
 - a. Benda uji dimasukan kedalam cawan kemudian ditimbang dan dioven selama 24 jam, setelah dioven dinginkan kemudian timbang lagi.
 - b. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran dan ketentuan letak saringan yang telah ditetapkan. Saringan diguncang dengan alat pengguncang selama 15 menit,
 - c. Timbang persentase benda uji yang tertahan diatas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah dilakukan penyaringan.

3.5.2 Berat Isi Agregat Halus dan Agregat kasar

Pemeriksaan berat isi untuk menentukan berat isi agregat halus dan agregat kasar. Berat isi dimaksudkan sebagai perbandingan berat agregat kering dengan volumenya.

1. Peralatan yang dipergunakan sebagai berikut :
 - a. Timbangan
 - b. Batang penusuk
 - c. Mistar perata
 - d. Wadah
2. Langkah kerja berat isi terbagi menjadi dua, yaitu :
 - 1) Berat isi gembur
 - a. Sediakan benda uji yang mewakili agregat dari lapangan.

- b. Timbang dan catat berat wadah (W1).
- c. Masukkan benda uji berlahan, maksimum 5 cm diatas wadah dengan sendok lalu ratakan.
- d. Timbang dan catat wadah yang berisi benda uji (W2).
- e. Hitung berat bersih benda uji (W3)

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

- f. Hitung berat isi tempat (W4)

$$W4 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \text{ atau } \pi r^2 \cdot t \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

d = diameter tempat atau wadah

r = jari-jari tempat atau wadah

t = tinggi wadah

- g. Berat isi gembur (W5)

$$W5 = \frac{W3}{W4} \dots\dots\dots(3.3)$$

2) Berat isi padat

- a. Sediakan benda uji yang mewakili agregat dari lapangan.
- b. Timbang dan catat berat wadah (W1).
- c. Masukkan benda uji kedalam wadah dengan tiga lapis yang sama tebalnya, setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan.
- d. Timbang dan catat wadah yang berisi benda uji (W2).
- e. Hitung berat bersih benda uji (W3)

$$W3 = W2 - W1 \dots\dots\dots(3.4)$$

f. Hitung berat isi tempat (W4)

$$W4 = 1/4 \pi. d^2. t \text{ atau } \pi r^2. t \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana : d = diameter tempat / wadah

r = jari- jari tempat / wadah

t = tinggi wadah

g. Berat isi padat (W5)

$$W5 = \frac{W3}{W4} \dots \dots \dots (3.6)$$

3.5.3 Berat Jenis Penyerapan Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa berat jenis curah hujan, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis dari semua agregat halus dan agregat kasar serta angka penyerapan dari agregat halus dan agregat kasar.

A. Peralatan yang dipergunakan sebagai berikut :

1. Timbangan
2. Picnometer
3. Kerucut terpancung
4. Batang penusuk
5. Saringan no 4
6. Oven

B. Langkah kerja berat jenis terbagi menjadi dua :

1. Berat jenis agregat halus
 - a. Keringkan benda uji dalam oven hingga dicapai berat tetap, lalu dinginkan pada suhu ruangan kemudian rendam dalam air selama 24 jam.
 - b. Buang air rendaman secara hati-hati dengan berlahan hingga tidak ada butiran yang hilang.

- c. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji kedalam kerucut terpancung, hingga keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda runtuh tetapi masih tercetak.
- d. Timbang picnometer yang berisi air sampai tanda batas lalu timbang dengan suhu 25C° (B).
- e. Masukkan agregat 500 gr kedalam picnometer. Masukkan air hingga 90% dari isi picnometer, putar sambil diguncang hingga tidak terlihat gelembung udara.
- f. Rendam picnometer berisi air dan ukur suhu air standar 25C°.
- g. Tambahkan air hingga mencapai tanda batas.
- h. Timbang picnometer yang berisi air dan benda uji (BT).
- i. Keluarkan benda uji dan keringkan dalam oven hingga mencapai berat tetap, kemudian dinginkan.
- j. Setelah benda uji dingin lalu timbang (BK).
- k. Hitung berat jenis dengan rumus:

$$\frac{BK}{(B+BA+BT)} \dots\dots\dots(3.7)$$

- l. Hitung berat jenis permukaan jenuh dengan rumus:

$$\frac{BA}{(B+BA+BT)} \dots\dots\dots(3.8)$$

- m. Hitung berat semu dengan rumus:

$$\frac{BK}{(B+BK+BT)} \dots\dots\dots(3.9)$$

- n. Hitung penyerapan air dengan rumus:

$$\frac{BA \times BK}{(BK)} \times 100\% \dots\dots\dots(3.10)$$

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)

2. Berat jenis agregat kasar

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu dan kotoran lainnya.
- b. Keringkan benda uji dalam oven sampai berat tetap, dengan catatan bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton, dimana agregatnya digunakan pada keadaan air aslinya tidak perlu dikeringkan dalam oven.
- c. Benda uji didinginkan, kemudian timbang (BK).
- d. Rendam benda uji dalam air pada suhu ruangan selama 24 jam.
- e. Keluarkan benda uji dalam air, bersihkan dan lap dengan menggunakan kain yang dapat menyerat air.
- f. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (BJ).
- g. Letakkan benda uji dalam keranjang, guncang benda uji untuk mengeluarkan udara yang tersengkap kemudian tentukan beratnya didalam air (BA), dan ukur suhu air untuk menyesuaikan suhu standart.
- h. Banyak jenis bahan campuran yang mempunyai berat butiran yang berbeda, bahan ini memberikan berat yang tidak tetap walaupun pemeriksaan dilakukan dengan hati-hati.
- i. Hitung berat jenis dengan rumus:

$$\frac{BK}{(BJ - BA)} \dots \dots \dots (3.11)$$

j. Berat jenis permukaan jenuh:

$$\frac{BJ}{(BJ-BA)} \dots \dots \dots (3.12)$$

k. Berat jenis semu dengan rumus:

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

l. Hitung penyerapan air dengan rumus:

$$\frac{BJ-BK}{(BK)} \times 100\% \dots \dots \dots (3.14)$$

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)

3.5.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar lumpur yang lolos saringan No. 200 (0,075) sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 dengan cara dicuci.

A. Peralatan yang dipergunakan sebagai berikut :

1. Saringan No. 200 (0,075mm)
2. Cawan
3. Timbangan
4. Oven

B. Langkah kerja

1. Langkah kerja agregat halus :

- a. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, lalu dikeringkan didalam oven mencapai berat tetap selama 24 jam. Kemudian pasir ditimbang beratnya (B1).
- b. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian disaring dengan menggunakan saringan No. 200.
- c. Kemudian benda uji dikeringkan kembali dengan oven sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B2).
- d. Hitung kadar lumpur dengan rumus:

$$\frac{B1-B2}{(B1)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.15)$$

Dimana :

B1 : Berat benda uji kering sebelum dicuci (gr)

B2 : Berat benda uji sesudah dicuci dan dikering (gr)

2. Langkah kerja agregat kasar :

- a. Benda uji dimasukkan kedalam cawan, lalu dikeringkan didalam oven mencapai berat tetap selama 24 jam. Kemudian pasir ditimbang beratnya (B1).
- b. Benda uji yang telah ditimbang, dicuci dengan air dengan cara air cucian disaring dengan menggunakan saringan No. 200.
- c. Kemudian benda uji dikeringkan kembali dengan oven sampai berat tetap, kemudian ditimbang beratnya (B2).
- d. Hitung kadar lumpur dengan rumus:

$$\frac{B1-B2}{(B1)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.16)$$

Dimana :

B1 : Berat benda uji kering sebelum dicuci (gr)

B2 : Berat benda uji sesudah dicuci dan dikering (gr)

3.5.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara mengeringkan didalam oven selama 24 jam.

1. Peralatan yang digunakan sebagai berikut :
 - a. Timbangan
 - b. Cawan
 - c. Oven
2. Langkah kerja sebagai berikut :
 - a. Timbang berat cawan.
 - b. Masukkan benda uji basah kedalam cawan dan timbang.
 - c. Hitung berat benda uji dengan cawan.
 - d. Keringkan benda uji beserta cawan selama 24 jam.
 - e. Setelah benda uji kering, dinginkan dan timbang kembali.
 - f. Berat benda uji sebelum dioven dikurangi dengan berat benda uji setelah dioven, didapat berat air (W1).
 - g. Berat benda uji setelah dioven, dikurangi berat cawan, didapatkan berat benda uji tanpa cawan (W2).
 - h. Hitung persentase kadar air dengan rumus :

$$\frac{W1}{(W2)} \times 100\% \dots \dots \dots (3.17)$$

Dimana :

W1 : Berat air (gr)

W2 : Berat agregat kering (gr)

3.6 Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton adalah hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Bahan penyusun akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Pada dasarnya perencanaan campuran dimaksudkan untuk menghasilkan suatu campuran bahan yang optimal dengan kekuatan optimum. Optimal dalam hal ini adalah penggunaan bahan minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar dan ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur beton tersebut (Mulyono, 2004).

Rancangan campuran beton dimaksudkan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan - bahan penyusun beton. Proporsi campuran dari bahan - bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perancangan beton (*Mix design*). Proporsi bahan dan berat penakaran harus ditentukan sesuai dengan SNI 03-2834-2000.

Kriteria lain yang harus dipertimbangkan adalah kemudahan pengerjaan. Faktor air semen yang kecil akan menghasilkan kekuatan yang tinggi, tetapi kemudahan dalam pengerjaan tak akan tercapai. Pemilihan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan juga akan mempengaruhi sifat pengerjaan. Butiran yang besar akan menyebabkan kesulitan, terutama karena akan menimbulkan segregasi. Jika ini terjadi, kemungkinan terbentuknya rongga – rongga pada saat beton mengeras akan semakin besar.

Ada beberapa cara dan metode yang dikenal dalam perancangan beton, antara lain adalah sebagai berikut :

1. Metode *American Concrete Institute* (ACI)
2. Metode *Road Note* No.4
3. Metode Standar Nasional Indonesia SNI-03-2834-2000.
4. Metode *Portland Cement Association* (PCA)
5. Metode Campuran Coba-Coba.
6. Metode Pelaksanaan Campuran di Laboratorium.

Didalam penelitian ini penulis mencoba menggunakan metode SNI-03 2384-2000 dalam perencanaan campuran beton dengan perawatan benda uji selama 28 hari, adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam pembuatan rancangan campuran beton metode SNI-03-2384-2000 adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan material penyusun beton seperti: agregat kasar, agregat halus, air, semen.
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.

Menurut (Amri, 2005) tentang tujuan dari perencanaan campuran beton bila diringkaskan dari maksud penggunaannya adalah sebagai berikut :

1. Agar memenuhi persyaratan kuat tekan karakteristik.
2. Agar memiliki sifat keawetan yang memuaskan terhadap situasi lingkungan dimana bangunan ditempatkan.
3. Agar menghasilkan penampilan yang baik, terutama pada beton *expose*.
4. Agar memiliki kemampuan untuk dicampur, diangkut, dicor, dipadatkan, pengadukan dan perawatan (*curing*) secara efisien.
5. Agar sedapat mungkin menghasilkan harga yang ekonomis.

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 slinder ukuran 15 x 30 cm), dengan agregat menggunakan agregat yang diketahui kadar airnya.
3. Membuat percobaan dalam skala penuh sebelum pelaksanaan kontruksi bangunan sebenarnya dimulai.

3.6.1 Perencanaan Campuran Beton dalam SNI 03-2834-2000

Adapun beberapa persyaratan metode perencanaan SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai kuat tekan ($f'c$) yang direncanakan sesuai dengan syarat teknik yang dikehendak, kuat tekan ini ditentukan pada umur 28 hari. Beton yang direncanakan harus memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata ($f'cr$).
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 produksi beton. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masukan pada perencanaan campuran adukan beton. Jika fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji lapangan untuk perhitungan deviasi standar, maka di dalam formulir perencanaan campuran adukan beton tidak ada nilai deviasi standar atau dikosongkan.
3. Nilai Tambah (*Margin*)
 Nilai tambah (*Margin*) menurut SNI 03-2834-2000 dihitung menggunakan rumus :

$$M = 1,64 \times s \dots \dots \dots (3.18)$$

Dimana :

- M = Nilai tambah (*margin*) (N/mm^2)
 $1,64$ = Ketetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase produksi beton (N/mm^2)
 s = Standar deviasi (N/mm^2)

Jika standar deviasi tidak diketahui, maka nilai tambah (*margin*) dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Nilai Tambah (*Margin*) Jika Pelaksanaan Tidak Mempunyai Pengalaman

Kuat Tekan Yang Diisyaratkan f_c' (Mpa)	Nilai Tambah (Mpa)
Kurang Dari 21	7,0
21 s.d 35	8,5
Lebih Dari 35	10,0

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum 2002

- Perhitungan kuat tekan rata-rata ($f_c'r$) yang ditargetkan. Kuat tekan rata-rata direncanakan dalam SNI 03-2834-2000 dapat dihitung dengan rumus :

$$f_c'r = f_c' + m \dots \dots \dots (3.19)$$

Dimana :

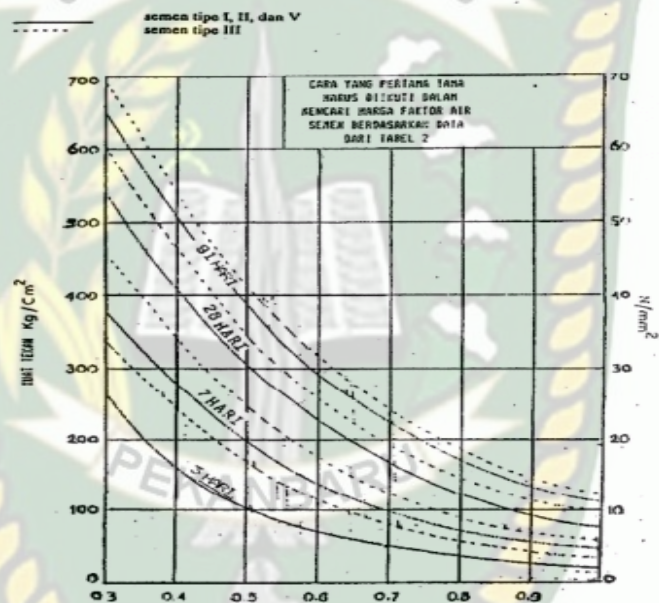
- $f_c'r$ = Kuat tekan rata-rata (MPa)
- f_c' = Kuat tekan beton yang direncanakan (MPa)
- m = Nilai tambah atau *margin* (N/mm²)

- Menetapkan jenis semen *portland* dengan menentukan tipe semen yang digunakan.
- Menetapkan jenis agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan, apakah alami atau dipecah.
- Menentukan faktor air semen ($f.a.s$)

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton (SNI 03-2834-2000). Faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan beton, semakin rendah perbandingan semen dengan air berarti semakin kental campuran beton yang dihasilkan dan semakin tinggi juga kuat tekan beton yang dihasilkan. Faktor air semen didapat dengan menggunakan grafik hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen ($f.a.s$) untuk benda uji silinder.

Langkah-langkah menentukan faktor air semen ($f.a.s$) dalam SNI 03-2834-2000 sebagai berikut :

- i) Tentukan kuat tekan beton pada umur 28 hari berdasarkan tipe semen dan agregat rencana pengujian kuat tekan dengan grafik hubungan kuat tekan dan faktor air semen dapat dilihat pada Gambar 3.3 sesuai dengan benda uji yang direncanakan.
- ii) Lalu tarik garis tegak lurus pada ($f.a.s$) sampai memotong kurva kuat tekan beton yang ditentukan.
- iii) Tarik garis mendatar kuat tekan yang dipakai sampai memotong garis tegak lurus.



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen
(SNI 03-2834-2000)

8. Menetapkan faktor air semen ($f.a.s$) maksimum.
Menetapkan faktor air semen ($f.a.s$) maksimum berdasarkan jumlah semen minimum dengan faktor air semen ($f.a.s$) maksimum untuk berbagai macam rancangan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

Tabel 3.8 Kadar Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum

Kondisi Lingkungan	Jumlah Semen Minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap-uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruang bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah / air tanah	375	0,52
Beton yang kontinu berhubungan dengan air		
a. Air tawar	275	0,57
b. Air laut	375	0,52

Sumber: (SNI 03-2834-2000)

9. *Slump* ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, ditetapkan dan diratakan. Untuk mencegah penggunaan adukan beton yang terlalu encer, dianjurkan untuk menggunakan nilai-nilai *slump* dalam batas-batas sebagai berikut:

Tabel 3.9 Nilai-nilai *Slump* untuk Berbagai Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	<i>Slump</i> (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak bertulang.	75	25
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah.	75	25
Balok, dinding bertulang.	100	25
Kolom gedung.	100	25
Perkerasan dan pelat.	75	25
Pembetonan masal.	75	25

Sumber: SNI 03-2834-2000

Pengujian konsistensi beton harus ditentukan dengan mengukur *slump* sesuai SNI 1972:2008. Adapun menurut spesifikasi Umum Binamarga tahun 2010 revisi 3, rentang nilai *slump* yang harus dipenuhi adalah:

- a. Untuk beton yang akan dibentuk dengan acuan berjalan (*slipform*): 20-50 mm.
- b. Untuk beton yang akan dihaluskan dengan acuan tetap (*flixfom*): 50-75 mm.

10. Penetapan ukuran agregat maksimum.

Penetapan ukuran agregat maksimum dalam SNI 03-2834-2000 tidak boleh melebihi sebagai berikut :

- a. Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cerakan.
- b. Sepertiga dari tebal pelat.
- c. Tiga perempat dan jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Penentuan nilai kadar air bebas yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan jenis agregat ukuran maksimum dan nilai *slump*.

Kadar air bebas dalam SNI 03-2834-2000 ditentukan sebagai berikut:

- a. Agregat tak pecah dan agregat digunakan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Perkiraan Kebutuhan Air Per meter Kubik Beton

Besar Ukuran Maks Agregat (mm)	Jenis Agregat	Kebutuhan Air Per meter Kubik Beton (liter)			
		<i>Slump</i> (mm)			
		0 – 10	10 – 30	30 – 60	60 – 180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI 03-2834-2000

- b. Agregat campuran tidak dipecah dan dipecah, menurut SNI 03-2834-2000 dihitung dengan rumus berikut:

$$W_{air} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \dots \dots \dots (3.20)$$

Dimana :

W_{air} = perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Menurut SNI 03-2834-2000, menghitung jumlah semen yang diperlukan berdasarkan kadar air bebas dibagi faktor air semen ($f.a.s$).

$$W_{semen} = W_{air} / f.a.s \dots \dots \dots (3.21)$$

Dimana :

W_{semen} = jumlah semen yang diperlukan

$f.a.s$ = faktor air semen bebas

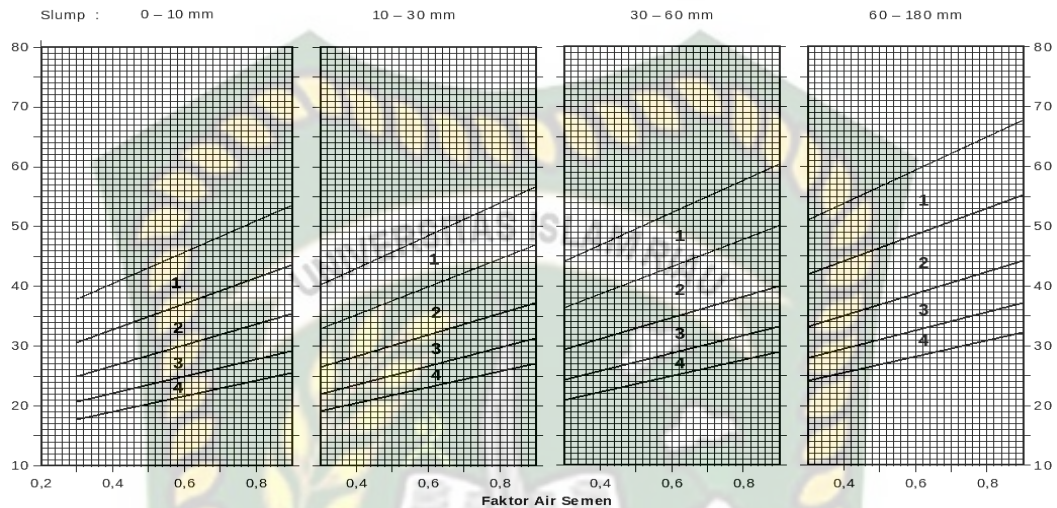
W_{air} = perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton.

13. Jumlah semen maksimum diabaikan jika tidak ditetapkan.
14. Menentukan jumlah semen minimum dengan syarat jumlah semen yang diperoleh dari langkah (11) harus lebih besar dari kebutuhan minimum.
15. Menentukan jumlah susunan butiran agregat halus, sesuai dengan syarat SNI 03-2834-2000.
16. Menentukan persentase agregat halus terhadap campuran.

Menurut SNI 03-2834-2000, persentase jumlah agregat ditentukan oleh besar ukuran maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Dengan cara sebagai berikut :

- a. Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen yang sudah didapatkan sebelumnya.
- b. Kemudian dari titik perpotongan batas lengkung kurva atas dan batas lengkung kurva bawah pada daerah gradasi, ditarik garis mendatar ke kiri atau ke kanan sampai memotong sumbu tegak.

- c. Dari penarikan garis atas dan garis bawah tersebut didapatkan nilai batas bawah dan batas atas.



Gambar 3.4 Persentase Agregat Halus Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm (SNI 03-2834-2000)

- d. Nilai persentase agregat halus dan agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\%AH = \frac{\text{batas bawah} + \text{batas atas}}{2} \dots\dots\dots(3.22)$$

$$\%AK = 100\% - \%AH \dots\dots\dots(3.23)$$

Dimana:

%AH = persentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)

%AK = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

17. Menghitung berat jenis relatif agregat.

Berat jenis relatif agregat dalam SNI 03-2834-2000 ditentukan sebagai berikut:

a) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini :

- i. Agregat tak pecah : 2,5
- ii. Agregat dipecah : 2,6 atau 2,7

b) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

$$B_j \text{ camp} = \%AH. B_{jh} + \%AK. B_{jk} \dots \dots \dots (3.24)$$

Dimana :

B_j = Berat jenis agregat

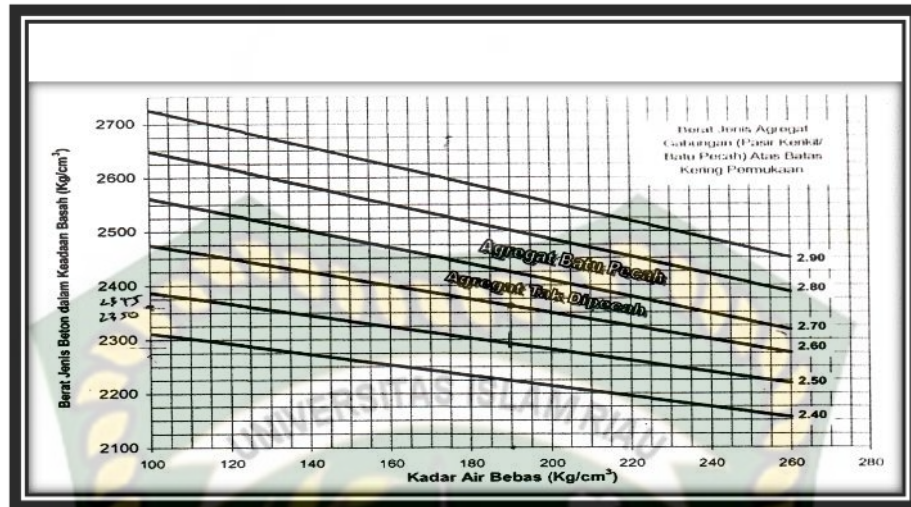
$\%AH$ = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)

$\%AK$ = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

18. Menentukan berat isi beton

Berat isi beton basah ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 3.5 dengan memasukkan berat jenis agregat gabungan dan kadar air bebas.

- a. Buat kurva baru sesuai dengan berat jenis agregat gabungan secara proporsional dengan memperhatikan kurva sebelah atas dan bawahnya yang sudah ada.
- b. Lalu tarik garis tegak lurus ke atas dari nilai kadar air yang digunakan sampai memotong kurva baru berat jenis gabungan tersebut.
- c. Kemudian dari titik potong tersebut, ditarik garis mendatar kearah kiri sampai memotong sumbu tegak.
- d. Dari penarikan garis tersebut didapatkan nilai berat jenis beton.



Gambar 3.5 Perkiraan Berat Jenis Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan
 (SNI 03-2834-2000)

19. Menentukan berat agregat campuran.

$$W_{agr.cmp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \dots \dots \dots (3.25)$$

Dimana :

$W_{agr.camp}$ = Berat agregat campuran

W_{btn} = Berat beton

W_{air} = Berat air

W_{smn} = Berat semen

20. Menentukan agregat halus yang diperlukan.

$$W_{agr.h} = \%AH \times W_{agr.camp} \dots \dots \dots (3.26)$$

Dimana :

$W_{agr.h}$ = Berat agregat halus

$\%AH$ = Persentase agregat halus

$W_{agr.camp}$ = Berat agregat campuran

21. Menentukan berat agregat kasar yang diperlukan.

$$W_{agr.k} = \%AK \times W_{agr.camp} \dots\dots\dots(3.27)$$

$$W_{agr.k \ 2/3} = \%agr.k \ 2/3 \times \%AK \times W_{agr.camp} \dots\dots\dots(3.28)$$

$$W_{agr.k \ 1/2} = \%agr.k \ 1/2 \times \%AK \times W_{agr.camp} \dots\dots\dots(3.29)$$

Dimana :

$W_{agr.k}$ = Berat agregat kasar

$\%AK$ = Persentase agregat kasar

$\%agr.k \ 2/3$ = Persentase agregat kasar split 2/3'

$\%agr.k \ 1/2$ = Persentase agregat kasar split 1/2'

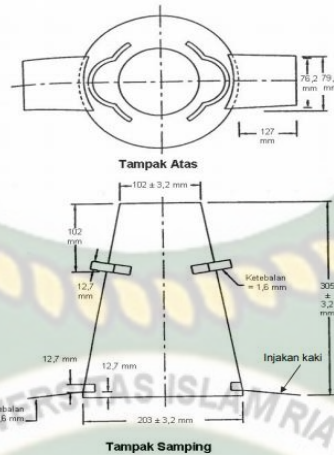
$W_{agr.camp}$ = Berat agregat campuran

3.7 **Slump Beton**

Menurut SNI 03-1972-1990 *Slump* beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan:

1. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*),
2. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*),
3. Kemampuan alir beton segar (*flowability*),
4. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobility*),
5. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).

Slump beton segar harus dilakukan sebelum beton dituangkan dan jika terlihat indikasi plastisitas beton segar telah menurun cukup banyak, untuk melihat apakah beton segar masih layak dipakai atau tidak. Pengukuran slump menggunakan alat-alat seperti kerucut Abrams, batang besi penusuk dan alas.



Gambar 3.6 Cetakan untuk Uji *Slump* (kerucut Abrams) (SNI 1972:2008)

Pengujian *slump* menghasilkan cara praktis dan sederhana untuk mempertahankan informasi yang dapat diterima terhadap konsistensi beton yang dihasilkan di lapangan. Tujuan pengujian *slump* 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.

Langkah-langkah percobaan dalam SNI 03-1972-1990 adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat-alat *slump*, termasuk centong untuk memasukkan semen.
2. Bagi volume masing-masing menjadi 1/3 volume.
3. Jika dihitung tinggi lapisan 1/3 pertama ± 7cm, tinggi lapisan kedua 9 cm, dan sisanya lapisan ketiga.
4. Masukkan beton segar dengan centong secara hati-hati setinggi 1/3 volume.
5. Padatkan lapisan tersebut dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
6. Lakukan hal serupa untuk lapisan kedua dan ketiga.
7. Diamkan selama 60 detik setelah lapisan terakhir dikerjakan.
8. Angkat alat *slump* secara hati-hati jangan sampai miring hingga mengenai isi beton.
9. Letakan alat *slump* disisi beton segar.

3.8 Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan setelah beton mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat (Mulyono, 2004).

Jumlah air di dalam beton cair sebetulnya sudah lebih dari cukup untuk menyelesaikan reaksi hidrasi. Namun sebagian air hilang menguap sehingga hidrasi selanjutnya terganggu. Karena hidrasi relatif cepat pada hari-hari pertama, perawatan paling penting adalah pada umur mudanya. Kehilangan air yang cepat juga menyebabkan beton menyusut, terjadi tegangan tarik pada beton yang sedang mengering sehingga dapat menimbulkan retak (Antoni, 2007).

Beberapa cara perawatan beton yang sering digunakan pada proses pengerasan adalah sebagai berikut (Supartono, 1997 dalam Setiawan 2015) :

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 pressure 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 *sulfat*.

4. Perawatan dengan isolasi permukaan beton

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

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

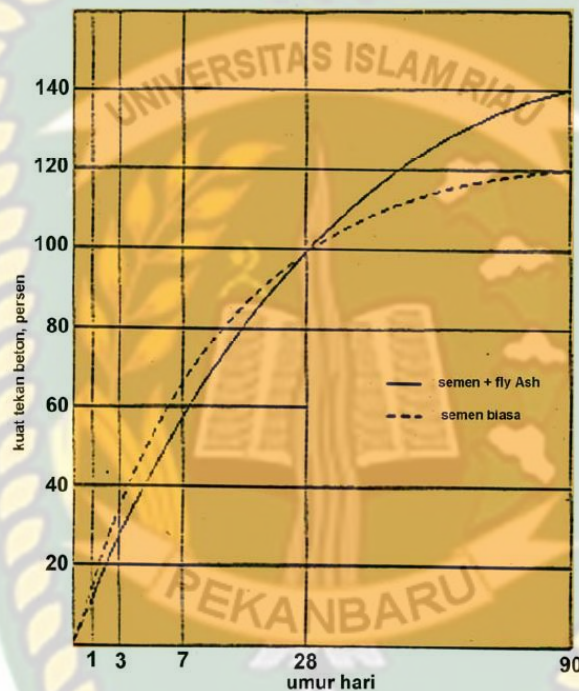
3.9 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton merupakan salah satu kinerja utama yang dibutuhkan oleh beton. Kuat tekan beton merupakan suatu nilai yang ditunjukkan oleh besarnya beban tekan yang dapat dipikul oleh benda uji/sample dari beton tersebut sampai runtuh (Bahar, 2004).

Sifat beton pada umumnya lebih baik jika kuat tekannya lebih tinggi, dengan demikian untuk meninjau mutu beton biasanya dilakukan dengan meninjau kuat tekannya. Kuat tekan yang diinginkan selalu menjadi acuan dalam sebuah pengecoran beton, dengan kata lain kuat tekan beton yang memuaskan adalah sebuah indikator untuk mengetahui apakah rancangan campuran beton tersebut merupakan campuran yang bagus atau tidak. Kuat tekan beton adalah besarnya beton per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu (SNI 03-1974-1990).

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, secara

cepat kekuatan beton akan linier naiknya sampai umur 28 hari, setelah itu kenaikan kekuatan beton akan kecil. Laju kenaikan kuat tekan beton seperti yang terlihat pada gambar 3.7. Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya.



Gambar 3.7 Diagram Laju Kenaikan Kuat Tekan Beton (Bahar, 2004)

Kekuatan tekan beton (Notasi dalam ACI adalah f'_c dan notasi dalam SNI f_c') mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur artinya, semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki maka akan dituntut mutu beton yang lebih baik. Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dapat dikelompokkan menjadi dua bagian (Ghambir, 2005 dalam Setiawan 2015) sebagai berikut :

1. Faktor yang berdasarkan kepada metode percobaan
 - a. Ukuran contoh percobaan.
 - b. Keadaan tumpuan.

- c. Ukuran contoh dalam hubungan ukuran agregat.
 - d. Keadaan air.
 - e. Tipe pengangkutan beton.
 - f. Pembebanan rata-rata dari contoh benda uji.
 - g. Tipe uji mesin.
 - h. Asumsi dari analisa yang berhubungan dengan ketegangan untuk keruntuhan kegagalan beton.
2. Faktor yang berdasarkan kepada metode percobaan
 - a. Tipe semen, umur perawatan dan jenis agregat.
 - b. Derajat kepadatan.
 - c. Proporsi campuran beton, berat isi semen, perbandingan agregat.
 - d. Tipe perawatan dan suhu masa perawatan.
 - e. Sifat jenis perbedaan yang mana sebagai contoh benda uji, statis, pemeliharaan, dinamis dan lain-lain.

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis yang dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Jenis Kuat Tekan Beton

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana	Sampai 10 MPa
Beton normal	15-30 MPa
Beton prategang	30-40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40-80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 MPa

Sumber : Tjokrodimuljo, 1996

Untuk mendapatkan kuat tekan beton, dapat dilakukan dengan 2 jenis pengujian, yaitu :

1. Pengujian dengan *Compression Testing Machine*

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan, baik dengan sistem hidrolis otomatis maupun dengan sistem hidrolis manual. Penggunaan mesin uji tekan ini didapatkan ketidaktelitian yang disebabkan antara lain kesalahan di dalam meletakkan benda uji, ausnya pelat, geseran pada dudukan

bulat pada plat desak bagian atas, juga ketidaktepatan dalam kalibrasi mesin itu sendiri. Selain besar beban maksimum yang menyebabkan hancurnya benda uji, pola retak dari benda uji juga harus diamati dalam pengujian kuat tekan dengan mesin uji tekan.

2. Pengujian dengan *Swiss Hammer*

Pengujian kuat tekan dengan menggunakan *Swiss Hammer* merupakan salah satu *non destructive testing apparatus* yang biasanya digunakan secara langsung di lapangan. Namun demikian penggunaannya tidak bisa secara langsung menggantikan *compression test* dan juga tidak bisa digunakan untuk mengukur kuat tekan beton secara akurat.

Swiss Hammer akan menghasilkan sebuah nilai *rebound* sesaat setelah dilakukan penembakan terhadap benda uji. Nilai *rebound* inilah yang kemudian akan menunjukkan kuat tekan beton setelah dikonversi melalui grafik atau tabel yang ada pada *hammer* beton sesuai dengan sudut penembakan.

Hammer test biasa digunakan untuk memeriksa keseragaman dari sebuah struktur beton, untuk menentukan lokasi dimana dimungkinkan terdapat beton yang berkualitas rendah sehingga bisa diputuskan apakah perlu dilakukan *core drill* atau tidak, dan juga untuk memperkirakan kekuatan beton di lapangan sesuai dengan umurnya sehingga bisa diketahui apakah beton tersebut sudah layak untuk diberi beban atau tidak.

Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton dalam SNI 03-1974-1990 dapat dihitung dengan rumus :

1. Kuat tekan ($f'c$)

$$f'c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.30)$$

Dimana :

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

P = Besar beban maksimum, N

A = Luas penampang benda uji, mm²

2. Kuat tekan rata-rata benda uji.

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 :

$$f_{cr} = \frac{\sum f_c}{n} \dots \dots \dots (3.31)$$

Dimana :

f'_c = Kuat tekan benda uji (KN/mm²).

f_{cr} = Kuat tekan rata-rata jumlah benda uji (KN/mm²).

n = Jumlah benda uji.

3. Standar deviasi (S)

Defiasi standar adalah suatu istilah statistik yang dipakai sebagai ukuran tingkat variasi produk beton tertentu. Rumus standar deviasi dapat dilihat pada persamaan 3.24 :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f'_c - f_{cr})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (3.32)$$

Dimana :

S = Standar deviasi.

f'_c = Kuat tekan beton estimasi 28 hari.

$n-1$ = Jumlah benda uji.

f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata 28 hari.

4. Kuat tekan karakteristik (f_{ck})

Kuat tekan karakteristik atau kuat tekan rata-rata perlu digunakan sebagai dasar pemilihan campuran beton, lihat persamaan 3.25 :

$$f_{ck} = f_{cr} - (1,64 \cdot S) \dots \dots \dots (3.33)$$

Dimana :

f_{ck} = Kuat tekan karakteristik beton

$f'c$ = Kuat tekan beton rata-rata estimasi 28 hari.

S = Standar deviasi.

Kuat tekan karakteristik yang diperoleh harus lebih atau sama dengan kuat tekan karakteristik yang direncanakan atau ($f'c \geq f_{cr}$) (Dipohusodo, 1997 dalam Setiawan, 2015).

3.10 Plastik

Plastik adalah sebuah kelompok besar material yang utamanya merupakan zat hidrokarbon non kristalin yang terdiri dari rantai molekul besar dimana elemen utamanya adalah karbon (Schwartz, 2002).

Definisi bahan plastik, oleh Perhimpunan Industri Plastik, adalah salah satu dari sekelompok besar material yang seluruhnya atau sebagian terdiri dari kombinasi karbon dengan oksigen, hidrogen, nitrogen, dan unsur organik dan anorganik lainnya, dimana berbentuk padat dalam keadaan jadi, tetapi pada tahap tertentu dalam pembuatannya dibuat menjadi cair, dan dengan demikian mampu dibentuk menjadi berbagai bentuk, biasanya melalui penerapan panas atau tekanan, atau penggabungan keduanya.

Ada dua tipe dasar plastik berdasarkan ikatan antarmolekul, diantaranya:

1. *Thermoplastics*, karena sedikit atau tidak adanya ikatan silang antar molekul. Jenis plastik ini akan melunak saat dipanaskan dan mengeras saat didinginkan, tidak peduli seberapa sering proses tersebut diulang. Sehingga dapat didaur ulang atau dicetak kembali dengan proses pemanasan ulang.

2. *Thermosets*, memiliki ikatan antarmolekul yang kuat. Oleh karena itu, setelah plastik menjadi bentuk permanen melalui penerapan panas dan tekanan, pemanasan ulang tidak akan melembutkannya.

Beberapa ciri utama plastik yang membedakannya dari bahan lain, khususnya logam, diantaranya:

- a. Pada dasarnya memiliki struktur yang nonkristalin,
- b. Tidak menghantarkan listrik serta konduktansi panasnya relatif rendah,
- c. Dengan beberapa pengecualian penting, tahan terhadap bahan kimia dan lingkungan korosif,
- d. Memiliki suhu pelunakan yang relatif rendah,
- e. Mudah dibentuk menjadi bentuk-bentuk yang kompleks,
- f. Menunjukkan perilaku viskoelastik, yaitu setelah beban yang diterapkan dihilangkan, plastik cenderung terus menunjukkan regangan atau deformasi seiring waktu.

Polymer Name	POLYETHYLENE TEREPHTHALATE	HIGH-DENSITY POLYETHYLENE	POLYVINYL CHLORIDE	LOW-DENSITY POLYETHYLENE	POLYPROPYLENE	POLYSTYRENE	All other plastics, including acrylic, fiberglass, nylon, polycarbonate, and polylactic acid (a bioplastic)
Resin Identification Code	1	2	3	4	5	6	7
Abbreviation	PET or PETE	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER
Recyclable?	Commonly Recycled	Commonly Recycled	Sometimes Recycled	Sometimes Recycled	Occasionally Recycled	Commonly Recycled (but difficult to do)	Difficult to Recycle
Percentage Recycled Annually	36%	30-35%	<1%	6%	3%	34%	Low

Gambar 3.8 Jenis-jenis Plastik (dsi.co.id)

Di antara berbagai jenis plastik yang tersedia saat ini, ada dua jenis plastik yang paling populer digunakan, yaitu *polyethylene* (PE) dan *polypropylene* (PP). *Polyethylene* (PE) adalah salah satu plastik yang paling serbaguna. Monomer dasar yang digunakan untuk membuat plastik PE adalah *Polyethylene*, suatu hidrokarbon yang berbentuk gas. Senyawa ini sangat stabil, sehingga proses polimerisasi menjadi PE hanya dapat dilanjutkan dengan adanya katalis, seperti *titanium chloride*. Sebagian besar industri manufaktur plastik PE menggunakan

polimerisasi koordinasi yang membutuhkan garam logam, seperti klorida dan oksida.

Polyethylene (PE) terdiri dari beberapa jenis, diantaranya *low-density polyethylenes* (LDPE), *linear low-density polyethylenes* (LLDPE), *high-density polyethylenes* (HDPE), dan *ethylene copolymers*, seperti *ethylene-vinyl acetate* (EVA), *ethylene-ethyl acrylate* (EEA), dan *ultrahigh molecular-weight polyethylenes* (UHMWPE). Dari beberapa jenis *polyethylene*, HDPE, LPDE dan LLDPE menjadi jenis plastik PE yang paling umum digunakan.

3.10.1 High Density Polyethylene (HDPE)

High-density polyethylene (HDPE) merupakan polimer termoplastik yang diproduksi dari etilena monomer. HDPE paling kuat jika dibandingkan dengan turunan *polyethylene* lainnya. Struktur molekulnya padat, mencapai 0,963 g/cm². HDPE memiliki ketahanan yang cukup cemerlang terhadap bahan kimia, sinar *ultraviolet*, dan air. Karakteristik fisiknya sedikit keras dan tidak terlalu lentur seperti jenis *polyethylene* lain.

HDPE menjadi salah satu plastik paling serbaguna. HDPE dapat diolah menjadi rol plastik, kantong plastik, plastik lembaran, sampai dengan kemasan-kemasan produk pangan maupun non-pangan. Produk berbahan dasar HDPE juga sangat umum untuk didaur ulang, menghasilkan produk baru yang tidak kalah pemanfaatannya.

Tabel 3.12 Karakteristik Plastik HDPE

Tes ASTM	Karakteristik	Nilai
	Physical	
D792	<i>Specific gravity</i>	0.941–0.965
D792	<i>Specific volume (in.³/lb)</i>	29.4–28.7
D570	<i>Water absorption, 24 h, 1/8-in. thk (%)</i>	0.01
	Mechanical	
D638	<i>Tensile strength (psi)</i>	3,100–5,500
D638	<i>Elongation (%)</i>	20–1,000
D638	<i>Tensile modulus (10⁵ psi)</i>	0.6–1.8
D790	<i>Flexural modulus (10⁵ psi)</i>	1.0–2.0
D256	<i>Impact strength, Izod (ft-lb/in. of notch)</i>	0.5–20
D785	<i>Hardness, Rockwell R</i>	65

Tabel 3.12 Karakteristik Plastik HDPE

Tes ASTM	Karakteristik	Nilai
	Thermal	
C177	<i>Thermal conductivity (10^{-4} cal-cm/s-cm²-°C)</i>	11.0–12.4
D696	<i>Coefficient of thermal expansion (10^{-5} in./in.-°F)</i>	6.1–7.2
D648	<i>Deflection temperature (°F)</i>	
	<i>At 264 psi</i>	110–130
	<i>At 66 psi</i>	140–190

Sumber : Schwartz, 2002

Ada alasan tertentu mengapa HDPE menjadi plastik yang paling umum digunakan. HDPE memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan tipe plastik lainnya. Menurut *tokoplas.com*, berikut beberapa kelebihan yang menonjol dari plastik HDPE:

- Ringan namun tetap kuat,
- Memiliki kelebihan sebagai materi plastik yang tahan banting,
- Resisten terhadap berbagai senyawa seperti jamur, karat, dan serangga,
- Mudah dicetak menjadi berbagai bentuk sesuai kebutuhan.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian pembuatan beton dilakukan di laboratorium Teknologi Bahan dan Beton Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru. Laboratorium ini digunakan untuk melakukan pemeriksaan material, *mix design*, pengecoran atau pembuatan benda uji (silinder), pengujian slump, penimbangan beton segar, perawatan, serta pengujian kuat tekan beton. Penelitian dilakukan pada bulan Maret hingga Mei 2021.

4.2 Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan peneliti pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen *Portland (tipe PCC)* dari PT Semen Padang.

2. Agregat Kasar dan Agregat Halus

Agregat kasar berasal dari batu pecah alami Desa Manggilang, Kampar dengan campuran agregat kasar ukuran 2/3' sebanyak 40% dan agregat kasar ukuran 1/2' sebanyak 60%. Sedangkan, agregat halus berasal dari pasir alami Muara Takus, Kampar yang didapat dari PT. Riau Mas Bersaudara (RMB 45 group), Jalan Raya Pekanbaru - Bangkinang KM. 24, Delima, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru.



Gambar 4.1 Agregat Kasar Ukuran 2/3' (Peneliti, 2021)



Gambar 4.2 Agregat Kasar Ukuran 1/2' (Peneliti, 2021)



Gambar 4.3 Agregat Halus (Peneliti, 2021)

3. Air

Air yang digunakan berasal dari sumur bor Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

4. Biji HDPE

Biji HDPE digunakan sebagai substitusi sebagian dari agregat halus. Biji plastik HDPE diperoleh dari UD. Surya Indo Utama, Jalan Atang Sanjaya no 51, Rawa Bokor, Kamal, Jakarta Barat, DKI Jakarta , Indonesia.



Gambar 4.4 Biji Plastik HDPE (Peneliti, 2021)

4.3 Peralatan Penelitian

Sebagai prasyarat dan prosedur penelitian diperlukan teknik pengumpulan data. Hal itu dimaksudkan supaya data yang didapat akurat. Dalam pengumpulan data diperlukan juga instrumen atau alat yang dapat digunakan sebagai pengumpul data yang *valid*. Peralatan yang digunakan sebagai berikut :

1. Cawan

Alat ini digunakan untuk tempat benda uji sebelum melakukan pengujian. Cawan terbuat dari aluminium yang tahan terhadap panas. Ukuran yang digunakan berbeda-beda.



Gambar 4.5 Cawan Stainless Steel (Peneliti, 2021)

2. Oven

Oven yang digunakan dilengkapi dengan pengaturan suhu.



Gambar 4.6 Oven (Peneliti, 2021)

3. Batang Penusuk

Batang penusuk yang digunakan terbuat dari baja dengan panjang 60 cm dan diameter 16 cm.



Gambar 4.7 Batang Penusuk (Peneliti, 2021)

4. Palu

Palu terbuat dari besi dengan tangkai kayu.



Gambar 4.8 Palu (Peneliti, 2021)

5. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur diameter penurunan slump, terbuat dari baja.



Gambar 4.9 Penggaris (Peneliti, 2021)

6. Saringan

Saringan yang digunakan untuk mengayak agregat kasar dan agregat halus agar mendapatkan analisa saringan. Ukuran saringan yang digunakan yaitu

11/2, 1/4, 3/8, 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), No.200 (0,075 mm).



Gambar 4.10 Satu Set Saringan (Peneliti, 2021)

7. Wadah

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



Gambar 4.11 Wadah (Peneliti, 2021)

8. Timbangan

Timbangan adalah alat yang dipakai melakukan pengukuran massa suatu benda. Timbangan/neraca dikategorikan ke dalam sistem mekanik dan juga elektronik atau digital. Timbangan yang digunakan ada 2 jenis, yaitu:

- a. Timbangan manual atau neraca dengan kapasitas 20 kg.
- b. Timbangan digital dengan kapasitas 1100 g.



Gambar 4.12 Timbangan Manual atau Neraca (Peneliti, 2021)



Gambar 4.13 Timbangan Digital (Peneliti, 2021)

9. Picnometer

Picnometer terbuat dari kaca yang mempunyai skala penunjuk yang nantinya digunakan sebagai alat ukuran.



Gambar 4.14 Picnometer (Peneliti, 2021)

10. Alat Uji Slump atau Kerucut Abrams

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



Gambar 4.15 Kerucut Abrams (Peneliti, 2021)

11. Cetakan Beton

Cetakan beton terbuat dari baja. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm yang berfungsi untuk mencetak beton setelah pengadukan beton segar selesai.



Gambar 4.16 Cetakan Beton (Peneliti, 2021)

12. Mesin Getar

Mesin getar berfungsi memadatkan beton segar yang telah dimasukkan kedalam cetakan dan juga untuk mengeluarkan udara yang ada didalam cetakan.



Gambar 4.17 Mesin Getar (Peneliti, 2021)

13. Kerucut Terpancung

Kerucut terpancung digunakan saat pengujian berat jenis agregat halus, yaitu untuk memeriksa keadaan kering permukaan jenuh agregat halus. Terbuat

dari baja dengan diameter atas 35 mm dan bawah 80 mm, tinggi 70 mm dan tebal 1 mm.



Gambar 4.18 Kerucut Terpancung (Peneliti, 2021)

14. Mesin Uji Kuat Tekan Beton.

Mesin uji kuat tekan beton berfungsi menguji kuat tekan beton. Alat ini terbuat dari baja dan mempunyai pengaturan dan pengontrol beban.



Gambar 4.19 Mesin Uji Kuat Tekan Beton (Peneliti, 2021)

15. Mesin Pengaduk Beton (Molen)

Mesin ini berfungsi untuk mengaduk bahan-bahan pembuat beton.



Gambar 4.20 Mesin Pengaduk Beton (Peneliti, 2021)

16. Bak Perendam

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



Gambar 4.21 Bak Perendam (Peneliti, 2021)

17. 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 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).

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. Talam atau cawan.
- e. Sikat untuk saringan, sendok dan serta alat lainnya.

2) Pemeriksaan berat isi

Peralatan yang digunakan antara lain :

- a. Timbangan 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. Piknometer untuk mencari berat isi agregat halus.
- d. Kerucut terpancung (cone) dengan diameter atas 37 – 43 mm dan diameter bawah 87 – 93 mm dengan tinggi 67 – 73 mm yang terbuat dari logam dengan ketebalan 0,8 mm.
- e. Saringan no. 4 (4,8 mm).
- f. Oven dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- g. Talam.
- h. Air suling.
- i. Bejana air.
- j. 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. Cetakan beton berbentuk silinder (150 mm x 300 mm), kubus (150 mm x 150 mm x 150 mm) dan balok (150 mm x 150 mm x 600 mm).
- c. Batang penusuk terbuat dari baja.
- d. Alat penggetar berbentuk meja untuk memadatkan beton.

4.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan

Pengadaan bahan penyusun beton seperti batu pecah, pasir, semen *Portland* (Tipe PCC), air dan biji plastik HDPE.

2. Pemeriksaan bahan

Adapun pemeriksaan bahan hanya ditujukan pada pemeriksaan agregat, diantaranya:

- a. Analisa ayakan agregat halus dan agregat kasar.
- b. Pemeriksaan kadar lumpur.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat halus dan agregat kasar.
- d. Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus dan agregat kasar.

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

Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 03-2834-2000. Penimbangan atau penakaran bahan

penyusun beton berdasarkan uji karakteristik bahan penyusun dan mutu beton yang direncanakan.

4. Pembuatan Benda Uji.

Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan silinder, dengan ukuran diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Adapun variasi yang digunakan bisa dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Variasi Beton dengan Menggunakan Biji Plastik HDPE

Benda Uji Beton	Persentase Agregat	
	Agregat Halus	Plastik HDPE
Variasi 1	100%	0%
Variasi 2	95%	5%
Variasi 3	90%	10%
Variasi 4	85%	15%
Variasi 5	80%	20%

5. Perawatan Benda Uji.

Dalam penelitian ini perawatan yang digunakan adalah perendaman dalam air, yang dilakukan di bak perendaman Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru dengan umur 28 hari.

6. Pengujian kuat tekan beton.

Untuk mencari nilai kuat tekan rencana dengan yang dihasilkan dari beberapa umur rencana 28 hari.

7. Data.

Data diperoleh setelah melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau-Pekanbaru.

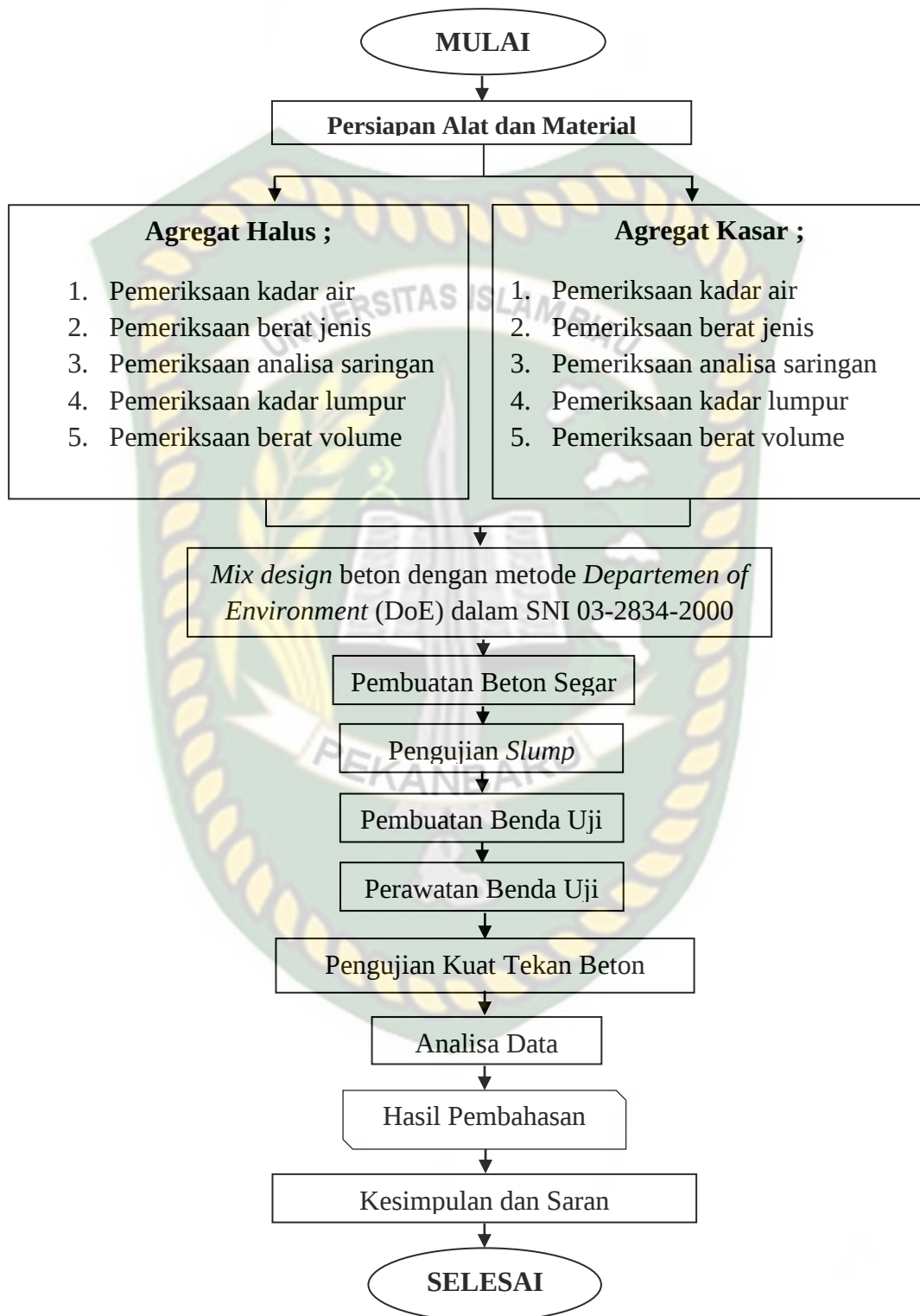
8. Hasil Data, Analisis & Pembahasan.

Dari data yang diperoleh kemudian di analisa dan didapatkan hasil penelitian.

9. Kesimpulan dan Saran.

Kesimpulan bertujuan menyimpulkan hasil dari penelitian dan memberi saran kepada peneliti selanjutnya dan para konstruksi.

Bagan alir penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 4.22, disajikan untuk mempermudah dalam proses pelaksanaan penelitian.



Gambar 4.22 Diagram Alir Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Benda Uji

Pengujian material pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan pengujian, yaitu analisa saringan agregat halus dan agregat kasar, pemeriksaan berat jenis agregat, pemeriksaan berat isi agregat, pemeriksaan kadar lumpur agregat dan pemeriksaan kadar air lapangan agregat halus dan agregat 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.

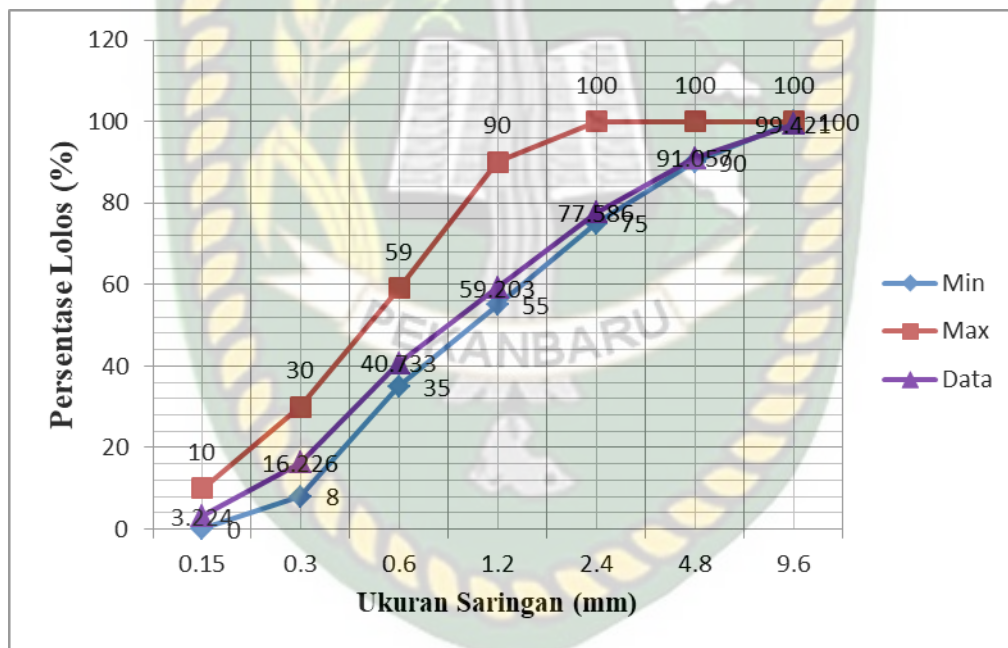
Gradasi agregat halus dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat halus yang tertahan atau melewati suatu susunan saringan 4,8 mm. Analisa saringan batas gradasi pasir dalam daerah pasir no.1, batas gradasi pasir dalam daerah pasir no.2, batas gradasi pasir dalam daerah pasir no.3, dan batas 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	Ukuran Ayakan (mm)	Lolos (%)
1.5"	38,1	100
3/4"	19	100
1/2"	12,7	99,55
3/8"	9,6	99,42
#4	4,8	91,06
#8	2,4	77,59
#16	1,2	59,20
#30	0,6	40,73
#50	0,3	16,23
#100	0,15	3,22
#200	0,075	0,48

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2021

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 3,22%. Dari saringan ukuran 0,3 mm persentase lolos sebesar 16,23%. Dari saringan ukuran 0,6 mm persentase lolos sebesar 40,73%. Dari saringan ukuran 1,2 mm persentase lolos sebesar 59,20%. Dari saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 77,59%. Dari saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 91,06%. Dari saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 99,42%. Dari saringan ukuran 12,7 mm persentase lolos sebesar 99,55%. Dari saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 100%. Dari saringan ukuran 38,1 mm persentase lolos sebesar 100%.



Gambar 5.1. Grafik Batas Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona II (*Hasil analisa penelitian, 2021*)

Dari gambar 5.1 dijelaskan 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-03-2834-2000, 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-rata 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	Ukuran Ayakan (mm)	Lolos (%)
1.5"	38,1	100
3/4"	19	57,16
1/2"	12,7	28,19
3/8"	9,6	7,26
#4	4,8	2,35
#8	2,4	1,94
#16	1,2	1,70
#30	0,6	1,38
#50	0,3	0,93
#100	0,15	0,43
#200	0,075	0,12

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2021

Berdasarkan Tabel 5.2 dapat dilihat bahwa persentase lolos agregat kasar dengan saringan ukuran 0,075 mm memiliki persentase lolos sebesar 0,12%. Saringan ukuran 0,15 mm memiliki persentase lolos sebesar 0,43%. Dari saringan ukuran 0,3 mm persentase lolos sebesar 0,93%. Dari saringan ukuran 0,6 mm persentase lolos sebesar 1,38%. Dari saringan ukuran 1,2 mm persentase lolos sebesar 1,70%. Dari saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 1,94%. Dari saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 2,35%. Dari saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 7,26%. Dari saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 57,16% 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.

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 2/3' dan 1/2', gradasi yang tersedia untuk jenis ukuran batu yang tidak seragam. Dengan kombinasi agregat kasar ukuran 2/3' sebanyak 40% dan untuk ukuran 1/2' sebanyak 60%.

Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar 1/2' dapat dilihat pada lampiran B-5 dan lampiran B-6, untuk hasil rata-rata dari dua percobaan analisa saringan agregat kasar ukuran 1/2' dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Rata-rata Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 1/2'

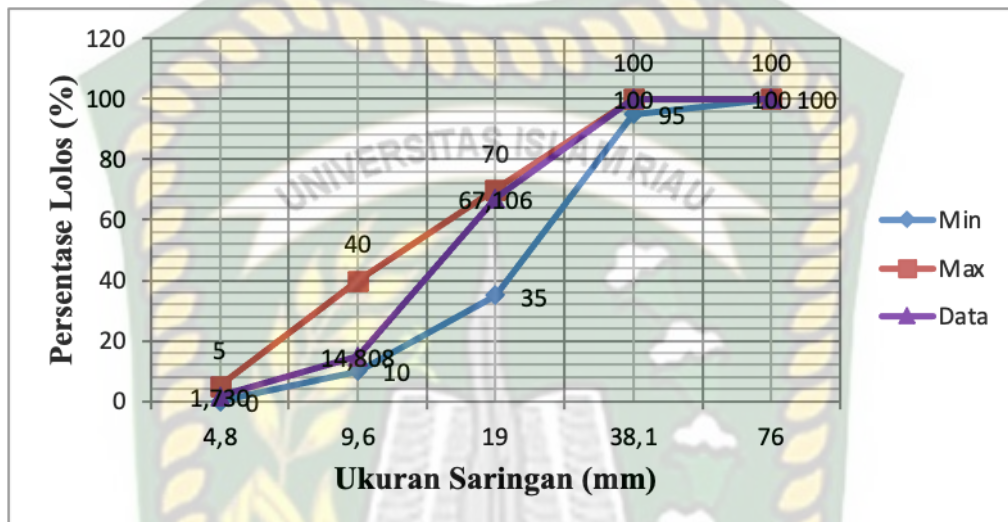
Nomor Ayakan	Ukuran Ayakan (mm)	Lolos (%)
1.5"	38,1	100
3/4"	19	73,74
1/2"	12,7	60,25
3/8"	9,6	19,84
#4	4,8	1,31
#8	2,4	0,97
#16	1,2	0,93
#30	0,6	0,86
#50	0,3	0,58
#100	0,15	0,31
#200	0,075	0,18

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2021

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa persentase lolos agregat kasar dengan saringan ukuran 0,15 mm memiliki persentase lolos sebesar 0,31%. Dari saringan ukuran 0,3 mm persentase lolos sebesar 0,58%. Dari saringan ukuran 0,6 mm persentase lolos sebesar 0,86%. Dari saringan ukuran 1,2 mm persentase lolos sebesar 0,93%. Dari saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 0,97%. Dari saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 1,31%. Dari saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 19,84%. Dari saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 73,74% dan saringan ukuran 38 mm persentase lolos sebesar 100%.

Untuk hasil kombinasi agregat kasar 2/3' dan 1/2' persentase lolos dapat dilihat pada tabel 5.4 dan 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 1/2' sebanyak 60%. 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 Persentase Lolos Agregat Kasar dari Desa Manggilang Kampar dengan Batas Gradasi untuk Besar Ukuran Maksimum 40 mm Setelah Dikombinasikan (*Hasil Analisa Penelitian, 2021*).

Dari grafik 5.2 dapat dijelaskan bahwa agregat kasar yang digunakan untuk penelitian ini termasuk pada zona III dengan besar ukuran maksimum 40 mm sesuai dengan persyaratan SNI 03-2834-2000, dimana hasil persentase agregat kasar yang lolos berada diantara nilai batas maksimum dan batas minimum syarat zona III dengan besar ukuran maksimum 40 mm.

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 5.4.

Tabel 5.4 Berat Isi Agregat Halus, Agregat Kasar, Semen, dan Biji Plastik HDPE.

Material	Berat Isi (gr/cm ³)	
	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Agregat Halus	1,45	1,61
Agregat Kasar 2/3	1,48	1,65
Agregat Halus 1/2	1,45	1,62
Semen	0,36	0,96
Biji Plastik HDPE	0,52	0,55

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2021

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 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Rata-rata Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material.

Material	Berat Jenis (gr)	Berat Jenis Permukaan Jenuh (gr)	Berat Jenis Semu (gr)	Penyerapan (gr)	Keterangan
Agregat Halus	2,533	2,569	2,629	1,449	Memenuhi syarat
Agregat Kasar 2/3	2,277	2,358	2,476	3,566	Memenuhi syarat
Agregat Kasar 1/2	2,312	2,393	2,516	3,529	Memenuhi syarat

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2021

Berdasarkan Tabel 5.5 dapat dilihat berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat kasar 2/3 diperoleh 2,358, berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat kasar 1/2 diperoleh 2,393, dan berat jenis permukaan jenuh SSD (*saturated surface dry*) agregat halus diperoleh 2,569. Berdasarkan nilai berat jenis dan penyerapan material tersebut telah memenuhi standar spesifikasi uji berat jenis serta penyerapan agregat halus yaitu interval 1,6 gr s.d 3,3 gr untuk berat jenis dan 0,20% s.d 2,00% untuk penyerapan air (SNI

1970:2008). Standar spesifikasi uji berat jenis serta penyerapan agregat kasar yaitu interval 1,6 gr s.d 3,4 gr untuk berat jenis dan 0,20% s.d 4,00% untuk penyerapan air (SNI 1969:2008). 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 menggunakan metode penambahan material pada agregat yang lolos saringan #200 (0,075) yang digunakan sebagai acuan pada pegangan untuk melakukan pengujian. Analisa dapat dilihat pada Lampiran B-18 sampai dengan B-20 dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat setelah Agregat Kasar 2/3.

Material	Kadar Lumpur %	Keterangan
Agregat Kasar 2/3	0,647	Memenuhi Syarat
Agregat Kasar ½	0,499	Memenuhi Syarat
Agregat Halus	4,002	Memenuhi Syarat

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2021

Menurut SNI 03-6821-2002 spesifikasi uji kadar lumpur agregat kasar yaitu maksimal 1%. Berdasarkan Tabel 5.8 dijelaskan bahwa agregat kasar 2/3 setelah dicuci mengandung kadar lumpur sebesar $0,647\% < 1\%$ dalam keadaan yang telah memenuhi syarat untuk digunakan pada campuran beton.

5.1.6 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Lapangan

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui persentase kadar air yang terkandung dalam agregat. Analisa perhitungan uji kadar air dapat dilihat pada Lampiran B-21 sampai dengan B-23. Hasil uji kadar air di lapangan ditunjukkan pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Material	Kadar Air %	Keterangan
Agregat Halus	4,550	Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 2/3	1,877	Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 1/2	1,933	Memenuhi Syarat

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2021

Berdasarkan Tabel 5.9 dijelaskan bahwa kadar air agregat halus sebesar 4,550% sudah memenuhi spesifikasi uji kadar air, dimana menurut SNI 03-1971-1990 spesifikasi uji kadar air agregat halus yaitu interval 2% s.d 5%. Kadar air agregat kasar 2/3 sebesar 1,877% dan kadar air agregat kasar 1/2 sebesar 1,933% sudah memenuhi spesifikasi uji kadar air, dimana menurut SNI 03-1971-1990 spesifikasi uji kadar air agregat kasar yaitu interval 0,5% s.d 2%.

5.2 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-13, hasil perencanaan campuran beton untuk tiga benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm sebelum koreksi kadar air SSD (*Saturated Surface Dry*).

5.2.1 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 Gambar 5.3.



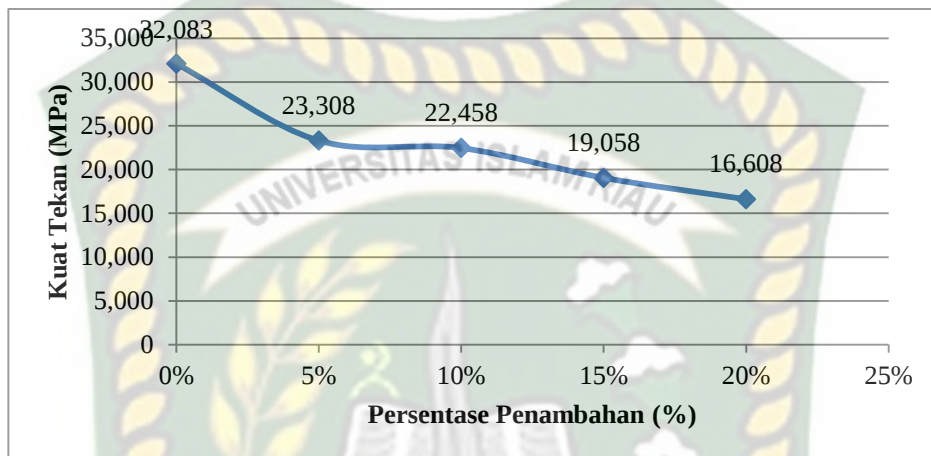
Gambar 5.3 Grafik Nilai *Slump* Beton Dengan Penambahan Biji Plastik HDPE (Hasil analisa penelitian, 2021).

Dari gambar 5.3 dapat dilihat bahwa nilai *slump* yang dihasilkan dari penggunaan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% sudah sesuai dengan *slump* rencana yaitu 60 mm – 180 mm. Beton yang menggunakan campuran biji plastik HDPE lebih kental dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan campuran biji plastik HDPE. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan biji plastik HDPE membuat beton semakin kaku. Maka, beton dengan campuran biji plastik HDPE ini dapat diaplikasikan untuk beton ringan.

5.2.2 Hasil Analisa Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah masa perawatan (*curing*) benda uji umur 28 hari, dari hasil pengujian benda uji silinder dengan menggunakan alat kuat tekan maka didapat hasil untuk tiap benda uji dengan penggunaan biji plastik HDPE sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Analisa perhitungan kuat tekan beton untuk tiap benda uji dapat dilihat pada Lampiran B-25, sedangkan hasil uji kuat tekan untuk tiap benda uji dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Hasil Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari (*Hasil analisa penelitian, 2021*).

Dari Gambar 5.4 dapat dilihat bahwa beton umur 28 hari dengan menggunakan campuran biji plastik HDPE mengalami penurunan kuat tekan beton dicampuran 5% dengan nilai kuat tekan 23,308 MPa mengalami penurunan sebesar 27,35%, dicampuran 10% dengan nilai kuat tekan 22,458 MPa mengalami penurunan sebesar 30%, dicampuran 15% dengan nilai kuat tekan 19,058 MPa mengalami penurunan sebesar 40,59%, dan dicampuran 20% dengan nilai kuat tekan 16,608 MPa mengalami penurunan sebesar 48,23%. Penurunan kuat tekan beton yang terbesar terjadi pada beton dengan campuran biji plastik HDPE 20% dengan nilai kuat tekan 16,608 MPa sebesar 48,23%.

Berdasarkan gambar 5.4 dijelaskan bahwa dengan kuat tekan rencana yang ditentukan dalam penelitian ini yaitu f_c' 32 MPa, telah memenuhi syarat kuat tekan beton. Sehingga dapat dijelaskan bahwa nilai *slump* berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang direncanakan.

5.4. Hasil Analisa Perbandingan Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu

Nilai kuat tekan dengan penambahan biji plastik HDPE pada penelitian ini, mengalami penurunan kuat tekan beton pada campuran 5% dengan nilai kuat tekan 23,308 MPa mengalami penurunan sebesar 27,35%. Kuat tekan beton terus mengalami penurunan, hingga pada persentase 20% penggunaan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus mengalami penurunan kuat tekan beton maksimal sebesar 48,23%. Dapat dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu yaitu, Rahmatullah pada tahun 2017 yang menggunakan penambahan limbah plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan batu skoria sebagai campuran agregat kasar. Mengalami penurunan yang terbesar pada persentase campuran di 30% dengan nilai kuat tekan beton 11,29 MPa dengan penurunan sebesar 46,82%. Pada penelitian ini dan penelitian terdahulu memiliki perbedaan persentase penggunaan material pengganti dan material pengganti yang digunakan juga berbeda.

Selanjutnya, pada peneliti terdahulu yaitu Maulana pada tahun 2019 yang menggunakan biji plastik injeksi (HDPE) sebagai pengganti agregat kasar, pasir kuarsa dan additive pada campuran beton. Dengan persentase penambahan biji plastik HDPE sebesar (20%, 30% dan 40%) dari berat batu kerikil, variasi pasir kuarsa (20%, 30% dan 40%) terhadap berat pasir, dan additive 3% setiap pengadukan. Didapatkan nilai kuat tekan beton yang paling optimum pada campuran beton dengan pasir kuarsa 40% dan additive 3% yaitu sebesar 613,1 kg/cm² pada pengujian 28 hari, terjadi kenaikan 42,34% dari kuat tekan beton normal K300 sebesar 430,73 kg/cm². Untuk variasi pasir kuarsa 40% dan tambahan agregat kasar dari biji plastik (HDPE) (20%, 30%, dan 40%) terhadap berat kerikil dan didapatkan hasil yang paling optimum pada campuran beton kuarsa 40%, plastik 20%, additive 3% (TH2/20 – 28) yaitu sebesar 359,5 kg/cm² pada pengujian 28 hari, terjadi penurunan 41,4% dari kuat tekan beton sebesar 613,1 kg/cm².

Pada peneliti terdahulu yaitu Panji pada tahun 2020 beton menggunakan campuran limbah plastik PET sebagai pengganti agregat halus. Kuat tekan beton pada penelitian ini mengalami penurunan yang terbesar terjadi pada persentase penambahan biji plastik HDPE 20% dengan nilai kuat tekan beton 16,608 MPa

dengan penurunan sebesar 48,23%. Sedangkan pada penelitian terdahulu hasil pengujian kuat tekan *paving block* 30% limbah plastik *Polyethelene Thereptalate* (PET) didapat kenaikan pada hari ke 28 dengan nilai kuat tekan $128.3 \text{ kg/cm}^2 = 12.8 \text{ Mpa}$. Pada penelitian ini dan penelitian sebelumnya memiliki perbedaan persentase penggunaan material pengganti dan material pengganti yang digunakan juga berbeda.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian, yang mana dijabarkan sebagai berikut:

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *slump* yang dihasilkan oleh beton normal pada penelitian ini yaitu 153,33 mm. Sedangkan nilai *slump* yang dihasilkan oleh beton dengan menggunakan biji plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai pengganti agregat halus sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% yaitu 119,33 mm, 92,67 mm, 85,67 mm dan 79 mm. Nilai *slump* tersebut sudah sesuai dengan nilai *slump* rencana yaitu 60 mm – 180 mm. Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan, beton dengan penggunaan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus semakin mengental daripada beton tanpa biji plastik HDPE. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan biji plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) membuat beton semakin kaku.
2. Nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh beton normal pada penelitian ini sebesar 32,083 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh beton dengan menggunakan biji plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai pengganti agregat halus terus mengalami penurunan. Penurunan nilai kuat tekan maksimal sebesar 48,23%, terjadi pada persentase 20% biji plastik HDPE dari berat agregat halus dengan kuat tekan sebesar 16,608 MPa. Maka dari itu, penggunaan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton terus mengalami penurunan nilai kuat tekan beton yang dihasilkan. Disebabkan oleh penyerapan air pada biji plastik sangat rendah dan memiliki masa jenis yang ringan. Sehingga pada saat pencetakan beton, beberapa biji plastik mengambang membuat agregat kasar sedikit menumpuk pada

bagian bawah beton. Oleh sebab itu, nilai kuat tekan semakin turun terhadap banyaknya persentase biji plastik HDPE yang digunakan.

6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka penulis dapat menyampaikan beberapa saran terkait penelitian beton dengan penambahan biji plastik HDPE (*High Density Polyethylene*), sebagai berikut:

1. Beton dengan biji plastik HDPE sebagai pengganti agregat halus, dapat diaplikasikan untuk jenis beton ringan dengan pemakaian struktur ringan.
2. Perlu penelitian lebih lanjut di laboratorium dengan variasi persentase menggunakan biji plastik yang berbeda.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian uji kuat tarik beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S., 2005, *Teknologi Beton A-Z*, Yayasan John Hi-Tech Idetama, Jakarta
- ASTM, 1993, *Concrete And Aggregates*, Annual Book Of ASTM Standard Vil. 04.02, American Society Fot Testing And Materials, Philadelphia.
- Bahar, Suardi, et al., (2004). *Pedoman Pekerjaan Beton*. Jakarta : Biro Enjiniring PT. Wijaya Karya.
- Dipohusodo, istimewa. (1999). *Struktur Beton Bertulang Brdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Maulana, Tjatur Rahmadi (2019). *Analisis Pengaruh Penambahan Biji Plastik Injeksi (HDPE), Pasir Kuarsa dan Additive Terhadap Campuran Beton*. *Jurnal Sipil Statik*, Universitas Narotama. Surabaya.
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton*, Edisi Kedua, Andi, Yogyakarta. Tim Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, 2016, *Pedoman Praktikum Teknologi Bahan dan Beton*. Pekanbaru.
- Mulyono, Tri. (2019). *Pengujian Agregat Beton, Seri 2: Uji Laboratorium Bahan Beton dan Beton*. Jakarta : Program Studi D3 Teknik Sipil FT Universitas Negeri Jakarta (UNJ).
- Mulyono, Tri. (2019). *Perancangan Campuran Beton, Pengolahan dan Pengujian Beton Segar, Seri 3: Uji Laboratorium Bahan Beton dan Beton*. Jakarta : Program Studi D3 Teknik Sipil FT Universitas Negeri Jakarta (UNJ).
- Mulyono, Tri. (2014). *Teknologi Beton: Dari Teori ke Praktek*. Jakarta: Lembaga Pengembangan Pendidikan (LPP) Universitas Negeri Jakarta (UNJ).
- Panji, Hangger. (2020). *Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis Polyethelene Thereptalate (PET) sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Paving Block*. Institut Teknologi - PLN, Jakarta.
- PBI 1971 cetakan ke 7. (1979). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, N.I. – 2*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Direktorat Jendral Ciptakarya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Rahmatullah, Dany (2017). *Karakteristik Beton Ringan Struktural dengan Biji Plastik dan Batu Skoria*, *Jurnal Sipil Statik*, Universitas Jember.

Schwartz, Mel. (2002). *Encyclopedia of Materials, Parts and Finishes*, 2nd Edition. Florida : CRC Press LLC.

SNI 03-1972-1990. (1990). *Metode Pengujian Slump Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-6820-2002. (2002). *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan Dan Plesteran Dengan Bahan Dasar Semen*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2834-2000. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Tjokrodinuljo, Kardiyono. (2003). *Teknologi Bahan Konstruksi*, Bahan Ajar. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada (UGM).

<https://www.arsigriya.com/cement-material?v=0> diakses pada 31 Januari 2021 Pukul 07.70 WIB.

<https://dsi.co.id/asal-usul-stiker-vinyl/> diakses pada 30 Januari 2021 Pukul 13.45 WIB.

<https://www.ilmubeton.com/> diakses pada 31 Januari 2021 Pukul 17.24 WIB.

<https://tokoplas.com/news/mengapa-hdpe-sangat-populer/> diakses pada 30 Januari 2021 Pukul 17.32 WIB.