

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATANG JAGUNG MANIS SEBAGAI
PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN UNTUK CAMPURAN BETON
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON MUTU
TINGGI**

TUGAS AKHIR

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



Oleh

M. DZAKY HANDAYANI

143110667

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan berkat rahmat, nikmat, dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Pengaruh Penambahan Abu Batang Jagung Manis Sebagai Pengganti Sebagian Semen Untuk Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Mutu Tinggi"**. Sholawat beserta salam juga kita hadiahkan untuk nabi besar kita yaitu, Nabi Muhammad SAW, dengan ucapan Allhumma Sholli Ala Syaydina Muhammad Wa Ala Ali Sayyidina Muhammad. Adapun maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini untuk memenuhi persyaratan kurikulum akademis untuk menyelesaikan program studi (strata I) pada fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Untuk itu, dengan hati yang tulus penulis menerima kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan dalam pembuatan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini mampu menjadi referensi bagi pelaku konstruksi dan pengguna jasa konstruksi dalam merencanakan dan membangun sebuah konstruksi yang memiliki kondisi air yang berbeda dari kondisi air bersih pada umumnya.

Pekanbaru, Juli 2020

M. Dzaky Handayani
NPM. 143110667

UCAPAN TERIMA KASIH

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah begitu banyaknya melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr. H. Syafrinaldi SH., MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
3. Ibu Drs. Mursyidah, Ssi., MSc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, selaku Wakil Dekan III Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati ST., M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, ST., MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Ibu Roza Mildawati, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing.
9. Ibu Dr Elizar, ST.MT., selaku Dosen Penguji.
10. Ibu Sri Hartati Dewi, ST., MT, selaku Dosen Penguji.

11. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
12. Seluruh Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Penghargaan setinggi-tingginya terutama kepada kedua orang tua saya bapak H. Usman HS dan ibu Junaida yang senantiasa mendoakan, memberikan motivasi, nasihat, perhatian dan kasih sayang, serta dukungan baik secara moral maupun finansial.
14. Kepada abang dan kakak saya Dr. H. Khairul Saleh MM, Lini Marlina, Eva Agustina, Eddy Gunawan HS dan Lilis Suryani yang selalu memberikan nasehat-nasehat dan bantuan moril maupun finansial.
15. Buat teman dan sahabat seperjuangan Ridwan maniezz, Ray read aja, Wisnu brewok buncit, Ariadi tapir, Bowo jomblo, Mulki bucin serta rekan-rekan sipil B dan seluruh Mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2014 Universitas Islam Riau dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima Kasih atas segala bantuannya. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin...

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Pekanbaru, Juli 2020

Penulis

M. Dzaky Handayani
NPM.143110667

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI	xi
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Beton.	10
3.2 Perkerasan Kaku (<i>Rigit Pavement</i>).....	10
3.3 Kekuatan Beton	11
3.4 Material Pembentuk Beton.....	11
3.4.1 Semen <i>Portland</i>	11
3.4.2 Air.	13
3.4.3 Agregat.	14

3.4.4	Bahan Tambahan.....	16
3.5	Pemeriksaan Material dan Pengerjaan.....	17
3.5.1	Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar	17
3.5.2	Berat Isi Agregat Halus dan Agregat Kasar	18
3.5.3	Berat Jenis Penyerapan Air Agregat Halus dan Agregat Kasar.....	20
3.5.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar.....	24
3.5.5	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar.....	26
3.6	Perancangan Beton	27
3.7	Kelas dan Mutu Beton	28
3.8	Perencanaan Campuran Beton Dalam SNI 03-2834-2000	30
3.9	<i>Slump Test</i>	36
3.10	Perawatan Beton.....	37
3.11	Kuat Tekan Beton.....	38
3.12	Kuat Lentur Beton	42
3.13	Hubungan Antara Kuat tekan dan Kuat Lentur Beton.....	44
BAB IV METODE PENELITIAN.....		45
4.1	Umum	45
4.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	45
4.3	Bahan Penelitian	45
4.4	Peralatan Penelitian.....	47
4.5	Tahap Pelaksanaan Penelitian	55
4.6	Analisa Data	58
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		61
5.1	Hasil Pemeriksaan Material Benda Uji.....	61
5.1.1	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus.....	63
5.1.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar.....	64

5.1.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material.....	64
5.1.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur	65
5.1.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Air	65
5.1.6 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Material.....	66
5.2 Hasil Pemeriksaan Campuran Beton	66
5.3 Hasil dan Analisa Nilai <i>Slump</i> Beton	69
5.4 Hasil Analisa Pengujian Beton.....	70
5.4.1 Kuat Tekan.....	70
5.4.2 Kuat Lentur.....	72
5.5 Hasil Komparasi Peneliti dengan Peneliti Terdahulu.....	73
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
6.1 Kesimpulan.....	77
6.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN A.....	A-1
LAMPIRAN B.....	B-1
LAMPIRAN KUMPULAN SURAT-SURAT	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Gradasi Agregat Halus	14
Tabel 3.2	Gradasi Agregat Kasar	15
Tabel 3.3	Persyaratan Pengujian Agregat Halus	15
Tabel 3.4	Persyaratan Pengujian Agregat Kasar	16
Tabel 3.5	Pedoman Awal Untuk Perkiraan Proporsi Takaran Campuran	28
Tabel 3.6	Mutu Beton dan Penggunaan.....	29
Tabel 3.7	Nilai Devisi Standar Untuk Indikasi Tingkat Pengendalian Mutu Beton	31
Tabel 3.8	Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton Dengan Fakta Air Semen 0,5 Dan Agregat Kasar Yang Bisa Dipakai Di Indonesia	35
Tabel 3.9	Nilai Slump Untuk Pekerjaan Beton	36
Tabel 3.10	Beberapa Jenis Kuat Tekan Beton	39
Tabel 4.1	Jumlah Benda Uji.....	58
Tabel 5.1	Hasil Persentase Lolos Agregat Halus	61
Tabel 5.2	Hasil Persentase Lolos Agregat Kasar Ukuran 2/3 Dan Agregat Kasar ukuran ½ Yang Dikombinasikan	63
Tabel 5.3	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Serta Penyerapan Material	64
Tabel 5.4	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat.....	65
Tabel 5.5	Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat	65
Tabel 5.6	Berat Berat Isi Agregat Halus Dan Berat Isi Agregat Kasar	66
Tabel 5.7	Proporsi Campuran Beton (<i>Mix Design</i>) Untuk Tiap M ³ Sebelum Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Dry</i>).....	67
Tabel 5.8	Proporsi Campuran Beton (<i>Mix Design</i>) Untuk 1 Kali adukan Sebelum Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Day</i>).....	67
Tabel 5.9	Proporsi Campuran Beton (<i>Mix Design</i>) Untuk 1 Kali adukan Sesudah Koreksi Kadar Air SSD (<i>Saturated Surface Day</i>).....	68
Tabel 5.10	Pencampuran Abu Batang Jagung Manis Sebagai Pengganti Sebagian Semen	68

Tabel 5.11	Nilai <i>Slump</i> Beton Dengan Campuran Abu Batang Jagung Manis	69
Tabel 5.12	Hasil Analisa Pengujian Kuat tekan Beton	71
Tabel 5.13	Hasil Analisa Pengujian Kuat Lentur Beton.....	72
Tabel 5.14	Perbedaan Bahan Tambahan, Berat Agregat dan Lokasi Pada Proporsi Campuran <i>Mix Design</i> Sesuai SNI 03-2834-2000.....	73
Tabel 5.15	Hasil Komparasi Nilai Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Semen Padang PCC.....	13
Gambar 3.2	Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Faktor Air Semen Benda Uji Kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm	35
Gambar 3.3	Compression Machine Test	42
Gambar 3.4	Sketsa Perletakan Pembebanan dan Patah diluar 1/3 Bentang Tengah.....	43
Gambar 3.5	Mesin Uji Kuat Lentur	43
Gambar 4.1	Agregat Kasar dan Halus.....	46
Gambar 4.2	Semen Padang.....	46
Gambar 4.3	Abu Batang Jagung Manis.....	47
Gambar 4.4	Cawan Alumunium	47
Gambar 4.5	Saringan.....	48
Gambar 4.6	Timbangan Manual	48
Gambar 4.7	Timbangan Digital	48
Gambar 4.8	Picnometer	49
Gambar 4.9	Kerucut Terpancung	49
Gambar 4.10	Wadah Besi	50
Gambar 4.11	Oven.....	50
Gambar 4.12	Mesin Pengaduk Beton (Molen)	50
Gambar 4.13	Batang Besi.....	51
Gambar 4.14	Kerucut Alat Uji <i>Slump</i>	51
Gambar 4.15	Penggaris Besi	52
Gambar 4.16	Palu	52
Gambar 4.17	Cetakan Beton Kubus dan Balok	52
Gambar 4.18	Mesin Getar	53
Gambar 4.19	Mesin Kuat Tekan Beton	53
Gambar 4.20	Mesin Kuat Lentur Beton	54
Gambar 4.21	Bak Perendam	54
Gambar 4.22	Drum Besi.....	54

Gambar 4.23	Bagan Alir Penelitian	57
Gambar 4.24	Pembuatan Beton dan Cetakan Benda uji dibuka	59
Gambar 4.25	Perendaman dan Pengeringan Beton.....	59
Gambar 4.26	Mesin Kuat Tekan.....	60
Gambar 4.27	Alat Uji Kuat Lentur	60
Gambar 5.1	Grafik Persentase Lolos Agregat Halus Zona II	62
Gambar 5.2	Grafik Persentase Lolos Agregat Kasar Terhadap Ukuran Saringan Dengan Batas gradasi Untuk Besar Butiran Maksimum 40 mm	63
Gambar 5.3	Grafik Hubungan Persentase Abu Batang Jagung Manis Terhadap Nilai <i>slump</i>	70
Gambar 5.4	Grafik Hasil Kuat Tekan Benda Uji Kubus Terhadap Mutu Rencana.....	71
Gambar 5.5	Grafik Hasil Kuat Lentur Benda Uji Balok Terhadap Mutu Rencana.....	72

DAFTAR NOTASI

<i>A</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan (ltr/m ³)
<i>A</i>	= Luas penampang benda uji, mm ²
<i>A_h</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus (liter/m ³)
<i>A_k</i>	= Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasar (liter/m ³)
<i>B</i>	= Jumlah air (Kg/m ³)
<i>b</i>	= lebar tampang lintang patah arah horizontal (cm)
<i>BA</i>	= Berat benda uji kering oven (gram)
<i>BJ</i>	= Berat benda uji kering permukaan jenuh SSD (gram)
<i>BK</i>	= Berat benda uji didalam air (gram)
<i>BT</i>	= Berat pikno + benda uji SSD + air (250°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>Dk</i>	= Kandungan air dalam agregat kasar (%)
<i>F.A.S</i>	= Faktor air seman
<i>f_c'</i>	= Kuat tekan beton (MPa)
<i>f_c'_k</i>	= Kuat tekan beton karakteristik (MPa)
<i>f_s</i>	= kuat lentur beton (MPa)
<i>h</i>	= lebar tampang lintang patah arah vertikal (cm)
<i>L</i>	= Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (cm)
<i>Mpa</i>	= Mega pascal (1 MPa = 10 Kg/cm ³)
<i>n</i>	= Jumlah benda uji
<i>N/mm²</i>	= Newton/mm ² (1 N/mm ² = 1 MPa)
<i>P</i>	= Beban aksial yang bekerja (N)
<i>p</i>	= Beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (kg)
<i>P</i>	= Besar beban maksimum, N
<i>S</i>	= Standar deviasi (MPa)

SNI = Standar nasional indonesia

SSD = Koreksi kadar air (*Saturated surface dry*)

Wc = berat isi beton



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU BATANG JAGUNG MANIS SEBAGAI
PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN UNTUK CAMPURAN BETON TERHADAP
KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR BETON MUTU TINGGI**

M. DZAKY HANDAYANI

NPM : 143110667

ABSTRAK

Beton merupakan bahan utama dalam jasa konstruksi penyusunnya yang terdiri dari bahan semen portland, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah. Struktur beton salah satunya digunakan pada perkerasan kaku. Perkerasan kaku selalu menggunakan beton mutu tinggi yang memerlukan kebutuhan semen lebih banyak dari pada beton normal maka diperlukan bahan tambahan. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi penggunaan semen sebagai bahan campuran beton dengan penggunaan abu batang jagung manis yang sama-sama mempunyai senyawa kimia, tujuannya untuk mengetahui pengaruh kuat tekan dan kuat lentur pada beton untuk mengetahui kadar optimum abu batang jagung manis terhadap campuran beton.

Abu batang jagung manis sebagai pengganti sebagian semen menggunakan persentase campuran 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9% terhadap pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton selama 28 hari. Pada penelitian ini menggunakan SNI 03-2834-2000 untuk mix desain beton dengan benda uji berupa kubus ukuran (15x15x15cm) dan balok (15x15x60cm).

Berdasarkan penelitian, pengaruh penggunaan abu batang jagung manis untuk kuat tekan dan kuat lentur beton umur perawatan 28 hari mampu menaikkan nilai kuat tekan dan kuat lentur, namun penggunaan abu batang jagung manis juga berpengaruh kepada nilai slump beton. Semakin banyak penggunaan abu batang jagung manis maka nilai slump semakin menurun. Kadar nilai optimum penggunaan abu batang jagung manis untuk kuat tekan kubus pada umur perawatan 28 hari yaitu pada kadar 7% sebesar 462,4 Kg/cm². Untuk kuat lentur balok pada umur perawatan 28 hari nilai optimum yaitu pada kadar 7% sebesar 4,67 Mpa. Namun semua tetap masuk dengan mutu yang direncanakan kuat tekan K-450 dan kuat lentur f_c 37, f_s 4,5 Mpa.

Kata Kunci : Beton, Abu Batang Jagung Manis, Kuat Tekan, Kuat Lentur, SNI 03-2834-2000.

EFFECT OF ADDITION OF SWEET CORN ASH AS A PART OF CEMENT FOR CONCRETE MIXTURE ON PRESSURE STRENGTH AND HIGH-QUALITY CONCRETE STRENGTH

M. DZAKY HANDAYANI

NPM : 143110667

ABSTRACT

Concrete is the main ingredient in construction services consisting of Portland cement, coarse aggregate, fine aggregate, water and added materials. One of the concrete structures used on rigid pavement. Rigid pavement always uses high strength concrete which requires more cement than normal concrete, so additional materials are needed. This research was conducted to reduce the use of cement as a mixture of concrete by using ashes of sweet corn stalks which both have chemical, , the aim is to determine the effect of compressive strength and flexural strength in concrete to determine the optimum content of sweet corn stem ash on the concrete mixture.

Sweet corn stalk ash as a partial substitute for cement using a mixture percentage of 0%, 3%, 5%, 7%, and 9% on the compressive strength and flexural strength test of concrete for 28 days. In this study, SNI 03-2834-2000 was used to mix concrete designs with specimens in the form of size cubes (15x15x15cm) and blocks (15x15x60cm).

Based on the research, the effect of using sweet corn stem ash for compressive strength and flexural strength of concrete with 28 days of treatment was able to increase the compressive strength and flexural strength, but the use of sweet corn stem ash also had an effect on the slump value of concrete. The more the use of sweet corn stem ash, the lower the slump value. The optimum value of the use of sweet corn stem ash for the compressive strength of the cubes at 28 days of treatment is at 7% content of 462.4 Kg / cm². For the flexural strength of the beam at 28 days of treatment, the optimum value is 7% content of 4.67 MPa. However, all are still included with the planned quality of compressive strength of K-450 and flexural strength of fs 4.5 Mpa.

Keywords: Sweet Corn Stem Ash, Concrete, Flexural Strength, Compressive Strength, SNI 03-2834-2000.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan gabungan bahan yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, air dan semen sebagai bahan pengikat untuk pengisi antara agregat kasar dan halus ditambahkan bahan *additive* atau *admixture* bila diperlukan. Beton sangat erat kaitannya dalam berbagai aspek dikehidupan manusia, salah satunya dalam bidang kontruksi pembangunan jalan, jembatan, lapangan terbang dll. Seiring meningkatnya perindustrian di provinsi riau maka pembangunan jalan untuk menghubungkan satu daerah ke daerah lainnya terus bertambah dan berkembang. Jalan merupakan infrastruktur utama yang harus ditingkatkan untuk berbagai keperluan transportasi barang dan jasa. Pertumbuhan sarana transportasi sangat tinggi sehingga mengakibatkan kenaikan beban pada kendaraan yang melintas dipermukaan jalan, pembebanan kendaraan yang berulang menimbulkan kerusakan jalan yang sering terjadi. Kontruksi perkerasan jalan salah satunya adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah suatu perkerasan jalan yang terdiri atas plat beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah diatas tanah dasar. Adapun kendala yang terjadi kekuatan beton dalam menahan tarik relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan kekuatan beton dalam menahan tekan, akan tetapi kekuatan tarik beton mutu tinggi relatif lebih besar. Perkerasan kaku pada dasarnya menggunakan beton dengan mutu lebih tinggi dimana faktor yang mempengaruhi keberhasilan pembuatan beton mutu tinggi adalah faktor air semen, kualitas agregat kasar, agregat halus dan semen.

Semen merupakan bahan perekat material penyusun beton seperti agregat kasar dan agregat halus yang digabungkan dengan air. Semen memiliki senyawa yaitu kapur (CaO) dekitar 60%-65%, silika (SiO_2) sekitar 20%-25%, dan oksida besi serta alumina (FeO_3 dan Al_2O_3) sekitar 7%-12% (Mulyono, 2004). Untuk menaikkan mutu beton salah satunya menaikkan kadar semen dimana semakin tinggi kadar semen maka pengeluaran biaya semakin mahal oleh karena itu

diperlukan bahan tambah alternatif yang dapat digunakan dalam pembuatan beton untuk mengurangi penggunaan semen.

Diprovinsi riau juga memiliki kawasan perkebunan salah satunya perkebunan jagung. Dari perkebunan tersebut petani hanya memanfaatkan jagung sedangkan batang dan daun jagung dimanfaatkan untuk makanan ternak dan selebihnya menjadi limbah. Berdasarkan Adesanya and Raheem (2009), Abu batang jagung memiliki kadar silika oksida lebih dari 60%. Dari perkebunan tersebut petani hanya memanfaatkan jagung sedangkan batang dan daun jagung dimanfaatkan untuk makanan ternak dan selebihnya menjadi limbah Oleh karena itu pada penelitian ini tertarik melakukan penelitian untuk pencampuran abu batang jagung dengan semen pada komposisi campuran beton. Abu batang jagung bisa didapatkan dari hasil pembakaran batang jagung yang telah selesai dipanen, batang jagung tersebut dikeringkan kemudian dibakar sampai menjadi abu, proses tersebut bisa memerlukan beberapa hari untuk menghasilkan abu batang jagung. Bertujuan penambahkan abu batang jagung diharapkan dapat mengurangi penggunaan semen.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Perdana T (2019), menggunakan abu batang jagung dengan persentase campuran 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dengan bahan tambahan 0,25% bahan additive sikament NN Menggunakan sampel benda uji beton (silinder) dengan umur perawatan 28 hari untuk mencari kuat tekan beton mutu rendah ($f_c' 20 \text{ Mpa}$). Dari hasil penelitian ini, penggunaan abu batang jagung sebagai pengganti semen pada komposisi 8% kuat tekan yang didapat sebesar 20,8 Mpa adalah nilai kuat tekan maksimal namun pada persentase campuran 10% kuat tekan yang didapat 18,2% Mpa terjadi penurunan.

Dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Perdana T (2019), pada penelitian ini tertarik dan ingin mengembangkan penelitian tersebut untuk mencari batas maksimum kadar abu batang jagung dengan komposisi campuran berbeda yaitu 3%, 5%, 7%, dan 9%. dengan umur perawatan beton 28 hari. Dalam penelitian ini dilakukan uji kuat tekan beton (kubus) dan kuat lentur beton (balok) mutu tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh pemakaian abu batang jagung manis dengan menggunakan komposisi campuran 3% 5%, 7%, dan 9% sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton mutu tinggi selama 28 hari ?
2. Berapakah kadar presentase abu batang jagung yang mencapai nilai optimum untuk kuat tekan dan kuat lentur beton dengan penambahan abu batang jagung manis sebagai pengganti sebagian semen?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui :

1. Untuk mengetahui pengaruh pemakaian abu batang jagung manis dengan menggunakan komposisi campuran 3%, 5%, 7%, dan 9% sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat lentur beton mutu tinggi selama 28 hari.
2. Untuk mengetahui kadar presentase abu batang jagung manis yang mencapai nilai optimum untuk kuat tekan dan kuat lentur beton dengan penambahan abu batang jagung manis sebagai pengganti sebagian semen.

1.4 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan dan Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
2. komposisi persentase campuran abu batang jagung manis 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9%. dengan menggunakan uji kuat tekan beton (kubus) dan kuat lentur beton (balok) mutu tinggi selama 28 hari.
3. Mutu yang direncanakan K-450. Kuat lentur rencana $f_s = 45 \text{ kg/cm}^2$ (4,5 Mpa).
4. faktor air semen (F.A.S) yang digunakan adalah 0,35.

5. Metode rancangan *mix desain* beton adalah SNI 03-2847-2000, Pengujian kuat lentur sesuai SNI 4431-2011.
6. Semen yang digunakan adalah semen PCC dar PT Semen Padang.
7. Agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu belah) yang digunakan dari PT. RIAU MAS BERSAUDARA (RMB), Kampar, berasal dari Pangkalan Sumatera Barat.
8. Penelitian yang dilakukan meliputi kuat tekan, kuat lentur dan nilai optimum beton mutu tinggi.
9. Benda uji dibuat dengan cetakan kubus (P =15 cm, L = 15 cm, T = 15 cm) dan balok (P = 15cm, lebar 15 cm, dan T = 60 cm).
10. Limbah batang jagung yang digunakan yaitu jagung manis
11. Khusus untuk semen pada penelitian ini tidak melakukan pemeriksaan material, karena semen yang dilakukan telah memenuhi syarat dan telah dilakukan pengujian kimia oleh PT. Semen Padang.
12. Penelitian tidak membahas kandungan zat kimia batang jagung manis.
13. Untuk pencampuran agregat kasar $\frac{2}{3}$ sebesar 40%, agregat kasar $\frac{1}{2}$ sebesar 60%.
14. Untuk pencampuran agregat halus dan kasar yaitu 33% agregat halus dan 67% agregat kasar.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Definisi beton menurut SNI 03-2847-2002 adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat. Beton dikatakan berkualitas baik bila memenuhi dua kriteria keadaan, yaitu keadaan sudah mengeras dan keadaan saat masih merupakan campuran segar. Keadaan beton mengeras terkait dengan sifat-sifat mekanisnya, seperti kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, permeabilitas. Ketahanan terhadap sulfat, ketahanan terhadap abrasi, durabilitas dan sebagainya. Sedangkan keadaan beton segar terkait dengan masalah workabilitas, waktu ikat yang berpengaruh pada saat pengangkutan dan homogenitas beton.

Berdasarkan tinjauan pustaka ini berisikan uraian hasil dari penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu yang berhubungan dengan campuran beton. Beberapa penelitian ini mempunyai kesamaan dan perbedaan dalam segi material dan komposisi atau campuran beton.

2.2 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa pedoman referensi yang berkaitan dengan judul penelitian yaitu sebagai berikut :

Kurniasih, dkk (2020), telah melakukan penelitian yang berjudul “*Studi Kuat Tekan, Porositas dan Permeabilitas Dengan Penambahan Abu Arang Kayu Karet Terhadap Beton Porous*”. Tujuan penelitian ini menentukan pengaruh penambahan abu arang kayu karet sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen terhadap kuat tekan, permeabilitas dan porositas. Penelitian ini menggunakan 30 sampel dengan umur pengujian beton porous 28 hari dan dimensi benda uji silinder 15 cm x 30 cm. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan persentase penambahan abu arang kayu karet terhadap berat semen 0% adalah 4,14 Mpa, persentase 5% adalah 4,23 Mpa, persentase 10% adalah 5,10

Mpa, persentase 15% adalah 4,52 Mpa, dan persentase 20 % adalah 4,43 Mpa. Nilai kuat tekan beton porous dapat memenuhi syarat menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R – 10. Porositas pada persentase penambahan abu arang kayu karet terhadap berat semen 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% telah memenuhi persyaratan menurut ACI 522R -10. Dan untuk permeabilitas beton porous dengan persentase penambahan abu arang kayu karet terhadap berat semen 0%, 5%, 10% dan 15% telah memenuhi syarat berdasarkan NRMCA,2011 dan ACI 522R -10, sedangkan persentase penambahan abu arang kayu karet 20% terhadap berat semen melewati persyarat permeabilitas. Sehingga penggunaan abu arang kayu karet efektif sampai dengan persentase 10% karena mengalami kenaikan dan kemudian mengalami penurunan hingga persentase 20%. Namun, untuk porositas dan permeabilitas mengalami penurunan.

Rozana, dkk (2019), telah melakukan penelitian yang berjudul “*Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Uji Kuat Tekan Beton*”. Tujuan penelitian ini mengetahui keefektifan penggunaan pecahan cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% dan 100%. Penelitian ini menggunakan mix desain SNI 03 2834-2000 dengan benda uji silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm umur perawatan 28 hari. Hasil dari penelitian ini kuat tekan beton dengan substitusi pecahan cangkang kerang terhadap agregat halus dari 0% hingga 40% mengalami kenaikan. Sedangkan pada persentase 50% dan 60% memenuhi kuat tekan rencana yaitu sebesar 20 MPa. Nilai kuat tekan beton tertinggi terdapat pada persentase pecahan cangkang 40% dan terendah pada persentase 100%. Penggunaan pecahan cangkang kerasng sebagai substitusi agregat halus efektif digunakan sebagai campuran beton dengan persentase 0%, 10%, 20%, 40%, 50% dan 60% karena memenuhi kuat tekan rencana yaitu sebesar 20 MPa. Namun pada persentase 70% dan 100% pecahan cangkang tidak efektif digunakan pada campuran beton dikarenakan kuat tekan beton yang dipakai tidak memenuhi kuat tekan rencana sebesar 20 MPa.

Herianto, dkk (2019), telah melakukan penelitian yang berjudul “*Pengaruh Air Rendaman Terhadap Kuat Tekan Beton*”. Dalam penelitian ini,

mengetahui pengaruh air rendaman terhadap kuat tekan. Sementara sebagai perendam digunakan air laut, air sungai, air gambut, air hujan dan air bersih. Benda uji berupa silinder ukuran (150 mm x 300 mm), benda uji dirawat dan diuji pada umur 7 dan 28 hari. Analisis kuat tekan beton dilakukan dengan SNI 03-2834-2000. Berdasarkan penelitian pengaruh jenis air rendaman terhadap kuat tekan beton, hasil kuat tekan beton selama umur 7 hari perawatan beton dengan direndam di dalam air bersih didapat kuat tekan beton sebesar 13,66 MPa, untuk perawatan beton di dalam air gambut sebesar 13,28 MPa, untuk perawatan beton di dalam air hujan sebesar 12,22 MPa, untuk perawatan beton di dalam air laut sebesar 11,44 MPa dan untuk perawatan beton dengan direndam di dalam air sungai sebesar 12,99 Mpa. Hasil kuat tekan beton umur 28 hari perawatan beton dengan direndam di dalam air bersih didapat kuat tekan beton sebesar 22,32 MPa, untuk perawatan beton di dalam air gambut sebesar 17,89 MPa, untuk perawatan beton di dalam air hujan sebesar 16,16 MPa, untuk perawatan beton di dalam air laut sebesar 15,39 MPa dan untuk perawatan beton dengan direndam di dalam air sungai sebesar 17,41 Mpa. Untuk umur 7 hari pada nilai kuat tekan beton yang direndam di dalam air sungai dan air gambut memiliki perbedaan yang tidak jauh dari kuat tekan beton yang direndam didalam air bersih. Namun, pada umur 28 hari, nilai kuat tekan beton yang direndam di dalam air sungai dan gambut memiliki perbedaan yang signifikan dari nilai kuat tekan beton yang direndam di dalam air bersih. Sedangkan beton yang direndam di dalam air laut dan air hujan pada umur 7 hari sudah memili perbedaan yang signifikan dan lebih signifikan lagi saat umur 28 hari.

Perdana, dkk (2019), telah melakukan penelitian yang berjudul "*Pemanfaatan Penambahan Abu Batang Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Campuran Beton*". Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penambahan abu Batang jagung terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Abu batang jagung yang digunakan sebagai pengganti semen, dengan komposisi campuran 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Penelitian ini menggunakan SNI 03-2834-2000 untuk mix design beton dengan tambahan 0,25% bahan addictive sikament NN. Benda uji berupa silinder ukuran (150 mm x 300 mm) benda uji dirawat pada umur 28

hari. Hasil dari penelitian nilai tekan tertinggi pada 8% yaitu 20,8 Mpa dan 20,4 Mpa, kuat tekan pada 10% mengalami penurunan yaitu 18,2 Mpa dan 18,4 Mpa. Nilai modulus elastisitas tertinggi pada 8% yaitu 21656,14 Mpa dan 21607,52 Mpa. Nilai modulus elastisitas 10% mengalami penurunan 20366,28 Mpa dan 20569,59 Mpa. Berdasarkan penelitian abu batang jagung tidak dapat mengganti peranan semen dalam kontruksi berat, akan tetapi abu batang jagung dapat digunakan pengganti semen pada kontruksi beton ringan.

Suryani, dkk (2018), telah melakukan penelitian yang berjudul “Kolerasi kuat lentur beton dengan kuat tekan beton” Penelitian ini menggunakan metode *Departemen of Environment (DoE)* dalam SNI 03-2834-2000 untuk *mix design* beton. Perencanaan mutu beton K-500 dan kuat lentur rencana $f_s = 45 \text{ kg/cm}^2$ (4,4 MPa). Tujuan penelitian ini dengan penggunaan bahan tambah *superplaticizer* 0,5% merk *TanCem* 20 RA dengan benda uji balok, silinder, dan kubus, dengan *slump* rencana 30-60 mm. Hasil penelitian bahwa pada perawatan 14 dan 28 hari diperoleh hasil pengaruh terhadap beton tanpa *superplaticizer* 0,5% dengan beton penggunaan bahan tambahan *superplaticizer* 0,5% terjadi peningkatan pada perawatan 14 hari dengan benda uji balok sebesar 3,26% dan kubus sebesar 22,25%. Peningkatan pada perawatan 28 hari benda uji balok sebesar 3,36%, silinder sebesar 8,09% dan kubus sebesar 7,56%. Terjadi penurunan pada perawatan 14 hari dengan benda uji silinder sebesar 3,21%. Hasil korelasi kuat lentur dengan kuat tekan beton benda uji balok dan silinder, dari hasil mendapatkan nilai korelasi pada perawatan 14 hari tanpa dan dengan tambahan zat addiktif *superplaticizer* 0,5% didapat persamaan bahwa $f_s = K\sqrt{f'_c}$: nilai K sebesar 0,96 dan 0,87, sedangkan pada perawatan 28 hari tanpa dan dengan tambahan zat addiktif *superplaticizer* 0,5% didapat persamaan bahwa $f_s = K\sqrt{f'_c}$: nilai K sebesar 0,86 dan 0,99, maka dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini nilai korelasi kuat lentur beton dengan kuat tekan beton bahwa berhubungan sangat kuat yang mana nilai koefisien korelasi di antara 0,80 sampai 1,00.

2.3 Keaslian Penelitian

Begitu banyak penelitian terdahulu yang membuat pengaruh kuat tekan dan kuat lentur beton dengan berbagai campuran komposisi beton. Pada penelitian ini menggunakan abu batang jagung manis sebagai pengganti sebagian semen untuk campuran beton dengan komposisi campuran 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% melakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur dengan beton mutu tinggi yang di rencanakan kuat tekan K-450, dengan kuat lentur rencana $f_s = 45 \text{ kg/cm}^2$ (4,5 MPa). *Mix desain* sesuai SNI 03-2834-2000 dan pengujian kuat lentur sesuai SNI 4431-2011. Menggunakan umur perawatan 28 hari. Semen yang digunakan merk semen yaitu Semen Padang. Material yang penelitian gunakan Agregat halus dan agregat kasar yang berasal dari daerah Pangkalan Sumatera Barat yang di ambil di PT. RIAU MAS BERSAUDARA (RMB) , Kampar. dengan bahan tambahan abu batang jagung manis. Maka penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Definisi berdasarkan SNI 2847-2013, beton didefinisikan dari bahan campuran dari penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan ($f'c$) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk jenis struktur terutama struktur bangunan jembatan dan jalan.

Kelebihan beton yaitu dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperature yang tinggi, biaya pemeliharaan yang kecil (Mulyono, 2004).

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi akan tetapi lemah terhadap kuat tarik. Kekurangan beton yaitu bentuk yang telah dibuat sulit diubah, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi, berat, daya pantul suara yang besar (Mulyono, 2004).

Beton mutu tinggi menurut Pd T-07-2005-B mempunyai kekuatan antara 35-65 MPa (K400-K800) umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.

3.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan jalan beton semen *portland* atau lebih sering disebut perkerasan kaku atau juga disebut *rigid pavement*, terdiri dari plat beton semen portland dan lapisan pondasi (bisa juga tidak ada) diatas tanah dasar. Perkerasan jalan yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas, sehingga bagian terbesar dari dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari slab beton sendiri (Suryawan, 2016).

Keunggulan dari perkerasan kaku dibanding perkerasan lentur (*asphalt*) adalah bagaimana distribusi beban disalurkan ke *subgrade*. Perkerasan kaku karena mempunyai kekakuan (*stiffnes*), akan mendistribusikan beban pada daerah yang relatif luas pada *subgrade*, beton sendiri bagian utama yang menanggung beban struktural, sedangkan perkerasan lentur karena dibuat dari material yang kurang kaku, maka persebaran beton yang dilakukan tidak sebaik pada beton, sehingga memerlukan ketebalan yang lebih besar (Tenriajeng, 1999).

3.3 Kekuatan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Kuat tekan beton diawali oleh tegangan maksimum pada saat beton telah mencapai umur 28 hari. Beton yang dirancang harus memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata, yang memenuhi syarat berdasarkan data deviasi standar hasil uji kuat tekan untuk kondisi dan jenis konstruksi yang tertahan disaringan nomor empat disebut dengan agregat kasar dan yang butirnya lebih kecil dari 4,75 mm atau yang lolos dari saringan nomor empat disebut agregat halus.

Kuat Lentur adalah Kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya, sampai benda uji patah, dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya per satuan luas sesuai SNI 4431-2011.

3.4 Material Pembuatan Beton

Berikut ini akan diuraikan mengenai bahan-bahan pembuatan beton yang juga dipakai pada peneltian ini. Adapun material-material dalam pembuatan beton secara umum sebagai berikut.

3.4.1 Semen Portland

Semen yang digunakan untuk bahan beton adalah semen Portland, berupa semen hidrolis yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton. Dengan jenis semen tersebut diperlukan air guna berlangsungnya reaksi kimiawi pada

proses hidrasi. Pada proses hidrasi semen mengeras dan mengikat bahan susun beton membentuk masa padat. Semen portland yang pada awalnya ditemukan di dekat kota Dorset, Inggris, adalah bahan yang umumnya digunakan untuk keperluan tersebut (Dipohusodo, 1999). Semen Portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Bahan utama pembuatan semen Portland adalah kapur (CaO), silika (SiO_3), alumina (Al_2O_3), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksidasi besi, sedangkan gipsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2004).

Semen Portland yang dipakai harus memenuhi syarat dibagi menjadi 5 tipe sebagai berikut (Mulyono, 2004) :

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

Adapun beberapa jenis semen dari berbagai merk, pada penelitian ini semen yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Semen *portland composite cement* (PCC) dari PT semen padang

Semen ini dapat digunakan secara luas untuk konstruksi umum pada semua beton. Struktur jembatan, struktur bangunan bertingkat, struktur jalan beton, bahan bangunan, pra tekan dan pra cetak lebih mudah dikerjakan, suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak, lebih tahan terhadap sulfat, lebih kedap air dan permukaan acian lebih halus, Sungkar, Yasmin (2008). Harga untuk satuan semen padang (PCC) yang beredar didaerah pekanbaru, Riau sekitar 65rb – 70rb. Gambar semen padang (PCC) dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Semen padang PCC (Dokumentasi, 2019)

3.4.2 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 dapat digunakan sebagai air pengaduk pada beton. Pada penelitian ini peneliti menggunakan air yang ada pada laboratorium teknologi bahan dan beton. Adapun jenis-jenis air yang dapat digunakan untuk air pengaduk beton (Mulyono, 2004) adalah :

1. Air hujan, air hujan menyerap gas-gas serta uap dari udara pada saat jatuh 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 CO₂, H₂S dan NH₃.

3.4.3 Agregat

Agregat menurut SNI 03-2847 2002 menyebutkan, agregat adalah material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah sebagai hasil disintegrasi alami yang dihasilkan dari industri pemecah batu yang mempunyai butir terbesar 0,5 mm untuk agregat halus. Sedangkan agregat kasar mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai dengan 40 mm.

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.

Kekasaran pasir dapat dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar (zone I), agak kasar (zone II), agak halus (zone III), dan halus (zone IV), dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Gradasi agregat halus.

Ukuran ayakan (mm)	Persen berat butiran yang lolos ayakan (%)			
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone 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

Tabel 3.1 Gradasi agregat halus (Lanjutan)

0,6	15 – 34	35 -59	35 - 59	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

2. Agregat kasar

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

Adapun gradasi agregat kasar yang baik, sebaiknya masuk dalam batas batasan yang tercantum pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gradasi agregat kasar

Ukuran ayakan (mm)	Persen berat yang lewat ayakan (%)	
	Ukuran Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95 – 100	100
20	30 – 70	95 - 100
10	10 – 35	25 - 55
4,8	0 – 5	0 - 10

Sumber : SNI 03-2834-2000

Ukuran agregat dalam prakteknya secara umum digolongkan ke dalam 3 kelompok yaitu :

1. Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
3. Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Adapun untuk persyaratan pengujian agregat halus. dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Persyaratan pengujian agregat halus

No	Pengujian	Acuan	Nilai	Satuan
1	Gradasi butir	SK SNI S-04-1989-F	1,50 – 3,80	%

Tabel 3.3 Persyaratan pengujian agregat halus (Lanjutan)

2	Berat jenis dan penyerapan air	Tjokrodumuljo, 2007	2,5	-
3	Kadar air	Mulyono, 2004	1-2	%
4	Berat satuan	Tjokrodumuljo, 2007	1,50 – 1,80	gr/cm ³
5	Kandungan lumpur	SK SNI S-04-1989-F	< 5	%

Sumber : SNI 03-2834-1992

Adapun untuk persyaratan pengujian agregat kasar selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Persyaratan Pengujian Agregat Kasar

No	Pengujian	Acuan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis dan penyerapan air	Tjokrodumuljo, 2007	2,5-2,7	-
2	Kadar air	Tjokrodumuljo, 2007	< 1	%
3	Berat satuan	Tjokrodumuljo, 2007	1,50 – 1,80	gr/cm ³
4	Kandungan lumpur	SK SNI S-04-1989-F	< 1	%
5	Keausan agregat	Tjokrodumuljo, 2007	< 40	%

Sumber : SNI 03-2834-1992

3.3.4 Bahan Tambahan

Bahan mineral pembantu saat ini banyak ditambahkan ke dalam campuran beton dengan berbagai tujuan, antara lain untuk mengurangi pemakaian semen, mengurangi temperatur akibat reaksi hidrasi, mengurangi *bleeding* atau menambah kelecakan beton segar. Cara pemakaiannya pun berbeda-beda, sebagai bahan pengganti atau sebagai tambahan pada campuran untuk mengurangi pemakaian agregat (Antoni, 2007). Bahan tambahan merupakan bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya (Mulyono, 2004).

Abu batang jagung merupakan abu hasil pembakaran batang jagung yang lolos saringan No.200. Komponen tanaman jagung tua dan siap panen terdiri atas 38% biji, 7% tongkol, 12% kulit, 13% daun dan 30% batang. Jagung merupakan

salah satu tanaman yang memiliki limbah terbesar di Indonesia. Selain tongkol jagung, batang jagung juga merupakan limbah dari pertanian. Limbah tanaman jagung terutama berupa batang, daun, kulit, tongkol atau janggol mencapai 1,5 kali bobot biji artinya bahwa jika dihasilkan 8 ton biji per ha maka sekaligus diperoleh 12 ton limbah yang terbuat. Batang tanaman jagung tergolong padat, ketebalan batang jagung sekitar 2 – 4 cm tergantung pada varietasnya. Genetic memberikan pengaruh yang tinggi pada tanaman. Tinggi tanaman yang sangat bervariasi ini merupakan karakter yang sangat berpengaruh pada klasifikasi karakter tanaman jagung (Singh, dalam Ervina, 2013). Jagung merupakan tanaman yang memiliki kandungan silika. Tanaman jagung memiliki kadar silika 20,6 % yang melebihi unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S (Roesmarkam dan Yuwono, 2002).

3.5 Pengerjaan dan Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material merupakan untuk mendapatkan bahan campuran beton yang memenuhi persyaratan, sehingga beton yang dihasilkan nanti sesuai dengan mutu yang direncanakan (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016).

3.5.1 Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar

Metoda ini dilakukan untuk memeriksa pembagian butir agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan, tujuannya untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran peralatan dan langkah kerja sesuai (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016) sebagai berikut :

1. Peralatan yang digunakan
 - a. Timbangan
 - b. Oven
 - c. Cawan
 - d. Satu Set Saringan
 - e. Sikat
2. Langkah kerja

- a. Benda uji dimasukan kedalam cawan kemudian ditimbang dan oven selama 24 jam, setelah dioven dinginkan kemudian timbang lagi.
- b. Selanjutnya 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

Pada peneelitian ini menggunakan agregat kasar $\frac{1}{2}$ dan $\frac{2}{3}$, agregat halus pasir. Berat satuan atau berat isi adalah perbandingan antara berat dan volume termasuk rongga-rongga antara butir-butir pasir ataupun kerikil (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016). Kemudian dicari berat isi dari agregat tersebut.

1. Peralatan yang dipergunakan sebagai berikut :
 - a. Timbangan
 - b. Batang penusuk
 - c. Mistar perata
 - d. Wadah
2. Langkah kerja berat isi, yaitu :
 - a. Sediakan benda uji yang mewakili agregat dari lapangan.
 - b. Timbang dan catat berat wadah (W1).
 - c. Untuk agregat kasar masukkan benda uji berlahan, maksimum 5 cm diatas wadah dengan sendok lalu ratakan.
 - d. Untuk agregat halus masukkan benda uji kedalam wadah dengan tiga lapis yang sama tebalnya, setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan
 - e. Timbang dan catat wadah yang berisi benda uji (W2).

Berat isi agregat kasar dan halus dihitung dengan rumus-rumus (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016) sebagai berikut :

1. Berat bersih benda uji (W3) adalah sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat isi beton segar serta banyaknya semen per meter kubik beton. Untuk mencari berat isi benda uji dapat dilihat pada persamaan 3.1.

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

Dimana :
 W1 = Timbang dan catat berat wadah
 W2 = Timbang dan catat wadah yang berisi benda uji
 W3 = Berat bersih benda uji

2. Hitung berat isi padat (W4) adalah proses dimana udara pori-pori tanah dikeluarkan dengan mekanis. Setelah mendapatkan nilai berat bersih benda uji dilakukan perhitungan berat isi tempat atau padat dapat dilihat pada persamaan 3.2.

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

Dimana :
 d = diameter tempat / wadah
 r = jari- jari tempat / wadah
 t = tinggi wadah

3. Berat isi gembur (W5) adalah merupakan perbandingan antara berat material agregat kering dengan volume. Setelah mendapatkan nilai berat isi tempat dilakukan perhitungan dengan berat isi gembur dapat dilihat pada persamaan 3.3.

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

Dimana :
 W3 = Berat bersih benda uji
 W4 = Berat isi tempat
 W5 = Berat isi gembur

3.5.3 Berat Jenis Penyerapan Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pemeriksaan berat jenis penyerapan air untuk memeriksa berat jenis berat jenis permukaan jenuh, curah hujan, berat jenis dari semua agregat halus dan agregat kasar serta angka penyerapan dari agregat halus dan agregat kasar (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016).

1. Peralatan yang dipergunakan sebagai berikut :
 - a. Timbangan
 - b. Picnometer
 - c. Kerucut terpancung
 - d. Batang penusuk
 - e. Saringan no 4
 - f. Oven
2. Langkah-langkah pengerjaan berat jenis dibagi menjadi dua :
 - A. 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 25 derajat C (*B*)
 - e. Masukkan agregat 500gr 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 25 derajat C.
 - 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*).

Adapun untuk penjelasan dan rumus berat jenis (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016) sebagai berikut :

1. Berat jenis (*Bulk*) adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari satuan material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan. Untuk mencari berat jenis dapat dilihat pada persamaan 3.4.

$$\frac{BK}{(B+500-BT)} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana : BK = Setelah benda uji dingin lalu timbang.
 B = Berat Jenis.
 BT = Timbang picnometer yang berisi air dan benda uji

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated surface dry*) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Setelah mendapatkan hasil berat jenis dilakukan perhitungan dengan berat jenis permukaan jenuh pada persamaan 3.5.

$$\frac{BA}{(B+500-BT)} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana : B = Berat Jenis.
 BT = Timbang picnometer yang berisi air dan benda uji.

3. Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering agregat kering permukaan jenuh dan berat air sulung yang isinya sama dengan isi agregat didalamnya keadaan jenuh pada suhu tertentu. Setelah mendapatkan hasil berat jenis permukaan jenuh dilakukan perhitungan dengan berat jenis semu pada persamaan 3.6.

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

Dimana : BK = Setelah benda uji dingin lalu timbang.

B = Berat Jenis.

BT = Timbang picnometer yang berisi air dan benda uji.

4. Penyerapan air adalah dihitung dari banyaknya air yang mampu diserap oleh agregat pada kondisi jenuh permukaan kering atau *saturated surface dry* (SSD). Setelah mendapatkan hasil berat jenis semu dilakukan perhitungan dengan penyerapan air pada persamaan 3.7.

$$\frac{500 \times BK}{(BK)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana : BK = Setelah benda uji dingin lalu timbang

B. 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. Dinginkan benda uji, 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. Benda uji kering permukaan jenuh (BJ) ditimbang.
- g. benda uji diletakkan ke dalam keranjang, benda uji di guncang untuk mengeluarkan udara yang tersengkap kemudian tentukan beratnya didalam air (BA), dan ukur suhu air untuk menyesuaikan suhu standart.
- h. bahan campuran ada beberapa jenis yang mempunyai berat butiran yang berbeda, bahan ini memberikan berat yang tidak tetap Namun pemeriksaan harus berhati-hati.

Adapun untuk penjelasan dan rumus berat jenis (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2017) sebagai berikut :

1. Berat jenis (*Bulk*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada pada temperatur yang ditentukan. Untuk mencari berat jenis dapat dilihat pada persamaan 3.8.

$$\frac{BK}{(BJ-BA)} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana :

BK = Setelah benda uji dingin lalu timbang.

BA = berat benda uji dalam keranjang yang dimasukkan kedalam air.

BJ = Timbang benda uji kering permukaan jenuh.

2. Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated surface dry*) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Setelah mendapatkan hasil berat jenis dilakukan perhitungan dengan berat jenis permukaan jenuh pada persamaan 3.9.

$$\frac{BJ}{(BJ-BA)} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana :

BA = berat benda uji dalam keranjang yang dimasukkan kedalam air.

BJ = Timbang benda uji kering permukaan jenuh.

3. Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat kering agregat kering permukaan jenuh dan berat air sulung yang isinya sama dengan isi agregat didalamnya keadaan jenuh pada suhu tertentu. . Setelah mendapatkan hasil berat jenis permukaan jenuh dilakukan perhitungan dengan berat jenis semu pada persamaan 3.10.

$$\frac{BK}{(BK-BA)} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana :

BA = berat benda uji dalam keranjang yang dimasukan kedalam air.

BK = Setelah benda uji dingin lalu timbang.

4. Hitung penyerapan air adalah persentase berat air yang didapat diserap pori-pori terhadap berat agregat kering. Setelah mendapatkan hasil berat jenis semu dilakukan perhitungan dengan penyerapan air pada persamaan 3.11.

$$\frac{BJ-BK}{(BK)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.11)$$

Dimana :

BA = berat benda uji dalam keranjang yang dimasukan kedalam air.

BK = Setelah benda uji dingin lalu timbang.

3.5.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar lumpur sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 dengan cara dibersihkan (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2017).

1. Peralatan yang dipergunakan sebagai berikut :
 - a. Saringan No. 200 (0,075mm)
 - b. Cawan
 - c. Timbangan
 - d. Oven
2. Langkah pengerjaan
 - A. Langkah pengerjaan agregat halus, sebagai berikut :
 - 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).

Setelah langkah kerja dilakukan pada kadar lumpur agregat halus dengan persyaratan kadar lumpur penting di uji dan jumlah didalam agregat dibatasi yaitu < 5 %, kadar lumpur ialah merupakan cara menetapkan banyak kandungan lumpur (tanah atau debu) terutama dalam pasir secara teliti (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016). Untuk mencari kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada persamaan 3.12.

$$\frac{B1-B2}{(B1)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.12)$$

Dimana :

B1 : Berat benda uji setelah di oven (gr)

B2 : Berat tetap benda uji (gr)

B. Langkah pengerjaan agregat kasar, sebagai berikut :

- 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).

Setelah langkah kerja dilakukan perhitungan pada kadar lumpur agregat kasar dengan persyaratan kadar lumpur yang dikandung oleh suatu agregat penting di uji atau diketahui dan jumlahnya didalam agregat dibatasi yaitu < 1% , kadar lumpur ialah merupakan cara menetapkan banyak kandungan lumpur (tanah atau debu) terutama dalam pasir secara teliti (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016). Untuk mencari kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada persamaan 3.13.

$$\frac{B1-B2}{(B1)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.13)$$

Dimana : B1 : Berat benda uji setelah di oven (gr)

B2 : Berat tetap benda uji (gr)

3.5.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai kadar air yang terjadi dalam agregat halus dan agregat kasar saat dilapangan sehingga memenuhi prosedur yang harus dilaksanakan (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016).

1. Peralatan yang digunakan sebagai berikut :
 - a) Cawan
 - b) Oven
 - c) Timbangan
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 ujin tanpa cawan (W2).

Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi dalam agregat dalam pembuatan beton (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016). Setelah langkah kerja dilakukan perhitungan perhitungan kadar air dapat dilihat pada persamaan 3.14.

$$\frac{W1}{(W2)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.14)$$

Dimana :

W1 : Berat air (gr)

W2 : Berat agregat kering tanpa cawan (gr)

3.6 Perancangan Beton

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

Biasanya beton dirancang untuk mencapai :

1. Mudahnya pengerjaan (*workability*) adukan beton yang dalam praktek ditentukan dengan tingginya Slump
2. Kekuatan tekan (*Compressive Strength*) pada umur tertentu bagi beton yang sudah mengeras. Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen).
3. Keawetan (*Durability*) bagi beton yang sudah mengeras.

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 standart dan ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur beton tersebut (Mulyono, 2004).

Proses pembuatan rancangan campuran beton pada umumnya dibagi menjadi 2 tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan proporsi campuran beton yang tepat berdasarkan data tentang bahan baku yang digunakan.
2. Pembuatan beton dalam skala kecil sehingga (dalam penelitian ini menggunakan balok ukuran 15 x 15 x 60 cm dan kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm).

Sebagai pedoman awal untuk perkiraan proporsi takaran campuran dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Pedoman Awal Untuk Perkiraan Proporsi Takaran Campuran

Jenis beton	Mutu beton		Ukuran agregat maks. (mm)	Rasio air/semen maks terhadap berat	Kadar semen min. (kg/m ³) dari campuran
	(Mpa)	Kg/cm ²			
Mutu tinggi	50	K600	19	0,35	450
			37	0,40	395
			25	0,40	430
	45	K500	19	0,40	455
			37	0,425	370
			25	0,425	405
	38	K450	19	0,425	430
			37	0,45	350
			25	0,45	385
	35	K400	19	0,45	405
			37	0,475	335
			25	0,475	365
Mutu sedang	30	K350	19	0,475	385
			37	0,50	315
			25	0,50	345
	25	K300	19	0,50	365
			37	0,55	290
			25	0,55	315
	20	K250	19	0,55	355
			37	0,60	265
			25	0,60	290
Mutu rendah	15	K175	19	0,60	305
			37	0,70	225
			25	0,70	245
	10	K125	19	0,70	260
			37	0,70	260

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2005

3.7 Kelas dan Mutu Beton

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBBI 1971 N.I-2), dijelaskan bahwa kelas dan mutu beton dibagi menjadi tiga kelas yaitu :

1. Beton Kelas I

Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan nonstruktur. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan.

2. Beton Kelas II

Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan struktur secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu standar: B1, K125, K175, dan K225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan sedang terhadap mutu bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K125, K175, dan K225, pengawasan mutu terdiri dari pengawasan yang ketat terhadap mutu bahan dengan mengharuskan pemeriksaan kuat tekan beton secara kontinyu.

3. Beton Kelas III

Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kekuatan tekan karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm². Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara berkelanjutan.

Menurut Pd T-07-2005-B, mutu beton dikelompokkan sesuai dengan tabel

3.6.

Tabel 3.6 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	f_c' (MPa)	K (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu tinggi	35-65	K400 - K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.

Tabel 3.6 Mutu Beton dan Penggunaan (Lanjutan)

Mutu sedang	20 - <35	K250 - <K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 - <20	K175 - <K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton sikop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
Mutu rendah	10 - <15	K125 - K175	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

Sumber : Pd T-07-2005-B

3.8 Perencanaan Campuran Beton Dalam SNI 03-2834-2000

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

1. Perencanaan kuat tekan ($f'c$) yang diisyaratkan pada umur perawatan 28 hari. Beton yang direncanakan harus memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata ($f'c'r$).
2. Deviasi standar (S)

Deviasi alat ukur adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan (produksi) beton. Deviasi standar adalah identifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data dalam hal ini produksi beton. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masuk pada perencanaan campuran adukan beton. Rumus menghitung deviasi standar dalam SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada persamaan 3.15.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (3.15)$$

Dimana:

S = Deviasi standar (Penyimpangan pada beton)

X_i = Kekuatan tekan beton yang dipakai dari masing-masing benda uji

X = Kekuatan beton rata-rata

n = Jumlah benda uji hasil pemeriksaan

Berikut standar deviasi untuk mutu beton, dapat dilihat tabel 3.7.

Tabel 3.7 Nilai deviasi standar untuk indikasi tingkat pengendalian mutu beton

Deviasi Standaar (S)	Indeks Tingkat Pengendalian Mutu Beton
2.8	Sangat memuaskan
3.5	Memuaskan
4.2	Baik
5.6	Cukup
7.0	Jelek
8.4	Tanpa kendali

Sumber: Mulyono, 2004

3. Nilai Tambahan (*Margin*)

Nilai tambahan (*margin*) dalam SNI 03-2834-2000 dapat dihitung dengan persamaan 3.16.

$$M = K \times S \dots\dots\dots (3.16)$$

Dimana:

M = Nilai tambah margin (N/mm²)

K = 1,64 adalah ketetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase yang lebih rendah dari $f'c$. Dalam hal ini diambil 5%, sehingga nilai $k = 1,64$

S = Standar deviasi (N/mm²).

4. Perhitungan kuat tekan rata-rata ($f_c' r$) yang ditargetkan. Kuat tekan rata-rata direncanakan dalam SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada persamaan 3.17.

$$f_c' r = f_c' + M \dots\dots\dots(3.17)$$

Dimana:

- $f_c' r$ = Kuat tekan rata-rata (MPa)
 f_c' = Kuat tekan beton yang direncanakan (MPa)
 M = Nilai tambah atau Margin (MPa)

5. Menetapkan jenis semen *Portland* yang digunakan.
 6. Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan. Baik agregat halus maupun agregat kasar.
 7. Menentukan Faktor Air Semen (FAS)

Faktor Air Semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton (SNI 03-2834-2000). Faktor air merupakan salah satu faktor penting, karena air bereaksi dengan semen kemudian menjadi bahan pengikat pasta pada agregat. Faktor air semen sangat berpengaruh kepada nilai kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan nilai kuat tekan, beton mengalami bleeding. Air pada campuran beton akan berpengaruh kepada workability adukan beton, oleh sebab itu faktor air semen berperan untuk pengerasan beton yang baik.

Ditetapkan nilai faktor air semen dengan cara :

- a. Lihat gambar grafik 3.2 dibawah dan tentukan kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan data jenis semen berada di zona didapat pada penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1.
- b. Pada gambar grafik 3.2 dibawah, buatlah titik A dengan Fas = 0,5, tarik garis A ke titik 28 hari. Kemudian tarik garis melintang atau mendatar sesuai titik yang berada pada 28 hari, Maka di dapatkan nilai kuat tekan beton.

8. Penetapan Faktor Air Semen (FAS) maksimum

Penetapan ini berdasarkan jumlah semen minimum dengan faktor air semen maksimum untuk rancangan campuran beton.

9. Penetapan nilai *slump*.

Slump adalah salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut. *Slump* ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, ditetapkan dan diratakan (SNI 03-2834-2000).

10. Penetapan ukuran agregat maksimum.

11. Kadar air bebas

untuk menentukan kadar air bebas agregat gabungan yang berupa campuran antara campuran pasir alami dan kerikil (batu pecah) maka kadar air bebas harus diperhitungkan antara 160-190 kg/m³ (kalau slump 30-60 mm dan baris ukuran maksimum 30mm. Agregat campuran tak dipecah dan dipecah, dapat dihitung pada persamaan 3.18.

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \dots\dots\dots (3.18)$$

Dimana :

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

12. Menghitung jumlah semen dan langkah 7 Jumlah air/fas

13. Jumlah semen maksimum diabaikan apabila tidak ditetapkan.

14. Dari hasil pemeriksaan material lalu jumlah semen minimum ditentukan.

Berat semen yang dihasilkan harus lebih besar dari minimum kebutuhan.

15. Kemudian menentukan faktor air semen yang disesuaikan.

16. Tentukan sesuai dengan syarat SNI 03-2834-2000, jumlah butiran agregat halus.

17. Dari hasil nilai *slump*, faktor air semen dan besar nominal agregat maksimum maka ditentukan persentase agregat halus terhadap campuran

18. Perhitungan berat jenis relatif agregat

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

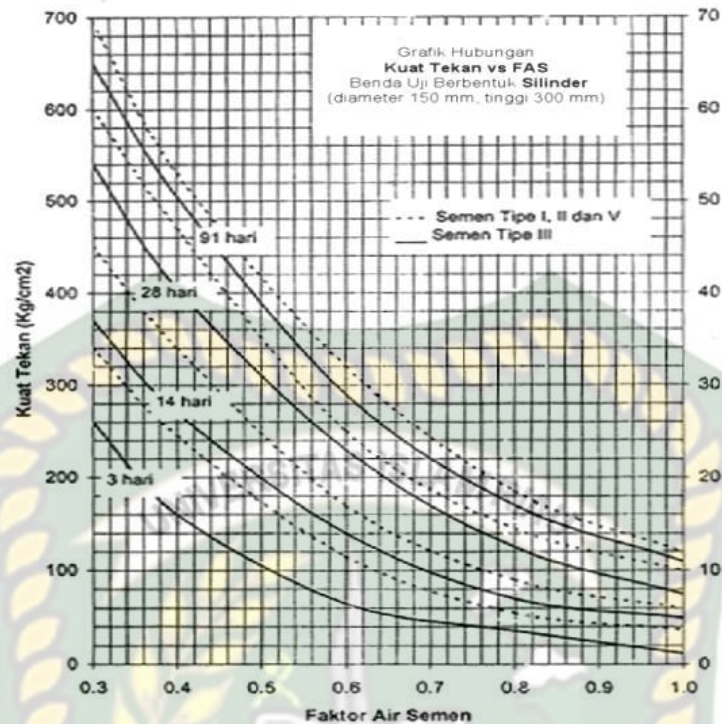
- 1) Diperoleh dari data hasil uji dapat dipakai nilai dibawah ini :
 - a. Agregat tak pecah : 2,5
 - b. Agregat dipecah : 2,6 atau 2,7
- 2) Berat jenis agregat gabungan (campuran) dapat dihitung pada persamaan 3.19.

$$\left(\frac{P}{100} \times BJ \text{ agregat halus}\right) + \left(\frac{K}{100} \times BJ \text{ agregat kasar}\right) \dots\dots\dots (3.19)$$

Dimana :

- P = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)
 K = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)
 BJ = Berat jenis agregat

19. Berdasarkan hasil dari jenis agregat gabungan dan nilai kadar air bebas, langkah 18, kemudian ditentukan berat jenis beton.
20. Berat jenis beton dikurangi dengan kadar semen dan kadar air, langkah 19-15-18, yaitu untuk menghitung kadar air gabungan.
21. Kadar agregat gabungan dikalikan persentase agregat halus dalam campuran, langkah 20-16 yaitu untuk menghitung agregat halus.
22. Kadar agregat gabungan dikurangi kadar agregat kasar, langkah 20 dan 21 yaitu untuk menghitung kadar agregat kasar.



Gambar 3.2 Hubungan antara kuat tekan beton dan faktor air semen benda uji kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm (SNI 03-2834-2000)

Tabel 3.8 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen 0,5 dan jenis agregat kasar.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland tipe 1 atau semen tahan sulfat tipe II dan IV	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	18	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	Kubus
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber: SNI 03-2834-2000

3.9 Slump Test

Uji *slump test* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa kental adukan beton yang akan diproduksi. Semakin rendah nilai slump menandakan semakin kental kondisi beton segar yang diproduksi, sebaliknya semakin besar hasil slump berarti semakin encer/cair kondisi beton, hal tersebut berkaitan dengan jumlah air yang dicampurkan pada adukan beton. Uji *slump* mengontrol mutu beton dengan cara mengetahui seberapa baik pencampuran adukan beton tersebut yang telah direncanakan. Dengan demikian produksi beton tidak boleh terlalu kental yang mengakibatkan beton berpori/berongga.

Standar nilai slump untuk pekerjaan beton menurut SNI 03-2834-2000, Dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Nilai *slump* untuk pekerjaan beton

Uraian	SLUMP (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisom dan kontruksi dibawah tahanan	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

Sumber : SNI 03-2834-2000

Langkah-langkah percobaan uji slump adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan alat yang dibutuhkan pengujian *slump*
2. Cetakan diletakkan pada bagian yang datar.
3. Bagi volume masing-masing menjadi 1/3 volume.
4. Tinggi lapisan 1/3 pertama ± 7 cm, tinggi lapisan kedua 9 cm, dan lapisan ketiga.
5. Masukkan beton segar secara bertahap.
6. Padatkan lapisan tersebut dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali.
7. Lakukan hal serupa untuk lapisan kedua dan ketiga.

8. Beton segar didiamkan selama beberapa detik setelah lapisan terakhir dikerjakan.
9. Angkat alat slump secara hati-hati, kerucut di balikkan posisi kemudian letakan alat slump disisi beton segar.
10. Baca selisih antara tinggi kerucut dengan tinggi adukan.
11. Jika terjadi kegagalan dimana hasil slump tidak sesuai persyaratan maka bisa diulang maksimal 3 kali.

3.10 Perawatan Beton (*curing*)

Perawatan beton adalah proses menjaga tingkat kelembapan dan temperatur mencegah hidrasi dan keretakan karena kehilangan air yang berlebihan. Karena hidrasi relative cepat pada hari-hari pertama, perawatan paling penting adalah pada umur mudanya.

Beberapa cara perawatan beton yang sering digunakan pada proses pengerasan adalah sebagai berikut (Supartono, 1997 dalam Suryani 2018) :

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 menghambat proses penguapan air pori dari dalam beton, disamping juga bisa mengurangi resiko timbulnya perbedaan temperatur yang menyolok antara bagian dalam beton dengan bagian luar beton. Beberapa material yang biasa digunakan untuk keperluan perawatan ini antara lain :

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

3.11 Kuat Tekan Beton (f_c')

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin (SNI 03-2834-2000). Kuat tekan beton diawali oleh tegangan maksimum pada saat beton telah mencapai umur 28 hari. Beton yang dirancang harus memenuhi persyaratan kuat tekan rata - rata, yang memenuhi syarat berdasarkan data deviasi standar hasil uji kuat tekan untuk kondisi dan jenis konstruksi yang sama.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dapat dikelompokkan menjadi dua bagian (Ghambir, 2005 dalam Suryani 2018) 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 3.10.

Tabel 3.10 Beberapa 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, dalam Suryani, 2018

Kuat tekan beton bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain faktor air semen, dan suhu perawatan. Makin tinggi faktor air semen makin lambat kenaikan kekuatannya, dan makin tinggi suhu perawatan makin cepat kenaikan kekuatannya (Tjokrodimuljo, dalam suryani, 2018).

Untuk perhitungan kuat tekan beton sesuai (SNI 03-2834-2000), dapat dihitung dengan rumus :

1. Kuat tekan ($f'c$)

Kuat tekan beton didapat melalui pengujian kuat tekan dengan memakai alat uji tekan. Pemberian beban tekan dilakukan bertahap dengan kecepatan beban tertentu atas uji beton. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung pada persamaan 3.20.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.20)$$

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 SNI 03-2834-2000, dapat dihitung pada persamaan 3.21.

$$f'c_r = \frac{\sum f'c}{n} \dots\dots\dots (3.21)$$

Dimana:

- $f'c$ = Kuat tekan benda uji (KN/mm²).
- $f'c_r$ = Kuat tekan rata-rata jumlah benda uji (KN/mm²).
- n = Jumlah benda uji.

3. Standar deviasi (S)

Deviasi alat ukur adalah alat ukur tingkat mutu pelaksanaan pembuatan (produksi) beton. Deviasi standar adalah identifikasi penyimpangan yang terjadi dalam kelompok data dalam hal ini produksi beton. Nilai S ini digunakan sebagai salah satu data masuk pada perencanaan campuran adukan beton. Rumus standar dalam SNI 03-2834-2000 dilihat pada persamaan 3.22.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f_{c'r})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3.22)$$

Dimana:

S = Standar deviasi.

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

$n-1$ = Jumlah benda uji.

$f_{c'r}$ = Kuat tekan beton rata-rata 28 hari

4. Kuat tekan karakteristik ($f_{c'k}$)

Kuat tekan karakteristis adalah kuat tekan beton yang diperoleh dari hasil pemeriksaan sejumlah benda uji, dimana kemungkinan adanya kuat tekan yang diperoleh dibawah nilai kuat tekan beton karakteristis terbatas sampai 5% saja. Dengan adanya kemungkinan didapat kuat tekan beton karakteristis ini, maka menghasilkan koefisien penyesuaian “k” sebesar 1,64, sehingga menghitung kuat tekan beton karakteristis dalam SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada persamaan 3.23.

$$f_{c'k} = f_{c'r} - (1,64 \times S) \dots\dots\dots(3.23)$$

Dimana:

$f_{c'k}$ = Kuat tekan karakterisrik beton

$f_{c'r}$ = Kuat tekan beton rata-rata estimasi 28 hari.

S = Standar deviasi.

Kuat tekan karakteristis yang diperoleh harus lebih atau sama dengan kuat tekan karakteristis yang direncanakan atau ($f_{c'} \geq f_{c'k}$) (Dipohusodo, dalam Suryani, 2018).

Alat pengujian kuat tekan pada penelitian adalah *Compression Machine Test* bisa dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *Compression Machine Test* (Dokumentasi, 2019)

3.12 Kuat Lentur Beton

Kekuatan elemen (penampang) yang mengalami lentur tergantung pada distribusi material pada penampang, juga jenis materialnya. Sebagai respon (reaksi) atas adanya lentur yang bekerja pada penampang struktur maka penampang akan memberikan gaya perlawanan (aksi) untuk mengimbangi gaya tarik dan tekan yang terjadi pada penampang. (Mulyono, 2004). Dengan demikian kuat tekan lentur dapat didefinisikan kemampuan penampang struktur (balok beton) untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus dengan sumbu benda uji sampai benda uji patah.

Untuk perhitungan dan rumus kuat lentur beton yang digunakan dalam SNI 4431-2011, dapat dihitung sebagai berikut:

Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakan bagian tengah), maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan 3.24.

$$f_s = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \dots\dots\dots (3.24)$$

Dimana :

f_s = kuat lentur beton (MPa)

p = Beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (kg)

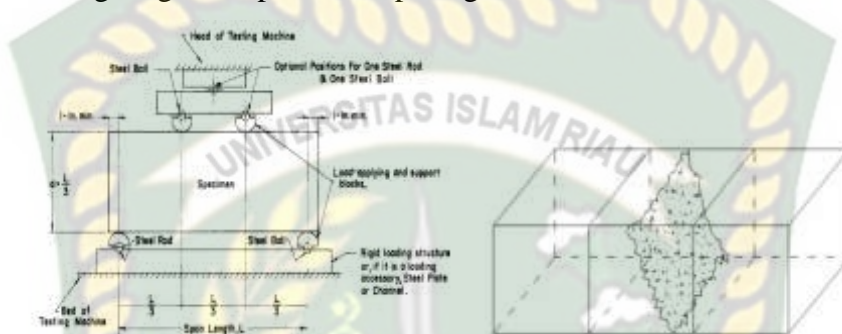
a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan

luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (cm)

b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (cm)

h = lebar tampang lintang patah arah vertikal (cm)

Untuk sketsa pengujian dari hasil bidang patah terletak di daerah pusat $1/3$ bentang tengah. Dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Sketsa perletakan pembebanan dan sketsa patah diluar $1/3$ bentang tengah (SNI 4431-2011)

Kekuatan kurang beton dengan kuat lentur dalam 28 hari antara 90% dan 100% dari kuat lentur minimum yang disyaratkan dapat diterima dengan pengurangan 4% harga satuan untuk setiap 1 kg/cm^2 ($0,1 \text{ MPa}$). Jika kuat lentur dalam 28 hari untuk setiap lot kurang dari 90% dari kuat lentur beton minimum yang disyaratkan maka lot yang diwakili pengujian balok ini harus dibongkar dan diganti. Alat yang digunakan untuk kuat lentur beton dapat dilihat gambar 3.5.



Gambar 3.5 Mesin Uji Kuat Lentur (Dokumentasi, 2019)

3.13 Hubungan Antara Kuat Tekan (f_c') dan Kuat Lentur (f_s) Beton

Hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton ini suatu cara bertujuan untuk mengkonversikan antara kedua jenis pengujian ketika salah satu pengujian tersebut mendapatkan hasil yang meragukan. Menurut Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah dalam Pd T-14-2003 untuk korelasi antara kuat lentur dengan kuat tekan beton. Untuk mencari hasil dalam satuan MPa menggunakan persamaan 3.25. Untuk mencari hasil dalam satuan kg/cm^2 menggunakan persamaan 3.26.

$$f_{cf} = K (f_c')^{0,50} \text{ dalam MPa} \dots\dots\dots (3.25)$$

$$f_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0,50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots (3.26)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan beton karateristik 28 hari (kg/cm^2).

f_{cf} = Kuat lentur beton 28 hari (kg/cm^2).

K = Konstanta, 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat dipecah.

Korelasi pada penelitian ini menggunakan mutu beton f_s 4.5 MPa setara dengan f_s 45 kg/cm^2 dan setara dengan K 450 kg/cm^2 .

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Umum

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki dan dilakukan oleh peneliti dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi pada data yang telah didapat tersebut. Metode penelitian memberikan gambaran rancangan penelitian yang meliputi antara lain prosedur dan langkah-langkah yang harus ditempuh, waktu penelitian, sumber data, dan selanjutnya diolah dan di analisis (Sugiyono, 2010).

Dari segi metode penelitian, penelitian ini mengikuti standar SNI 03-2834-2000. dari penelitian terdahulu yang pernah dilakukan oleh Perdana T 2019, mengenai pengaruh menggunakan abu batang jagung untuk campuran beton terhadap kuat tekan mutu rendah. Pada penelitian ini bertujuan mengembangkan atau menggali lebih dalam lagi pengaruh abu batang jagung manis untuk campuran beton terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton mutu tinggi.

4.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan secara bertahap mulai bulan April 2019 – Agustus 2019 untuk menyiapkan abu batang jagung manis. Kemudian dilanjutkan penelitian pada bulan 10 Oktober 2019 – 16 Oktober melakukan pemeriksaan material, *mix design*. Untuk pembuatan benda uji umur 28 hari pada tanggal 5 November 2019. Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Teknologi Bahan dan Beton Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru. Di Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil.

4.3. Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Agregat Kasar dan Agregat Halus

Agregat Agregat kasar yang digunakan berasal berasal Pangkalan, Sumatera barat dari PT. RIAU MAS BERSAUDARA (RMB), Kampar.

Bahan penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Agregat kasar dan agregat halus (Dokumentasi pribadi, 2019)

2. Air

Pada penelitian ini menggunakan air yang berasal dari sumur bor Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

3. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *Portland (tipe PCC)* dari PT Semen Padang. Dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Semen padang (Dokumentasi pribadi, 2019)

4. Bahan Tambahan

Bahan tambah yang digunakan peneliti dalam penelitian ini yaitu Abu batang jagung manis yang berasal dari jl. kubang raya, kota pekanbaru. Proses pengerjaan untuk mendapatkan abu batang jagung manis hampir 4 bulan dimulai dari awal bulan april 2019 berhenti dibulan mei 2019 dilanjutkan lagi dibulan juni 2019 juli, dan agustus 2019. Untuk kebutuhan abu batang jagung manis peneliti telah mengkonversikan proses batang jagung manis menjadi abu, dengan berat 10 kilogram batang jagung didapatkan 18 gram (10kg = 18g) abu batang jagung. Kemudian di ayak dengan saringan lolos no 200 (0,075 mm). Dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Abu batang jagung manis (Dokumentasi pribadi, 2019)

4.4. Peralatan Penelitian

Dalam pengumpulan data diperlukan juga instrumen atau alat yang dapat digunakan sebagai pengumpul data yang *valid*. Peralatan yang digunakan sebagai berikut :

1. Cawan

Cawan diperlukan untuk tempat bahan material yang akan dilakukan pengujian. Bahan dasar cawan harus berupa besi yang tahan api. Ukuran yang digunakan berbeda-beda. Dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Cawan Aluminium (Dokumentasi pribadi, 2019)

2. Saringan

Saringan yang digunakan untuk mengayak agregat kasar dan agregat halus agar mendapatkan analisa saringan. Untuk mencari batas batas gradasi agregat halus dan agregat kasar. 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). Dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Saringan (Dokumentasi pribadi, 2019)

3. Timbangan

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

- a. Timbangan manual dengan kapasitas 20 kg. Timbangan digunakan untuk menimbang semen dan agregat kasar mencari berat jenis. Dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Timbangan manual (Dokumentasi pribadi, 2019)

- b. Timbangan otomatis dengan kapasitas 2 kg. Digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus (pasir). Dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Timbangan digital (Dokumentasi pribadi, 2019)

4. Picnometer

Picnometer digunakan untuk mencari berat jenis agregat halus (pasir). Picnometer yang mempunyai skala yang digunakan sebagai alat ukuran dari bahan kaca harus keadaan kering. Dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2019)

5. Kerucut pancung

Kerucut terpancung digunakan saat pengujian berat jenis agregat halus, yaitu untuk memeriksa keadaan kering permukaan jenuh agregat halus. Setiap lapisan ditumbuk sebanyak 8, 8 dan 7 kali. Alat terbuat dari baja dengan diameter atas 35 mm dan bawah 80 mm, tinggi 70 mm dan tebal 1 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Kerucut Terpancung (Dokumentasi pribadi, 2019)

6. 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. Dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Wadah Besi (Dokumentasi pribadi, 2019)

7. Oven

Oven yang digunakan dilengkapi dengan pengaturan suhu. Oven digunakan untuk mendapatkan berat kering dari hasil berat jenis, kadar air dan analisa saringan. Suhu oven dalam penelitian ini yaitu 110°C . Dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Oven (Dokumentasi pribadi, 2019)

8. Mesin pencampuran beton

Mesin ini berfungsi untuk mengaduk material campuran pada beton. Dalam sekali putaran pembuatan beton, mixxer mampu membuat 3 sample benda uji kubus dan sekali putaran mampu 1 sample balok. Dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Mesin Pengaduk Beton (Dokumentasi pribadi, 2019)

9. Batang penusuk

Batang penusuk digunakan untuk memadatkan beton segar yang ada dalam cetakan kubus dan balok. Batang penusuk yang digunakan terbuat dari baja dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm. Alat ini digunakan untuk memadatkan beton segar didalam cetakan. Beton dipadatkan dengan 3 tahap yaitu $1/3$, $2/3$ dan $3/3$ setiap tahap ditusuk 25 kali. Dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Batang Besi (Dokumentasi pribadi, 2019)

10. Alat uji *slump*

Alat ini digunakan ketika beton segar dituangkan dari mesin *mixxer*. Alat uji slump terbuat dari baja yang berbentuk kerucut dengan tebal 2 mm, diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Kerucut Alat Uji *Slump* (Dokumentasi pribadi, 2019)

11. Penggaris

Penggaris digunakan untuk mengukur diameter, penurunan hasil dari nilai *slump*. Dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Penggaris Besi (Dokumentasi pribadi, 2019)

12. Palu

Palu terbuat dari besi digunakan saat pembukaan cetakan beton yang telah mengeras. Dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Palu (Dokumentasi pribadi, 2019)

13. Cetakan beton

Cetakan beton digunakan untuk alat pencetak beton segar yang terbuat dari baja. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan cetakan berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm dan balok 150 x 150 x 60 mm, yang berfungsi untuk mencetak beton setelah pengadukan beton segar selesai. Dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Cetakan Beton Bentuk Kubus dan Balok (Dokumentasi pribadi, 2019)

14. Mesin getar (*Vibrator*)

Mesin getar berfungsi memadatkan beton segar yang telah dimasukkan kedalam cetakan dan juga untuk mengeluarkan udara yang ada didalam cetakan. Dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Mesin Getar (Dokumentasi pribadi, 2019)

15. Mesin kuat tekan

Mesin kuat tekan beton berfungsi menguji kuat tekan beton dengan sample kubus. Alat ini terbuat dari baja dan mempunyai pengaturan dan pengontrol beban. Dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Mesin Kuat Tekan Beton (Dokumentasi pribadi, 2019)

16. Mesin kuat lentur

Mesin kuat tekan beton berfungsi menguji kuat lentur beton. Alat ini terbuat dari baja dan mempunyai pengaturan dan pengontrol beban yang bekerja dengan menekan bagian horizontal beton balok. Dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Mesin Kuat Lentur Beton (Dokumentasi pribadi, 2019)

17. Bak perendaman beton

Bak perendam berfungsi untuk perawatan beton yang telah dicetak, kemudian beton direndam sesuai hari perencanaan. Penelitian ini menggunakan perencanaan 28 hari. Dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 Bak Perendam (Dokumentasi pribadi, 2019)

18. Drum besi

Drum Besi digunakan sebagai tempat untuk pembakaran batang jagung hingga menjadi abu. Dapat dilihat pada gambar 4.22.



Gambar 4.22 Drum Besi (Dokumentasi pribadi, 2019)

4.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan

Persiapan perizinan dari dosen pembimbing, perizinan pemakaian laboratorium, persiapan peralatan beton, persiapan material seperti agregat kasar, agregat halus, bahan tambah, semen dan air.

2. Pemeriksaan agregat

Pemeriksaan agregat terdiri dari analisa saringan, berat jenis, berat isi, kadar lumpur dan kadar air.

3. Perencanaan campuran beton (*mix design*)

Metode perencanaan campuran beton berdasarkan SNI 03-2834-2000.

4. Pembuatan beton segar

Dalam penelitiann ini pembuatan beton segar menggunakan mesin molen dengan waktu ± 10 menit.

5. Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* ini dimaksud untuk ukuran mengetahui kekentalan beton segar yang direncanakan.

6. Pembuatan benda uji

Benda uji penelitian ini yaitu balok (150 mm x 150 mm x 600 mm) dan kubus (150 mm x 150 mm x 150 mm), benda uji 3 buah tiap persentase penggunaan abu batang jagung. Setiap 1 adukan mixxer ada 2 sample kubus dan balok.

7. Perawatan beton

Pada penelitian ini dilakukan perawatan dengan perendaman, dibak perendaman dilaboraturium teknologi bahan dan beton, UIR selama 28 hari.

8. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur

Pengujian kuat lentur dan kuat tekan untuk mendapatkan hasil data dari peneilitian yang dilakukan.

9. Hasil dan Pembahasan

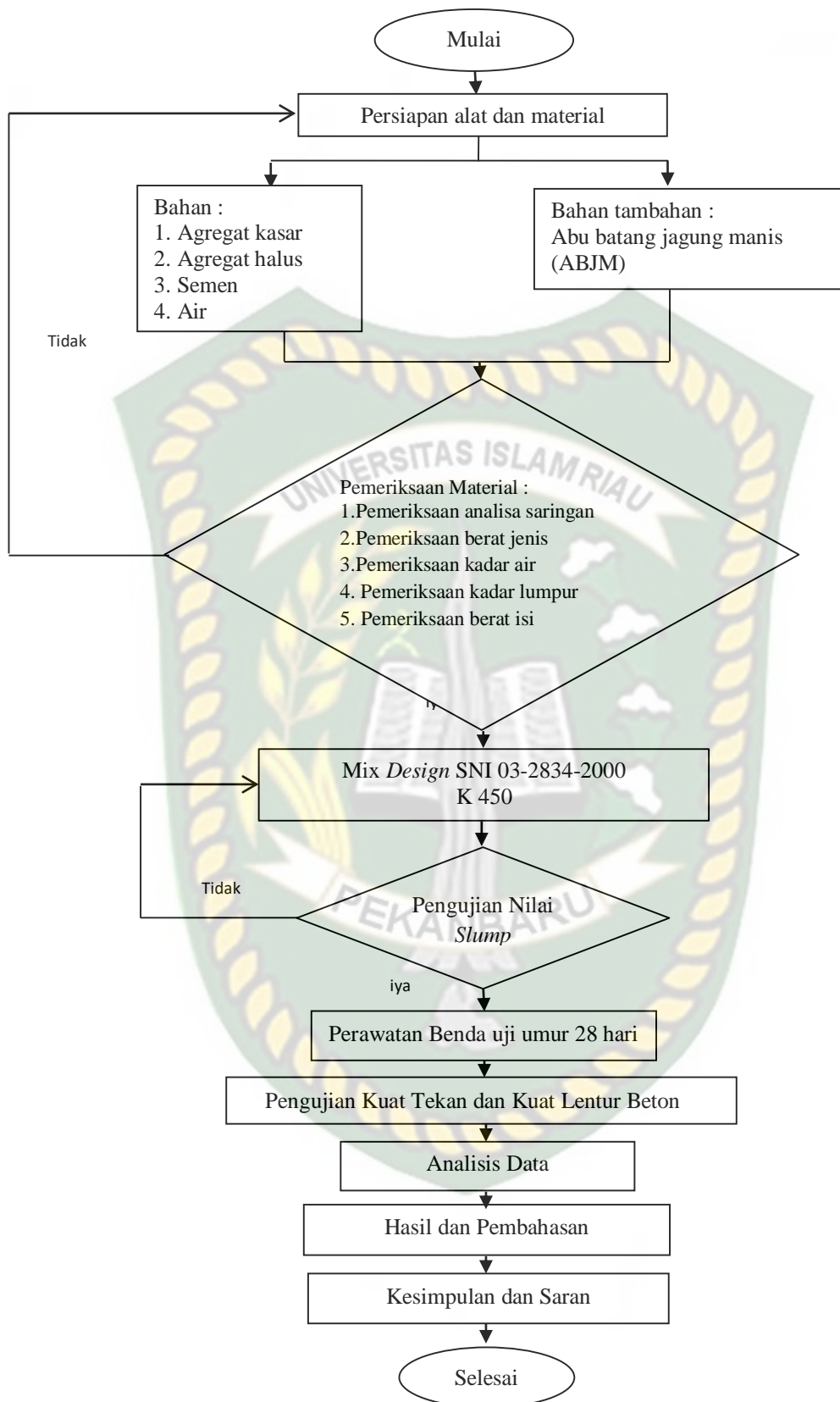
Hasil dari pengujian kuat tekan dan lentur beton untuk melihat perbandingan beton normal dan beton dengan campuran ABJM yang sesuai mutu direncanakan.

10. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran bertujuan menyimpulkan dari hasil penelitian ini dan memberi saran kepada penelitian selanjutnya yang menghubungkan pada penelitian ini.

Tahapan penelitian dalam bentuk bagan dapat dilihat pada Gambar 4.23.





Gambar 4.23 Bagan alir tahapan penelitian

4.6. Analisa Data

Analisa data pada penelitian ini mengacu kepada *Mix desain* SNI 03-2834-2000. Data yang didapat dan diolah mulai dari pemeriksaan bahan material hingga pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan Agregat Halus dan Agregat Kasar
 - a. Pemeriksaan analisa saringan
 - b. Pemeriksaan berat isi
 - c. Pemeriksaan berat jenis
 - d. Pemeriksaan kadar lumpur
 - e. Pemeriksaan kadar air

Untuk lebih jelas penggunaan rumus pemeriksaan material dapat dilihat pada landasan teori.

2. Pengolahan Abu Batang Jagung Manis

Proses pengolahan abu batang jagung manis dari pengambilan batang jagung manis awal hingga menjadi abu dapat dilihat pada Lampiran B-20 sampai Lampiran B-23.

3. Pengujian *Slump*

Perencanaan nilai slump sesuai SNI 03-2834-2000, lebih jelas langkah pengerjaan pengujian slump dapat dilihat pada landasan teori.

4. Pembuatan Beton

Setelah memenuhi persyaratan slump beton maka dilakukan pembuatan beton. Pada penelitian ini dibuat Benda Uji sebanyak 3 buah sampel pada setiap variasi dengan variasi yaitu 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9%. Dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji

Umur Perawatan (Hari)	Benda uji	Persentase Substitusi Abu batang Jagung					jumlah
		0 %	3%	5%	7%	9%	
28	Kubus	3	3	3	3	3	15
	Balok	3	3	3	3	3	15
Jumlah Benda Uji							30

Sumber : Hasil analisa peneliian, 2019

Pada penelitian ini pembuatan benda uji kubus dan balok, setelah pembuatan benda uji dikeringkan dalam suhu ruangan selama 24 jam. Setelah benda uji kering maka cetakan kubus dan balok dibuka dan dilanjutkan ke perendaman beton. Dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 Pembuatan Beton dan Cetakan benda uji dibuka (Dokumentasi pribadi, 2019)

5. Perawatan Beton

Untuk perawatan beton pada penelitian ini dilakukan pada umur perawatan 28 hari terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton. Kemudian setelah perendaman beton untuk kuat tekan beton yang menggunakan cetakan kubus diangkat dan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruangan sedangkan untuk kuat lentur beton yang menggunakan cetakan balok diangkat dan didiamkan selama 3-5 hari pada suhu ruangan. Dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.25. perendaman dan pengeringan beton (Dokumentasi pribadi, 2019)

6. Pengujian Kuat Tekan Beton

- a. Kuat Tekan (K) konversi ke (f_c')
- b. Kuat tekan rata-rata ($f_c'r$)
- c. Standar deviasi (S)
- d. Kuat tekan karakteristik beton ($f_c'k$)

Pengujian kuat tekan mengacu sesuai SNI 03-2834-2000, untuk lebih jelas penggunaan rumus untuk pengujian kuat tekan dapat dilihat pada landasan teori. Pengujian kuat tekan dapat dilihat pada gambar 4.26



Gambar 4.26 Pengujian Kuat Tekan menggunakan Mesin *Compression Machine Test* (Dokumentasi, 2019)

7. Pengujian Kuat Lentur (f_s)

Pengujian kuat lentur mengacu sesuai SNI 03-4431-2011, untuk lebih jelas penggunaan rumus kuat lentur dapat dilihat pada landasan teori dan pengujian kuat lentur dapat dilihat pada gambar 4.27



Gambar 4.27 Alat uji kuat lentur (Dokumentasi, 2019)

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pemeriksaan Material Benda Uji

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

5.1.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

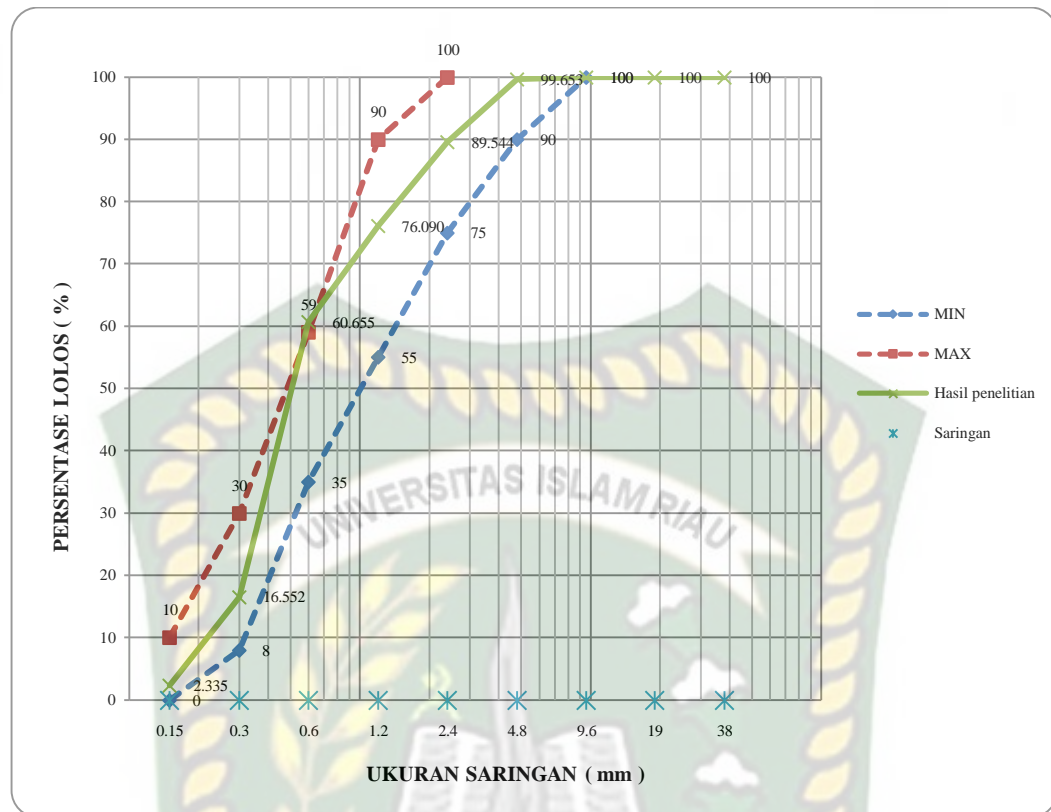
Analisa saringan batas gradasi pasir dalam daerah pasir No.1, batas gradasi pasir dalam daerah pasir No.2, batas gradasi pasir dalam daerah pasir No.3, dan batas gradasi pasir dalam daerah pasir No.4. Menentukan batas gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.1, analisa saringan dapat dilihat pada lampiran B-1 dan hasil analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil persentase lolos agregat halus

Nomor Ayakan	1/2"	3/4"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
Ukuran Ayak (mm)	38	19	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075
Lolos (%)	100	100	100	99,653	89,544	76,090	60,655	16,655	2,335	0,063

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Hasil tabel 5.1 pemeriksaan analisa saringan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran pada agregat halus dan menentukan batas gradasi dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik persentase lolos agregat halus zona II (Hasil analisa penelitian, 2019)

Berdasarkan Gambar 5.1 grafik persentase lolos agregat halus bisa dilihat bahwa persentase lolos agregat halus memenuhi persyaratan batas gradasi halus zona II yaitu agak kasar. Hasil dapat dilihat saringan ukuran 0,15 mm persentase lolos sebesar 2,335 %. Saringan ukuran 0,3 mm persentase lolos sebesar 16,552 %. Saringan ukuran 0,6 mm persentase lolos sebesar 60,655 %. Saringan ukuran 1,2 mm persentase lolos sebesar 76,090 %. Saringan ukuran 2,4 mm persentase lolos sebesar 89,544 %. Saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 100 %. Saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 99,653 %, dan untuk saringan 19 mm dan 38 mm masing-masing persentase lolos sebesar 100 %. Data dapat terlihat bahwa persentase lolos saringan agregat halus berada diantara batas gradasi halus zona II yaitu batas minimum dan maksimum pada setiap ukuran saringan.

5.1.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

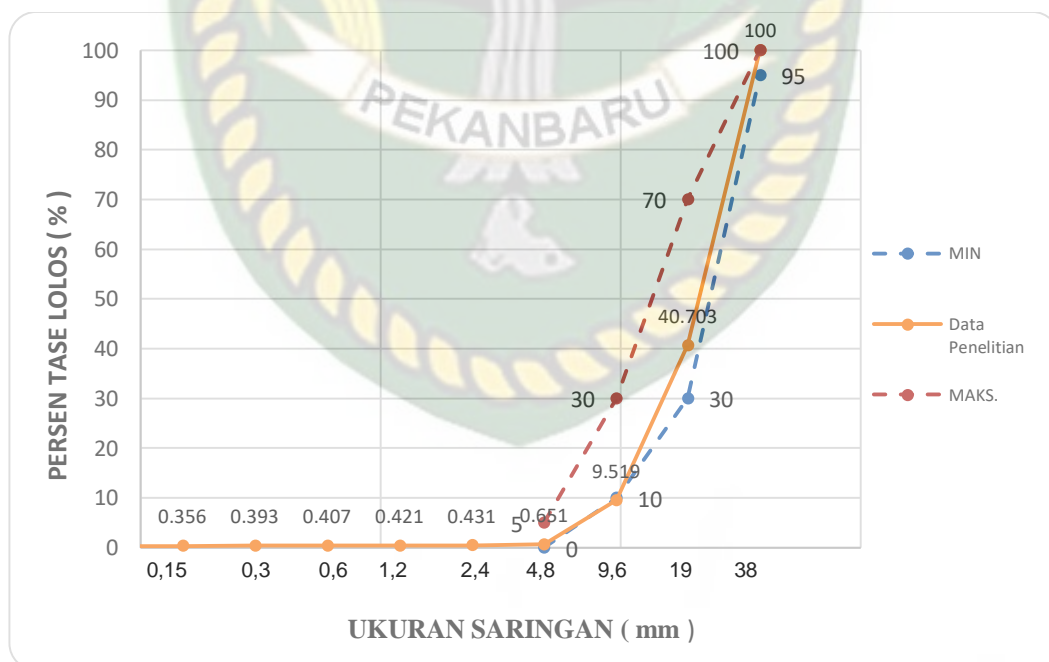
Analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran B-3 dan Lampiran B-4. Dengan menggunakan kombinasi agregat kasar ukuran 2/3 sebanyak 40% dan agregat kasar ukuran 1/2 sebanyak 60%. Menentukan batas gradasi agregat kasar untuk besar butir maksimum 40 mm dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan hasil analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil persentase lolos agregat kasar ukuran 2/3 dan agregat kasar ukuran 1/2 yang dikombinasikan

Nomor Ayakan	1 1/2"	3/4"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
Ukuran Ayak (mm)	38	19	9,6	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075
Lolos (%)	100	40,703	9,519	0,651	0,431	0,421	0,407	0,393	0,356	0,308

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Hasil tabel 5.2 pemeriksaan analisa saringan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran pada agregat halus dan menentukan batas gradasi dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik persentase lolos agregat kasar terhadap ukuran saringan dengan batas gradasi untuk besar butir maksimum 40 mm (Hasil analisa penelitian, 2019)

Berdasarkan Gambar 5.2 bisa dilihat bahwa persentase lolos agregat kasar sudah masuk persyaratan lolos agregat kasar. Saringan ukuran 4,8 mm persentase lolos sebesar 0,651 %. Saringan ukuran 9,6 mm persentase lolos sebesar 9,519 %. Saringan ukuran 19 mm persentase lolos sebesar 40,703 % dan saringan ukuran 38 mm persentase lolos sebesar 100 %. Dari data terlihat bahwa persentase lolos saringan agregat kasar berada diantara batas standar besaran butiran maksimum 40 mm.

5.1.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Material

Pemeriksaan berat jenis dan 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 dapat dilihat pada Lampiran B-10, Lampiran B-11 dan Lampiran B-12, hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil pemeriksaan berat jenis serta penyerapan material.

Material	Berat Jenis Semu (gr/cm ³)	Berat Jenis Permukaan Jenuh (gr/cm ³)	Berat Jenis (gr/cm ³)	Penyerapan (gr/cm ³)	Syarat standar (gr/cm ³)	Keterangan
Agregat Kasar 2/3	2,485	2,554	2,670	2,789	2,5 s/d 2,83	Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 1/2	2,490	2,555	2,664	2,619		Memenuhi Syarat
Agregat Halus	2,578	2,606	2,651	1,071		Memenuhi Syarat

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa agregat halus didapat berat jenis permukaan jenuh 2,554 gram, agregat kasar 2/3 didapat 2,555 gram dan agregat kasar 1/2 didapat 2,606 gram. Berdasarkan nilai berat jenis material tersebut dapat memenuhi standar spesifikasi berat jenis yaitu 2,5 s/d 2,83 gr/cm³ (Tjokrodinuljo,1995). Berat jenis kering permukaan jenuh ini merupakan sebagai dasar untuk penentuan berat beton dalam meter kubik.

5.1.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur ini menggunakan metode penjumlahan bahan dalam agregat yang lolos saringan #200 (0,075) yang dimaksudkan sebagai acuan dalam pegangan untuk melaksanakan pengujian dan untuk melakukan jumlah setelah dilakukan pencucian benda uji. Analisa dapat dilihat pada Lampiran B-13 dan B-14 dan hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat.

Material	Kadar Lumpur %	Syarat SNI 03-6821-2002	Keterangan
Agregat Halus	0,54	< 5 %	Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 2/3	0,38	< 1 %	Memenuhi Syarat
Agregat Kasar 1/2	0,22	< 1 %	Memenuhi Syarat

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa agregat halus dan agregat kasar mengandung kadar lumpur dalam keadaan aman digunakan untuk campuran adukan beton, dimana menurut SNI 03-6821-2002 untuk kadar lumpur agregat halus yaitu 0,54% < 5%, untuk agregat kasar ukuran 2/3 didapat 0,38% < 1% dan agregat kasar ukuran 1/2 didapat 0,22% < 1%, sehingga material-material yang digunakan pada penelitian ini tidak perlu dicuci.

5.1.5 Hasil Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan kadar air bertujuan untuk memperoleh persentase dari kadar air yang terkandung dalam agregat. Analisa dapat dilihat pada Lampiran B-8, hasil pemeriksaan kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil pemeriksaan kadar air agregat.

Material	Kadar Air %
Agregat Halus	0,219
Agregat Kasar 2/3	0,544
Agregat Kasar 1/2	0,380

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.5 dapat dilihat bahwa agregat halus didapat kadar air 0,219 %, agregat kasar 2/3 didapat 0,544% dan agregat kasar 1/2 didapat 0,380 %.

Pemeriksaan kadar air merupakan cara untuk mengetahui seberapa besar serapan air yang terjadi di dalam agregat.

5.1.6 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Material

Berat isi adalah perbandingan antara berat agregat kering dengan volumenya. Analisa dapat dilihat pada Lampiran B-15, Lampiran B-16 dan Lampiran B-17. Hasil pemeriksaan berat isi material dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Berat isi agregat halus dan berat isi agregat kasar

Material	Berat Isi (gr/cm ³)	
	Kondisi Lepas	Kondisi Padat
Agregat Halus	1,377	1,574
Agregat Kasar 2/3	1,420	1,584
Agregat Kasar 1/2	1,579	1,869
Semen	0,364	0,961
Abu Batang Jagung Manis (ABJM)	0,312	0,807

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa berat isi material kondisi lepas didapat agregat halus 1,377 gr/cm³, agregat kasar 2/3 didapat 1,420 gr/cm³, agregat kasar 1/2 didapat 1,579 gr/cm³, semen didapat 0,364 gr/cm³ dan abu batang jagung didapat 0,312 gr/cm³. berat isi material kondisi padat didapat agregat halus 1,574 gr/cm³, agregat kasar 2/3 didapat 1,584 gr/cm³, agregat kasar 1/2 didapat 1,869 gr/cm³, semen didapat 0,961 gr/cm³ dan abu batang jagung didapat 0,807 gr/cm³. Hasil berat isi agregat ini dimaksud untuk mengetahui cara mencari berat satuan (isi) tempat.

5.2 Hasil Pemeriksaan Campuran Beton

Menurut SNI 03-2834-2000 perencanaan campuran beton (*mix design*) bertujuan untuk mengetahui proporsi campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Analisa dapat dilihat pada Lampiran A-10, hasil

perencanaan campuran (*mix design*) beton untuk tiap m³ sebelum koreksi kadar air dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Proporsi campuran beton (*mix design*) untuk tiap m³ sebelum koreksi kadar air SSD (*saturated surface dry*).

Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (ltr)	Agregat Halus (kg)	Agregat kasar 2/3" (kg)	Agregat kasar 1/2" (kg)
Tiap m ³	528,571	185	575,522	313,154	469,731
Tiap 1 Zak semen	50	17,5	54,441	29,622	44,434
Tiap komp. Camp.	1	0,35	1,088	0,592	0,888

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa proposi campuran beton (*mix design*) untuk tiap m³ sebelum koreksi kadar air SSD (*saturated surface dry*) semen didapat 528,571 kg/m³, air didapat 185 lt/ m³, agregat halus didapat 575,522 kg/m³, agregat kasar 2/3 didapat 313,154 kg/m³, dan agregat kasar 1/2 didapat 469,731 kg/m³. Sebelum dilakukan koreksi kadar air didapat proporsi campuran beton untuk 1 benda uji kubus dan 1 benda uji balok Analisa dapat dilihat pada Lampiran A-12 dan hasil perencanaan dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Proporsi campuran beton (*mix design*) untuk 1 kali adukan sebelum koreksi kadar air SSD (*saturated surface dry*).

Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (ltr)	Agregat Halus (kg)	Agregat kasar 2/3" (kg)	Agregat kasar 1/2" (kg)
Untuk tiap 1 benda uji balok	528,571 x 0,02106	185 x 0,02106	575,522 x 0,02106	313,154 x 0,02106	469,731 x 0,02106
Hasil	11,131	3,896	12,120	6,595	9,892

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.8 dapat dilihat hasil dari hasil campuran di kali volume benda uji yaitu semen sebesar 11,131 kg/m³, air sebesar 3,896 ltr/m³, agregat halus sebesar 12, 120 kg/m³, agregat kasar 2/3 sebesar 6,595 kg/m³ dan agregat kasar ½ sebesar 9,892 kg/m³ sebelum koreksi kadar air.

Setelah dilakukan koreksi kadar air didapat proporsi campuran beton untuk 1 benda uji kubus dan 1 benda uji balok dengan proporsi campuran agregat halus

sebesar 37% dan agregat kasar 63% dapat dilihat pada dilampiran A-13, lampiran A-14, dan lampiran A-15. Proporsi Campuran Beton (*Mix Design*) Untuk 1 benda uji balok dan 1 benda uji kubus sesudah koreksi kadar air SSD. Analisa dapat dilihat pada Lampiran A-14 dan hasil perencanaan dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Proporsi campuran beton (*mix design*) untuk 1 kali adukan sesudah koreksi kadar air SSD (*saturated surface dry*).

No	Material Campuran	Proporsi Campuran Untuk 1x Adukan
1	Semen	11,131 kg
2	Air	4,223 liter
3	Agregat Kasar 2/3	6,482 kg
4	Agregat Kasar ½	9,781 kg
5	Agregat Halus	12,017 kg

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.9 dapat dilihat bahwa proposi campuran beton (*mix design*) untuk tiap 1 benda uji kubus dan 1 benda uji balok sesudah koreksi kadar air SSD (*saturated surface dry*) semen didapat 11,131 kg, air didapat 4,223 liter, agregat halus didapat 12,017 kg, agregat kasar 2/3 didapat 6,482 kg dan agregat kasar 1/2 didapat 9,781 kg.

Untuk pencampuran abu batang jagung manis sebagai pengganti sebagian semen dengan variasi 3%, 5%, 7% dan 9% untuk 1 kali adukan 1 benda uji kubus dan 1 benda uji balok . Analisa dapat dilihat pada Lampiran A-15 dan A-16. Hasil perencanaan dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Pencampuran abu batang jagung manis sebagai pengganti sebagian semen.

Variasi Campuran	Semen (Kg)	Abu batang jagung manis (Kg)
0%	11,131	0
3%	10,797	0,333
5%	10,574	0,556
7%	10,351	0,780
9%	10,130	1,001
Total	52,983	2,67

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan pada Tabel 5.10 hasil tersebut untuk kuat tekan kubus dan balok, maka total keseluruhan yang dibutuhkan pada penelitian ini kuat tekan dan kuat lentur untuk setiap variasi 3 benda uji. Semen sebesar 158,949 Kg (3,17 zak semen) dan abu batang jagung manis sebesar 8,01 Kg.

5.3 Hasil dan Analisa Nilai *Slump* Beton

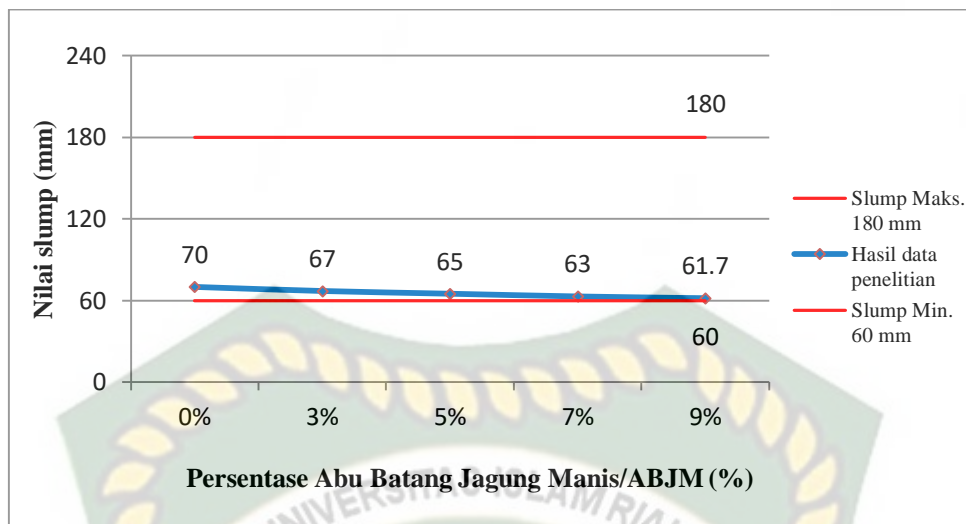
Hasil pemeriksaan dari *slump test* bertujuan untuk mengecek adanya perubahan kadar air yang ada dalam adukan beton, sedangkan nilai *slump* dimaksudkan untuk mengetahui sifat *workability* (kemudahan dalam pengerjaan) beton sesuai dengan SNI 03-2384-2000. Hasil analisa nilai *slump* beton normal dan campuran abu umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Hasil Nilai *Slump* Beton Dengan Campuran Abu Batang Jagung Manis.

Benda uji	Persentase Abu Batang Jagung (%)	Nilai Slump (mm)	Nilai Slump Rata-Rata (mm)	Keterangan (mm)
Kubus dan Balok	0 %	65,00	70,00	60-180
		70,00		
		75,00		
	3 %	65,00	67,00	
		68,00		
		68,00		
	5 %	63,00	65,00	
		65,00		
		67,00		
	7 %	62,00	63,00	
		64,00		
		63,00		
	9 %	60,00	61,70	
		62,00		
		63,00		

Sumber : Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan hasil tabel 5.11 dapat dilihat bahwa nilai *slump* pada benda uji kubus dan balok mengalami penurunan. Dari hasil tabel tersebut dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Persentase Abu Batang Jagung Manis Terhadap Nilai Slump (Hasil analisa penelitian, 2019)

Dari gambar 5.3 dapat dilihat bahwa pada beton normal dan campuran abu batang jagung manis dari grafik data hasil penelitian mendekati batas minimum *slump* dan semakin tinggi persentase penggunaan abu batang jagung manis maka semakin rendah nilai *slump* yang didapat, hal ini membuktikan bahwa semakin banyak penggunaan abu batang jagung manis membuat adukan beton semakin kental dan sulit dalam pekerjaan campuran beton. Namun dari hasil semua persentase nilai *slump* pada beton memenuhi syarat 60-180 mm (SNI 03-2384-2000).

5.4 Hasil Analisa Pengujian Beton

Pengujian kuat lentur dan kuat tekan beton dilaksanakan setelah masa perawatan (*curing*) dengan menggunakan alat kuat tekan (*compressive strength machine*) dan alat kuat lentur.

5.4.1 Kuat Tekan Beton

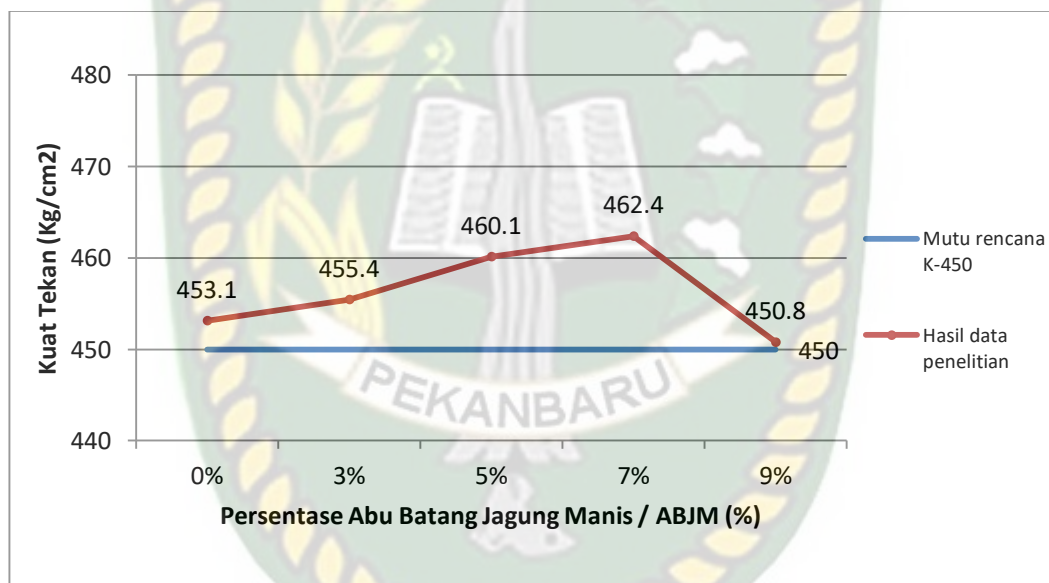
Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah melakukan perendaman atau masa perawatan 28 hari, dengan pencampuran abu batang jagung manis dengan semen dan beton normal tanpa pencampuran. Analisa dapat dilihat pada Lampiran A-18 sampai Lampiran A-28 dan Untuk hasil nilai kuat tekan dapat dilihat pada tabel 5.12.

Tabel 5.12 Hasil analisa pengujian kuat tekan beton.

Umur Perawatan Benda Uji (Hari)	Kuat Tekan Kubus K (kg/cm ²)				
	0 % ABJM	3% ABJM	5% ABJM	7% ABJM	9% ABJM
28 Hari	450,8	453,1	457,7	460,1	448,6
	453,1	455,4	460,1	462,4	450,8
	455,4	457,7	462,4	464,7	453,1
Rata-Rata	453,1	455,4	460,1	462,4	450,8
Mutu rencana	K 450 kg/cm ²				

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.12 dari hasil nilai kuat tekan mengalami kenaikan dan penurunan kuat tekan. Dari hasil tabel tersebut dapat dilihat dari gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik hasil kuat tekan benda uji kubus terhadap mutu rencana (Hasil analisa penelitian, 2019)

Dari hasil uji kuat tekan kubus pengaruh penggunaan ABJM memberikan dampak positif yaitu nilai kuat tekan cenderung meningkat dengan peningkatan optimal pada kadar 7% sedangkan pada >7% cenderung menurunkan kuat tekan dan pengaruh lainnya penggunaan ABJM juga menurunkan nilai *slump*, hal ini terjadi pada kedua umur perawatan beton yaitu 28 hari. Namun hasil uji kuat tekan kubus dengan persentase 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% semua persentase tersebut tetap sesuai mutu yang direncanakan yaitu K-450(450kg/cm²).

5.4.2 Kuat Lentur Beton

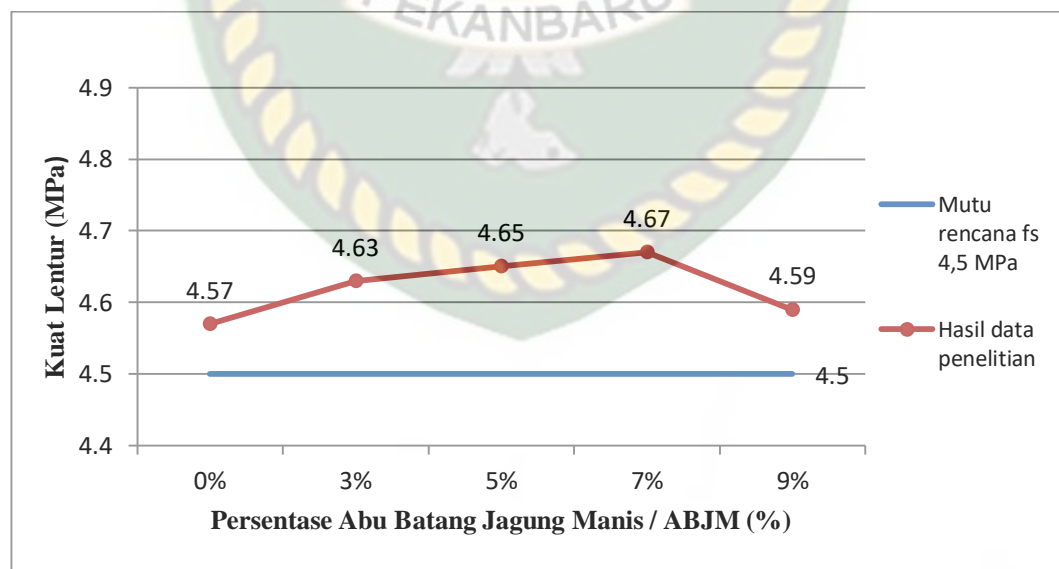
Pengujian kuat lentur beton dilakukan setelah melakukan perendaman atau masa perawatan 28 hari dengan pencampuran abu batang jagung manis dengan semen dan beton normal tanpa pencampuran. Analisa dapat dilihat pada Lampiran A-29 sampai Lampiran A-32 Untuk hasil nilai kuat lentur balok pada umur perawatan 28 hari dapat dilihat pada tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil analisa pengujian kuat lentur beton.

Umur Perawatan Benda Uji (Hari)	Kuat Lentur Balok f_s (MPa)				
	0 % ABJM	3% ABJM	5% ABJM	7% ABJM	9% ABJM
28 Hari	4,53	4,57	4,66	4,77	4,57
	4,46	4,58	4,59	4,82	4,74
	4,72	4,74	4,70	4,42	4,46
Rata-Rata	4,57	4,63	4,65	4,67	4,59
Mutu rencana	f_s 4,5 MPa				

Sumber: Hasil analisa penelitian, 2019

Berdasarkan Tabel 5.13 dari hasil nilai kuat lentur beton cenderung sama seperti kuat tekan beton yaitu mengalami kenaikan dan penurunan kuat lentur pada beton. Dari hasil tabel tersebut dapat dilihat dari gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik hasil kuat lentur benda uji balok terhadap mutu rencana (Hasil analisa penelitian, 2019)

Dari hasil uji kuat lentur balok pengaruh penggunaan ABJM cenderung bersifat serupa dengan kuat tekan kubus, pengaruh ABJM pada nilai kuat lentur cenderung meningkat dengan peningkatan optimal pada kadar 7% sedangkan pada >7% cenderung menurunkan kuat lentur dan pengaruh penggunaan ABJM juga menurunkan nilai *slump*. Hasil uji kuat lentur dengan persentase 0%, 3%, 5%, 7% dan 9% semua persentase tersebut tetap masuk sesuai mutu yang direncanakan yaitu fs 4,5 Mpa.

5.5 Hasil komparasi Peneliti Dengan Peneliti Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang akan dibandingkan pada penelitian ini yaitu Perdana T (2019), Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya ada beberapa perbedaan seperti material yang berbeda, persentase pada komposisi campuran beton, umur perawatan beton, sampel benda uji beton yang berbeda, mutu rencana berbeda dan tidak menggunakan penambahan zat adiktif. Dapat dilihat perbedaan bahan tambahan, berat agregat dan lokasi agregat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Perbedaan bahan tambahan, berat agregat dan lokasi agregat pada proporsi campuran *mix desain* sesuai SNI 03-2834-2000.

Penelitian	Bahan Tambahan	Jenis Agregat	Berat Agregat	Lokasi Agregat
Perdana T (2019)	Abu batang jagung dan 0,25% siskament NN	Agregat Kasar 2/3	15,234 Kg	Sungai Kampar
		Agregat Kasar 1/2	8,029 Kg	Sungai Kampar
		Agregat Halus	14,124 Kg	Danau Bingkuang Kampar
		Air	3,753 lt	Laboratorium Teknik Uir
		Semen	7,509 Kg	PT. Semen Padang

Tabel 5.14 Perbedaan bahan tambahan, berat agregat dan lokasi agregat pada proporsi campuran *mix desain* sesuai SNI 03-2834-2000 (Lanjutan)

Peneliti	Abu batang jagung manis	Agregat Kasar 2/3	6,482 Kg	Pangkalan, Sumbar (PT. RMB, 2019)
		Agregat Kasar 1/2	9,781 Kg	Pangkalan, Sumbar (PT. RMB, 2019)
		Agregat Halus	12,017 Kg	Pangkalan, Sumbar (PT. RMB, 2019)
		Air	4,223 lt	Laboratorium Teknik Uir
		Semen	11,131 Kg	PT. Semen Padang

Sumber : Hasil analisa penelitian peneliti dan Perdana T, 2019

Pada Tabel 5.14 dapat dilihat perbedaan pada penelitian Perdana T (2019) dengan peneliti yaitu dari bahan tambahan, proporsi campuran *mix desain* dan lokasi Agregat Kasar dan Agregat Halus. Pada penelitian Perdana T (2019) untuk bahan tambah yang digunakan abu batang jagung dan 0,25% siskament NN. Pada proporsi campuran *mix desain* untuk semen sebesar 7,509 kg, air sebesar 3,753 liter, agregat halus 14,124 kg, agregat 2/3 sebesar 15,234 kg dan agregat 1/2 sebesar 8,029 kg serta untuk lokasi agregat kasar didapat dari sungai kampar dan agregat halus didapat dari danau bingkuang kampar. Sedangkan pada penelitian ini bahan tambahan yang digunakan abu batang jagung manis. Pada proporsi campuran *mix desain* yaitu untuk semen sebesar 11,131 kg, air sebesar 4,223 liter, agregat halus 12,017 kg, agregat 2/3 sebesar 6,482 kg dan agregat 1/2 sebesar 9,781 kg serta lokasi agregat kasar dan agregat halus didapat di PT RMB Kampar dari Pangkalan, Sumatra Barat.

Hasil perbandingan nilai kuat tekan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat di tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil Komparasi Nilai Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari

Penelitian	Variasi 28 Hari	Hasil Komparasi Nilai Kuat Tekan Beton (Mpa)	Keterangan
Penelitian ini	0%	44,42	Memenuhi Syarat
Kubus (K 450) dikonversi silinder ($f'c = 37$ Mpa)	3%	45,33	Memenuhi Syarat
	5%	45,78	Memenuhi Syarat
	7%	46,20	Memenuhi Syarat
	9%	45,56	Memenuhi Syarat
	Perdana T (2019) ($f'c = 20$ Mpa) Silinder	2%	18,06
	4%	19,65	Tidak Memenuhi Syarat
	6%	20,02	Memenuhi Syarat
	8%	20,76	Memenuhi Syarat
	10%	18,24	Tidak Memenuhi Syarat

Sumber : Hasil analisa peneliti dan Perdana T, 2019

Pada penelitian ini dan penelitian sebelumnya Perdana T, 2019 memiliki perbedaan mutu rencana dan benda uji yang digunakan. Setelah dikonversikan didapat hasil analisa pada penelitian ini terlihat bahwa nilai kuat tekan benda uji kubus kadar nilai optimal yang didapat pada 7%, sedangkan penelitian sebelumnya Perdana T, 2019 pada nilai kuat tekan benda uji silinder mendapatkan kadar nilai optimum pada 8%. Hal ini kemungkinan terjadi karena benda uji berbeda dan faktor agregat berbeda tempat/asal sehingga mempengaruhi kuat tekan beton.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian, pengaruh penggunaan abu batang jagung manis (ABJM) sebagai pengganti sebagian semen terhadap nilai kuat tekan dan kuat lentur beton umur perawatan 28 hari yaitu dari hasil penelitian bahwa pengaruh ABJM mampu menaikkan nilai kuat tekan dan nilai kuat lentur sesuai mutu rencana. Namun pengaruh lain penggunaan ABJM juga berpengaruh kepada nilai *slump* beton, semakin tinggi persentase penggunaan ABJM, maka nilai *slump* semakin rendah itu menandakan adukan pada campuran beton menjadi keras atau kaku yang akan berpengaruh kepada kemudahan pengerjaan (*workability*).
2. Untuk mengetahui kadar ABJM yang mencapai nilai optimum untuk kuat tekan kubus dan kuat lentur balok yaitu kadar nilai optimum penggunaan ABJM untuk kuat tekan kubus pada umur perawatan 28 hari yaitu pada kadar 7% sebesar 462,4 Kg/cm². Untuk kuat lentur balok pada umur perawatan 28 hari nilai optimum yaitu pada kadar 7% sebesar 4,67 Mpa.

6.2 Saran

Dari penelitian yang dilakukan, maka penulis menyampaikan beberapa saran yaitu sebagai berikut ini.

1. Pada penelitian ini pengaruh abu batang jagung manis menurunkan nilai *slump* yang berpengaruh kepada *workability* sehingga perlu dilakukan adanya tambahan zat addiktif *superplasticizer* untuk memudahkan pengerjaan dilapangan.
2. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai rencana anggaran biaya (RAB) penggunaan abu batang jagung manis sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni dan Paul Nugraha., 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, “*Pedoman Awal Untuk Perkiraan Proporsi Takaran Campuran*”.
- Diklat Praktikum., 2016, “*Pedoman Praktikum Teknologi Bahan dan Beton*”, Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Dipohusodo, Istimawan, 1999. *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Herianto., Harmiyati H., Mildawati R., 2019, *Pengaruh Air Rendaman Terhadap Kuat Tekan Beton*” Pekanbaru : Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
- Kurniasih, S., Dewi S. H., Harmiyati H., 2020, “*Studi Kuat Tekan, Porositas dan Permeabilitas Dengan Penambahan Abu Arang Kayu Karet Terhadap Beton Porous*” Pekanbaru : Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
- Mulyono, Tri. 2004, “*Teknologi Beton*”, Jakarta:Penerbit Andi.
- Pd T-07-2005-B, 2005. “*Pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan*”. Departemen Pekerjaan Umum.
- Perdana, T., Dewi S. H., Mildawati, R., 2019, “*Pengaruh Pemanfaatan Abu Batang Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Campuran Beton*”, Journal JGEET Vol. 4 No. 03 (2019)
- Roesmarkam dan Yuwono, 2001. “*Kesuburan dan pemupukan tanah pertanian*”, Pustaka Buana, Bandung.
- Rozana, Dewi S. H., Mildawati R., 2019. “*Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Uji Kuat Tekan Beton*” Pekanbaru : Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
- Semekto, W., 2001. “*Teknologi Beton*”, Edisi kelima, Kanisius, Yogyakarta.

- SNI 4431:2011, 2011, “*Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*”. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990, 1990, “*Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*”. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2461-1991, 1991, “*Spesifikasi agregat ringan beton struktural*”. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2834-2000, 2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2002, 2002, “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangun Gedung*”, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2013, 2013, “*Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*”, Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiyono., 2010, “*Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*”, Alfabeta, Bandung.
- Suryani, A., Dewi S. H., Harmiyati H., 2018, “*Kolerasi kuat lentur beton dengan kuat tekan beton*”, *Journal Saintis* Vol. 18 No. 2 (2018)
- Tjokrodimulyo, Kardioyono, 1992, “*Teknologi Beton*”, Biro Penerbit, Yogyakarta.