

**SKRIPSI**

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH  
KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN  
DENGAN BAHAN TAMBAH *EPOXY RESIN* TERHADAP  
KUAT TEKAN BETON  
(Penelitian)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**ABDI KESUMA  
1607210043**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2022



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

**FAKULTAS TEKNIK**

Jl. Kapten Muhtar Basri No.3 Medan 20238 (061) 6622400

---

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING**

Nama : ABDI KESUMA  
NPM : 1607210043  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas sebagai  
Substitusi Parsial Semen dengan Bahan Tambah *Epoxy Resin* terhadap Kuat Tekan Beton.  
Bidang Ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan  
Kepada Panitia Ujian

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Abdi Kesuma

NPM : 1607210043

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas sebagai Substitusi Parsial Semen dengan Bahan Tambah *Epoxy Resin* terhadap Kuat Tekan Beton.

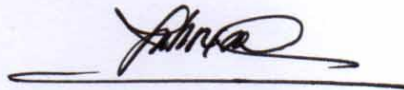
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



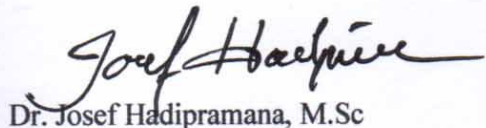
Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dosen Pembanding I



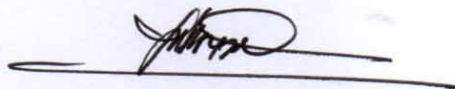
Rizki Efrida., S.T., M.T

Dosen Pembanding II



Dr. Josef Hadipramana, M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Abdi Kesuma  
Tempat, Tanggal Lahir : Mangkai Lama, 27 Maret 1998  
NPM : 1607210043  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Semen dengan Bahan Tambah *Epoxy Resin* Terhadap Kuat Tekan Beton.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjana saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Februari 2022  
Saya yang menyatakan,



Abdi Kesuma

## ABSTRAK

### **ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN DENGAN BAHAN TAMBAH *EPOXY RESIN* TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)**

Abdi Kesuma

1607210232

Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Beton telah menjadi salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton banyak digunakan sebagai bahan bangunan karena harganya relatif murah, kuat tekannya tinggi, dapat dibuat sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan, dapat dikombinasikan dengan baja tulangan, dan masih banyak lagi kelebihan-kelebihan yang lain. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pebandingan kuat tekan beton normal dengan beton limbah kertas sebagai substitusi parsial semen sebanyak 2% dan 4% dengan bahan tambah *Epoxy resin* sebanyak 5%. kuat tekan rata-rata beton normal umur 7 hari sebesar 19,14 MPa sedangkan untuk kuat tekan rata-rata beton dengan campuran limbah kertas 2% sebagai substitusi parsial semen dan 5% *Epoxy resin* yaitu sebesar 18,96 MPa, dapat dilihat terjadi penurunan sebesar 0,18 MPa, begitu juga dengan kuat tekan rata-rata beton dengan campuran limbah kertas 4% dan *epoxy resin* 5% yaitu 18,20 MPa, terjadi penurunan sebesar 0,94 MPa dari beton normal. Untuk beton 28 hari kuat tekan rata-rata beton normal adalah sebesar 27,54 MPa, dan kuat tekan rata-rata beton dengan campuran limbah kertas 2% adalah sebesar 27,26 MPa, terjadi penurunan kuat tekan sebesar 0,28 MPa sedangkan untuk kuat tekan rata-rata beton dengan campuran limbah kertas 4% adalah sebesar 26,97 MPa, terjadi penurunan sebesar 0,57 MPa dari beton normal.

Kata Kunci: Beton, Limbah kertas, *Epoxy Resin*, Kuat tekan.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDING PAPER WASTE AS A PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT WITH EPOXY RESIN AND ADDITIONAL MATERIALS ON THE COMPRESSION STRENGTH OF CONCRETE (Research Studies)**

*Abdi Kesuma  
1607210232*

*Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc*

*Concrete has become one of the most common construction materials used for buildings, bridges, roads, and others. Concrete is widely used as a building material because of its relatively cheap price, high compressive strength, can be made according to the desired shape and size, can be combined with reinforcing steel, and many other advantages. This study aims to analyze the comparison of the compressive strength of normal concrete with waste paper concrete as a partial substitution of 2% cement and 4% with 5% Epoxy resin added. The average compressive strength of normal 7-day old concrete is 19.14 MPa, while the average compressive strength of concrete with a mixture of 2% paper waste as a partial substitution of cement and 5% Epoxy resin is 18.96 MPa, it can be seen a decrease of 0.18 MPa, as well as the average compressive strength of concrete with a mixture of 4% paper waste and 5% epoxy resin which is 18.20 MPa, a decrease of 0.94 MPa from normal concrete. For 28-day concrete the average compressive strength of normal concrete is 27.54 MPa, and the average compressive strength of concrete with a mixture of 2% paper waste is 27.26 MPa, there is a decrease in compressive strength of 0.28 MPa while for the average compressive strength of concrete with a mixture of 4% paper waste is 26.97 MPa, a decrease of 0.57 MPa from normal concrete.*

*Keywords: Concrete, Waste paper, Epoxy Resin, Compressive strength.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul: Analisa Pengaruh Penambahan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Semen dengan Bahan Tambah *Epoxy Resin* terhadap Kuat Tekan Beton. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Josef Hadipramana, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansuri Siregar, S.T., M.Sc, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teristimewa sekali kepada Almarhum Ayah saya tercinta Syahnazar dan Ibunda tercinta Rustina yang telah bersusah payah membesarkan dan

kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada saya, terima kasih atas perjuangannya saya bias kuliah dan menyelesaikan sarjana saya.

8. Kepada Abang saya Alwin Rinaldi dan Adik saya Aulia Rahman terima kasih atas *support* dan dukungannya baik berupa semangat maupun materi saya ucapkan terima kasih.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Bayu Indra Putra Nasution, Ibnu syina, Bima Surya, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.
10. Untuk anak-anak Warkost Production, Robby Alwansyah, Deni Wira, Rocky Arfan, Tami, Abdul Wahab yang sering datang ke kost walaupun cuma numpang wifi gratis terima kasih atas *support* dan dukungannya. Dan terima kasih kepada Nurnila yang selalu *support* saya sampai akhir.
11. Dan terakhir terima kasih kepada Ibu Kost yang sudah sabar karena saya nunggu kost sudah berbulan-bulan.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Februari 2022  
Penulis



Abdi Kesuma



## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRAK</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Bahan penyusun campuran beton	8
2.2.1. Semen	9
2.2.2. Agregat	11
2.2.3. Air	15
2.3. <i>Epoxy Resin</i>	16
2.4. Limbah Kertas	17
2.5. Kuat Tekan Beton	20
2.5.1. Prosedur pengujian	21
2.6. Penelitian Sejenis Sebelumnya	22
2.7. Penelitian Beton Terdahulu	25

BAB 3	METODE PENELITIAN	29
3.1.	Metode Penelitian	29
3.1.1.	Data Primer	29
3.1.2.	Data Sekunder	29
3.2.	Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.3.	Metodologi Penelitian	31
3.4.	Teknik Pengumpulan Data	31
3.5.	Bahan dan Peralatan	31
3.5.1.	Bahan	31
3.5.2.	Alat	34
3.6.	Metode Pembuatan <i>Paper Pulp</i>	41
3.7.	Persiapan Penelitian	42
3.8.	Metode Pengecoran	42
3.8.1.	Beton normal	42
3.8.2.	Beton dengan limbah kertas dab <i>epoxy resin</i>	43
3.9.	Metode Perawatan Benda Uji	43
3.10.	Pengujian Sampel	44
3.10.1.	Pengujian <i>slump test</i>	44
3.10.2.	Pengujian kuat tekan	45
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1.	Tinjauan Umum	47
4.2.	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	47
4.3.	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	47
4.3.1.	Hasil pengujian Analisa saringan	47
4.3.2.	Pengujian berat jenis dan penyerapan	49
4.3.3.	Pengujian kadar air	50
4.3.4.	Pengujian berat isi	51
4.3.5.	Pengujian kadar lumpur	52
4.4.	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	52
4.4.1.	Hasil pengujian Analisa saringan	52
4.4.2.	Pengujian berat jenis dan penyerapan	54
4.4.3.	Pengujian kadar air	55

4.4.4. Pengujian berat isi	56
4.4.5. Pengujian kadar lumpur	57
4.5. Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	57
4.5.1. Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	59
4.6. <i>Slump Test</i>	69
4.7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	71
4.8. Pembahasan	74
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>76</b>
5.1. Kesimpulan	76
5.2. Saran	77
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>81</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1: Komposisi campuran Benda uji	2
Tabel 2.1: Batasan gradasi untuk agregat halus	14
Tabel 2.2: Susunan besar butir agregat kasar	15
Tabel 4.1: Hasil pengujian analisa saringan agregat halus	48
Tabel 4.2: Daerah gradasi agregat halus	48
Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	49
Tabel 4.4: Hasil pengujian kadar air agregat halus	50
Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat halus	51
Tabel 4.6: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	52
Tabel 4.7: Hasil pengujian Analisa saringan agregat kasar	52
Tabel 4.8: Batas gradasi agregat kasar	53
Tabel 4.9: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	54
Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar air agregat kasar	56
Tabel 4.11: Hasil pengujian berat isi agregat kasar	56
Tabel 4.12: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	57
Tabel 4.13: Perencanaan campuran beton <i>mix design</i>	57
Tabel 4.14: Hasil perbandingan campuran beton	59
Tabel 4.15: Hasil <i>slump test</i> beton umur 7 hari	70
Tabel 4.16: Hasil <i>slump test</i> umur beton 28 hari	70
Tabel 4.17: Hasil pengujian kuat tekan beton normal	71
Tabel 4.18: Hasil pengujian kuat tekan beton limbah kertas 2%	72
Tabel 4.19: Hasil pengujian kuat tekan beton limbah kertas 4%	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1: Diagram alir penelitian	30
Gambar 3.2: Semen Andalas	32
Gambar 3.3: Agregat Halus (pasir)	32
Gambar 3.4: Agregat Kasar (batu pecah)	33
Gambar 3.5: Air	33
Gambar 3.6: Limbah Kertas	34
Gambar 3.7: <i>Epoxy Resin</i>	34
Gambar 3.8: Satu set saringan agregat kasar	35
Gambar 3.9: Satu set saringan agregat halus	35
Gambar 3.10: Saringan No.50	36
Gambar 3.11: Timbangan digital	36
Gambar 3.12: Oven	36
Gambar 3.13: Mesin aduk beton	37
Gambar 3.14: Kerucut Abrams	37
Gambar 3.15: Tongkat penumbuk	37
Gambar 3.16: Penggaris	38
Gambar 3.17: Cetakan silinder	38
Gambar 3.18: Gelas ukur	38
Gambar 3.19: Plastik	39
Gambar 3.20: Sekop tangan	39
Gambar 3.21: Sendok semen	39
Gambar 3.22: Ember	40
Gambar 3.23: Pan	40
Gambar 3.24: Mesin los angeles	40
Gambar 3.25: Mesin uji kuat tarik belah beton	41
Gambar 3.26: Cetakan untuk uji <i>Slump</i>	45
Gambar 4.1: Grafik analisa saringan agrgat halus	49
Gambar 4.2: Grafik analisa saringan agrgat kasar	54
Gambar 4.3: Grafik faktor air semen	60
Gambar 4.4: Grafik persen agregat halus	61

Gambar 4.5: Grafik berat isi beton	62
Gambar 4.6: Grafik perbandingan hasil <i>slump test</i>	70
Gambar 4.7: Grafik hasil pengujian beton	73
Gambar 4.8: Grafik perbandingan kuat tekan beton	75

## DAFTAR NOTASI

A	= Luas Penampang
B <sub>j</sub>	= Berat Jenis
FM	= Modulus Kehalusan
f <sup>c</sup>	= Kuat Tekan
n	= Jumlah Benda Uji
P	= Beban Tekan
t	= Tinggi Benda Uji
V	= Volume
W	= Berat
Ø	= Diameter
M	= Nilai Tambah
S <sub>r</sub>	= Standar Rencana
W <sub>h</sub>	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
W <sub>k</sub>	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
B	= Jumlah Air
C	= Agregat Halus
D	= Agregat Kasar
C <sub>a</sub>	= Absorpsi Air Pada Agregat Halus
D <sub>a</sub>	= Absorpsi Agregat Kasar
C <sub>k</sub>	= Kandungan Air Dalam Agregat Halus
D <sub>k</sub>	= Kandungan Air Dalam Agregat Kasar

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Beton telah menjadi salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain. Beton banyak digunakan sebagai bahan bangunan karena harganya relatif murah, kuat tekannya tinggi, dapat dibuat sesuai dengan bentuk dan ukuran yang diinginkan, dapat dikombinasikan dengan baja tulangan, dan masih banyak lagi kelebihan-kelebihan yang lain (Ginting, 2019).

Kertas merupakan salah satu komoditi yang sangat dibutuhkan oleh hampir seluruh umat manusia di dunia. Kehidupan modern sehari-hari ini tidak bisa lepas dari kertas yang bahan bakunya sebagian besar kayu hasil tebangan pohon dari hutan. Dengan demikian, makin boros masyarakat memakai kertas, makin banyak pohon yang harus ditebang untuk dijadikan bubur calon kertas. Jadi dapat dibayangkan apabila penggunaan kertas hanya dipenuhi oleh serat asli maka akan berdampak langsung pada kelestarian lingkungan hidup. Dan dari semua kertas yang dikonsumsi tersebut hanya sebagian kecil yang kembali ke pabrik untuk didaur ulang karena terjadi benturan kepentingan dengan penggunaan lain oleh masyarakat. Namun demikian bukan berarti kertas yang tidak kembali ke pabrik kertas tersebut sepenuhnya dimanfaatkan oleh masyarakat. Kertas bekas yang tidak bermanfaat karena satu dan lain hal akhirnya akan bermuara ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sehingga akan menambah volume sampah dan memperpendek umur TPA itu sendiri. Di lain pihak, terlihat banyak sekali limbah, terutama limbah kertas yang dihasilkan sebagai akibat semakin luasnya pemanfaatan kertas dalam kehidupan sehari-hari, maka dari itu limbah tersebut bisa di manfaatkan (Jalan et al., 2018).

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan



bertingkat pada benda uji kubus sampai hancur. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 1974-2001.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana  $\sigma$  merupakan kuat tekan benda uji ( $N/mm^2$ ) dan P merupakan besar beban maksimum (N) dan A merupakan luas penampang benda uji  $mm^2$  (Bruno, 2019).

## 1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan limbah kertas dalam campuran beton yang ditinjau dari kuat tekan dengan benda uji silinder?
2. Pada variasi campuran limbah kertas beberapa persen (%) terjadi kenaikan/penurunan kuat tarik belah beton jika nilai variasi persentasi yang digunakan untuk penambahan limbah kertas sebagai substitusi parsial semen adalah 2% dan 4%.
3. Jumlah benda uji yang akan dibuat adalah 18 buah.

Tab 1.1: Jumlah variasi sampel pengujian beton.

No.	Variasi Campuran Beton	Jumlah Sample Pengujian	
		7 hari	28 hari
1.	Beton Normal	3 buah	3 buah
2.	Beton dengan campuran limbah kertas 2%	3 buah	3 buah
3.	Beton dengan campuran limbah kertas 4%	3 buah	3 buah
Jumlah		18 Benda Uji	

## 1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan antara lain sebagai berikut:

1. Metode untuk perencanaan campuran beton menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03 2834 2000).

2. Limbah kertas yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kertas HVS sebagai substitusi parsial semen, dengan perencanaan beton dengan umur 7 dan 28 hari dengan benda uji Silinder.
3. Persentase *Epoxy Resin* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 5%, sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
4. Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk Silinder. Dengan kekuatan rencana 25 MPa.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menciptakan inovasi baru beton, dengan melakukan penelitian dan pemeriksaan beton yang ditambahkan limbah kertas sebagai substitusi parsial dari semen dan dikuatkan dengan bahan tambah *epoxy resin* yang ditinjau dari kuat tekan beton.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kualitas kuat tekan beton normal dengan beton yang memakai limbah kertas dan bahan tambah *epoxy resin*, dengan persentase yang telah ditentukan dan apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan pada tahap pelaksanaan di lapangan dan dapat dikembangkan pada penelitian yang lebih lanjut.

#### **1.6. Sistematika Pembahasan**

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membagi materi yang akan disampaikan dalam beberapa bab yaitu:

##### **BAB 1 Pendahuluan**

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika pembahasan.

##### **BAB 2 Tinjauan Pustaka**

Membahas hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

### BAB 3 Metodologi Penelitian

Bagian ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

### BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

### BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Beton

Beton merupakan suatu konstruksi yang umumnya tersusun dari air semen dan agregat. Penggunaan beton saat ini tidak hanya pada ruang lingkup struktur saja, akan tetapi bisa juga digunakan untuk non struktur. Banyak komponen non struktur bangunan yang terbuat dari beton misalnya, dinding, kolom praktis, perabot rumah, maupun berbagai macam hiasan. Penggunaan beton pada komponen non struktur tentulah berbeda dengan struktur dimana komposisi di desain sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan nilai estetika maupun dari segi ekonomi yang lebih (Widodo & Basith, 2017).

Beton adalah bahan yang didapat dengan mencampurkan semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari (Punusingon et al, 2019).

Berdasarkan SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

Beton normal merupakan bahan yang cukup berat, dengan berat sendiri mencapai  $2400 \text{ kg/cm}^3$ . Untuk mengurangi beban mati pada suatu struktur beton maka telah banyak dipakai jenis beton ringan. Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847 tahun 2002, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari  $1900 \text{ kg/m}^3$  (Aris & Slamet, 2013).

Beton juga menjadi salah satu pilihan bahan struktur yang digunakan sebagai bahan konstruksi pada bidang struktur seperti gedung, jembatan, jalan, dan sebagainya. Dimana diperlukan beton mutu tinggi untuk memenuhi kebutuhan

bangunan bertingkat tinggi dan jembatan berbentang panjang. Beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*) merupakan beton yang mempunyai kuat tekan lebih besar sama dengan 41.4 MPa. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan cara memberikan bahan tambah atau bahan ganti pada campuran beton, salah satunya dengan limbah las karbit. Limbah las karbit ini merupakan limbah hasil dari pengelasan. Untuk mendapatkan beton dengan mutu tinggi, salah satu faktor yang berpengaruh adalah gradasi agregat kasar. Apabila gradasi agregat mempunyai ukuran yang lebih kecil dan lebih bervariasi ukurannya, maka pori pada beton menjadi kecil. Hal ini disebabkan oleh butiran yang lebih kecil akan mengisi lubang/rongga yang terdapat diantara agregat yang ukurannya lebih besar (Prayuda & Pujianto, 2018).

Perancangan beton harus memenuhi kriteria perancangan yang berlaku. Perancangan sendiri dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang baik dimana harus memenuhi kriteria dua kinerja yang utamanya, yaitu kuat tekan yang tinggi minimal sesuai dengan rencana dan pengerjaan yang mudah (*Workability*). Selain itu juga harus memenuhi kriteria antara lain, tahan lama (*Durability*), murah (*Aspect economic cost*) dan tahan aus (Tandipayuk, 2017).

Mutu beton sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran dari material serta kualitas dari masing-masing material pembentuk beton tersebut. Beton dengan kadar air yang rendah akan menghasilkan mutu beton yang lebih tinggi namun akan sulit dalam proses pengecorannya (*Low workability*), sedangkan beton dengan kadar air yang tinggi akan menghasilkan beton dengan mutu yang lebih rendah, tetapi lebih mudah dalam proses pengecorannya (*high workability*). Beton mutu K-200 adalah kuat tekan karakteristik beton  $200 \text{ kg/cm}^2$  dengan benda uji kubus ukuran  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ . Konversi benda uji kubus ke silinder = 0,83 konversi  $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg/cm}^2$ . Jadi mutu beton  $F_c' = 16,60 \text{ MPa}$  setara dengan  $= 16,6 \times 10 / 0,83 = 200 \text{ kg/cm}^2$ . Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu:

#### 1) Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga.

Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m<sup>3</sup> atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m<sup>3</sup>, dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 MPa sampai 17,24 MPa menurut SNI 08-1991-03.

2) Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m<sup>3</sup> – 2400 kg/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan sekitar 15– 40 MPa.

3) Beton berat

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

4) Beton massa (*mass concrete*)

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

5) *Ferro-Cement*

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

6) Beton serat (*fibreconcrete*)

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

Ada empat sifat utama beton, yaitu:

- *Workability* (kemudahan untuk mengerjakan beton)
- *Cohesiveness* (seberapa baik campuran beton itu menyatu dalam kondisi plastis)
- *Strength* (Kekuatan Tekan)

- *Durability* (Keawetan)

Beton mengalami tiga kondisi yang berbeda:

- *Plastis* (beton segar)
- *Setting* (saat pengikatan)
- *Hardening* (saat pengerasan)

Kategori Mutu Beton:

- a) Beton mutu rendah (< 20 MPa)
- b) Beton mutu moderat (20 s.d 40 MPa)
- c) Beton berkekuatan Tinggi (> 40 MPa)

Beton mutu moderat biasa disebut beton normal, biasanya dipakai untuk pekerjaan struktural. Beton berkekuatan tinggi dipakai untuk pekerjaan spesial seperti untuk konstruksi beton prategang (Bayuaji, 2017).

## **2.2. Bahan Penyusun Campuran Beton**

Beton merupakan hasil dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan lainnya, dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susunan kasar pencampuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran dan kondisi perawatannya. Jika diperlukan, bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan (Widodo & Basith, 2017).

Faktor-faktor yang membuat beton banyak digunakan karena memiliki keunggulan-keunggulannya antara lain:

1. Kemudahan pengolahannya, yaitu dalam keadaan plastis, beton dapat diendapkan dan diisi dalam cetakan.

2. Material yang mudah didapat, Sebagian besar dari material-material pembentuknya, biasanya tersedia dilokasi dengan harga murah atau pada tempat yang tidak terlalu jauh dari lokasi konstruksi.
3. Kekuatan tekan tinggi, Seperti juga kekuatan tekan pada batu alam, yang membuat beton cocok untuk dipakai sebagai elemen yang terutama memikul gaya tekan, seperti kolom dan konstruksi busur.
4. Daya tahan yang tinggi terhadap api dan cuaca merupakan bukti dari kelebihan.
5. Harganya relatif murah.
6. Mampu memikul beban yang berat.
7. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
8. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil.

Kekurangan beton antara lain:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

### **2.2.1. Semen**

#### **A. Umum**

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (Dasar & Pengomposan, 2014).

Fungsi semen ialah untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda.



Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Semen non-hidrolik
2. Semen hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain: kapur hidrolik, semen pozollan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozollan dan semen alumina (Widodo & Basith, 2017).

#### B. Semen Portland

Semen Portland (*Portland Cement*) atau lebih dikenal dengan semen merupakan suatu bahan yang mempunyai sifat hidrolis, semen membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut. Banyaknya kandungan semen dalam beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Jumlah semen yang terlalu sedikit, berarti banyaknya air juga sedikit mengakibatkan adukan beton sulit dipadatkan, sehingga kuat tekan beton menjadi rendah. Kelebihan jumlah semen, berarti banyaknya air jugaberlebihan sehingga beton menjadi banyak pori, dan akibatnya kuat tekan beton menjadi rendah (Vardaro et al, 2016).

Sesuai dengan kebutuhan pemakaian semen yang disebabkan oleh kondisi lokasi maupun kondisi tertentu yang dibutuhkan pada pelaksanaan konstuksi. Berdasarkan Peraturan Beton 1989 (SKBI.4.53.1989) membagi semen portland menjadi 6 jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu:

##### 1) Tipe I (*Normal portland cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

##### 2) Tipe II (*Hifh early strength portland cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan untuk konstruksi

bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif atau garam-garam sulfat dan saluran air buangan atau bangunan yang berhubungan langsung dengan rawa.

3) Tipe III (*Modifid portland cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen jenis ini digunakan pada daerah yang bertemperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin (*winter season*).

4) Tipe IV (*Low heat portland cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar dan masif, umpamanya untuk pekerjaan bendung, pondasi berukuran besar atau pekerjaan besar lainnya.

5) Tipe V (*Sulfate resisting portland cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut, air buangan industri, bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

6) *Portland Pozzolan Cement (PPC)*

Semen portland pozzolan adalah campuran dari semen tipe I biasa dengan pozzolan (Widodo & Basith, 2017).

### **2.2.2. Agregat**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70% volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Dari segi ekonomis lebih menguntungkan jika digunakan campuran beton dengan sebanyak mungkin bahan pengisi dan sedikit mungkin jumlah semen. Namun keuntungan dari segi ekonomis harus diseimbangkan

dengan kinerja beton baik dalam keadaan segar maupun setelah mengeras (Vardaro et al, 2016).

Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat alam dan agregat buatan atau pecahan. Agregat alam dan pecahan ini pun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya atau gradasi, dan tekstur permukaannya. Dari ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat halus dan agregat kasar.

#### A. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 5 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*). Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar. Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat.

Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

- 1) Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,15 mm dan 5 mm).
- 2) Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
- 3) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
- 4) Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci.
- 5) Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan harus memenuhi persyaratan diatas, selain pasir alam atau dari sungai atau galian dalam tanah terdapat pula pasir buatan yang dihasilkan dari batu yang dihaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses (Daryanto, 1994).

##### a. Pasir Galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan

bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

b. Pasir Sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dalam sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butirnya agak kurang karena butir yang bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok juga untuk keperluan yang lain.

c. Pasir Laut

Pasir laut ialah pasir yang di ambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman.

Spesifikasi dari Agregat halus Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM. Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah:

1. Susunan Butiran (Gradasi)

Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan maka akan diperoleh angka *Fine Modulus*. Melalui *Fine Modulus* ini dapat digolongkan 3 jenis pasir yaitu:

Pasir Kasar:  $2.9 < FM < 3.2$

Pasir Sedang:  $2.6 < FM < 2.9$

Pasir Halus:  $2.2 < FM < 2.6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan ASTM C 33 – 74 a. Batasan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Batasan gradasi untuk agregat halus.

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9.5 mm (3/8 in)	100
4.76 mm (No. 4)	95 – 100
2.36 mm (No.8)	80 – 100

1.19 mm (No.16)	50 – 85
0.595 mm (No.30)	25 – 60
0.300 mm (No.50)	10 – 30
0.150 mm (No.100)	2 – 10

#### B. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sifat yang paling penting dari suatu agregat kasar adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia serta ketahanan terhadap penyusutan (Widodo & Basith, 2017).

Jenis agregat kasar secara umum adalah sebagai berikut:

##### a. Batu pecah alami

Bahan ini diperoleh dari cadas atau batu pecah alami yang digali, yang berasal dari gunung.

##### b. Kerikil alami

kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.

##### c. Agregat kasar buatan

Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya hasil dari proses lain seperti dari *blast-furnace* dan lain-lain.

##### d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat (Widodo & Basith, 2017).

#### Spesifikasi dari Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

##### 1. Susunan butiran (gradasi)

Agregat harus mempunyai gradasi yang baik, artinya harus terdiri dari butiran yang beragam besarnya, sehingga dapat mengisi rongga-rongga akibat ukuran yang besar, sehingga akan mengurangi penggunaan semen atau

penggunaan semen yang minimal. Agregat kasar harus mempunyai susunan butiran dalam batas-batas seperti yang terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2: Susunan besar butiran agregat kasar (ASTM, 1991).

Ukuran Lubang Ayakan (mm)	Persentase Lolos Kumulatif (%)
38,10	95 – 100
19,10	35 – 70
9,52	10 – 30
4,75	0 – 5

### 2.2.3. Air

Air di dalam campuran beton berfungsi untuk menghidrasi semen dan sangat menentukan *workability* dari pekerjaan semen. Kental atau enceranya campuran ditentukan oleh banyaknya air yang terdapat dalam beton yang baru diaduk. Kandungan air dalam beton segar harus sesuai dengan yang ditetapkan dalam mix design dan kondisi lapangan sewaktu pembuatan beton. Kadar air yang tinggi akan menyebabkan beton menjadi encer sedangkan kadar air yang rendah akan menyebabkan daya rekat campuran beton berkurang. Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air memiliki beberapa pengaruh terhadap kekuatan beton antara lain:

- a) Air merupakan media pencampuran pada pembuatan pasta.

- b) Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara air dan faktor semen.
- c) Kandungan air yang tinggi menghalangi proses pengikatan, dan kandungan air yang rendah reaksi tidak selesai. Kandungan air yang tinggi dapat mengakibatkan:
- Mudah mengerjakannya
  - Kekuatan rendah
  - Beton dapat menjadi berporos

Untuk air perawatan, dapat dipakai juga air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan beton. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai penyebab utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan cukup lama (Widodo & Basith, 2017).

### **2.3. Epoxy Resin**

*Epoxy Resin* banyak digunakan untuk bahan komposit di beberapa bagian struktur, resin ini juga dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kemasan, bahan cetakan (*moulding compound*) dan perekat. Resin epoksi sangat baik digunakan sebagai matriks pada komposit dengan penguat serat gelas. Pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengerasan, karena resin epoksi menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan. Penelitian ini diharapkan didapat campuran yang menghasilkan kuat tekan optimum dan serapan airnya juga kecil dengan bahan ikat yang berbeda (Arif et al., 2015).

*Epoxy* adalah suatu kopolimer yang terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda, yang disebut sebagai "resin" dan "pengeras". Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung (Pustaka, 2017).

*Epoxy resin* paling umum yang dihasilkan dari reaksi antara *epiklorohidrin* dan *bisphenol-A*, meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari *monomer polyamine*, misalnya *Triethylene tetramine* (Teta). Ketika senyawa ini dicampur bersama, kelompok amina bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen.

Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida, sehingga polimer yang dihasilkan sangat silang, dan dengan demikian kaku dan kuat. Proses *polimerisasi* disebut "*curing*", dan dapat dikontrol melalui suhu, pilihan senyawa resin dan pengeras dan rasio kata senyawanya. Beberapa formulasi manfaat dari pemanasan selama masa penyembuhan, sedangkan yang lainnya hanya memerlukan waktu, dan suhu ambien (Karwur et al, 2013).

*Epoxy Resin* dapat direaksikan baik dengan dirinya sendiri melalui *homo polimerisasi katalitik*, atau dengan berbagai ko-reaktan termasuk *amina polifungsional*, asam dan anhidrida asam, fenol, alkohol, dan tiol atau biasanya disebut merkaptan. Co-reaktan ini sering disebut sebagai pengeras atau kuratif, dan reaksi ikatan silang biasanya disebut sebagai *curing*.

Reaksi *poli epoksida* dengan dirinya sendiri atau dengan pengeras *polifungsional* membentuk polimer *termoseting*, seringkali dengan sifat mekanik yang menguntungkan dan ketahanan termal dan kimia yang tinggi. *Epoxy* memiliki berbagai aplikasi, termasuk pelapis logam, digunakan dalam komponen elektronik/listrik/LED, isolator listrik tegangan tinggi, pembuatan kuas cat, bahan plastik yang diperkuat serat, dan perekat untuk keperluan struktural dan lainnya.

Berbagai penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penambahan zat *epoxy* pada beton dapat meningkatkan kualitas serta menutupi kelemahan dari beton itu sendiri. *Epoxy* yang dipakai pada campuran beton umumnya adalah *epoxy resin*. Selain menambahkan *epoxy*, beton tersebut juga akan ditambahkan kaca guna untuk mengurangi limbah kaca dari suatu industri yang sudah tidak memiliki nilai jual lagi. Dalam penelitiannya, Yulius, dkk. menyimpulkan bahwa *epoxy* memiliki karakteristik yang baik dan cocok untuk campuran beton, sehingga dapat bereaksi dengan baik (Pustaka, 2017).

#### **2.4. Limbah Kertas**

Kertas sebagai hasil pengolahan dari kayu kemudian dijadikan *pulp* atau bubur kayu yang kemudian diolah sebagai bahan baku kertas. Banyaknya pemanfaatan kertas pada kehidupan sehari-hari menyisakan limbah setelah fungsi kertas tidak termanfaatkan lagi. Bubuk kertas dimanfaatkan sebagai bahan pengisi



dan dicampur dengan semen sebagai perekat, maka serat kertas maupun kandungan lain pada kertas akan menjadi bahan bangunan yang sekaligus membantu mengurangi dampak kertas terhadap lingkungan apabila kertas hanya dijadikan sebagai sampah (Vardaro et al, 2016).

Kertas dalam bahasa Inggris disebut *paper* dan dalam bahasa Belanda disebut *papier*. Kertas adalah barang baru ciptaan manusia berwujud lembaran-lembaran tipis yang dapat dirobek, digulung, dilipat, direkat, dicoret mempunyai sifat yang berbeda dari bahan bakunya. Kertas dibuat untuk memenuhi kebutuhan hidup yang sangat beragam.

Kertas dikenal sebagai media utama untuk menulis, mencetak serta melukis dan banyak kegunaan lain yang dapat dilakukan dengan kertas misalnya kertas pembersih (*tissue*) yang digunakan untuk hidangan, kebersihan ataupun toilet. Adanya kertas merupakan revolusi baru dalam dunia tulis menulis yang menyumbangkan arti besar dalam peradaban dunia. Sebelum ditemukan kertas, bangsa-bangsa dahulu menggunakan tablet dari tanah lempung yang dibakar. Hal ini bisa dijumpai dari peradaban bangsa Sumeria, Prasasti dari batu, kayu, bambu, kulit atau tulang binatang, sutra, bahkan daun lontar yang dirangkai seperti dijumpai pada naskah naskah Nusantara beberapa abad lampau (Tandipayuk, 2017).

Kekuatan beton dengan menggunakan limbah kertas tentu akan dipengaruhi oleh penambahan campuran limbah kertas, sehingga rumusan masalahnya adalah sejauh mana pengaruh penambahan limbah kertas pada beton ringan dan pada variasi campuran limbah kertas beberapa (%) terjadi kenaikan kuat tekan beton (Hadi, 2018).

Bahan-bahan pembuatan kertas terdiri dari tiga komponen yaitu bahan baku, bahan pembantu dan bahan pelengkap. Bahan baku adalah bahan utama pembuatan kertas. Bahan baku diubah hingga menjadi barang baru yang mempunyai wujud dan sifat berlainan dari bahan asalnya. Bahan pembantu adalah bahan-bahan yang diperlukan untuk memperlancar pembuatan kertas. Bahan pelengkap adalah bahan-bahan yang diperlukan dalam proses pembuatan kertas agar memperoleh hasil yang baik tanpa bahan pelengkap kertas yang dihasilkan banyak mengandung cacat dan tidak sempurna (Vardaro et al., 2016).

## A. Bahan Baku

Bahan baku kertas dari tanaman yang banyak mengandung serat seperti: jerami padi, bamboo, tebu, rumput-rumputan, jute, manila, rosella, murbai, kapas, lena dan jenis tanaman-tanaman lainnya yang cukup banyak tersedia di alam. Batang-batang kayu pun digunakan sebagai bahan baku. Hampir semua jenis kayu baik kayu keras maupun lunak tanpa kecuali dapat dijadikan bahan baku kertas. Karena kayu mempunyai kandungan selulosa cukup banyak 40-45 % (Dumanauw, 1984). Seperti yang kita ketahui selulosa adalah komponen utama pembuatan kertas. Namun, produk kertas dari bahan nonkayu masih dibuat karena bahan jenis ini mempunyai keunggulan yakni lebih kuat dibandingkan dengan selulosa kayu. Kertas jenis ini dipergunakan sebagai kertas tulis, kertas penjilidan buku, kertas cetak biru, uang kertas, dan bahan lain yang memerlukan kertas dengan ketahanan tinggi.

## B. Bahan Pembantu

Ada empat jenis bahan pembantu yang digunakan dalam pembuatan kertas, yang pertama adalah air bersih dan selebihnya adalah bahan-bahan kimia yang berbeda-beda peranannya. Tidak semua bahan-bahan kimia ini dipergunakan sekaligus tetapi tergantung kepada jenis kertas yang diproduksi. Bahan-bahan pembantu tersebut sebagai berikut:

### 1. Air

Diperlukan sebagai pelarut dan pencuci. Air sangat diperlukan dalam pembuatan kertas.

### 2. Bahan pemutih

Diperlukan untuk membuat kertas menjadi putih bersih sebab bahan baku kertas tidak berwarna. Bahan pemutih tersebut yaitu: *Hidrogen Peroksida*, *Natrium Peroksida*, *Natrium Bisulfat* dan *Kalium Bisulfat*.

### 3. Bahan penghancur kayu

Diperlukan untuk menghancurkan kayu tidak dengan cara mekanis tetapi bahan reaksi kimia. Bahan penghancur tersebut adalah:

- Asam > Asam sulfat

- Alkali > Sodium Hidroksida

#### 4. Bahan pewarna

Diperlukan apabila hendak membuat kertas-kertas berwarna.

#### C. Bahan Pelengkap

Ada dua macam bahan pelengkap yang dipergunakan di dalam industri kertas, Bahan-bahan tersebut adalah:

##### 1. Bahan Pengisi

Bahan untuk menutup lubang-lubang halus pada permukaan kertas, sehingga diperoleh kertas yang rata dan halus. Diantara bahan-bahan tersebut adalah: Kaolin, Tanah Diatomea, Gips dan Kapur Magnesit.

##### 2. Bahan Perekat

Bahan untuk mengikat serat atau selulosa kayu agar lebih kuat dan kokoh diantaranya: Perekat arpus, Perekat hewani dan Perekat tepung kanji (Vardaro et al, 2016).

### **2.5. Pengujian Kuat Tekan Beton**

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji kubus sampai hancur. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 1974-2001.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana  $\sigma$  merupakan kuat tekan benda uji ( $N/mm^2$ ) dan P merupakan besar beban maksimum (N) dan A merupakan luas penampang benda uji  $mm^2$  (Pane et al, 2018).

Beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi kuat tariknya sangat rendah. Kondisi yang demikian, yaitu rendahnya kuat tarik, pada elemen struktur yang betonnya mengalami tagangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk suatu struktur komposit, dan kemudian dikenal dengan sebutan beton bertulang. Khusus beton saja yang tidak bertulang disebut beton tampa tulang (*plain concrete*). Untuk struktur tertentu yang tidak menginginkan retak tarik pada beton misalnya, dilakukan manipulasi (*strategis*) dengan memberikan tegangan tekan awal sebelum struktur dibebani, yaitu pada struktur beton prategang *prestressed concrete* (Prayuda & Pujiyanto, 2018).

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut ini:

1. *Water cement ratio* (w/c)

Dimana w/c ini berpengaruh pada porositas dari pasta semen padat pada setiap proses hidrasi semen. Proses pemadatan juga memberikan efek terhadap porositas. Semakin rendah w/c semakin rendah porositas yang terjadi. Jika beton sedikit *porositas* atau padat maka kinerja beton semakin tinggi. Dalam pelaksanaan dilapangan w/c rendah tentunya *workability* semakin sulit sehingga diperlukan zat *admixture* terhadap air. Ratio w/c menjadi berubah setelah masuknya *admixture*, proses ini disebut sebagai *water to cementitious ratio*.

2. Kualitas agregat halus

Dari segi kualitas yang ditinjau maka dipengaruhi oleh bentuk butiran, tekstur, modulus kehalusan, bersih dari bahan organik, gradasinya.

3. Kualitas agregat kasar

Segi kualitasnya dipengaruhi oleh tingkat porositas, bentuk dan ukurannya, bersih dari bahan *organic* kuat tekan hancur dan gradasinya.

4. Kadar bahan tambah yang dicampurkan harus dengan dosis yang tepat.

5. Prosedur yang benar dan tepat

Dalam pelaksanaan proses pembuatan beton, yang meliputi uji material, pemilihan material yang baik, penimbangan dan pencampuran material, pengadukkan pengangkutan, pengecoran, perawatan (*curing*), pengawasan pengendalian (Surya Fani, 2020).

### **2.5.1. Prosedur pengujian**

Pemberian tanda pada benda uji Tarik garis tengah pada setiap sisi ujung silinder benda uji dengan mempergunakan peralatan bantu yang sesuai hingga dapat memastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada dalam bidang aksial yang sama. Sebagai alternatif dapat digunakan alat bantu penandaan garis tengah berbentuk T pada kedua ujung benda tersebut terdiri dari 3 bagian sebagai berikut:

- a) Sebuah baja kanal C-100 yang kedua flensnya sudah diratakan dengan mesin.
- b) Bagian alas, B, dari perlengkapan berbentuk T yang diberi alur yang sesuai dengan tebal kedua flens baja kanal dan celah persegi empat untuk perletakan batang tegaknya.
- c) bagian tegak, C, dari alat perlengkapan berbentuk T terpasang tegak lurus pada alas B; bagian tegak tersebut di beri celah, A, yang memanjang untuk memudahkan pembuatan tanda garis tengah pada kedua ujung benda uji. Alat perlengkapan rakitan berbentuk T tersebut tidak terpasang mati pada baja kanal, tetapi dapat dipindahkan dan digeserkan pada kedua ujung baja kanal dengan tidak mengganggu posisi benda uji pada waktu dilakukan penandaan garis tengah pada kedua sisi benda uji.

Peralatan bantu perletakan benda uji pada posisi uji Peralatan bantu perletakan benda uji pada posisi uji. Peralatan bantu ini terdiri dari tiga bagian, sebagai berikut:

- a) bagian alas tempat untuk meletakkan bantalan bantu pembebanan bagian bawah dan benda uji kubus.
- b) pelat atau batang bantu penekanan yang memenuhi persyaratan pada sus pasal 4.1, baik ukuran maupun kerataanya.
- c) dua buah bagian tegak yang kegunaanya untuk meletakkan benda uji pada posisi uji lengkap dengan pelat atau batang penekan tambahan dan bantalan bantu pembebenanya.

### **2.6. Penelitian Sejenis Sebelumnya**

### **2.6.1. Karakteristik Beton Ringan Kuat Tekan 35 Mpa Menggunakan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus (Rangga P. Tandipayuk)**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan beberapa pengujian yang dilaksanakan, maka dapat penulis sampaikan beberapa hal yang dapat menjadi kesimpulan yakni, Beton dengan atau tanpa penambahan bulir kertas mengalami kenaikan kuat tekan sampai dengan umur 28 hari. Pergantian bulir kertas sebagai agregat halus dapat mereduksi berat isi beton hingga mencapai 3.87% atau  $88.98 \text{ kg/m}^3$  pada variasi P50-0. Penambahan bulir kertas pada campuran beton menurunkan kuat tekan beton sebesar 3.72%, tetapi penambahan bulir kertas dapat meningkatkan kuat lentur sebesar 6.79%, demikian juga pada nilai modulus elastisitas beton meningkat sebesar 19.90% pada beton P25-0 dibandingkan dengan beton NC-0.

Tidak ditemukan adanya pengaruh positif *silica fume* terhadap karakteristik beton kertas pada umur 28 hari. Secara umum dapat disimpulkan bahwa bulir kertas dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus dalam produksi beton dengan kuat tekan minimal 37 MPa dengan persentase substitusi bulir kertas sebesar  $\pm 25\%$  (Tandipayuk, 2014).

### **2.6.2. Analisis Proporsi Bubur Kertas Dan Pasir Terhadap Kuat Tekan Beton Kertas (Surya Bermansyah Et Al, 2011)**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan bubuk kertas terhadap kuat tekan dan untuk mengetahui komposisi campuran yang optimum pada beton kertas agar menghasilkan kuat tekan yang optimal dengan penggunaan superplasticizer. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton kertas dengan 5 (lima) variasi campuran dengan persentase bubuk kertas terhadap pasir sebesar 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70%. Campuran dasar yang digunakan adalah 1:2 (semen:agregat) dan *super plasticizer* yang digunakan adalah jenis Sikament-NN.

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm sebanyak 15 buah dan silinder berdiameter 10 cm dengan tinggi 20 cm sebanyak 25 buah, dimana pengujian kuat tekan dilakukan pada

umur 28 hari dengan perawatan yang digunakan adalah pada suhu ruangan. Dari 5 (lima) variasi campuran tersebut, kuat tekan yang paling maksimum terjadi pada penambahan bubuk kertas terhadap pasir sebesar 30%, yaitu sebesar 50,827% (175 kg/cm<sup>2</sup>) jika dibandingkan dengan kuat tekan beton normal sebesar 355,888 kg/cm<sup>2</sup>. Dan berat jenis yang didapat adalah 321,941 gr/cm<sup>2</sup>.

Pada perhitungan modulus elastisitas dan *poisson's ratio* persentase bubuk kertas terhadap pasir sebesar 30% juga menghasilkan nilai yang maksimum yaitu sebesar 8852,678 kg/cm<sup>2</sup> dan 0,357. Berdasarkan kekuatannya beton kertas dengan proporsi bubuk kertas sebesar 40%-50% dapat dikategorikan sebagai beton ringan dengan kekuatan menengah (*moderate strength concretes*).

### **2.6.3. Analisis Penggunaan Limbah Bubur Kertas Dan Silica Fume Terhadap Sifat Mekanik Beton Kertas. (<sup>1</sup>ecy Mercurius Damanik, <sup>2</sup>nursyamsi, S.T., M.T.,)**

Dari hasil penelitian, analisa, dan pembahasan yang sudah dilaksanakan di dapat hasil, Nilai slump beton dengan subsitusi bubuk kertas 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% berturut-turut adalah 10,5cm, 9,5cm, 8,5cm, 7,5cm dan 6,5cm sehingga nilai *workability* beton tersebut berkurang. Berat isi beton dengan subsitusi bubuk kertas 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% berturut-turut adalah 1894,907 kg/cm<sup>3</sup>, 1872,918 kg/cm<sup>3</sup>, 1852,586 kg/cm<sup>3</sup>, 1834,111 kg/cm<sup>3</sup> dan 1817,892 kg/cm<sup>3</sup>. *Absorpsi* beton dengan subsitusi bubuk kertas 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% berturut-turut adalah 2,165%, 2,965%, 3,795%, 4,637% dan 5,268%.

Porositas beton dengan subsitusi bubuk kertas 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% berturut-turut adalah 4,860%, 5,992%, 7,549%, 8,964% dan 10,026%. Kuat tekan beton dengan subsitusi bubuk kertas 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% berturut-turut adalah 36,377 Mpa, 33,97 Mpa, 29,886 Mpa, 17,863 Mpa dan 15,4 MPa. Kuat tarik beton dengan subsitusi bubuk kertas 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% berturut-turut adalah 8,222 Mpa, 5,911 Mpa, 5,778 Mpa, 5,178 Mpa dan 4,956 MPa. Menurut Neville (1999), subsitusi bubuk kertas 30%-40% dapat dikategorikan beton ringan struktur (*Structural lightweight Concretes*) yaitu struktur dengan berat jenis antara 1350 kg/m<sup>3</sup> sampai 1900 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan lebih dari 14 MPa yang dapat digunakan sebagai beton normal.

Berdasarkan SK SNI 03-3449-2002 beton kertas dengan proporsi bubuk kertas sebesar 30% dapat dikategorikan sebagai beton ringan struktural dan dapat diaplikasikan pada bangunan sederhana (*non engineering building*) (Damanik, 1850).

#### **3.6.4. Pengaruh Penggunaan Bubur Kertas Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Beton (Yofadzka Akbar, 2014)**

Dari hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan materi bubuk kertas ke dalam adukan beton memiliki kekurangan yaitu akan mengurangi kekuatan tekan dari beton tersebut dan juga memiliki kelebihan yakni beton yang ditambahkan bubuk kertas akan memiliki bobot yang lebih ringan dan lebih fleksibel. Bubuk kertas sebanyak 5% yang telah ditambahkan memiliki rata-rata hasil kuat tekan sebesar  $91 \text{ kg/cm}^2$ , kemudian penambahan bubuk kertas sebanyak 7.5% menghasilkan rata-rata hasil kuat tekan beton sebesar  $76.5 \text{ kg/cm}^2$ , dan yang terakhir rata-rata kuat tekan beton sebesar  $68.2 \text{ kg/cm}^2$  didapatkan dari penambahan bubuk kertas sebanyak 10%.

Hasil uji beton yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa beton yang memiliki komposisi tidak dicampurkan dengan bubuk kertas memiliki rata-rata kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan beton yang dicampurkan dengan bubuk kertas, namun komposisi ini juga memiliki bobot yang paling besar. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka perlu adanya tindak lanjut berkaitan dengan kuat lentur beton kertas ini. Kemudian penelitian lebih lanjut mengenai variasi penambahan jumlah bubuk kertas juga perlu dilakukan. Selain itu perlu juga pendalaman lebih lanjut untuk mengurangi kekurangan yang dimiliki beton kertas (Dasar & Pengomposan, 2014).

#### **2.7 Penelitian Beton terdahulu**

Serat ijuk dan *viscocrete* 3115N digunakan sebagai bahan tambah pada campuran beton. Persentase dari serat ijuk dalam campuran yaitu 7 %, 8 % dan 9 %, sedangkan untuk *viscocrete* 3115N digunakan 0,8 %. Dari hasil penelitiandidapatlah kuat tarik belah beton dengan nilai tertinggi berada pada



komposisi serat ijuk 9 % dan viscocrete 3115N 0,8 % yaitu 5,16 MPa untuk umur 28 hari (Hasyim & Prafanti S.T, M.T, 2020).

Penelitian menggunakan *sikacim* sebesar 1% dari berat semen, dan Persentase serbuk kaca yang digunakan sebesar 4%,8% dan 12% sebagai substitusi parsial semen dengan umur 28 hari. Nilai kuat tekan beton rata-rata umur 28 hari dengan bahan tambah kombinasi antara serbuk kaca 4%, 8%, 12% dengan *sikacim concreteadditive* 1% pada campuran beton, terjadi peningkatan sebesar 1,04%, 3,02%, 0,37% dari kuat tekan beton tanpa bahan tambah (Hidayat & Zulkarnain, 2020).

Kadar optimum penggunaan abu cangkang kelapa sawit dan *silica gel* sebagai bahan tambah semen yang berkaitan dengan kuat tarik belah beton. Penambahan abu cangkang kelapa sawit dan agregat normal yaitu 15%, 20, dan 25%. Hasil analisis menunjukkan kuat tarik belah optimum beton dengan komposisi yang mengandung abu cangkang kelapa sawit dan *silica gel* 25% yakni 4,88 MPa (Yusril Chair, 2020).

Pengujian kuat tarik belah beton normal dan beton menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi sebagian agregat halus dengan persentase 0%, 6%, 8%, 10% dan bahan tambah *bondcrete* 2%. Dari hasil pengujian diperoleh kuat tarik belah beton dengan *bondcrete* meningkat 5,06% pada variasi serbuk kaca 10% yaitu 3,73 Mpa dibanding kuat tarik belah normal yaitu 3,54 Mpa (Fakhri & Zulkarnain, 2010).

Penelitian memakai abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti agregat halus dan zat adiktif *bondcrete*. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton campuran abu cangkang kelapa sawit dan *bondcrete* mengalami penurunan kuat tekan, serta tidak mencapai kuat tekan rencana yaitu 25 Mpa disebabkan pengaruh persentase abu cangkang kelapa sawit dan zat adiktif *bondcrete* (Indra, 2020).

Penelitian menggunakan *sika fume* sebesar 10% dari berat semen, sedangkan air kapur yang digunakan berasal dari perendaman kapur tohor yang dilarutkan dengan air Perendaman 28 hari air tawar setelah itu direndam dalam air sulfat dengan lama perendaman 28 hari. Hasil kuat tekan optimum pada perendaman air

tawar 28 hari terjadi pada beton dengan substitusi serbuk kaca 0,8% + sika fume 10% yaitu sebesar 26,24 Mpa (Sukuri, 2018).

Kuat tarik belah beton optimum setelah dicampur Serbuk Kaca sebagai substitusi parsial semen dan *Bondcrete* pada umur beton 28 hari. Persentase serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0%, 2%, 4% 6%, sebagai substitusi parsial semen dengan penambahan *bondcrete* sebesar 2%. Dari hasil penelitian diperoleh, kuat tarik belah rata - rata beton dengan serbuk kaca BN (0%) = 3,6 Mpa, BK-2 (2%) = 3,89 Mpa, BK-4 (4%) = 2,97 Mpa, BK-6 (6%) = 3,23 Mpa (Riski, 2019).

Pengaruh penambahan abu bonggol jagung dan *Silica fume* terhadap kuat lentur beton. Beton direncanakan dengan  $f_c$  27 dengan perbandingan limbah abu bonggol jagung sebanyak 3%, 5%, dan 7% dari berat agregat halus dan *Silica fume* sebanyak 3% dari berat semen, didapat kuat tarik belah yang optimum yaitu pada komposisi campuran 7% abu bonggol dan 3% *Silica fume* ialah sebesar 3,91 Mpa. Sehingga pada campuran tersebut didapatkan kuat lentur dari konversi kuat tarik belah ialah sebesar 5,36 Mpa (Azizi Surbakti & Zulkarnain, 2020).

Hasil kuat tekan optimum pada perendaman air tawar 28 hari pada beton dengan campuran abu sekam padi 10% + *viscocrete* 3115 N 1% yaitu sebesar 26,59 Mpa. Setelah itu pada rendaman air sulfat pada perendaman 28 hari. Hasil kuat tekan optimum juga terjadi pada beton dengan campuran abu sekam padi 10% + *viscocrete* 3115 N yaitu sebesar 25,56 Mpa (Derlangga & Zulkarnain, 2020).

Dalam pembuatan beton salah satu bahan alternatif tambahan yang digunakan adalah *Styrofoam*. Persentase penggunaan butir *Styrofoam* pada campuran beton bervariasi yaitu sebesar 5%, 6%, dan 7% dari volume agregat kasar. Nilai kuattarik berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 4,60 Mpa; Variasi I (5%) = 3,54 Mpa; Variasi II (6%) = 3,04 Mpa; Variasi III (7%) = 3,11 Mpa (Arami & Zulkarnain, 2020).

Penelitian menggunakan bahan tambah berupa serat tandan kosong kelapa sawit yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan kuat tarik belah. Penelitian menggunakan *Admixture adhesive manufacturer* (78) sebesar 1,5%, sedangkan dimensi benda uji silinder 15 x 30 cm. Hasil kuat tarik belah beton

optimum pada perendaman air 28 hari terjadi pada beton serat tandan kosong 3% dan *Admixture adhesive manufacturer* (78) 1,5% Mpa (Arifin, 2020).

Dengan variasi penambahan abu bonggol jagung 0%, 5%, 10%, 15% dari berat pasir dan *sika viscocrete* 3115N sebesar 0,8% dari berat semen. Sampel pengujian beton yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15 x 30 cm<sup>3</sup> sebanyak 12 benda uji. Nilai kuat tarik belah yang diperoleh sesuai dengan variasi adalah 0% (4,60 MPa), 5% (5,02 MPa), 10% (3,94 MPa), 15% (2,95 MPa). Nilai kuat tarik belah optimum diperoleh pada variasi abu bonggol jagung 5% (Wijaya & Zulkarnain, 2020).

Pada penelitian abu serbuk kayu dengan persentase 10%, 20% dan 30% dari berat agregat halus dengan tambahan bahan kimia sebesar 0,8% dari berat semen, didapat nilai rata-rata pada setiap variasi. BN0 dengan kuat tarik belah sebesar 4,60 MPa, BA10 sebesar 3,04 MPa, BA20 sebesar 1,98 MPa, dan BA30 sebesar 1,41 MPa (Agustiono & Zulkarnain, 2020).

Beton dengan campuran abu batang pisang 4% dan *sikacim concrete additive* 0,6% sebesar 27,85 MPa, beton dengan campuran abu batang pisang 5% dan *sikacim concrete additive* 0,6% sebesar 28,85 MPa, beton dengan campuran abu batang pisang 6% dan *sikacim concrete additive* 0,6% sebesar 30,74 MPa. Hasil kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran abu batang pisang 6% dan *sikacim concrete additive* 0,8% yaitu sebesar 30,74 Mpa (Nazar & Zulkarnain, 2020).

Penelitian abu cangkang kelapa sawit 0%, 10%, 20% dan 30% dari berat pasir dan *sika viscocrete* 3115N sebesar 0,8% dari berat semen. Nilai kuat tarik yang diperoleh mengalami kenaikan pada variasi 10% dengan nilai (4,74 MPa) dari beton normal dengan nilai (4,60MPa) dan mengalami penurunan pada variasi 20% (3,96 MPa) dan variasi 30% (3,54MPa). Nilai kuat tarik optimum terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 10% (Reja Palepy, 2020).

Penelitian menggunakan bahan tambah berupa *sika fume*, selain itu, dalam usaha untuk menghasilkan mutu beton yang lebih baik digunakan air kapur sebagai air campuran adukan beton. Hasil kuat tekan optimum pada perendaman air tawar 28 hari terjadi pada beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% yaitu sebesar 26,24 Mpa (Ilham Sani, 2020).

Penelitian menggunakan serat ijuk sebesar 4%, 5%, dan 6% dari berat semen, sedangkan *sikacim concrete additive* yang digunakan sebesar 0,8% dari berat semen. Hasil kuat tarik belah optimum terjadi pada beton dengan campuran serat ijuk 6% dan *sikacim concrete additive* 0,8% yaitu sebesar 5 Mpa (Enzelya Adila L, 2018).

Penelitian menggunakan bahan tambah berupa serbuk kayu dan *am 78* yang bertujuan untuk meningkatkan *initial setting time* beton, penelitian ini menggunakan serbuk kayu dengan variasi 5%, 7%, dan 10% dari berat agregat halus dan *am 78* sebesar 0,8% dari berat semen. Hasil kuat tekan optimum pada 28 hari terjadi pada beton dengan campuran serbuk kayu + *am 78 concrete additive* 0,8% yaitu sebesar 271,11 Mpa (Surya Fani, 2020).

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Metode Penelitian**

Metodologi merupakan suatu cara atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

##### **1. Data Primer**

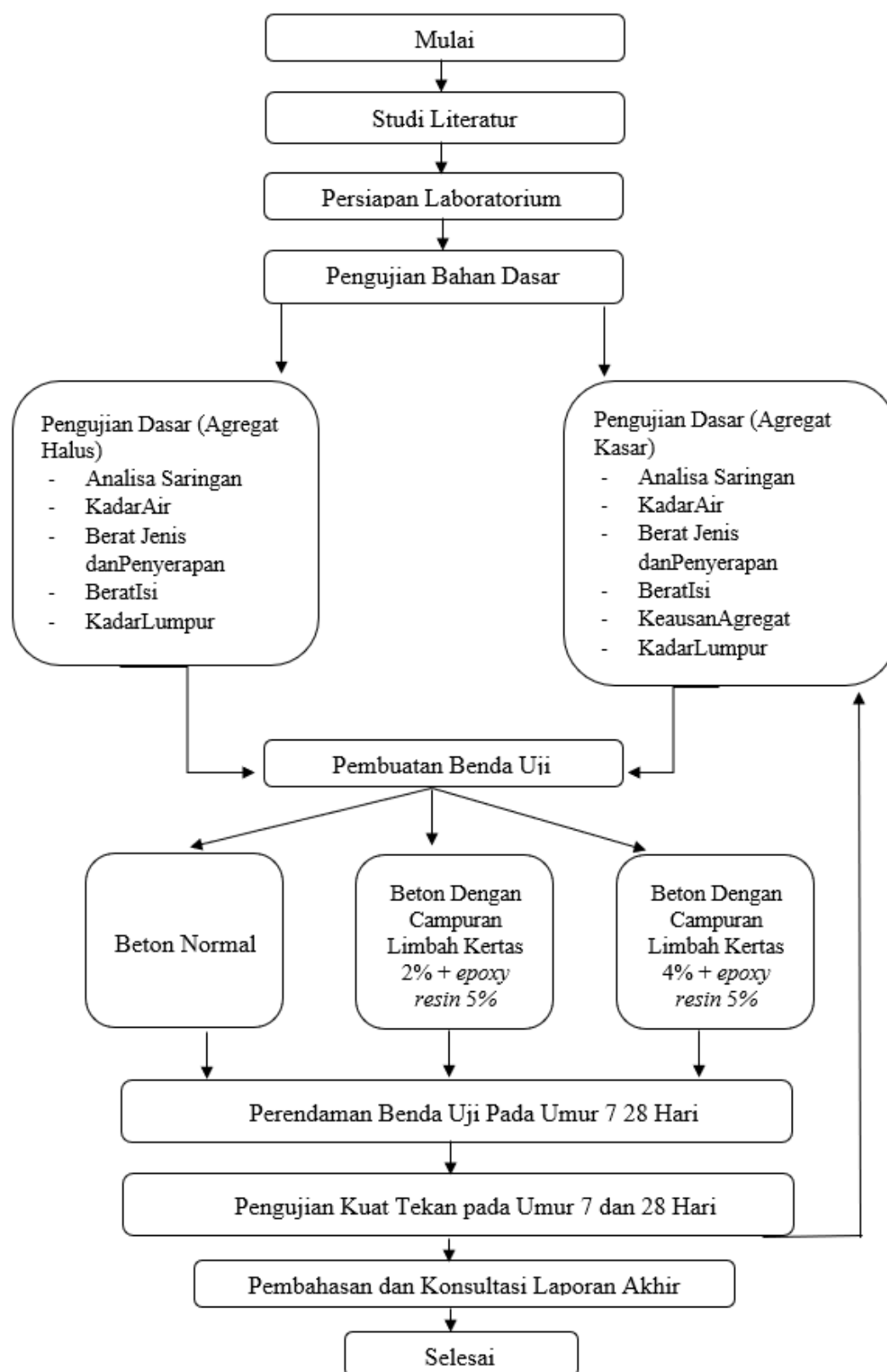
Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil yang dilaksanakan di laboratorium. Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

- Analisa saringan agregat.
- Berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi agregat.
- Pemeriksaan kadar air agregat.
- Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- Kekentalan adukan beton segar (*slump*).
- Uji kuat tekan beton.

##### **2. Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton literatur dan konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing. Data teknis mengenai SNI-03-2834-2000, PBI (Peraturan Beton Indonesia), SNI-2491-2014 serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alur penelitian yang akan dilaksanakan.

### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Tempat dan waktu penelitian adalah sebagai berikut:

a) Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Dengan kelengkapan peralatan laboratorium yang berstandar dan untuk Pengujian Kuat Tekan dilakukan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

b) Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan oktober 2021 hingga selesai.

### **3.3. Metodologi Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Tahapan awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara adalah pengambilan data sekunder pengujian bahan dasar agregat dan melakukan pengujian bahan dasar agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran beton.

### **3.4. Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji di laboratorium. Untuk beberapa hal pada pengumpulan data, digunakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku dan Jurnal yang berhubungan dengan teknik beton (literatur), juga dari referensi penelitian sejenis sebelumnya, konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing dan Asisten Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

### 3.5. Bahan Dan Peralatan

#### 3.5.1. Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a) Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Andalas Portland tipe II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.



Gambar 3.2: Semen Andalas.

b) Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari daerah Binjai. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.



Gambar 3.3: Agregat Halus (pasir).

c) Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah Binjai. Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil



desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm.



Gambar 3.4: Agregat kasar (batu pecah).

d) Air

Air yang digunakan berasal dari Laboraturium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.



Gambar 3.5: Air.

e) Kertas

Kertas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas jenis HVS yang dikumpulkan dari limbah yang sudah tidak terpakai lagi, kemudian dibentuk menjadi bubur kertas dan di rendam selama 1 hari lalu dikeringkan dan dihaluskan sebagai bahan tambah campuran beton.



Gambar 3.6: Limbah kertas.

f) Bahan Tambah Kimia

Bahan tambah kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Epxy Resin* yang didapat dari toko kimia. Pada beton penggunaan *Epoxy Resin* dapat mempercepat proses pengerasan, karena *Epoxy Resin* menimbulkan panas sehingga membantu percepatan pengerasan.



Gambar 3.7: *Epoxy Resin*.

**3.5.2. Alat**

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

a) Satu set saringan agregat kasar

Satu set saringan agregat kasar No.1/5”, No.3/4”, No.3/8”, No.4 berfungsi untuk memisahkan agregat kasar sesuai ukuran.



Gambar 3.8: Satu set saringan agregat kasar.

b) Satu set saringan agregat halus

Satu set saringan agregat halus No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan Pan, berfungsi untuk memisahkan agregat halus sesuai ukuran.



Gambar 3.9: Satu set saringan agregat halus.

c) Saringan No.50

Saringan No.50 berfungsi untuk mendapatkan butiran halus limbah kertas yang lolos saringan No.50 dan tertahan di pan.



Gambar 3.10: Saringan No.200.

d) Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan dan benda uji.



Gambar 3.11: Timbangan digital.

e) Oven

Oven berfungsi untuk mengeringkan agregat kasar dan halus.



Gambar 3.12: Oven.

f) Mesin Aduk Beton (Molen)

Molen berfungsi untuk membuat campuran atau adonan beton.



Gambar 3.13: Mesin aduk beton.

g) Kerucut Abrams

Kerucut abrams berfungsi untuk menguji slump.



Gambar 3.14: Kerucut abrams.

h) Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk berfungsi untuk memadatkan benda uji.



Gambar 3.15: Tongkat penumbuk.

i) Penggaris

Penggaris berfungsi untuk mengukur tinggi slump.



Gambar 3.16: Penggaris.

j) Cetakan Silinder

Cetakan silinder berfungsi untuk mencetak benda uji.



Gambar 3.17: Cetakan silinder.

k) Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur takaran air.



Gambar 3.18: Gelas ukur.

l) Plastik

Plastik berfungsi untuk wadah agregat.



Gambar 3.19: Plastik.

m) Sekop Tangan

Sekop tangan berfungsi untuk mengaduk dan memasukkan agregat kedalam cetakan.



Gambar 3.20: Sekop tangan.

n) Sendok Semen

Sendok semen berfungsi untuk meratakan campuran beton.



Gambar 3.21: Sendok semen.

o) Ember

Ember berfungsi untuk wadah air.



Gambar 3.22: Ember.

p) Pan

Pan berfungsi untuk wadah campuran pembuatan beton.



Gambar 3.23: Pan.

q) Mesin *Los Angeles*

Mesin *los angeles* berfungsi untuk menghaluskan kaca.



Gambar 3.24: Mesin *Los Angeles*.



r) Mesin Kuat Tekan Beton

Mesin ini berfungsi untuk menguji kuat tekan beton.



Gambar 3.25: Mesin Kuat Tekan Beton.

### 3.6. Metode Pembuatan *Paper Pulp*

Adapun langkah-langkah cara pembuatan *paper pulp* ialah sebagai berikut:

1. Menyiapkan sampah kertas jenis HVS bisa dari bekas *fotocopy*.
2. Menggunting-gunting kertas hingga menjadi potongan-potongan yang lebih kecil dan mudah untuk diremas.
3. Merendam semua potongan kertas dengan menggunakan air bersih di dalam sebuah wadah besar, kemudian biarkan terendam selama kira-kira 1 hari.
4. Meremas-remas kertas yang sudah direndam tadi hingga menjadi lunak dan berbentuk seperti bubur.
5. Saring bubur kertas menggunakan saringan yang halus hingga terpisah dengan air, kemudian peras-peras kertas yang tersaring hingga tidak ada lagi air menetes.
6. Keringkan limbah kertas dibawah terik matahari atau anginkan selama 1 hari, maka *paper pulp* sudah siap diblender.
7. Blender granular kertas yang menggumpal hingga membentuk serbuk kertas inilah yang kemudian disebut dengan *paper pulp*.

Pada Tahap ini juga dilakukan *mix design* setelah semua data pengujian karakteristik agregat yang diperlukan pada pemeriksaan bahan campuran telah diperoleh (Vardaro et al, 2016).

### **3.7. Persiapan Penelitian**

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah dalam tahapan-tahapan penelitian dan juga agar material tidak tercampur dengan bahan-bahan yang lain sehingga mempengaruhi kualitas material. Material dibersihkan dari lumpur dan melakukan penjemuran pada material yang basah.

### **3.8. Metode Pengecoran**

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal dan beton serbuk kaca pengganti semen dengan bahan kimia *bondcrete* adalah sebagai berikut:

#### **3.8.1. Beton Normal**

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal adalah sebagai berikut:

1. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
2. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
3. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat kasar, agregat halus, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata.
4. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
5. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
6. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
7. Diamkan selama 24 jam.
8. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

#### **3.8.2. Beton Limbah Kertas Pengganti Semen dan Bahan Kimia *Epoxy Resin***

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton Serbuk Kaca pengganti semen dan *Boncrete* adalah sebagai berikut:

1. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
2. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
3. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, dan semen.
4. Kemudian masukan limbah kertas dengan variasi yang telah ditentukan. aduk hingga keempat bahan tersebut tercampur merata.
5. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
6. Kemudian masukkan *Epoxy Resin* sedikit demi sedikit dengan takaran yang telah ditentukan.
7. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
8. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojak agar campuran beton menjadi padat.
9. Diamkan selama 24 jam.
10. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

### **3.9. Metode Perawatan Benda Uji**

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah. Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari.

Adapun kondisi perendaman harus seluruh bagian dari benda uji terendam dengan baik. Pada penelitian ini langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Pembongkaran benda uji dilakukan  $\pm$  24 jam setelah pembuatan.
- 2) Perendaman didalam bak rendaman Laboratorium Teknik Sipil UMSU. Untuk pengujian kuat lentur, benda uji direndam selama 7 hari dan 28 hari.

- 3) Benda uji diangkat dari bak perendaman sehari sebelum hari pengujian.

### **3.10. Pengujian Sampel**

#### **3.10.1. Pengujian *Slump Test***

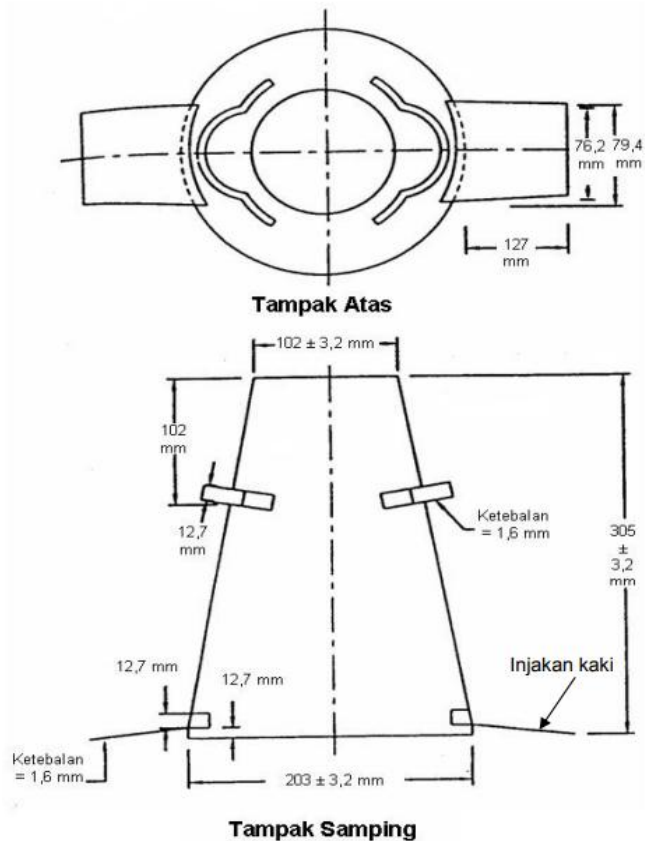
Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 1972:2008).

Langkah-langkah pengujian *slump test* diantaranya:

1. Basahi cetakan dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. Cetakan harus ditahan secara kokoh di tempat selama pengisian, oleh operator yang berdiri di atas bagian injakan. Dari contoh beton yang diperoleh menurut Butir 6, segera isi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis sekira sepertiga dari volume cetakan.
2. Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat. Sebarkan penusukan secara merata di atas permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah akan ini akan membutuhkan penusukan secara miring dan membuat sekira setengah dari jumlah tusukan dekat ke batas pinggir cetakan, dan kemudian lanjutkan penusukan vertikal secara spiral pada seputar pusat permukaan. Padatkan lapisan bawah seluruhnya hingga kedalamannya. Hindari batang penusuk mengenai pelat dasar cetakan. Padatkan lapisan kedua dan lapisan atas seluruhnya hingga kedalamannya, sehingga penusukan menembus batas lapisan di bawahnya.
3. Dalam pengisian dan pemadatan lapisan atas, lebihkan adukan beton di atas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Bila pemadatan menghasilkan beton turun dibawah ujung atas cetakan, tambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan beton pada bagian atas dari cetakan. Setelah lapisan atas selesai dipadatkan, ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati. Angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu  $5 \pm 2$  detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan

pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari 2 ½ menit.

- Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera *slump* dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton. Bila terjadi keruntuhan atau keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, abaikan pengujian tersebut dan buat pengujian baru dengan porsi lain dari contoh.



Gambar 3.26: Cetakan untuk uji *slump* (kerucut Abram).

### 3.10.2. Pengujian Kuat Tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui cara

pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji kubus sampai hancur.

Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 1974-2011.

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A}$$

Kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dinyatakan dalam MPa atau N/mm.<sup>2</sup>

P adalah gaya tekan aksial (N).

A adalah luas penampang melintang benda uji mm<sup>2</sup> (Pane et al, 2018).

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Tinjauan Umum**

Sebuah data dari penelitian perlu dilakukan sebuah analisis dan pembahasan untuk memperoleh tujuan yang direncanakan. Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan peneliti di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang diawali dengan pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, pencampuran bahan penyusun beton, dan pengujian beton yang telah dibuat.

#### **4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton**

Pada pemeriksaan bahan penyusun beton peneliti memperoleh data material meliputi berat jenis, kadar air, kadar lumpur, berat isi, penyerapan serta analisa saringan. Bahan-bahan yang akan digunakan pada pencampuran beton memiliki beberapa persyaratan yang harus dipenuhi sehingga perlu dilakukan pemeriksaan bahan penyusun beton.

#### **4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus**

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat halus dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

##### **1. Hasil Pengujian Analisa Saringan**

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1968-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
4.75 (No. 4)	65	70	135	6,77	6,77	93,23
2.36 (No. 8)	82	80	162	8,12	14,89	85,11
1.18 (No.16)	137	184	321	16,09	30,98	69,02
0.60 (No. 30)	169	136	305	15,29	46,27	53,73
0.30 (No. 50)	464	436	900	45,11	91,38	8,62
0.15 (No. 100)	11	14	25	1,25	92,63	7,37
Pan	69	78	147	7,37	100	0
Total	997	998	1995	100,00	282,92	

Berdasarkan Tabel 4.1 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{282,92}{100} \\
 &= 2,83
 \end{aligned}$$

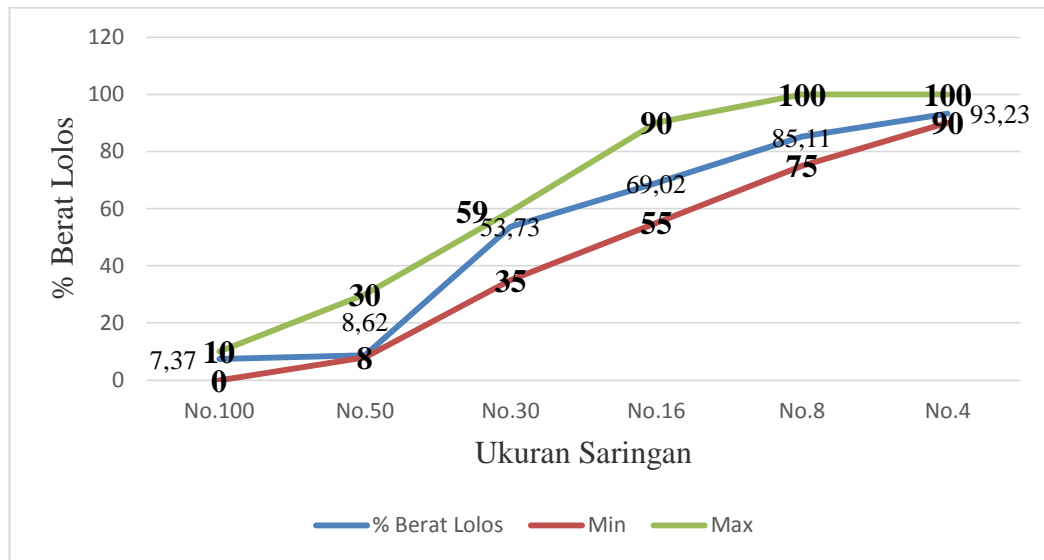
Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 2,83 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Daerah gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Daerah Gradasi Agregat Halus.

Nomor Saringan	Lubang Saringan (mm)	Persen Bahan Butiran Yang Lolos Saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50



Berdasarkan Tabel 4.2 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi daerah II dengan jenis pasir agak kasar. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah II dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik Analisa Agregat Halus.

## 2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1970 2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	1 (gr)	2 (gr)	Rata- Rata (gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan) (E)	492	491	491.5

<i>Wt. Of Flask + Water (Berat Piknometer penuh air) (D)</i>	692	681	686.5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C)</i>	994	989	991.5
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) <math>E / (B + D - C)</math></i>	2.44	2.56	2.50
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD) <math>B / (B + D - C)</math></i>	2.53	2.60	2.56
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) <math>E / (E + D - C)</math></i>	2.67	2.68	2.68
<i>Absorption <math>[(B - E) / E] \times 100\%</math></i>	1.63	1.83	1.73

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh hasil berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,56 gram/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,68%. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 (Tjokrodimuljo, 2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7.

### 3. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.

Agregat Halus	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of SSD Sample &amp; Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah)</i>	950	951
<i>Wt of SSD sample (berat contoh SSD)</i>	500	500
<i>Wt of Oven Dry Sample &amp; Mold (Berat contoh kering oven &amp; berat wadah)</i>	936	938
<i>Wt of Mold (berat wadah)</i>	450	451
<i>Wt of Water (berat air)</i>	14	13
<i>Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering)</i>	486	487
Kadar Air	2.11	2.18
Rata-Rata	2.145	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 2,145%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 2,11%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 2,18%. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2%-20%.

#### 4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus.

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Sampel 3 (gr)	Rata-Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	16840	18900	18965	18235
Berat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	22167	24227	24292	23562
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.54	1.73	1.73	1.67

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,67 gr/cm<sup>3</sup>. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

#### 5. Pengujian Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-4141-1996 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.

Agregat Halus Lolos Saringan No.9,5 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat contoh kering	500	500	500
Berat contoh kering setelah di cuci	471	479	475
Berat kotoran	29	21	25
Persentase kotoran	6.2	4.4	5.3

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 6,2% dan nilai persentase kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 4,4%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 5,3%.

#### 4.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai. Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian kadar air, pengujian berat isi, dan pengujian kadar lumpur.

##### 1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan mengacu pada SNI 03-1969-1990 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Beton Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang analisa saringan agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0	0	100
19.0 (3/4 in)	65	57	122	2,44	32,82	67,18
9.52 (3/8 in)	1467	1498	2965	59,30	31,36	35,82
4.75 (No. 4)	968	945	1913	38,26	100	0

2.36 (No. 8)	0	0	0	0	100	0
1.18 (No.16)	0	0	0	0	100	0
0.60 (No.30)	0	0	0	0	100	0
0.30 (No.50)	0	0	0	0	100	0
0.15 (No.100)	0	0	0	0	100	0
Pan	0	0	0	0	100	0
Total	2500	2500	5000	100	664.18	

Berdasarkan Tabel 4.7 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{664,18}{100} \\
 &= 6,64
 \end{aligned}$$

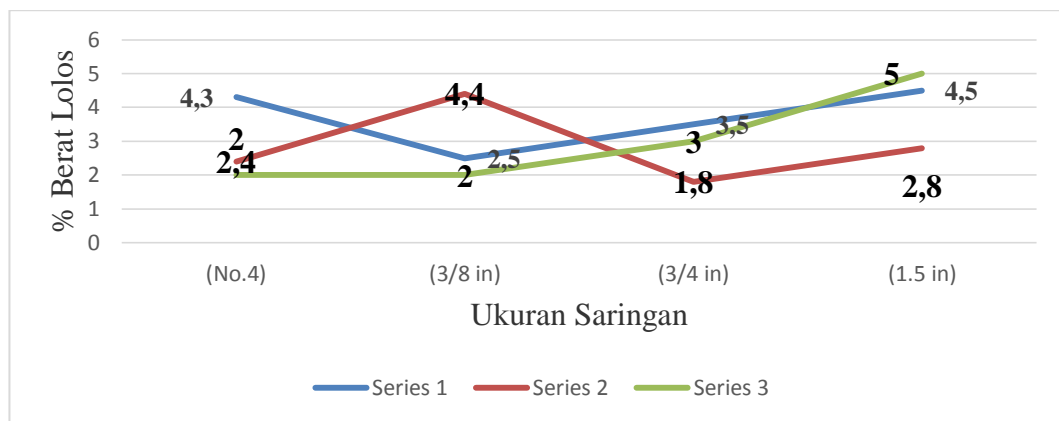
Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat kasar mempunyai nilai antara 6,0 sampai 7,0. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 6,64 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Batas Gradasi Agregat Kasar.

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95-100	100	-
19	37-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

Berdasarkan Tabel 4.9 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tetapi dalam analisa saringan agrgeat kasar ini diperoleh gradasi sela karena terdapat fraksi ukuran 20 mm dan

10 mm yang tidak terpenuhi. Apabila salah satu fraksi ukuran yang tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan volume pori (ruang kosong) pada beton menjadi lebih banyak. Variasi ukuran agregat kasar akan mengakibatkan volume pori menjadi lebih kecil dan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik Analisa Agregat Kasar.

## 2. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1969 2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1	2	Rata-Rata
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	(gr)	(gr)	(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2800	2700	2750
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1591	1625	1608
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) C / (A - B)	2.31	2.50	2.41
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) A / (A - B)	2.32	2.51	2.41

<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $C / (C - B)$	2.32	2.53	2.43
<i>Absorption</i> (Penyerapan) $[(A - C) / C] \times 100 \%$	0.85	0.64	0.75
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan) (C)	2776,5	2683	2741

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada agregat kasar diperoleh berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,41 gram/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air rata-rata sebesar 0,33%. Penyerapan agregat kasar lebih kecil dari agregat halus, hal ini menunjukkan rongga-rongga yang diisi air oleh air lebih sedikit dari pada agregat halus. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 gram/cm<sup>3</sup> (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7 gram/cm<sup>3</sup>.

### 3. Pengujian Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air mengacu pada SNI 1971-2011 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.

Agregat Kasar	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of SSD Sample &amp; Mold</i> (Berat contoh SSD dan berat wadah)	1492	1495
<i>Wt of SSD sample</i> (berat contoh SSD)	1000	1000
<i>Wt of Oven Dry Sample &amp; Mold</i> (Berat contoh kering oven & berat wadah)	1482	1486
<i>Wt of Mold</i> (berat wadah)	492	495
<i>Wt of Water</i> (berat air)	10	9
<i>Wt of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering)	990	991
Kadar Air	0.505	0.703
Rata-Rata	0.604	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 0,604%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,505%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,703%.

#### 4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada SNI 03-4804-1998 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Sample 3 (gr)	Rata-Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	18530	19825	19680	19345
Verat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	23857	25152	25007	24672
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.69	1.81	1.80	1.77

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,77 gr/cm<sup>3</sup>. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 gr/cm<sup>3</sup> sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

#### 5. Pengujian Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur mengacu pada SNI 03-4141-1996 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang kadar lumpur agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.12.



Tabel 4.12: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.

Agregat Kasar Lolos Saringan No. 50,8 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata-rata (gr)
Berat Contoh Kering	2500	2500	2500
Berat Contoh Kering Setelah Di Cuci	2477	2489	2483
Berat Kotoran	23	21	22
Persentase Kotoran	0.9	0.8	0.9

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 0,9% dan nilai persentase kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 0,8%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 0,9%.

#### 4.5. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Tabel 4.13: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-2000			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi Standar	Tabel 3.3	1,16 MPa
3	Nilai tambah (margin)		4,2 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	30,36 MPa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas		0,37
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 2	180 kg/m <sup>3</sup>

12	Jumlah semen	11:7	486,5 kg/m <sup>3</sup>		
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	486,5 kg/m <sup>3</sup>		
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m <sup>3</sup>		
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,37		
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 s/d 6	Daerah gradasi zona 2		
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Grafik 7,8,9	Gradasi maksimum 40 mm		
18	Persen agregat halus	Grafik 13 s/d 15	29,3 %		
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan	2.57		
20	Berat isi beton	Grafik 16	2425 kg/m <sup>3</sup>		
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11	1758,5 kg/m <sup>3</sup>		
22	Kadar agregat halus	18 x 21	515,24 kg/m <sup>3</sup>		
23	Kadar agregat kasar	21-22	1243,26 kg/m <sup>3</sup>		
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m <sup>3</sup>	486,5	180	515,24	1243,26
	- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,37	1,1	2,55
25	- Tiap campuran uji 0,005304 m <sup>3</sup> (1 Silinder)	2,58	0,945	2,75	6,58
26	Koreksi proporsi campuran				
		- Tiap m <sup>3</sup>	486,5	178,31	518,78
	- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,37	1,1	2,55
	- Tiap campuran uji 0,005304 m <sup>3</sup> (1 silinder)	2,58	0,945	2,75	6,58

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m<sup>3</sup> adalah:

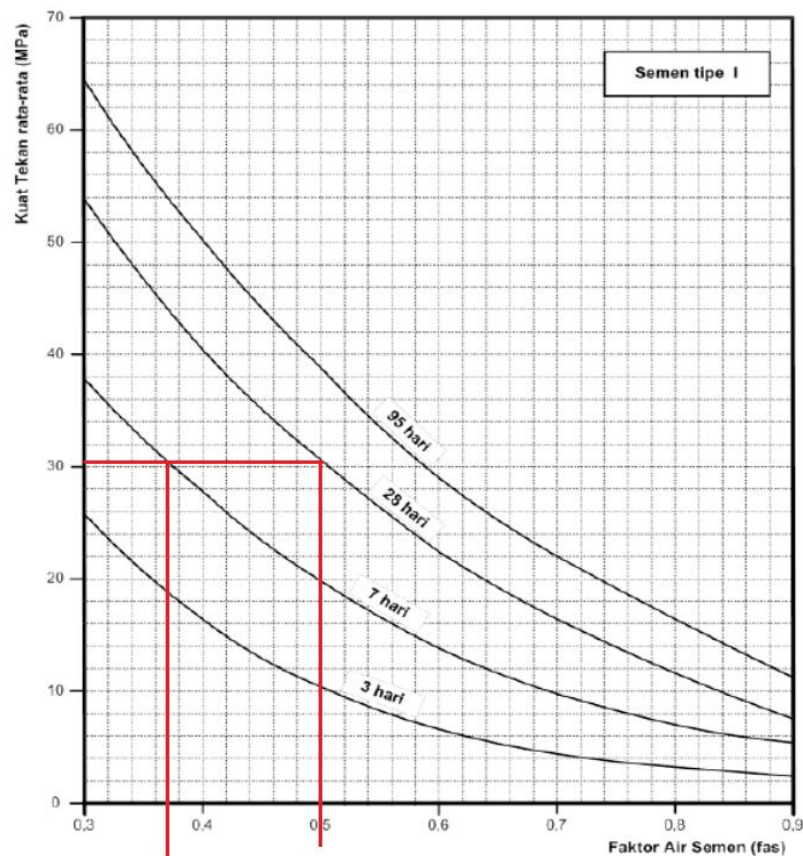
Tabel 4.14: Hasil perbandingan campuran bahan beton setiap 1 benda uji.

Material	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
Berat (kg)	2,58	2,75	6,58	0,945
Perbandingan	1	1,1	2,55	0,37

#### 4.5.1. Metode Pengerjaan *Mix Design*

Pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan yaitu 25 MPa untuk umur 7 hari dan 28 hari.
2. Menentukan nilai standar deviasi = 1,16 MPa
3. Nilai Tambah (margin) = 4,2 MPa
4. Kuat tekan rata-rata perlu  $f'_{cr}$   
Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan  
 $F'_{cr} = f'_c + \text{standar deviasi} + \text{nilai tambah}$   
 $F'_{cr} = 25 + 1,16 + 4,2 = 30,36 \text{ MPa}$
5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I
6. Jenis agregat diketahui:
  - Agregat halus: Pasir alami
  - Agregat kasar: Batu pecah
7. Nilai faktor air semen



Gambar 4.3: Grafik Faktor air semen.

Nilai faktor air semen bebas = 0,37 (umur beton 7 hari) dan 0,50 (umur beton 28 hari) diambil dari titik kekuatan tekan 30,36 MPa Tarik garis datar menuju zona 7 hari dan 28 hari, lalu Tarik garis kebawah yang menunjukkan faktor air semen, seperti pada gambar.

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,60. Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Gambar tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah nilai faktor air semen yang lebih kecil.
9. Nilai slump ditetapkan setinggi 30-60 mm.
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan yaitu 40 mm.
11. Jumlah kadar air bebas.

Agregat campuran (tak pecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\
 &= (\frac{2}{3} \times 160) + (\frac{1}{3} \times 190) \\
 &= 170 \text{ Liter}
 \end{aligned}$$

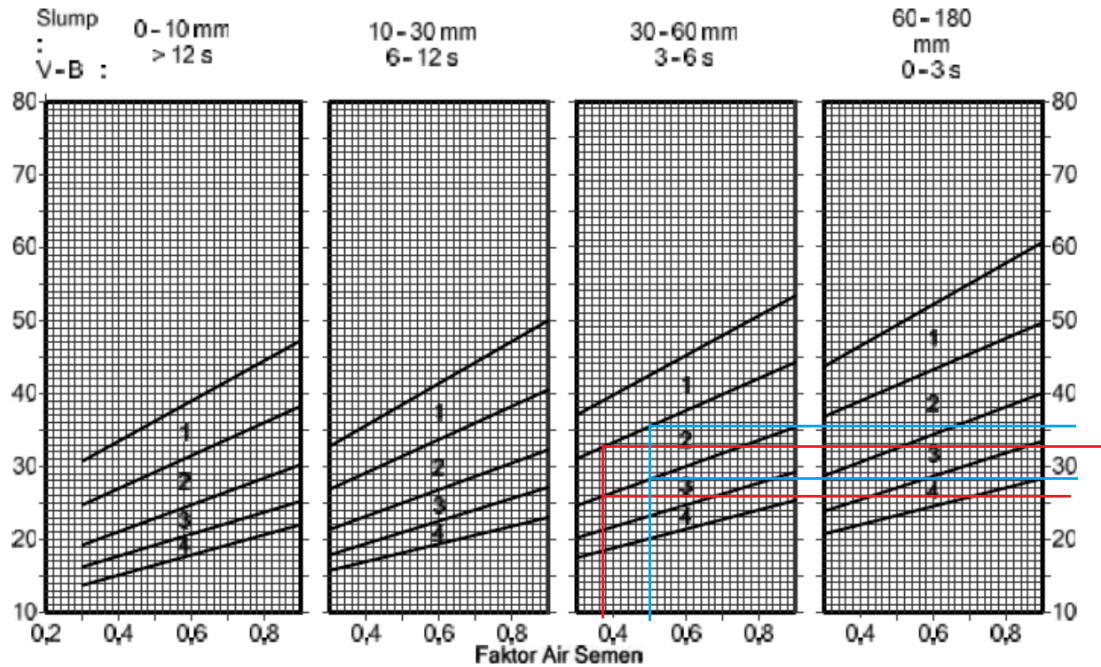
Karena permukaan agregat termasuk kasar, maka kadar air harus di tambah 10 Liter

$$= 170 + 10 = 180 \text{ Liter}$$

12. Jumlah semen, yaitu: Kadar air bebas/faktor air semen.
  - $= 180/0,37 = 486,5 \text{ kg/m}^3$  (umur beton 7 hari)
  - $= 180/0,50 = 360 \text{ kg/m}^3$  (umur beton 28 hari)
13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 1.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan dari table 3.6 =  $275 \text{ kg/m}^3$ .
15. Susunan butir agregat halus ditetapkan pada daerah gradasi pasir zona 2.
16. Susunan agregat kasar atau gabungan (gradasi maksimum 40 mm).
17. Persen agregat halus (gambar 4.4)

- $= \frac{25,9 + 32,7}{2} = 29,3 \%$  (umur beton 7 hari)

- $= \frac{28 + 35,3}{2} = 31,65 \%$  (umur beton 28 hari)



Gambar 4.4: Grafik Persen agregat halus.

18. Berat jenis relatif agregat permukaan (SSD)

- Berat jenis agregat halus =  $2,57 \text{ gr/cm}^3$
- Berat jenis agregat kasar =  $2,72 \text{ gr/cm}^3$

19. Berat jenis relatif

$$= (\% \text{ agregat halus} \times B_j \text{ Agregat halus}) + (\% \text{ agregat kasar} \times B_j \text{ agregat kasar})$$

$$= (29,3 \% \times 2,57) + (70,7 \% \times 2,72)$$

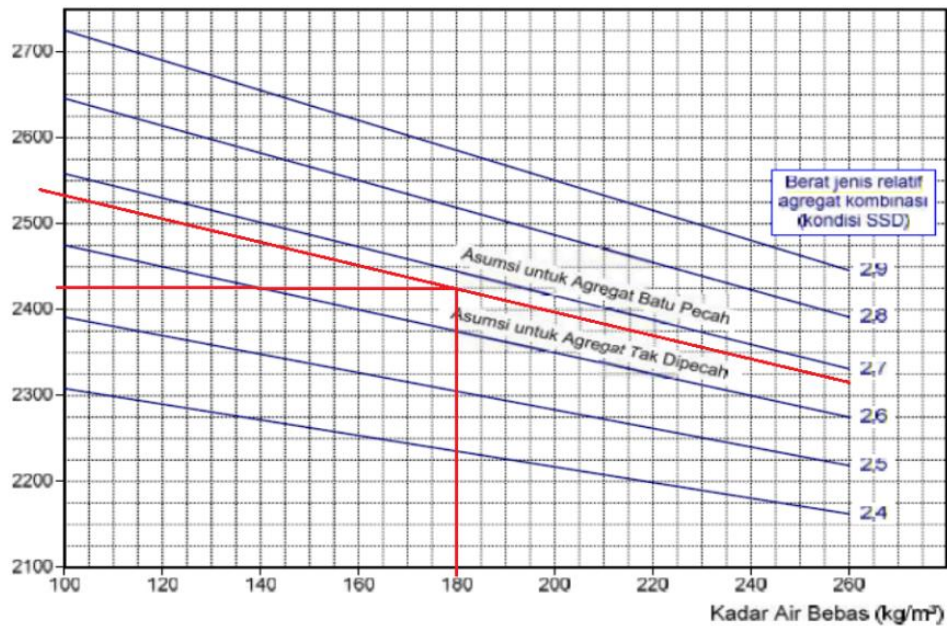
$$= 2,68 \quad (\text{umur beton 7 hari})$$

$$= (0,316 \times 2,57) + (0,683 \times 2,72)$$

$$= 2,70 \quad (\text{umur beton 28 hari})$$

20. Berat isi beton (gambar 4.5)

- Berat isi beton = 2425 (umur beton 7 hari)
- Berat isi beton = 2443 (umur beton 28 hari)



Gambar 4.5: Grafik berat isi beton.

21. Kadar agregat gabungan

- Berat isi beton – (jumlah semen + kadar air)  
 $= 2425 - (486,5 + 180)$   
 $= 1758,5$  (umur beton 7 hari)

- Berat isi beton – (jumlah semen + kadar air)  
 $= 2443 - (360 + 180)$   
 $= 1903$  (umur beton 28 hari)

22. Kadar agregat halus = % agregat halus  $\times$  kadar agregat gabungan

- $= 29,3 \% \times 1758,5$   
 $= 515,24$  (umur beton 7 hari)

- $= 31,65 \% \times 1903$   
 $= 602,30$  (umur beton 28 hari)

23. Kadar agregat kasar = % agregat kasar  $\times$  kadar agregat gabungan

- $= 70,7 \% \times 1758,5$   
 $= 1243,26$  (umur beton 7 hari)

- $= 68,3 \% \times 1903$   
 $= 1299,75$  (umur beton 28 hari)

24. Proporsi campuran dengan basis agregat SSD

- Umur beton 7 hari

Semen	486,5 kg	1
Air	180 Liter	0,37
Agregat kasar	1243,26 kg	2,55
Agregat halus	515,24 kg	1,1

- Umur beton 28 hari

Semen	360 kg	1
Air	180 Liter	0,5
Agregat kasar	602,30 kg	1,7
Agregat halus	1299,75 kg	3,6

25. Koreksi Proporsi Campuran Beton

- Umur 7 hari

Jumlah semen	486,5 kg
Jumlah kebutuhan air (B)	180 Liter
Jumlah kebutuhan agregat halus (C)	515,24 kg/m <sup>3</sup>
Jumlah kebutuhan agregat kasar (D)	1243,26 kg/m <sup>3</sup>
Absorpsi agregat halus (Ca)	1,730 %
Absorpsi agregat kasar (Da)	0,752 %
Kadar air agregat halus (Ck)	2,415 %
Kadar air agregat kasar (Dk)	0,604 %

- Umur 28 hari

Jumlah semen	360 kg
Jumlah kebutuhan air (B)	180 Liter
Jumlah kebutuhan agregat halus (C)	602,30 kg/m <sup>3</sup>
Jumlah kebutuhan agregat kasar (D)	1299,75 kg/m <sup>3</sup>
Absorpsi agregat halus (Ca)	1,730 %
Absorpsi agregat kasar (Da)	0,752 %
Kadar air agregat halus (Ck)	2,415 %

Kadar air agregat kasar (Dk)	0,604 %
------------------------------	---------

26. Koreksi Proporsi campuran beton

- Umur beton 7 hari

$$\begin{aligned}
 \text{a. Air} &= B - \left( \frac{Ck - Ca}{100} \times C \right) - \left( \frac{Dk - Da}{100} \times D \right) \\
 &= 180 \left( \frac{2,415 - 1,730}{100} \times 515,24 \right) - \left( \frac{0,604 - 0,752}{100} \times 1243,26 \right) \\
 &= 178,310
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Agregat halus} &= C + \left( \frac{Ck - Ca}{100} \right) \times C \\
 &= 515,24 + \left( \frac{2,415 - 1,730}{100} \right) \times 1243,26 \\
 &= 518,78
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Agregat kasar} &= D + \left( \frac{Dk - Da}{100} \right) \times D \\
 &= 1243,26 + \left( \frac{0,604 - 0,752}{100} \right) \times 1243,26 \\
 &= 1241,42
 \end{aligned}$$

- Umur beton 28 hari

$$\begin{aligned}
 \text{a. Air} &= B - \left( \frac{Ck - Ca}{100} \times C \right) - \left( \frac{Dk - Da}{100} \times D \right) \\
 &= 180 \left( \frac{2,415 - 1,730}{100} \times 602,30 \right) - \left( \frac{0,604 - 0,752}{100} \times 1299,75 \right) \\
 &= 177,797
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Agregat halus} &= C + \left( \frac{Ck - Ca}{100} \right) \times C \\
 &= 602,30 + \left( \frac{2,415 - 1,730}{100} \right) \times 602,30 \\
 &= 606,42
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Agregat kasar} &= D + \left( \frac{Dk - Da}{100} \right) \times D \\
 &= 1299,75 + \left( \frac{0,604 - 0,752}{100} \right) \times 1299,75 \\
 &= 1297,82
 \end{aligned}$$



27. Proposi campuran beton setelah di koreksi

- Umur beton 7 hari

Semen	486,5 kg	1
Air	178,310 Liter	0,37
Agregat kasar	1241,42 kg	2,55
Agregat halus	518,78 kg	1,1

- Umur beton 28 hari

Semen	360 kg	1
Air	177,797 Liter	0,5
Agregat kasar	606,42 kg	1,7
Agregat halus	1297,82 kg	3,6

28. Perhitungan Beton Normal

- Benda uji silinder

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t = 0,0053 \text{ cm}^3$$

- a. Semen

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah semen} \times \text{volume benda uji} \\ &= 486,5 \times 0,0053 = 2,58 \text{ kg} \quad (\text{umur beton 7 hari}) \\ &= 360 \times 0,0053 = 1,91 \text{ kg} \quad (\text{umur beton 28 hari}) \end{aligned}$$

- b. Agregat halus

$$\begin{aligned} &= 518,78 \times 0,0053 = 2,75 \text{ kg} \quad (\text{umur beton 7 hari}) \\ &= 606,42 \times 0,0053 = 3,21 \text{ kg} \quad (\text{umur beton 28 hari}) \end{aligned}$$

- c. Agregat kasar

$$\begin{aligned} &= 1241,42 \times 0,0053 = 6,58 \text{ kg} \quad (\text{umur beton 7 hari}) \\ &= 1297,82 \times 0,0053 = 6,87 \text{ kg} \quad (\text{umur beton 28 hari}) \end{aligned}$$

- d. Air

$$\begin{aligned} &= 178,310 \times 0,0053 = 0,945 \text{ liter} \quad (\text{umur beton 7 hari}) \\ &= 177,797 \times 0,0053 = 0,942 \text{ liter} \quad (\text{umur beton 28 hari}) \end{aligned}$$

## 29. Faktor Kehilangan

Pada penelitian ini digunakan faktor kehilangan sebanyak 10%, sehingga didapat perhitungan akhir:

### a. Semen

$$\text{Umur beton 7 hari} = 2,58 + 10 \% = 2,838 \text{ kg}$$

$$\text{Umur beton 28 hari} = 1,91 + 10\% = 2,101 \text{ kg}$$

### b. Agregat halus

$$\text{Umur beton 7 hari} = 2,75 + 10 \% = 3,025 \text{ kg}$$

$$\text{Umur beton 28 hari} = 3,21 + 10 \% = 3,531 \text{ kg}$$

### c. Agregat kasar

$$\text{Umur beton 7 hari} = 6,58 + 10 \% = 7,238 \text{ kg}$$

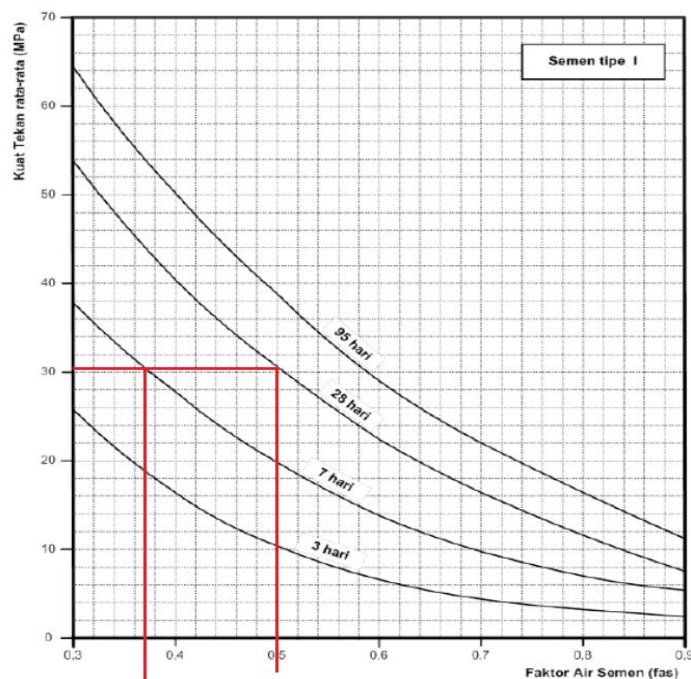
$$\text{Umur beton 28 hari} = 6,87 + 10 \% = 7,557 \text{ kg}$$

### d. Air

$$\text{Umur beton 7 hari} = 0,945 + 10 \% = 1,04 \text{ liter}$$

$$\text{Umur beton 28 hari} = 0,942 + 10 \% = 1,03 \text{ liter}$$

Pada perencanaan campuran beton terjadi perbedaan berat beton untuk beton umur 7 hari dan 28 hari, ini disebabkan nilai Faktor air semen yang berbeda, untuk tiap-tiap perencanaan umur beton.



Gambar 4.6: Grafik faktor air semen.

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa nilai faktor air semen yang didapat untuk beton umur 7 hari dan 28 hari berbeda, yaitu 0,37 untuk umur beton 7 hari dan 0,50 untuk beton umur 28 hari. Perbedaan nilai Faktor air semen ini mempengaruhi perhitungan *Mix Design* sehingga mendapatkan hasil proporsi campuran beton yang berbeda untuk umur beton 7 hari dan 28 hari.

### 30. Perhitungan bahan tambah

Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah limbah kertas sebagai substitusi parsial semen yaitu sebanyak 2% dan 4% untuk umur beton 7 dan 28 hari. Jumlah bahan tambah dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4.15: Perhitungan bahan tambah.

Variasi (%)	Umur beton (hari)	Berat Semen (gr)	Jumlah bahan tambah (gr)	Jumlah semen akhir (gr)
2	7	2838	57	2781
2	28	2101	42	2059
4	7	2838	114	2724
4	28	2101	42	2059

Digunakan bahan tambah limbah kertas ini bertujuan untuk meminimalisir penggunaan semen dalam campuran beton. Senyawa yang terdapat dalam limbah kertas antara lain yaitu Natrium Hidroksida (NaOH), Natrium Sulfida (Na<sub>2</sub>S) dan Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Jadi unsur yang terkandung dalam kertas adalah S, Na dan C.

Selain itu kertas juga mengandung perekat AKD (*alkil ketena dimer*) dan ASA (*alkenyl suksinat anhidrida*). Kekuatan basah aditif kekuatan basah memastikan bahwa kertas memastikan bahwa kertas mempertahankan kekuatannya saat basah, bahan kimia yang digunakan yaitu epiklorohidrin, melamin, urea *formaldehida* dan *poliimina*, zat-zat ini berpolimerisasi di kertas dan menghasilkan konstruksi jaringan yang kuat. Kekuatan kering dan juga zat pengikat.

Dari unsur-unsur yang terdapat dalam kertas tersebut maka dalam penelitian ini digunakan limbah kertas sebagai substitusi parsial semen, hal ini memicu untuk mengurangi penggunaan semen dalam perencanaan campuran beton sehingga dapat meminimalisir biaya dalam pembuatan beton.

### 31. Perhitungan *Epoxy resin*

Pada penelitian ini bahan tambah kimia yang digunakan adalah *Epoxy Resin* sebanyak 5% dari Volume air, sehingga di dapat hasil sebagai berikut.

Jumlah Air (ml)	Umur Beton (hari)	Variasi (%)	Jumlah <i>Epoxy Resin</i> (ml)
1040	7	5	52
1030	28	5	52,1

*Epoxy resin* kerap digunakan untuk perekat serba guna, termasuk untuk pengikat semen dan mortar. Kandungan dalam resin terdiri dari serat karbon, serat kaca, dan Aramid. Penambahan *epoxy resin* pada penelitian ini bertujuan untuk pengikat dari semen dan limbah kertas, selain itu juga sebagai pengisi atau penguat dari beton sehingga menghasilkan kuat tekan beton sesuai rencana.

### 32. Analisa Saringan

Berdasarkan data yang didapat dari analisa saringan diatas dapat diperoleh berat untuk masing-masing saringan.

- Umur beton 7 hari
- a. Banyak agregat kasar yang dibutuhkan dalam 1 benda uji

No Saringan	% Berat Tertahan	Berat Tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ Berat Tertahan}}{100} \times \text{Jumlah Agregat Kasar}$
1,5"	4,429	0,291
3/4"	27,911	1,836
3/8"	37,732	2,483

No 4"	29,929	1,969
Total		6,579

b. Banyak agregat halus yang dibutuhkan dalam 1 benda uji

No Saringan	% Berat Tertahan	Berat Tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{Jumlah Agregat Kasar}$
No 4	1,045	0,029
No 8	8,682	0,239
No 16	18,909	0,522
No 30	26,955	0,741
No 50	28,591	0,786
No 100	14,091	0,387
PAN	1,727	0,047
Total		2,751

- Umur beton 28 hari

a. Banyak agregat kasar yang dibutuhkan dalam 1 benda uji

No Saringan	% Berat Tertahan	Berat Tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{Jumlah Agregat Kasar}$
1,5"	4,429	0,304
3/4"	27,911	1,917
3/8"	37,732	2,592
No 4"	29,929	2,056
Total		6,869

b. Banyak agregat halus yang dibutuhkan dalam 1 benda uji

No	% Berat	Berat Tertahan (kg)
----	---------	---------------------

Saringan	Tertahan	$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times \text{Jumlah Agregat Kasar}$
No 4	1,045	0,033
No 8	8,682	0,278
No 16	18,909	0,606
No 30	26,955	0,865
No 50	28,951	0,929
No 100	14,091	0,452
PAN	1,727	0,055
Total		3,21

#### 4.6. Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu  $5 \pm 2$  detik tanpa gerakan *lateral* atau *torsional*. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2,5 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

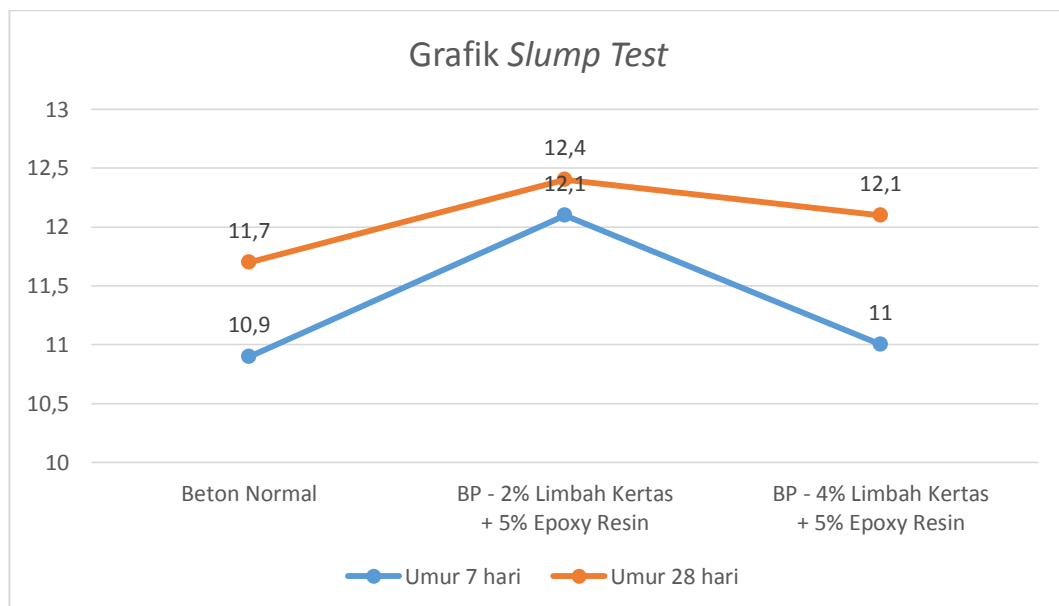
Tabel 4.16: Hasil *Slump Test* beton umur 7 hari.

Variasi Beton	Tinggi <i>Slump</i>			Rata-rata (cm)
	1	2	3	
Beton Normal	11	10,6	11,2	10,9
BP - 2% Limbah Kertas + 5% <i>Epoxy Resin</i>	11,9	12,3	12	12,1
BP - 4% Limbah Kertas + 5 <i>Epoxy Resin</i>	10,7	11	11,4	11

Tabel 4.17: Hasil *Slump Test* beton umur 28 hari.

Variasi Beton	Tinggi <i>Slump</i>			Rata-rata (cm)
	1	2	3	
Beton Normal	11,5	11,6	11,9	11,7
BP - 2% Limbah Kertas + 5% <i>Epoxy Resin</i>	12	12,8	12,4	12,4
BP - 4% Limbah Kertas + 5% <i>Epoxy Resin</i>	12,7	11,6	12	12,1

Dari hasil perhitungan dan penelitian yang sudah dilaksanakan, di dapat hasil nilai *slump* beton dengan substitusi bubuk kertas 2% dan 4% dengan tambahan *epoxy resin* 5% mendapatkan hasil yang lebih besar dari nilai *slump* beton normal, yaitu 10,9 cm, 12,1 cm dan 11 cm untuk umur beton 7 hari dan 11,7 cm, 12,4 cm dan 12,1 cm untuk umur beton 28 hari. Dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6: Grafik perbandingan hasil *Slump Test*.

Pada pengujian *Slump* terjadi kenaikan dan penurunan yang tidak konstan terhadap nilai *slump* seperti yang terlihat pada grafik di atas, nilai *slump* terendah terdapat pada beton normal yaitu 11,7 cm dan 10,9 cm, terjadi kenaikan nilai *slump* sebesar 0,7 cm dan 1,2 cm pada beton dengan penambahan *epoxy resin* 5% dan 2% limbah kertas dengan nilai *slump* 12,1 cm dan 12,4 cm, hal ini bisa disebabkan oleh pengurangan bobot semen pada campuran beton sebesar 2% dan mengurangi kepadatan campuran beton, sehingga nilai *slump* mengalami kenaikan. Dan terjadi penurunan pada beton dengan campuran limbah kertas 4% dan *epoxy resin* 5%, ini disebabkan karena penambahan limbah kertas sebanyak 4% ditambah lagi *epoxy resin* 5% yang membuat material dalam campuran beton bertambah dan saling mengikat sehingga kepadatan beton juga bertambah.

#### 4.7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 7 hari dan 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan panjang 30 cm sebanyak 9 buah pada umur rendaman 7 hari dan 9 buah lagi pada umur rendaman 28 hari, seperti pada table 4.18, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya. Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 1974-2011.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A}$$

Kuat tekan beton dengan benda uji silinder dinyatakan dalam MPa atau N/mm<sup>2</sup>.

P adalah gaya tekan aksial (N).

A adalah luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>).

Diketahui luas penampang benda uji silinder adalah:

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \pi \times D^2 \\ &= 0,25 \times 3,1416 \times 150^2 \\ &= 17671,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



#### 4.7.1. Hasil pengujian kuat tekan beton normal

Table 4.18: Hasil pengujian beton normal.

No.	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Gaya Tekan (ton)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
1	30-8-2021	7-9-2021	7	35,5	17671,5	20,08	19,14
2	30-8-2021	7-9-2021	7	32	17671,5	18,11	
3	30-8-2021	7-9-2021	7	34	17671,5	19,24	
4	30-8-2021	28-9-2021	28	51,5	17671,5	29,14	27,54
5	30-8-2021	28-9-2021	28	49	17671,5	27,73	
6	30-8-2021	28-9-2021	28	45,5	17671,5	25,75	

Setelah melakukan pengujian kuat tekan beton normal, maka didapat hasil beton normal tanpa penambahan limbah kertas dan *epoxy resin* mengalami kenaikan sampai dengan umur 28 hari, kuat tekan rata-rata beton normal umur 7 hari yaitu sebesar 19,14 MPa sedangkan beton normal umur 28 hari sebesar 27,54 MPa. Kuat tekan yang paling maksimum terjadi pada beton normal dengan perendaman selama 28 hari.

#### 4.7.2. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan limbah kertas 2% dan *Epoxy resin* 5%

Tabel 4.19: Hasil pengujian beton limbah kertas 2% dan *epoxy resin* 5%.

No.	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Gaya Tekan (ton)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
1	31-8-2021	8-9-2021	7	33,5	17671,5	18,96	18,96
2	31-8-2021	8-9-2021	7	35	17671,5	19,81	

3	31-8-2021	8-9-2021	7	32	17671,5	18,11	27,26
4	31-8-2021	29-9-2021	28	50,5	17671,5	28,58	
5	31-8-2021	29-9-2021	28	47,5	17671,5	26,88	
6	31-8-2021	29-9-2021	28	46,5	17671,5	26,31	

Berdasarkan hasil pengujian diatas, penambahan materi limbah kertas kedalam adukan beton memiliki kekurangan yaitu akan mengurangi kekuatan tekan dari beton tersebut. Kuat tekan maksimum pada beton yaitu sebesar 27,26 MPa pada variasi limbah kertas 2% dan pemanambahan *epoxy resin* 5% pada umur beton 28 hari, kuat tekan rata-rata beton mengalami penurunan dibandingkan beton normal yaitu sebesar 0,28 MPa. Sedangkan untuk umur beton 7 hari kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 18,96 MPa. Menurut Neville (1999) substitusi limbah kertas 30%-40% dapat dikategorikan sebagai beton ringan struktur, yaitu struktur dengan berat jenis antara 1350 kg/m<sup>3</sup> sampai 1900 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan lebih dari 14 MPa yang dapat digunakan sebagai beton normal.

#### 4.7.3. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan limbah kertas 4% dan *Epoxy resin* 5%

Tabel 4.20: Hasil pengujian beton limbah kertas 4% dan *epoxy resin* 5%.

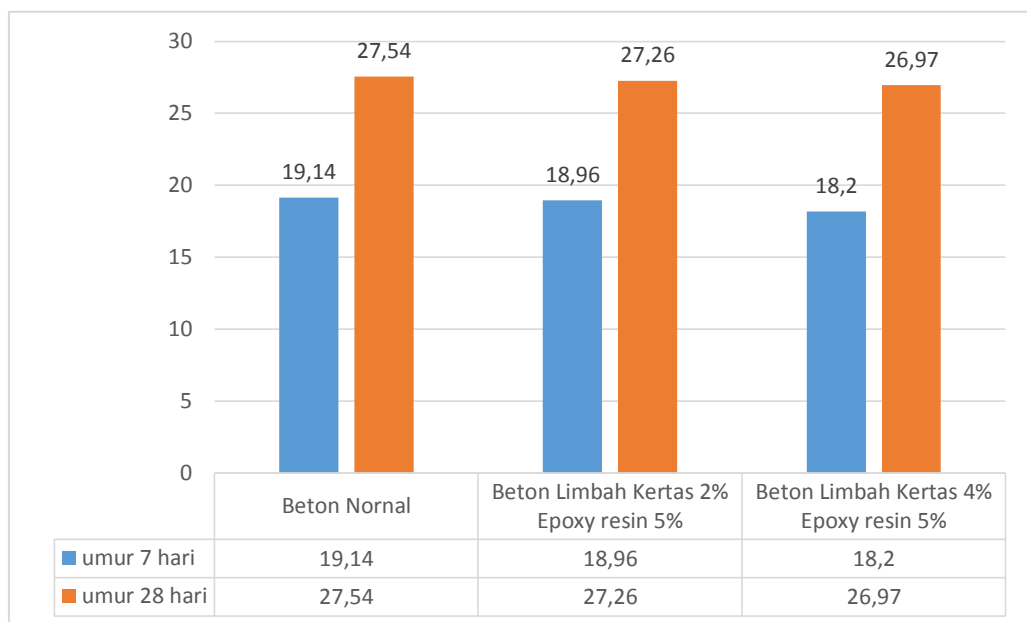
No.	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Gaya Tekan (ton)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
1	1-9-2021	9-9-2021	7	34	17671,5	19,24	18,20
2	1-9-2021	9-9-2021	7	32,5	17671,5	18,39	
3	1-9-2021	9-9-2021	7	30	17671,5	16,98	
4	1-9-2021	30-9-2021	28	47,5	17671,5	26,88	26,97
5	1-9-2021	30-9-2021	28	46,5	17671,5	26,31	
6	1-9-2021	30-9-2021	28	49	17671,5	27,73	

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, beton dengan atau tanpa penambahan limbah kertas mengalami kenaikan kuat tekan sampai dengan umur 28 hari. Pergantian limbah kertas sebagai substitusi parsial semen dapat

mereduksi kuat tekan beton hingga mencapai 0,57 MPa pada variasi limbah kertas 4% dan *epoxy resin* 5% dengan kuat tekan rata-rata 26,97 MPa untuk umur beton 28 hari. Sedangkan untuk umur beton 7 hari terjadi penurunan sebesar 0,94 MPa dengan kuat tekan rata-rata 18,20 MPa.

Tidak ditemukan adanya pengaruh negatif dari *epoxy resin* terhadap karakteristik beton pada umur 7 dan 28 hari. Secara umum dapat disimpulkan bahwa limbah kertas dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam produksi beton dengan kuat tekan minimal 25 MPa dengan persentasi substitusi limbah kertas sebesar 1% sampai 4%.

Menurut Yofadzka (2014) dalam penelitiannya penambahan limbah kertas dalam adukan beton memiliki kekurangan yaitu akan mengurangi kekuatan tekan dari beton tersebut dan juga memiliki kelebihan yaitu beton yang ditambahkan bubuk kertas akan memiliki bobot yang lebih ringan dan lebih fleksibel. Limbah kertas sebanyak 5% yang telah ditambahkan memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 91 kg/cm<sup>2</sup>, limbah kertas 7,5% memiliki kuat tekan rata-rata 76,5 kg/cm<sup>2</sup> dan limbah kertas sebanyak 10% memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 68,2 kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 4.7: Grafik hasil pengujian beton.

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata beton mengalami penurunan pada setiap variasi, kuat tekan maksimum pada beton normal umur 28 hari yaitu sebesar 27,54 MPa dan kuat tekan minimum pada beton variasi limbah kertas 4% dengan bahan tambah *epoxy resin* sebanyak 5% yaitu sebesar 18,2 MPa. Menurut Neville (1999) substitusi limbah kertas 30%-40% dapat dikategorikan sebagai beton ringan struktur, yaitu struktur dengan berat jenis antara 1350 kg/m<sup>3</sup> sampai 1900 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan lebih dari 14 MPa yang dapat digunakan sebagai beton normal.

Berdasarkan SK SNI 03-3449-2002 beton kertas dengan proporsi limbah kertas sebesar 30% dapat dikategorikan beton ringan structural dan dapat diaplikasikan pada bangunan sederhana (*non engineering building*). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa limbah kertas dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam produksi beton pada bangunan sederhana dengan persentasi substitusi limbah kertas sebesar 1% sampai 4%.

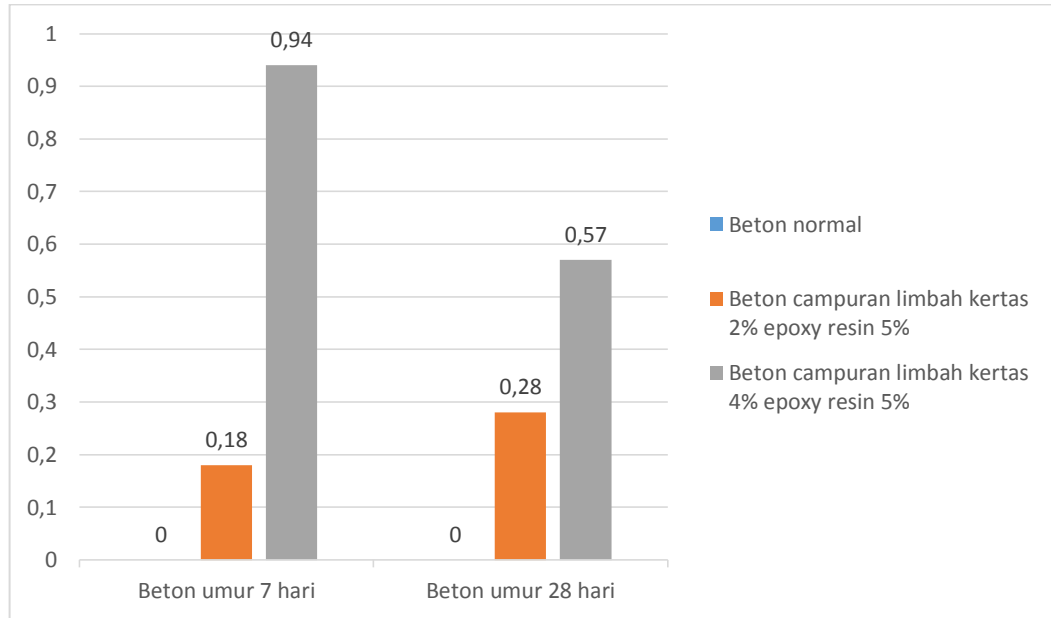
Hasil uji beton yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa beton yang memiliki komposisi tidak dicampurkan dengan limbah kertas memiliki rataan kekuatan yang lebih besar dibandingkn dengan beton yang dicampurkan dengan limbah kertas, namun komposisi ini juga memiliki bobot yang paling besar.

#### **4.8. Pembahasan**

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tekan beton di atas dapat diketahui bahwa untuk sampel beton dengan menggunakan limbah kertas sebagai substitusi parsial semen dan bahan tambah kimia *Epoxy resin* mengalami penurunan kuat tekan dibandingkan beton normal yang direncanakan.

Kuat tekan rata-rata beton normal umur 7 hari yaitu sebesar 19,14 MPa sedangkan untuk kuat tekan rata-rata beton dengan campuran limbah kertas 2% sebagai substitusi parsial semen dan 5% *Epoxy resin* yaitu sebesar 18,96 MPa, terjadi penurunan sebesar 0,18 MPa, kuat tekan rata-rata beton dengan campuran limbah kertas 4% dan *epoxy resin* 5% yaitu 18,20 MPa, terjadi penurunan sebesar 0,94 MPa dari beton normal. Untuk beton 28 hari kuat tekan rata-rata beton normal adalah sebesar 27,54 MPa, dan kuat tekan rata-rata beton dengan campuran limbah kertas 2% adalah sebesar 27,26 MPa, terjadi penurunan kuat

tekan sebesar 0,28 MPa sedangkan untuk kuat tekan rata-rata beton dengan campuran limbah kertas 4% adalah sebesar 26,97 MPa, terjadi penurunan sebesar 0,57 MPa dari beton normal. Dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8: Grafik perbandingan kuat tekan beton.

Menurut Tandipayuk (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa beton dengan atau tanpa penambahan limbah kertas mengalami kenaikan kuat tekan sampai dengan umur 28 hari, pergantian limbah kertas sebagai agregat halus dapat mereduksi berat isi beton hingga mencapai 3,87% atau  $88,98 \text{ kg/m}^3$  pada variasi P50-0. Penambahan limbah kertas pada campuran beton menurunkan kuat tekan beton sebesar 6,79%, demikian juga modulus elastisitas beton meningkat sebesar 19,90% pada beton P25-0 dibandingkan dengan beton normal.

Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, maka bisa disimpulkan bahwa semen yang digantikan dengan limbah kertas sebanyak 2% dan 4%, dan ditambah dengan zat kimia *epoxy resin* sebanyak 5% berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin banyak semen yang digantikan kuat tekan juga semakin menurun, namun setiap penurunan yang terjadi tidak begitu besar atau kecil. Dalam hal ini limbah kertas sebagai substitusi parsial semen 2% dan 4% hanya berpengaruh kecil terhadap kuat tekan beton, hasil tersebut tentunya bisa

menguntungkan untuk pembuatan beton dalam volume yang besar, namun tetap sesuai standart mutu beton yang di syartkan. Menurut Neville (1999) substitusi limbah kertas 30%-40% dapat dikategorikan sebagai beton ringan struktur, yaitu struktur dengan berat jenis antara  $1350 \text{ kg/m}^3$  sampai  $1900 \text{ kg/m}^3$  dan kuat tekan lebih dari 14 MPa yang dapat digunakan sebagai beton normal.

Berdasarkan SK SNI 03-3449-2002 beton kertas dengan proporsi limbah kertas sebesar 30% dapat dikategorikan beton ringan structural dan dapat diaplikasikan pada bangunan sederhana (*non engineering building*). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa limbah kertas dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam produksi beton pada bangunan sederhana dengan persentasi subsitusi limbah kertas sebesar 1% sampai 4%.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai hasil dari penelitian ini. Saran dikemukakan dengan tujuan agar penelitian ini dapat dikembangkan dan dilanjutkan oleh peneliti lainnya.

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Perbandingan kuat tekan beton umur 7 hari untuk tiap-tiap variasi adalah:
  - a) Beton normal = 19,14 MPa
  - b) Beton campuran limbah kertas 2% dan *epoxy resin* 5% = 18,96 Mpa
  - c) Beton campuran limbah kertas 2% dan *epoxy resin* 5% = 18,20 MPaPerbandingan kuat tekan beton umur 28 hari untuk tiap-tiap variasi adalah:
  - d) Beton normal = 27,54 MPa
  - e) Beton campuran limbah kertas 2% dan *epoxy resin* 5% = 27,26 Mpa
  - f) Beton campuran limbah kertas 2% dan *epoxy resin* 5% = 26,97 MPa
2. Perbandingan kuat tekan rata-rata beton umur 7 hari dan beton umur 28 hari, dimana kuat tekan rata-rata beton umur 28 hari mendapatkan hasil yang lebih besar dari beton umur 7 hari, ini disebabkan waktu perendaman yang berbeda sehingga kekuatan beton mengalami penurunan dan kenaikan, semakin lama waktu perendaman maka semakin besar juga kuat tekan yang dihasilkan.
3. Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, maka bisa disimpulkan bahwa semen yang digantikan dengan limbah kertas sebanyak 2% dan 4%, dan ditambah dengan zat kimia *epoxy resin* sebanyak 5% berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semakin banyak semen yang digantikan kuat tekan juga semakin menurun, namun setiap penurunan yang terjadi tidak begitu besar atau kecil. Dalam hal ini limbah kertas sebagai substitusi parsial semen

2% dan 4% hanya berpengaruh kecil terhadap kuat tekan beton, hasil tersebut tentunya bisa menguntungkan untuk pembuatan beton dalam volume yang besar, namun tetap sesuai standart mutu beton yang di syaratkan. Dengan demikian penelitian ini bisa menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya, dengan persentasi penggantian semen yang berbeda.

## **5.2 Saran**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna baik dalam pengembangan keilmuan tentang bahan bangunan khususnya teknologi beton maupun dalam penerapan secara praktis di lapangan. Diharapkan penelitian lanjutan dapat dilakukan oleh para peneliti lainnya, terutama terhadap beberapa permasalahan berikut :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pemakaian bahan tambah *Epoxy resin* sebagai campuran beton dengan variasi yang lebih banyak lagi, agar mengetahui sampai batas persentase dimana yang mampu membuat kuat tekan naik dan tidak turun lagi.
2. Dusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang optimal.
3. Perlu memahami terlebih dahulu tentang perencanaan campuran beton dan *mix design* sebelum melakukan penelitian agar dapat dilaksanakan dengan maksimal.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agustiono, A., & Zulkarnain, D. F. (2020). *Pengaruh Abu Serbuk Kayu sebagai Pengganti Agregat Halus terhadap Kuat Tarik Belah Beton yang Menggunakan Bahan Kimia.*
- Arami, R., & Zulkarnain, D. F. (2020). Pengaruh Penambahan Serbuk Styrofoam dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tarik Beton Rizki. *SELL Journal*, 5(1), 55.
- Arif, J., Hasti, R. H., & Surya, S. (2015). Pengaruh Resin Epoksi Terhadap Mortar Polimer Ditinjau dari Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Daya Serap Air dan Scanning Electron Microscope. *Jrsdd*, 3(3), 361–370.
- Arifin, H. (2020). *Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Sawit sebagai Penguat pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Am 78 Ditinjau dari Kekuatan Tarik Belah Beton.*
- Aris, S., & Slamet, W. (2013). Analisis variasi kandungan semen terhadap kuat tekan beton ringan struktural agregat pumice. *Jurnal Analisis*, 2–4. <https://doi.org/10.1002/14356007.o12>
- Azizi Surbakti, M., & Zulkarnain, D. F. (2020). *Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Dan Silica Fume Terhadap Kuat Lentur Beton.*
- Bayuaji, R. (2017). *Teknologi Beton dan Begisting “Material Penyusun Beton.”*
- Damanik, E. M., & S.T.,M.T., N. (1850). *Analisis Penggunaan Limbah Bubur Kertas dan Silica Fume terhadap Sifat Mekanik Beton Kertas.*
- Dasar, P., & Pengomposan, P. (2014). *Bahan Penyusun Campuran Beton.*
- Derlangga, W. S., & Zulkarnain, D. F. (2020). *Analisis Ketahanan Beton Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi pada Lingkungan Sulfat.*
- Enzelya Adila L, D. (2018). *Pemanfaatan Serat Ijuk dan Sikacim Concrete Additive sebagai Bahan Tambah pada Campuran Beton Ditinjau dari Kuat Tarik Belah.*
- Fakhri, M., & Zulkarnain, D. F. (2010). Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Substitusi Sebagian Pasir pada Campuran Beton dan Bondcrete Ditinjau dari Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*, 2(1), 41–49.
- Hadi, H. S. (2018). *Analisis penambahan limbah kertas terhadap kuat tekan beton ringan.* 94–98.

- Hasyim, T. R., & Prafanti S.T, M.T, S. (2020). *Pemanfaatan Serat Ijuk pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Viscocrete 3115n Ditinjau dari Kekuatan Tarik Belah Beton.*
- Hidayat, R., & Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc, D. (2020). *Pengaruh Serbuk Kaca Pada Kuat Tekan Sebagai Substitusi Parsial Semen Dengan Bahan Tambah Sikacim Concrete.*
- Ilham Sani, I. (2020). *Perbandingan Pemakaian Air Kapur serta Pengaruh Penambahan Sika Fume terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi.*
- Indra, M. (2020). *Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Abu Cangkang Kelapa Sawit dengan Bahan Tambah Bondcrete.*
- Karwur, H. Y., R. Tenda, S. E., Wallah, & Windah, R. S. (2013). Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.4, Maret 2013 (276-281) ISSN : 2337-6732, 1(4), 276–281.*
- Nazar, B., & Zulkarnain, D. F. (2020). *Pengaruh Abu Batang Pisang Ditambah Sikacim Concrete Additive terhadap Kuat Tekan Beton.*
- P. Tandipayuk, R. (2017). *Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Kertas sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus.*
- Pane, D. N., Fikri, M. EL, & Ritonga, H. M. (2018). Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standart Sni 7656-2012 Dan Astm C 136-06. *Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.*
- Prayuda, H., & Pujiyanto, A. (20s18a). Analisis Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Bahan Tambah Superplastisizer dan Limbah Las Karbit. *Rekayasa Sipil, 12(1), 32–38.* <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil/2018.012.01.5>
- Prayuda, H., & Pujiyanto, A. (2018b). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Komparasi Agregat Gamalama, Agregat Merapi Dan Agregat Kali Progo. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil, 2(1), 1.* <https://doi.org/10.20961/jrrs.v2i1.24316>
- Punusingon, M. A., Handono, B. D., & Ronny, P. (2019). Uji Eksperimental Kuat Tekan Beton Daur Ulang Dengan Bahan Tambah Abu Terbang (Fly Ash) Dan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Sipil Statik, 7(1), 57–66.*
- Pustaka, T. (2017). *Pengaruh Penggunaan Resin Epoxy Pada Campuran Beton Polimer Yang Menggunakan Serbuk Gergaji Kayu - Pdf.* 26–27.
- Reja Palepy, M. (2020). Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik pada Beton
- Riski, F. (2019). Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Substitusi Parsial Semen pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Bondcrete Ditinjau dari Kekuatan



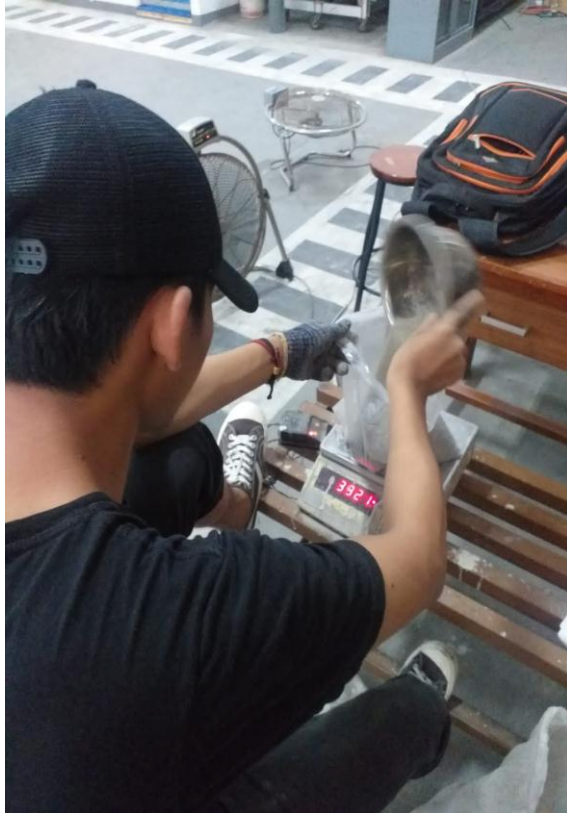
## LAMPIRAN



Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar



Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus



Proses penimbangan agregat



Proses pembuatan bubur kertas



Cetakan silinder untuk benda uji



Proses pembuatan beton di mesin molen



Proses pengujian *Slump*



sPencetakkan beton silinder



Proses perendaman beton



Proses pengujian kuat tekan beton





Gambar beton yang sudah diuji



Proses penimbangan agregat

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama	: Abdi Kesuma
Panggilan	: Abdi
Tempat, Tanggal Lahir	: Mangkai lama, 27 Maret 1998
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Alamat	: Dusun 1 Desa Mangkai Lama, Kec. Lima Puluh Kab. Batu Bara
Agama	: Islam
Nama Orang Tua	
Ayah	: Alm. Syahnazar
Ibu	: Rustina
No.Hp	: 0812 6366 5260
Email	: <a href="mailto:abdivanders9@gmail.com">abdivanders9@gmail.com</a>

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa	: 1607210043
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Peguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Peguruan Tinggi	: JL. Kapten Muchtar Basri, No. 3 Medan 20238

### PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama	Tahun Kelulusan
Sekolah Dasar	SDN 010189	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	MTS Bina Bangsa	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	MAN 1 Lima Puluh	2013 - 2015