

TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH PASIR SILIKA PUTIH
SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS
DENGAN BAHAN TAMBAH *EPOXY RESIN*
TERHADAP KUAT TEKAN BETON
(*Study Penelitian*)**

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

Disusun Oleh :

BIMA SURYA RAMADHAN

1607210058



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : BIMA SURYA RAMADHAN
NPM : 1607210058
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Pasir Silika Putih Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bahan Tambah Epoxy Resin Terhadap Kuat Tekan Beton.
Bidang ilmu : Struktur

Disetujui Untuk Disampaikan
Kepada Panitia Ujian

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bima Surya Ramadhan
NPM : 1607210058
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Pasir Silika Putih Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bahan Tambah *Epoxy Resin* Terhadap Kuat Tekan Beton. (Studi Penelitian) .
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, 13 Oktober 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I

Dosen Pembanding II



Ade Faisal, S.T., M.Sc., PhD



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 : Bima Surya Ramadhan
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Balai, 31 Desember 1998
NPM : 1607210058
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisa Pengaruh Pasir Silika Putih Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bahan Tambah *Epoxy Resin* Terhadap Kuat Tekan Beton” (Studi Penelitian).

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 kesarjana 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, 13 Oktober 2022

Saya yang menyatakan,


Bima Surya Ramadhan

ABSTRAK

ANALISA PENGARUH PASIR SILIKA PUTIH SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS DENGAN BAHAN TAMBAH *EPOXY* *RESIN* TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)

Bima Surya Ramadhan
1607210058
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

Beton merupakan bahan yang sangat penting digunakan dalam bidang konstruksi, umumnya beton tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu semen, agregat, air dan jika perlu bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari. Selain itu, di dalam agregat halus terdapat kandungan senyawa SiO_2 yang memberikan kontribusi dalam proses pengerasan maupun peningkatan kuat tekan pada beton. Oleh karena itu salah satu upaya yang akan dilakukan untuk mengetahui kandungan SiO_2 dalam agregat halus sangat berpengaruh dalam peningkatan mutu kuat tekan beton, maka salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengetahui peran kandungan SiO_2 dalam agregat halus adalah dengan melakukan penelitian uji kuat tekan beton terhadap beton yang menggunakan pasir silika putih sebagai substitusi parsial agregat halus. Penelitian ini menggunakan pasir silika putih sebagai bahan penelitian, yang dimana pasir silika memiliki kandungan SiO_2 yang lebih besar dari pasir biasa. Selain itu, dalam usaha untuk meningkatkan mutu beton yang lebih baik digunakan *epoxy resin additive* sebagai bahan kimia tambahan campuran beton. Pada penelitian ini menggunakan pasir silika dengan variasi 0% dan 5% dari berat agregat halus, sedangkan *epoxy resin additive* yang digunakan sebesar 0,8% dari berat semen. Dimensi benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran 15 x 30 cm pada umur 7 dan 28 hari, dengan nilai slump 60-180 cm. Rancangan campuran menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Setiap variasi dibuat 3 benda uji, sehingga jumlah keseluruhannya 18 buah benda uji. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan beton. Dari hasil penelitian beton normal memperoleh kuat tekan sebesar 23,10 MPa untuk umur 7 hari sedangkan beton normal 28 hari sebesar 28,94 MPa, beton dengan campuran pasir silika 5% sebesar 25,74 MPa sedangkan yang umur 28 hari sebesar 32,91 Mpa, beton dengan campuran pasir silika 5% dan epoxy resin additive 0,8% sebesar 28,2 MPa untuk umur 7 hari, sedangkan umur 28 hari sebesar 34,42 Mpa.

Kata Kunci : beton, epoxy resin, pasir silika, kuat tekan beton.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF WHITE SILICA SAND AS A PARTIAL SUBSTITUTION OF FINE AGGREGATE WITH ADDITIONAL MATERIALS OF EPOXY RESIN ON THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE (Research Study)

Bima Surya Ramadhan

1607210058

Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

Concrete is a very important material used in the construction sector, generally concrete is composed of three main constituent materials, namely cement, aggregate, water and if necessary, admixture can be added to change certain properties of the concrete in question. The properties and characteristics of each of these constituent materials need to be studied. In addition, the fine aggregate contains SiO₂ compounds which contribute to the hardening process and increase the compressive strength of the concrete. Therefore, one of the efforts that will be made to determine the SiO₂ content in fine aggregate is very influential in improving the quality of the compressive strength of concrete, then one of the efforts that can be made to determine the role of SiO₂ content in fine aggregate is to conduct a research on the compressive strength of concrete against concrete. which uses white silica sand as a partial substitution of fine aggregate. This research uses white silica sand as research material, in which silica sand has a SiO₂ content greater than ordinary sand. In addition, in an effort to improve the quality of concrete, an epoxy resin additive is used as a chemical additive to the concrete mixture. In this study, silica sand was used with variations of 0% and 5% of the weight of fine aggregate, while the epoxy resin additive used was 0.8% of the weight of cement. The dimensions of the test object used were cylinders measuring 15 x 30 cm at the age of 7 and 28 days, with a slump value of 60-180 cm. The mixed design used the SNI 03-2834-2000 method. For each variation 3 specimens were made, so that the total number of specimens was 18. The test carried out is the compressive strength test of concrete. From the results of the research, normal concrete obtained a compressive strength of 23.10 MPa for the age of 7 days, while the 28-day normal concrete was 28.94 MPa, the concrete with 5% silica sand mixture was 25.74 MPa, while the 28-day age was 32.91 MPa. , concrete with a mixture of 5% silica sand and 0.8% epoxy resin additive was 28.2 MPa for 7 days, while the age of 28 days was 34.42 MPa..

Keywords: concrete, epoxy resin, silica sand, compressive strength of concrete

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 Pasir Silika Putih Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus 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 (UMSU), 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., MS.c, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Josef Hadipramana S.T., 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 Ayah saya tercinta Syahril dan Ibunda tercinta Suhana yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada saya, terima kasih atas perjuangannya saya bisa kuliah dan menyelesaikan sarjana saya.
8. Kepada Abang saya Bobi Rahman dan Adik saya Natasya 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, Abdi Kesuma, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.
10. Untuk Sahabat terbaik, Toha Nasution yang selalu mendukung dari segi emosional dan materi, terima kasih atas *support* dan dukungannya .
11. Dan terakhir terima kasih kepada sahabat kecil Bima yang sudah bersedia meminjamkan materi agar saya bisa tetap lanjut kuliah.

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, 13 Oktober 2022.

Penulis

Bima Surya Ramadhan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pasir Silika	6
2.2. Pengertian Beton	7
2.3. Sifat Beton	8
2.4. Keunggulan dan Kelemahan Beton	9
2.5. Bahan Penyusun Campuran Beton	10
2.5.1. Agregat	10
2.5.1.1. Agregat Kasar	10
2.5.1.2. Agregat Halus	11
2.5.2. Semen Portland	12
2.5.3. Air	13

2.5.4. Bahan Tambah	14
2.5.4.1. Epoxy Resin	14
2.6. Kuat Tekan Beton	15
2.7. Slump Test	17
2.8. Prosedur Pengujian	18
2.9. Penelitian Sejenis Sebelumnya	19
2.10. Penelitian Beton Terdahulu	20

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian	25
3.1.1. Data Primer	25
3.1.2. Data Sekunder	25
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.3. Metode Penelitian	28
3.4. Teknik Pengumpulan Data	28
3.5. Persiapan Bahan dan Alat	28
3.5.1. Bahan	28
3.5.2. Alat	31
3.6. Persiapan Penelitian	37
3.7. Pelaksanaan Penelitian	37
3.7.1. Trial Mix	37
3.8. Pembuatan Benda Uji	37
3.8.1. Beton Normal	37
3.8.2. Beton Campuran Pasir Silika 5%	38
3.8.3. Beton Campuran Pasir Silika 5% + Epoxy Resin 0,8%	38
3.9. Pengujian <i>Slump</i>	39
3.10. Perawatan Beton	41
3.11. Pengujian Kuat Tekan Beton	41

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum	42
4.2. Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	42

4.3. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	42
4.3.1. Hasil Pengujian Analisa saringan	42
4.3.2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air	45
4.3.3. Pengujian Kadar Air	46
4.3.4. Pengujian Berat Isi	46
4.3.5. Pengujian Kadar Lumpur	47
4.4. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	48
4.4.1. Hasil Pengujian Analisa Saringan	48
4.4.2. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air	50
4.4.3. Pengujian Kadar Air	51
4.4.4. Pengujian Berat Isi	52
4.4.5. Pengujian Kadar Lumpur	53
4.5. Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	53
4.5.1. Metode Pengerjaan <i>Mix Design</i>	55
4.6. <i>Slump Test</i>	65
4.7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	66
4.7.1. Beton Normal	67
4.7.2. Beton Campuran Pasir Silika 5%	68
4.7.3. Beton Campuran Pasir Silika 5% + Epoxy Resin 0,8%	69
4.7.4. Hasil Pengujian Keseluruhan Benda Uji	71
4.8. Perbandingan Kuat Tekan Dengan Penelitian Terdahulu	73
4.9. Pembahasan	77
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	81
5.2. Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	86
DAFTAR RIWAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Batas gradasi agregat kasar	11
Tabel 2.2. Batas gradasi agregat halus	12
Tabel 2.3. Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya	17
Tabel 3.1. Tempat dan waktu penelitian	27
Tabel 3.2. Hasil pengujian analisa agregat halus	43
Tabel 3.3. Faktor pengali untuk standar deviasi beradaskan jumlah Benda uji yang tersedia	46
Tabel 3.4. Perkiraan Kuat Tekan (Mpa) Beton Dengan Faktor Air Semen Dan Agregat Kasar yang digunakan di Indonesia	48
Tabel 3.5. Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3) yang dibutuhkan untuk Beberapa tingkat Kemudahan Pengerjaan adukan beton	50
Tabel 3.6. Persyaratan jumlah semen minimum dan factor air semen Maksimum untuk berbagai macam pembotanan	51
Tabel 4.1. Hasil pengujian analisa agregat halus	61
Tabel 4.2. Daerah Gradasi Agregat Halus	62
Tabel 4.3. Hasil Pengujian berat jenis dan penyerapan air Agregat Halus	63
Tabel 4.4. Hasil pengujian Kadar Air Agregat halus	64
Tabel 4.5. Hasil pengujian berat isi agregat halus	65
Tabel 4.6. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	65
Tabel 4.7. Hasil pengujian analisa agregat kasar	66
Tabel 4.8. Batas gradasi agregat kasar	67
Tabel 4.9. Hasil pengujian berat jenis dan Penyerapan air agregat kasar	68
Tabel 4.10. Hasil pengujian kadar air agregat kasar	69
Tabel 4.11. Hasil pengujian berat isi agregat kasar	70
Tabel 4.12. Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	71
Tabel 4.13. Perencanaan campuran beton (sni 03-2834-2000)	72
Tabel 4.14. Hasil perbandingan campuran bahan beton Setiap 1 benda uji	74

Tabel 4.15. Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan factor air Semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia	75
Tabel 4.16. Hasil <i>slump test</i> beton umur 7 hari	83
Tabel 4.17. Hasil <i>slump test</i> beton umur 28 hari	83
Tabel 4.18. Hasil pengujian kuat tekan beton normal	85
Tabel 4.19. Hasil pengujian kuat tekan dengan bahan pengganti Pasir silica 5%	86
Tabel 4.20. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan bahan pengganti Pasir silica 5% + <i>epoxy resin</i> 0,8%	88
Tabel 4.21. Hasil pengujian kuat tekan beton normal, campuran Pasir silica 5%, dan beton campuran pasir silica 5% Dan 0,8% <i>epoxy resin</i>	89
Tabel 4.22. Tabel kuat tekan keseluruhan benda uji	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : <i>Epoxy Resin</i>	15
Gambar 2.2 : pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton	16
Gambar 3.1 : Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	26
Gambar 3.2 : Semen andalas	28
Gambar 3.3 : Agregat halus (pasir)	29
Gambar 3.4 : Agregat kasar (batu pecah)	29
Gambar 3.5 : Air	30
Gambar 3.6 : Pasir silika	30
Gambar 3.7 : Epoxy resin	30
Gambar 3.8 : Satu set saringan agregat kasar	31
Gambar 3.9 : Saru set saringan agregat halus	31
Gambar 3.10 : Timbangan digital	32
Gambar 3.11 : Oven	32
Gambar 3.12 : Mesin pengaduk beton	32
Gambar 3.13 : Kerucut abrams	33
Gambar 3.14 : Tongkat penumbuk	33
Gambar 3.15 : Penggaris	33
Gambar 3.16 : Cetakan beton silinder	34
Gambar 3.17 : Gelas ukur	34
Gambar 3.18 : Plastik	34
Gambar 3.19 : Sekop tangan	35
Gambar 3.20 : Sendok semen	35
Gambar 3.21 : Ember	35
Gambar 3.22 : Pan	36
Gambar 3.23 : Mesin Los Anggeles	36
Gambar 3.24 : Mesin kuat tekan beton	36
Gambar 3.25 : Cetakan untuk uji slump (kerucut Abram)	40
Gambar 3.26 : Grafik hubungan antara kuat tekan dan factor air semen	

(benda uji bentuk silinder diameter 150mm 300mm)	49
Gambar 3.27: Batas Gradasi Pasir Sedang (nomor 2)	52
Gamabr 3.28: Batas Gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40mm	52
Gambar 3.29: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40mm	53
Gambar 3.30: Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat isi Beton	54
Gambar 3.31: Cetakan untuk uji <i>Slump</i>	58
Gambar 4.1 : Analisan saringan agregat halus	62
Gambar 4.2 : Grafik analisa agregat kasar	68
Gambar 4.3 : Grafik faktor air semen	76
Gambar 4.4 : Grafik persentase agregat halus	77
Gambar 4.5 : Grafik berat isi beton	78
Gambar 4.6 : Grafik perbandingan hasil <i>Sump Test</i>	84
Gambar 4.7 : Grafik kuat tekan beton normal	86
Gambar 4.8 : Presentase hasil Kuat tekan BP-5% Pasir Silika	87
Gambar 4.9 : Presentase hasil Kuat tekan BP-5% Pasir Silika + 0,8% Epoxy Resin	88
Gambar 4.10 : Hasil pengujian benda uji	90
Gambar 4.11 : Hubungan presentase komposisi pasir silica – pasir laut terhadap kuat tekan beton	92
Gambar 4.12 : Kuat tekan rata rata 7 hari	94
Gambar 4.13 : Kuat tekan rata rata 28 hari	95
Gambar 4.14 : Grafik persentase kenaikan kuat tekan beton 7-28 hari	97

DAFTAR NOTASI

A	= Luas penampang	(cm ²)
B _{jk}	= Berat jenis agregat kasar	(gr/mm ³)
B _{jh}	= Berat jenis agregat halus	(gr/mm ³)
B _{j_{camp}}	= Berat jenis agregat campuran	(gr/mm ³)
FM	= Modulus kehalusan	-
f _c	= Kuat tekan	(MPa)
m	= Nilai tambah	(MPa)
P	= Beban Tekan	(kg)
W	= Berat	(kg)
Kh	= Presentasi berat agregat halus terhadap agregat campuran	(%)
Kk	= Presentasi berat agregat kasar terhadap agregat campuran	(%)
B	= Jumlah air	(kg/m ³)
C	= Agregat halus	(kg/m ³)
D	= Jumlah agregat kasar	(kg/m ³)
Ca	= Absorsi air pada agregat halus	(%)
Da	= Absorsi air pada agregat kasar	(%)
Ck	= Kandungan air dalam agregat halus	(%)
Dk	= Kandungan air dalam agregat kasar	(%)
W _{agr,camp}	= Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton	(kg/m ³)
W _{agr,h}	= Kebutuhan berat agregat halus per meter kubik beton	(kg/m ³)
W _{btn}	= Berat beton per meter kubik beton	(kg/m ³)
W _{air}	= Berat air per meter kubik beton	(kg/m ³)
W _{sm n}	= Berat semen per meter kubik	(kg/m ³)
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus	(kg/m ³)
Wk	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar	(kg/m ³)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton merupakan suatu bahan komposit/campuran dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam teknik sipil, struktur beton digunakan untuk pondasi, kolom, balok, pelat atau pelat cangkang (Abdillah & Muhabbah, 2019).

Beton diperoleh dari pencampuran semen, agregat halus (*fine aggregate*), agregat kasar (*coarse aggregate*) dan air. Dengan menambahkan bahan perekat/semen dengan takaran tertentu, dan air sebagai bahan pembantu untuk keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton (*concrete curing*). Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari sekian banyak faktor, beberapa diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, temperatur, pelaksanaan akhir (*finishing*), dan perawatan (*curing*) beton (Mulyono, 2014).

Struktur beton adalah suatu bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk yang paling umum dari beton adalah campuran semen portland dan agregat mineral (kerikil dan pasir) serta air. Bahan-bahan dasar pembentuk beton ini akan saling mempengaruhi satu sama lain dalam pencapaian kuat tekannya (Ala & Arruan, 2019).

Membuat beton sebenarnya tidaklah sesederhana yang hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana sering terlihat pada pembuatan bangunan sederhana. Tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam artian memenuhi persyaratan yang lebih ketat karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton segar yang baik dan menghasilkan beton keras yang baik pula (Standardisasi & Bsn, 2000).

Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dan dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk menjadi pemisah krikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan (Standardisasi & Bsn, 2000).

Untuk mendapatkan beton segar yang baik akan lebih baik pula kita memanfaatkan sumber daya alam yang dimiliki negara Indonesia yang dimana sumber daya alam itu berupa limbah/non limbah. Indonesia banyak memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah, salah satu sumber daya alamnya adalah pasir silika.

Pasir kuarsa/*silica* dikenal dengan nama pasir putih. Pasir *silica* mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O yang berwarna putih bening atau warna yang lain bergantung pada senyawa pengotornya. Pasir *silica* pada pembuatan semen berfungsi sebagai pelengkap kandungan *silica* dalam semen yang dihasilkan. Kandungan *silica* untuk pabrik semen berkisar 21,3% SiO_2 . Pemakaian pasir kuarsa di industry ini bervariasi tergantung kandungan *silica* bahan baku lainnya, biasanya berkisar antara 6 - 7% (Haryanti Ninis Hadi & Henry, 2017).

Pasir *silica* mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , dan K_2O . Sifat-sifat fisik pasir silika, antara lain: berwarna putih bening, abu-abu, kuning, merah, coklat atau warna lain tergantung kepada senyawa pengotornya yang terbawa selama proses pengendapan, misalnya warna kuning mengandung Fe oksida, warna merah mengandung Cu oksida (Abdillah & Muhabbah, 2019).

Silika atau SiO_2 merupakan bahan kimia yang dapat meningkatkan mutu beton, akibat reaksi yang terjadi antara *silica* dan kapur bebas yang ada didalam campuran beton. umumnya *silika* atau SiO_2 yang dicampurkan pada beton merupakan bahan additive buatan pabrik seperti *Silica fume* atau pembakaran batubara seperti *Fly ash*. Pasir, ternyata mengandung *silica* SiO_2 yang jumlahnya bervariasi mulai < 20% sampai dengan > 40% tergantung dari mana pasir itu berasal (Ilham Akbar, 2017).

Untuk itulah perlu penelitian ini akan diteliti lebih lanjut, sejauh mana *silica* S_iO_2 dalam pasir *silica* putih berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkannya. Besarnya kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan rumus:

$$f'c = \frac{P \text{ maks}}{A}$$

Keterangan : $f'c$ = kuat tekan beton (MPa).

P = beban tekan/beban uji maksimum (N).

A = luas permukaan benda uji

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh substitusi parsial pasir *silica* dan *epoxy resin* dalam campuran beton yang ditinjau dari kuat tekan dengan benda uji silinder
2. Bagaimanakah perbandingan kuat tekan terhadap bahan pengganti agregat halus dengan variasi pasir *silica* 5% dan, pasir *silica* 5% + *admixture epoxy resin* 0,8% ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menciptakan inovasi baru beton yang sesuai dengan standar, dengan melakukan penelitian dan pemeriksaan beton yang ditambahkan pasir *silica* sebagai substitusi parsial dari agregat halus dan dikuatkan dengan bahan tambah *epoxy resin* yang ditinjau dari kuat tekan beton.

1.4. Batasan Masalah

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

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

2. Pasir silika yang digunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari Cileungsi sebagai substitusi parsial agregat halus. Dengan perencanaan beton dengan umur 7 dan 28 hari dengan benda uji silinder.
3. Persentase *Epoxy Resin* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0,8% sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
4. Pengujian di laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Agregat kasar yang digunakan adalah split dari Binjai.
6. Semen yang digunakan Semen type 1 adalah *Portland Composite Cement* (PCC) tiga roda.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah didapatnya data hasil uji kualitas material pasir *silica* sebagai bahan campuran beton dan diketahuinya data uji kuat tekan beton rata-rata, dengan presentase 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, 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.

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

Dalam bab ini menguraikan kesimpulan yang diperoleh dari analisis yang telah dilakukan dan juga saran-saran dari penulis.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasir Silica

Indonesia banyak memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah, salah satu sumber daya alamnya adalah pasir silika, pasir kuarsa atau silika (*silica sand*) adalah salah satu material tambang dari hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan *feldstar*. Hasil pelapukan batuan tersebut kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang diendapkan di alam bebas seperti berada di tepi-tepi sungai, danau atau laut (Nadia, 2011).

Penggunaan pasir silika yang sering digunakan untuk pasir metalurgi yaitu pasir yang dihasilkan dari proses pengolahan suatu mineral atau logam dari pasir silika. Pasir silika banyak digunakan dalam kegiatan industri yang dalam pemanfaatannya digunakan sesuai dengan karakteristik diantaranya digunakan sebagai produksi pembuatan gelas, pembuatan keramik, penyaring (*filter*) produksi air bersih, pengecoran beton, sandblasting untuk membersihkan kerak karat besi seperti mesin, pipa, plat dan sebagainya (Adi, 2018).

Dalam pengecoran beton, agregat halus atau pasir silika digunakan sebagai unsur utama dalam pembuatan beton segar di *batching plant*, selain agregat kasar, semen dan air serta bahan tambah berupa additive. Sebelum digunakan material pasir silika di periksa di laboratorium untuk mengetahui kualitas dan komposisi campuran yang akan digunakan (Adi, 2018).

Pasir silika mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , MgO , dan K_2O . Sifat-sifat fisik pasir silika, antara lain: berwarna putih bening, abu-abu, kuning, merah, coklat atau warna lain tergantung kepada senyawa pengotornya yang terbawa selama proses pengendapan, misalnya warna kuning mengandung Fe oksida, warna merah mengandung Cu oksida (Hadi & Henry, 2017).

Silika atau SiO_2 merupakan bahan kimia yang dapat meningkatkan mutu beton, akibat reaksi yang terjadi antara silika dan kapur bebas yang ada didalam campuran beton. Umumnya silika/ SiO_2 yang dicampurkan pada beton merupakan bahan additive buatan pabrik seperti *silica fume* atau hasil pembakaran batubara

seperti *Fly ash*. Pasir, ternyata mengandung Silika atau SiO₂ yang jumlahnya bervariasi mulai < 20 % sampai dengan > 40 % tergantung dari mana pasir itu berasal (Nadia, 2011).

Untuk itulah perlu penelitian lebih lanjut, sejauh mana silika/SiO₂ dalam pasir silika putih berpengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkannya. besarnya kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan rumus:

$$f'c = \frac{P \text{ maks}}{A}$$

Keterangan : f'c = kuat tekan beton, (MPa).

P = beban tekan/beban uji maksimum (N).

A = luas permukaan benda uji

2.2. Pengertian Beton

Kata beton dalam bahasa Indonesia berasal dari kata yang sama dalam bahasa Belanda. Kata *Concrete* dalam bahasa Inggris berasal dari bahasa Latin *Concretus* yang berarti tumbuh bersama atau bergabung menjadi satu. Sedangkan dalam bahasa Jepang digunakan kata *kotui-sai* yang harafiahnya berarti material-material seperti tulang. Beton adalah suatu massa yang terjadi dengan mencampurkan bahan semen, air dan agregat dan bahan tambah (*admixture*) bila diperlukan (Djamaluddin et al., 2015).

Beton yang digunakan untuk struktural dalam konstruksi teknik sipil, dapat dibedakan menjadi beberapa bagian, dalam teknik sipil struktur beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, pelat ataupun pelat cangkang, dalam teknik sipil *hydro* digunakan untuk bangunan air seperti bendung, bendungan, saluran, ataupun pada perencanaan drainase perkotaan. Beton juga digunakan dalam teknik sipil transportasi untuk pekerjaan *rigid pavement* (lapis keras permukaan yang kaku), saluran samping, gorong-gorong, dan lainnya. Jadi beton hampir digunakan dalam semua aspek didalam ilmu teknik sipil. Artinya semua struktur dalam teknik sipil akan menggunakan beton, minimal dalam pekerjaan pondasi (Mulyono, 2014).

Beton (*concrete*) merupakan material untuk konstruksi yang paling sering digunakan di seluruh dunia selain baja (*steel*). Beton banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam proyek pembangunan infrastruktur seperti jalan, gedung, bendungan, gudang, jembatan, dan sebagainya. Beton diperoleh dari pencampuran semen, agregat halus (*fine aggregate*), agregat kasar (*coarse aggregate*) dan air. Dengan menambahkan bahan perekat/semen dengan takaran tertentu, dan air sebagai bahan pembantu untuk keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton (*concrete curing*) (SNI, 2013).

Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari sekian banyak faktor, beberapa diantaranya nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, temperatur, pelaksanaan akhir (*finishing*), dan perawatan (*curing*) beton (SNI, 2013).

Menurut 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 ($f'c$) 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.

Struktur beton adalah suatu bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau bahan tambah yang membentuk massa padat. Perancangan komposisi balian pembentuk beton merupakan penentu kualitas beton, yang berarti pula kualitas sistem struktur total. Bukan hanya bahan harus baik, melainkan keseragaman harus dipertahankan pada keseluruhan produk beton (Mulyono, 2014).

2.3. Sifat Beton

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapat kualitas beton seperti yang diharapkan. Adapun sifat-sifat beton yang perlu diketahui adalah sebagai berikut (Iwan & Nadia, 2012):

- a. *Workability* adalah merupakan sifat beton pada kondisi plastis, yang pengukurannya berdasarkan tingkat kemudahan pada saat dikerjakan.
- b. *Bleeding* adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen.
- c. Segregasi adalah kecenderungan pemisahan bahan-bahan pembentuk beton.
- d. Kuat tekan adalah kemampuan beton menerima gaya tekan persatuan luas.
- e. Kuat tarik yaitu berkisar 10% - 15% dari kuat tekannya.
- f. Keawetan (*Durability*) merupakan lamanya waktu suatu struktur yang menggunakan material beton untuk dapat melayani atau menahan beban yang bekerja pada struktur tersebut dalam waktu yang telah direncanakan.
- g. Penyusutan adalah penurunan volume elemen beton ketika kehilangan kelembaban karena proses penguapan pada saat pengeringan yang kemungkinan besar dapat menyebabkan retak pada beton.
- h. Rangkak (*Creep*) perubahan bentuk pada suatu konstruksi karena beban yang berkelanjutan.

2.4. Keunggulan dan Kelemahan Beton

2.4.1. Keunggulan Beton (Iwan & Nadia, 2012):

- a. Beton memiliki nilai ekonomis.
- b. Beton memiliki kuat tekan yang baik.
- c. Beton memiliki keawetan yang cukup tinggi.
- d. Beton dapat di bentuk sesuai dengan keinginan perencana.
- e. Beton segar memungkinkan untuk dipompakan sehingga dapat ditempatkan pada tempat yang sulit.
- f. Beton tahan terhadap aus dan terhadap kebakaran.

2.4.2. Kekurangan Beton (Iwan & Nadia, 2012):

- a. Beton memiliki kuat tarik yang rendah sehingga penggunaannya pada struktur harus dibantu dengan menggunakan material baja pada daerah yang mengalami kuat tarik.
- b. Beton mengalami muai susut karena perubahan suhu sehingga perlu dibuatkan *Expansion Joint* untuk mencegah terjadinya retakan.

- c. Untuk mendapatkan beton sempurna harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti dan pengawasan yang ketat.
- d. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

2.5. Bahan Penyusunan Campuran Beton

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan jumlah optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi. Berikut akan dijelaskan mengenai ketiga bahan penyusun utama beton tersebut dan bahan pengisi yang saat ini sering digunakan (Ghafur, 2009).

2.5.1. Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menempati 70 % volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat ataupun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton (Wahyudi & Edison, 2013).

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain sebagainya) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Nugraha, 2007).

Agregat dapat dibedakan atas dua jenis yaitu: agregat alam dan agregat buatan (pecahan). Agregat alam dan buatan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi) dan tekstur permukaannya.

2.5.1.1. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,75 mm (Nugraha, 2007), yang biasanya disebut kerikil. Material ini merupakan hasil disintegrasi alami batuan atau hasil dari industri pemecah batu.

Butir-butir agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah ataupun hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.

Tabel 2.1: Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang (mm)	Ayakan (Besar butir maksimum)		
	40 mm	20 mm	12,5 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12,5	-	-	90-100
10	10-35	25-55	40-85
4.8	0-5	0-10	0-10

2.5.1.2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi ‘alami’ dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI03-2847-2002 & S-2002, n.d.).

Agregat alami yang digunakan untuk agregat campuran beton dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu:

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, tetapi biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara mencucinya.

b. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekat antar butir – butir agak kurang karena butir yang bulat. Karena besar butir – butirnya kecil, maka baik dipakai untuk memplaster tembok, juga dapat dipakai untuk keperluan yang lain.

c. Pasir laut

Pasir laut ini adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir – butirnya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman. Garam – garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.

Tabel 2.2: Batas Gradasi Agregat Halus (Mulyono 2003:91)

Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Jenis agregat halus			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

2.5.2. Semen Portland

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan juga mengisi rongga-rongga diantara butiran-butiran agregat. Semen merupakan bahan hidrolis yang dapat beraksi secara kimia dengan air, disebut dengan hidrasi, sehingga terjadi proses pembekuan yang membentuk material batu padat dan setelah pembekuan material tersebut akan mempertahankan kekuatan dan stabilitas bahkan didalam air. Salah satu jenis semen yang biasa dipakaidalam pembuatan beton ialah semen portland, terbuat dari campuran kalsium (CaI), silika (SiO_2), alumunia (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3). Kalsium bisa didapatkan dari setiap bahan yang mengandung kapur.

Semen portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Semen PPC dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terbuat dari batu kapur (CaCO_3) yang jumlahnya sangat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat. Semen portland dibuat dengan melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif

maupun kohesif. Bahan dasar semen Portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi (Yuhanah et al., 2018).

Menurut (SNI 15-2049-2004, 2004) membagi semen portland menjadi 5 jenis:

- Jenis I: Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- Jenis II: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- Jenis IV: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
- Jenis V: Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

2.5.3. Air

Air merupakan bahan yang penting juga dalam pembuatan suatu campuran beton. Air yang dicampur dengan semen akan membungkus agregat halus dan agregat kasar menjadi satu kesatuan. Pencampuran semen dan air akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan istilah reaksi hidrasi. Dalam reaksi hidrasi komponen-komponen pokok dalam semen bereaksi dengan molekul air membentuk hidrat atau produksi hidrasi. Dalam pembuatan campuran beton, hendaknya digunakan air yang bersih yang tidak tercampur dengan kotoran-kotoran kimia yang memungkinkan timbulnya reaksi sampingan dari reaksi hidrasi. Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak memiliki rasa atau bau dapat digunakan sebagai air pencampuran dalam pembuatan beton. Adanya kotoran yang berlebih pada air tidak saja berpengaruh pada waktu ikat beton, kekuatan beton, dan stabilitas volume (perubahan panjang), namun juga dapat mengakibatkan pengkristalan atau korosi tulangan. Sedapat mungkin air dengan konsentrasi padatan terlarut sebaiknya dihindari.

Perbandingan antara jumlah berat air dengan jumlah berat semen (rasio air semen) memegang peranan vital dalam hal kuat tekan beton. Jumlah air yang terlalu banyak akan menurunkan mutu beton, sedangkan jumlah air yang sedikit

akan menimbulkan permasalahan dalam pelaksanaan konstruksi, karena beton menjadi sulit dicetak. Karena beton harus cukup kuat dan mudah untuk dicetak, maka keseimbangan antara berat air dan semen harus mendapat perhatian yang cukup (Setiawan, 2016).

2.5.4. Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama percampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Admixture atau bahan tambah yang didefinisikan dalam *Standard Definitions of terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) adalah sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi (Mulyono, 2014).

Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton.

2.5.4.1. Epoxy Resin

Resin epoxy atau secara umum di pasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu dari jenis polimer yang berasal dari kelompok *thermoset*. *Resin thermoset* adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga secara kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. *Resin epoksi* banyak digunakan untuk bahan struktural, sehingga pada beton penggunaan resin epoksi dapat mempercepat proses pengeringan, karena epoksi menimbulkan panas dan dapat membantu percepatan pengerasan (Gemert, et al, 2004).

Epoxy adalah suatu kopolimer, terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda. Ini disebut sebagai "*resin*" dan "pengeras". *Resin* ini terdiri dari monomer atau

polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. *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 *Triethylenetetramine* (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, proses dapat mengambil menit untuk jam. Beberapa formulasi manfaat dari pemanasan selama masa penyembuhan, sedangkan yang lainnya hanya memerlukan waktu, dan suhu ambien (Karwur, et al., 2013).



Gambar 2.1: *Epoxy resin*

2.6. Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm, diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (YUHANAH et al., 2018).

Rumus yang digunakan dalam menentukan nilai kuat tekan beton adalah :

$$K = P/A$$

Dimana :

K = Kuat tekan beton (kg/cm^2).

P = Beban hancur (kN).

A = Luas silinder (cm^2).

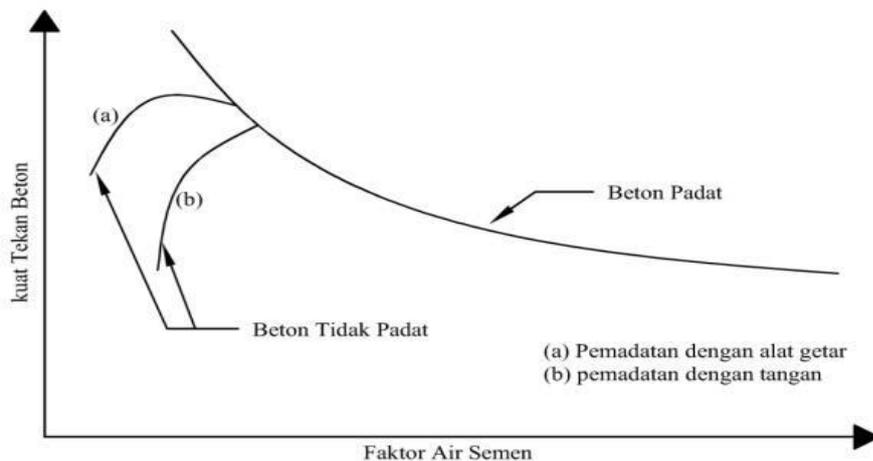
Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, antara lain (Tjokrodinuljo, 2007):

1. Umur beton

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur beton. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan semakin lambat. Laju kenaikan tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: faktor air semen, suhu sekeliling beton, semen portland dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton.

2. Faktor Air Semen

Faktor Air Semen (FAS) adalah perbandingan berat antara air dan semen *portland* di dalam campuran adukan beton. Semakin tinggi nilai faktor air semen maka kuat tekan beton akan semakin tinggi pula, nilai faktor air semen juga sangat berpengaruh pada jumlah semen yang dibutuhkan pada suatu campuran beton. Menurut (Mulyono, 2014) Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Beton

3. Kepadatan beton

Kekuatan beton berkurang jika kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat berarti berisi rongga sehingga kuat tekannya berkurang.

4. Jumlah pasta semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh dengan pasta semen, serta seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton rendah. Akan tetapi, jika jumlah pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton lebih didominasi oleh pasta semen, bukan agregat. Karena pada umumnya kuat tekan pasta semen lebih rendah daripada agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton menjadi lebih rendah. Pengaruh jumlah pasta semen terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Tabel 2.3: Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

Jenis Beton	Kuat tekan
Beton Sederhana	10 MPa
Beton Normal (Beton Biasa)	15-30 MPa
Pra Tegang	30-40MPa
Kuat Tekan tinggi	40-80 MPa
Kuat Tekan sangat tinggi	>80 MPa

2.7. Slump Test

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan

dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan (SNI 15-2049-2004, 2004).

Dalam praktek, ada tiga macam tipe *slump* yang terjadi yaitu:

- *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
- *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

2.8. 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 penataan garis tengah pada kedua sisi benda 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.

2.9. Penelitian Sejenis Sebelumnya

a. Pengaruh Kehalusan Serbuk Pasir Silika Terhadap Kekuatan Tekan Mortar (Rahman, 2006)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan beberapa pengujian yang dilaksanakan, maka dapat penulis sampaikan beberapa hal yang dapat menjadi kesimpulan yakni, komposisi kimia dan sifat fisika, sps belum memenuhi spesifikasi ASTM C618-03 dan berdasarkan hasil pengujian XRD ternyata sps merupakan bahan yang bukan amorf sehingga sps tidak bersifat pozzolan tetapi hanya sebagai filler saja. Pada pengujian pasta dengan kadar sps 0 % dihasilkan kuat tekan umur 28 hari 63,267 Mpa. Pada pengujian mortar I dengan kadar sps 30%, 40% dan 50% dihasilkan kuat tekan umur 28 hari masing-masing 56,267 MPa, 40,933 MPa, 31,76 MPa. Untuk mortar II dengan kadar sps 30%, 40% dan 50% dihasilkan kuat tekan umur 28 hari masing- masing 40,467 MPa, 37,360 Mpa, 29,254 MPa.

b. Penggunaan Pasir Silika Dan Pasir Laut Sebagai Agregat Beton (Joedono & Wahyudi, 2019)

Dari hasil pengujian, diperoleh kuat tekan beton optimum sebesar 25,654 MPa pada benda uji dengan komposisi 15% pasir silika terhadap pasir laut, dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 10,573% dari beton normal, sedangkan

kuat tekan beton terendah diperoleh benda uji dengan komposisi 100% pasir silika sebesar 22,541 MPa, lebih rendah dari kuat tekan beton normal sebesar 23,201 MPa, pada umur pengujian 28 hari. Sedangkan hasil pengujian kuat tarik belah optimum diperoleh benda uji dengan komposisi 15% pasir silika terhadap pasir laut sebesar 3,678 MPa, dapat meningkatkan kuat tarik belah beton sebesar 30,011% dari beton normal. Kuat tarik belah beton terendah diperoleh benda uji dengan komposisi 100% pasir silika sebesar 2,452 MPa, lebih rendah dari kuat tarik belah beton normal sebesar 2,829 MPa, pada umur pengujian 28 hari.

c. Kuat Tekan Dan Lentur Beton Menggunakan Pasir Silika Dengan Bahan Tambah Sikacim (Ala & Arruan, 2019)

Hasil penelitian akan menunjukkan Dari hasil uraian dan analisis data yang telah diolah, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil uji karakteristik agregat kasar hasilnya yang tidak memenuhi syarat agregat kasar hanya kadar air yang lebih besar sedikit dapat disesuaikan dengan Slump test pada saat pembuatan benda uji sedangkan berat volume hanya berpengaruh pada berat beton. Agregat halus (pasir silika) memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton. Komposisi rancangan campuran beton didasarkan pada perbandingan berat. Kuat tekan karakteristik beton yang diperoleh beton normal 252,55 kg/cm², kuat tekan karakteristik beton dengan bahan tambah sikacim 0,5% diperoleh 247,39 kg/cm², kuat tekan karakteristik beton dengan bahan tambah sikacim 0,7% diperoleh 291,18 kg/cm² dan untuk kuat tekan karakteristik beton 0,9% diperoleh 307,29kg/cm² dan hasil kuat lentur beton diperoleh beton normal 48,2 kg/cm², bahan tambah sikacim 0,5% diperoleh 41,3%, bahan tambah 0,7% diperoleh 52,2 kg/cm² dan 0,9% diperoleh 57,4%.

2.10. 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 penelitian didapatlah 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 (Lubis & Zulkarnain, 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 (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 (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 kuat tarik 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 cm³ 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% (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 (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 (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 (Fani, 2020).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode 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. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari:

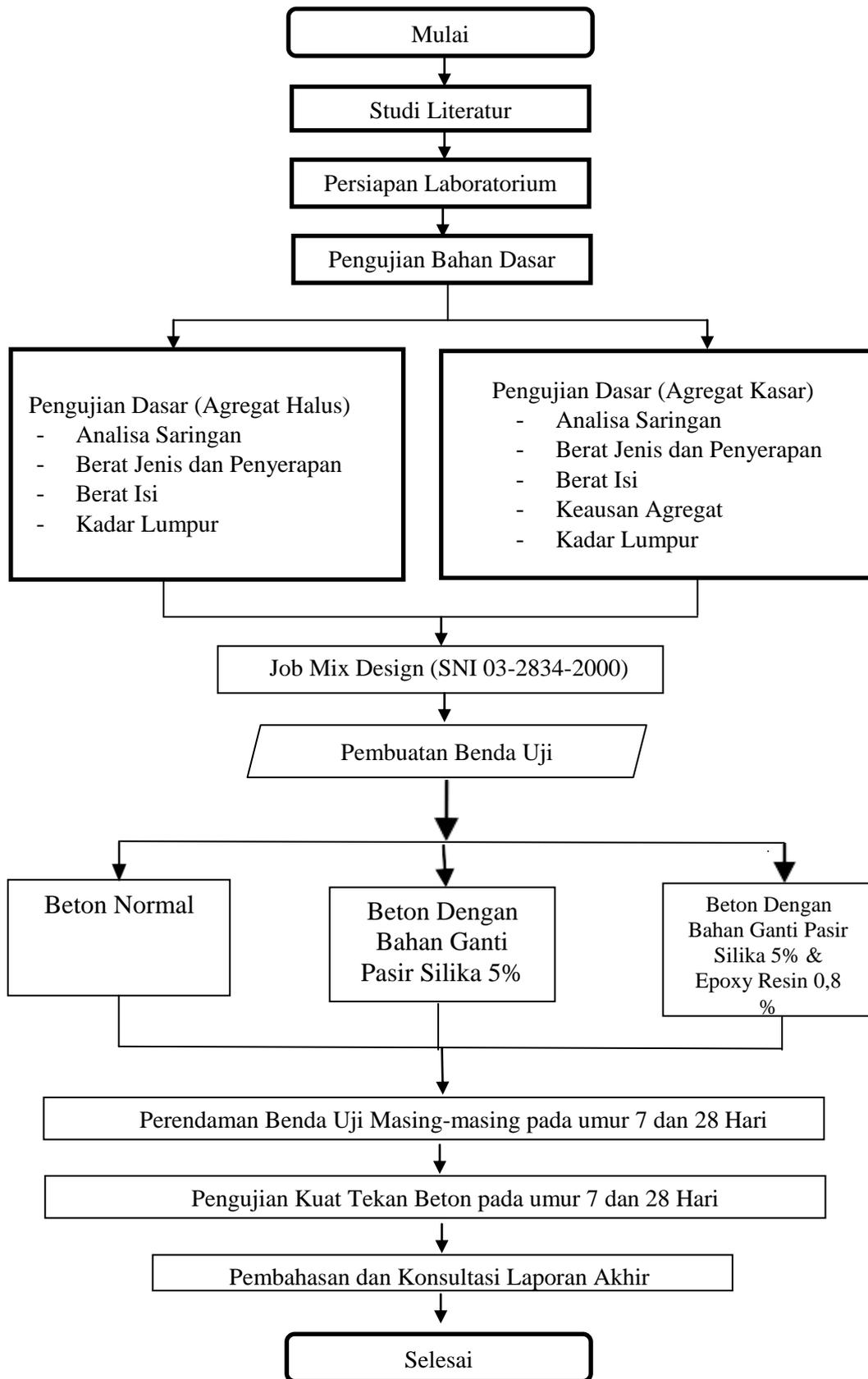
3.1.1 Data Primer

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

- Analisa saringan agregat (SNI 03-1968-1990).
- Berat jenis dan penyerapan (SNI 1970-2008).
- Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1971-2011).
- Pemeriksaan kadar lumpur agregat (SNI 03-4141-1996).
- Perbandingan dalam campuran beton (*Mixdesign*).
- Kekentalan adukan beton segar (*slump*).
- Uji kuat tekan beton (SNI 1974-2011).

3.1.2 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), 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: Tahapan singkat penelitian yang 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 Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan. Dengan kelengkapan peralatan laboratorium yang berstandar, dan untuk pengujian kuat tarik belah dilakukan di Universitas Sumatera Utara.

b) Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan maret 2021 hingga selesai.

Tabel 3.1: Tempat dan waktu penelitian.

No	Kegiatan	Tempat	Waktu
1	Persiapan Alat Dan Bahan	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Mei 2021
2	Proses Penimbangan Bahan-Bahan Sampel Yang Akan Diuji	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2021
3	Proses Pembuatan Sampel Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Juli 2021
4	Proses Perendaman Sampel Beton	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Agustus 2021
5	Proses Pengangkatan Benda Uji Setelah Direndam	Lab. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Oktober 2021

3.3. Metode 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 yang berhubungan dengan teknik beton (literatur), konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing dan Asisten Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.5. Persiapan Bahan dan Alat

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) Pasir Silika

Pasir silika, Pasir Silika yang digunakan ialah pasir kuarsa yang biasa digunakan untuk pembuatan kaca dan hias aquarium



Gambar 3.6: Pasir silika.

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.1/2", 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) Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan dan benda uji.



Gambar 3.10: Timbangan digital.

d) Oven

Oven berfungsi untuk mengeringkan agregat kasar dan halus.



Gambar 3.11: Oven.

e) Mesin Aduk Beton (Molen)

Molen berfungsi untuk membuat campuran atau adonan beton



Gambar 3.12: Mesin aduk beton.

f) Kerucut Abrams

Kerucut abrams berfungsi untuk menguji slump



Gambar 3.13: Kerucut abrams.

g) Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk berfungsi untuk memadatkan benda uji



Gambar 3.14: Tongkat penumbuk.

h) Penggaris

Penggaris berfungsi untuk mengukur tinggi slump



Gambar 3.15: Penggaris.

i) Cetakan Silinder

Cetakan silinder berfungsi untuk mencetak benda uji



Gambar 3.16: Cetakan silinder.

j) Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur takaran air.



Gambar 3.17: Gelas ukur.

k) Plastik

Plastik berfungsi untuk wadah agregat



Gambar 3.18: Plastik.

l) Sekop Tangan

Sekop tangan berfungsi untuk mengaduk dan memasukkan agregat kedalam cetakan.



Gambar 3.19: Sekop tangan.

m) Sendok Semen

Sendok semen berfungsi untuk meratakan campuran beton.



Gambar 3.20: Sendok semen.

n) Ember

Ember berfungsi untuk wadah air



Gambar 3.21: Ember.

o) Pan

Pan berfungsi untuk wadah campuran pembuatan beton



Gambar 3.22: Pan.

p) Mesin *Los Angeles*

Mesin *los angeles* berfungsi untuk menghaluskan kaca



Gambar 3.23: Mesin *Los Aangeles*.

q) Mesin Kuat Tekan Beton

Mesin ini berfungsi untuk menguji kuat tekan beton



Gambar 3.24: Mesin kuat tekan beton.

3.6. 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.

3.7. Pelaksanaan Penelitian

3.7.1. Trial Mix

Menentukan persentase atau komposisi masing-masing komponen material pembentuk beton untuk memperoleh suatu campuran beton yang ekonomis, memenuhi kekuatan dan keawetan yang direncanakan, serta memiliki kelecakan yang sesuai sehingga mempermudah proses pengerjaan.

3.7.2. Pemeriksaan Agregat

Di dalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan di Laboratorium mengikuti panduan dari ASTM tentang pemeriksaan agregat.

3.7.2.1. Pemeriksaan Agregat halus

3.7.2.1.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Prosedur pengujian

- a. Pertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- c. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- d. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- e. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).

- g. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (B_a). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C

Perhitungan :

- a. Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*) = $\frac{B_k}{B_{ssd}-B_a}$
- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) = $\frac{B_{ssd}}{B_{ssd}-B_a}$
- c. Berat Jenis Semu (*Apparent Surface Dry*) = $\frac{B_k}{B_k-B_a}$
- d. Penyerapan Air (*Absorption*) = $\frac{B_{ssd}-B_k}{B_k} \times 100\%$

Keterangan :

- B_k = Berat benda uji kering oven (gr)
 B_{ssd} = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)
 B_a = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

3.7.2.1.2. Analisa Gradasi Agregat Halus

Prosedur pengujian

- Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C, sampai berat tetap.
- Timbang benda uji sesuai dengan berat yang disyaratkan. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
- Kemudian berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang.

Perhitungan :

Hitung Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total benda uji

$$FM = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150\mu\text{m}(0,15 \text{ mm})}{100}$$

3.7.2.1.3. Kadar Lumpur Agregat Halus

Prosedur pengujian

- a. Benda uji dimasukkan dengan berat 1000 gram Kemudian ditimbang (W1).
- b. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- c. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
- d. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
- e. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
- f. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
- g. Kemudian dihitung berat bahan kering ($W4 = W3 - W2$).

Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat Agregat

W4 = Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16

3.7.2.1.4. Berat Isi Agregat Halus

Prosedur pengujian

- 1) Berat Isi Lepas :
 - a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
 - b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.

- c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
 - d. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W_2).
 - e. Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- 2) Berat Isi Padat :
- a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W_1).
 - b. Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal $1/3$ dari tinggi silinder.
 - c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
 - d. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W_4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W_5 = W_4 - W_1$).

Perhitungan :

a. Berat Isi Agregat Lepas) = $\frac{W_3}{V}$

b. Berat Isi Agregat Padat = $\frac{W_5}{V}$

c. Voids = $\frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$

Keterangan :

W_3 = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (Kg)

W_5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)

V = Volume Tabung Silinder

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Agregat)

Mp = Berat Isi Agregat (Kg/lt)

W = Density (Kerapatan) air = 998 Kg/lt = 0,998 gr/lt

3.7.2.1.5. Kadar Air Agregat Halus

Prosedur pengujian

- a. Timbang berat talam kosong dan catat (W1).
- b. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
- c. Lalu dihitung berat benda ujinya ($W3 = W2 - W1$).
- d. Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
- e. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4).
- f. Lalu dihitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$)

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

3.7.2.2. Pemeriksaan Agregat Kasar

3.7.2.2.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- a. Benda uji pertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan- bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keringkaalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- c. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
- d. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- e. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).

- g. Benda uji diletakkan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C

Perhitungan :

- a. Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*) = $\frac{Bk}{Bssd-Ba}$
- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*SSD*) = $\frac{Bssd}{Bssd-Ba}$
- c. Berat Jenis Semu (*Apparent Surface Dry*) = $\frac{Bk}{Bk-Ba}$
- d. Penyerapan Air (*Absorption*) = $\frac{Bssd-Bk}{Bk} \times 100\%$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

Bssd = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

3.7.2.2.2. Analisa Gradasi Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- a. Benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C, sampai berat tetap.
- b. Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang di tentukan.
- c. Selanjutnya susun saringan dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakkan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian saringannya ditutup dengan penutup saringan.
- d. Selanjutnya susunan saringan diletakkan dalam mesin penggetar saringan (*sieve shaker*). Lalu mesin penggetar saringan dijalankan selama ± 15 menit
- e. Kemudian menimbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan.

Perhitungan :

Hitung Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total benda uji.

$$FM = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150\mu\text{m}(0,15 \text{ mm})}{100}$$

3.7.2.2.3. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- a. Benda uji dimasukkan dengan berat 1000 gram Kemudian ditimbang (W1).
- b. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- c. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
- d. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
- e. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
- f. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
- g. Kemudian dihitung berat bahan kering (W4 = W3 – W2).

Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat Agregat

W4 = Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16

3.7.2.2.4. Berat Isi Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- 1) Berat Isi Lepas :
 - a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).

- b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
- c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2). Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

2) Berat Isi Padat :

- a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).
- b. Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
- c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- d. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W_5 = W_4 - W_1$).

Perhitungan :

a. Berat Isi Agregat Lepas) = $\frac{W_3}{V}$

b. Berat Isi Agregat Padat = $\frac{W_5}{V}$

c. Voids = $\frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$

Keterangan :

W_3 = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (Kg)

W_5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (Kg)

V = Volume Tabung Silinder

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis Agregat)

M = Berat Isi Agregat (Kg/lt)

W = Density (Kerapatan) air = 998 Kg/lt = 0,998 gr/l

3.7.2.2.5. Kadar Air Agregat Kasar

Prosedur pengujian

- Timbang berat talam kosong dan catat (W1). Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya (W2).
- Lalu dihitung berat benda ujinya ($W3 = W2 - W1$). Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
- Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam (W4).
- Lalu dihitung berat benda uji kering ($W5 = W4 - W1$)

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

3.8. Perencanaan Pembuatan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian digunakan perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Tingkat derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat saat pengujian slump. Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

- Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan f_c' pada umur tertentu.
- Menghitung deviasi standar.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.1)$$

Dengan :

s adalah deviasi standar

x_i adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.2)$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji) dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

- 1) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- 2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- 3) Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- 4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	$f'_c + 12 \text{ Mpa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Menghitung nilai tambah.

$$M = 1,64 \times S_r \quad (3.3)$$

Dengan

M adalah nilai tambah

1,64 adalah ketetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalanhasil uji sebesar maksimum 5%

Sradalah deviasi standar rencana

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}).

$$f_{cr} = f'c + M$$

$$f_{cr} = f'c + 1,64 Sr \quad (3.4)$$

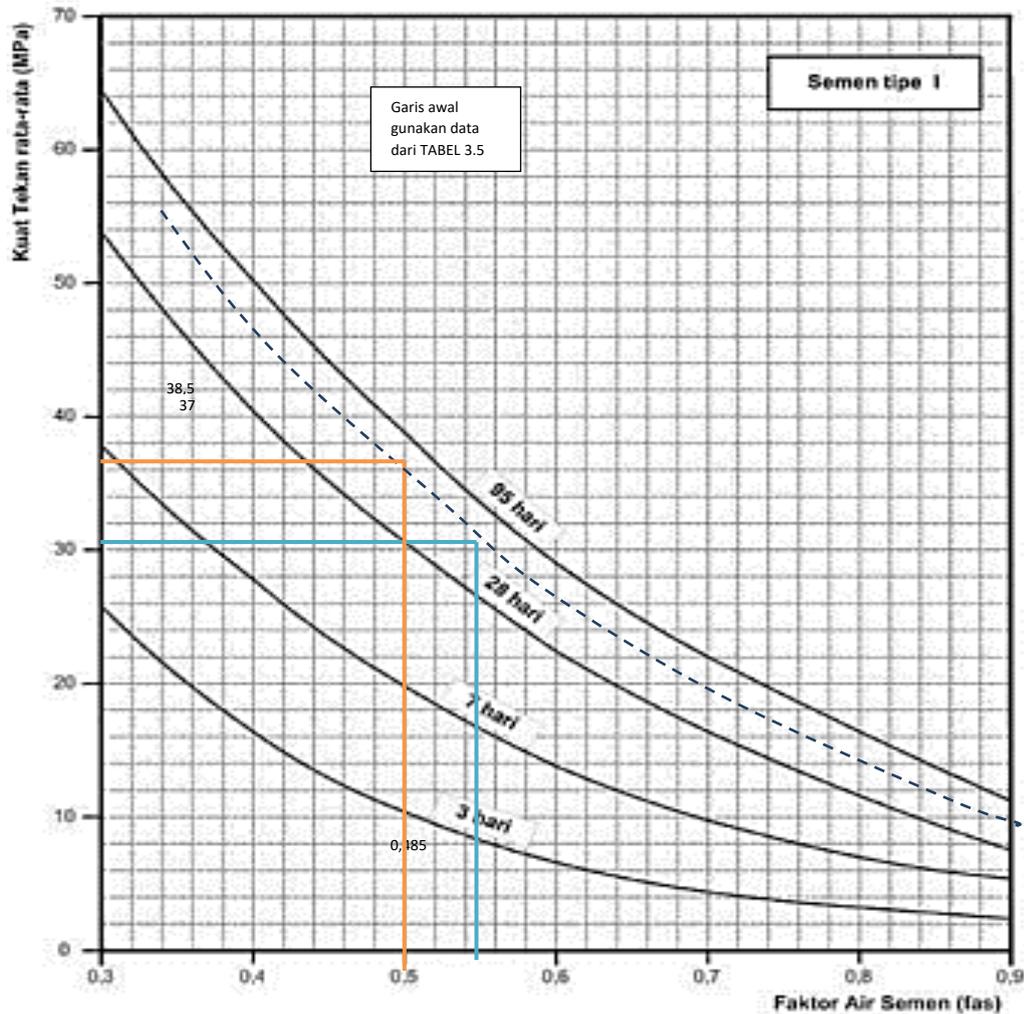
5. Menetapkan jenis semen.
6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
7. Menentukan faktor air semen

Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 3.1. Bila dipergunakan gambar 3.26 ikuti langkah-langkah berikut :

- 1) Mentukan nilai kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.2, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Melihat gambar 3.26 untuk benda uji berbentuk silinder;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- 4) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 3 secara proporsional;
- 5) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- 6) Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan;

Tabel 3.3: Perkiraan Kekuatan Tekan (Mpa) Beton Dengan Faktor Air Semen Dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)					Bentuk
		Pada Umur (hari)				Bentuk uji	
		3	7	28	29		
Semen <i>portland</i> Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	silinder	
	Batu pecah	19	27	37	45		
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	kubus	
	Batu pecah	25	32	45	54		
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	silinder	
	Batu pecah	25	33	44	48		
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	kubus	
	Batu pecah	30	40	53	60		



Gambar 3.26: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.
9. Menentukan *slump*.
Slump ditetapkan sesuai dengan kondisipelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.
10. Menentukan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan.
Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:
 - 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
 - 2) Sepertiga dari tebal pelat.

- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Menentukan nilai kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 3.3.
- 2) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \tag{3.5}$$

Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3.6.

Tabel 3.4: Perkiraan Kadar Air Bebas (kg/m^3) Yang Dibutuhkan Untuk Beberapa Tingkat Kemudahan Pengerjaan Adukan Beton

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak di pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak di pecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak di pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m^2 adukan beton.

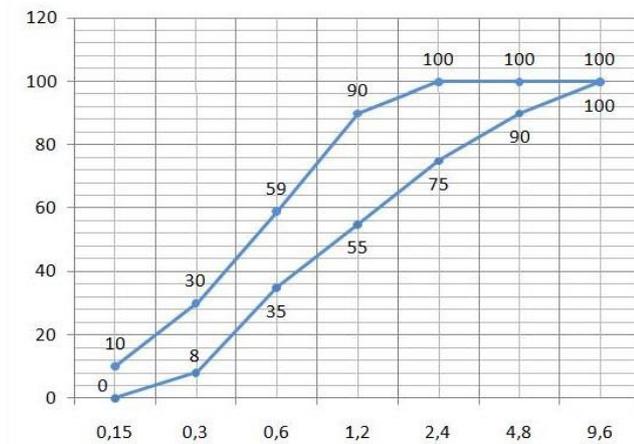
12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

14. Menentukan jumlah semen seminimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.4, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.5: Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus

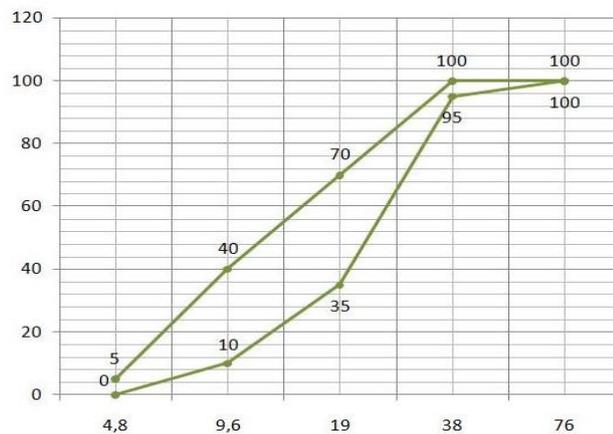
Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan;		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat Tabel
Beton yang kontinyu berhubungan:		Lihat Tabel
a. Air tawar		
b. Air laut		

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 3.27. (ukuran mata ayakan (mm))



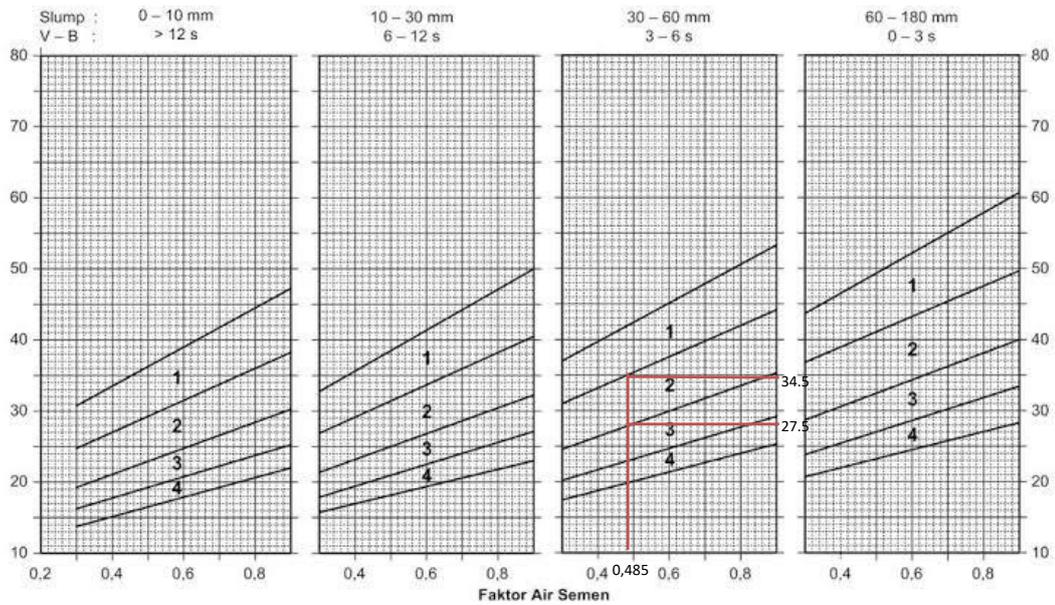
Gambar 3.27: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2

17. Menentukan susunan agregat kasar



Gambar 3.28: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm

18. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik.



Gambar 3.29: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm.

19. Menghitung berat jenis relative agregat.

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

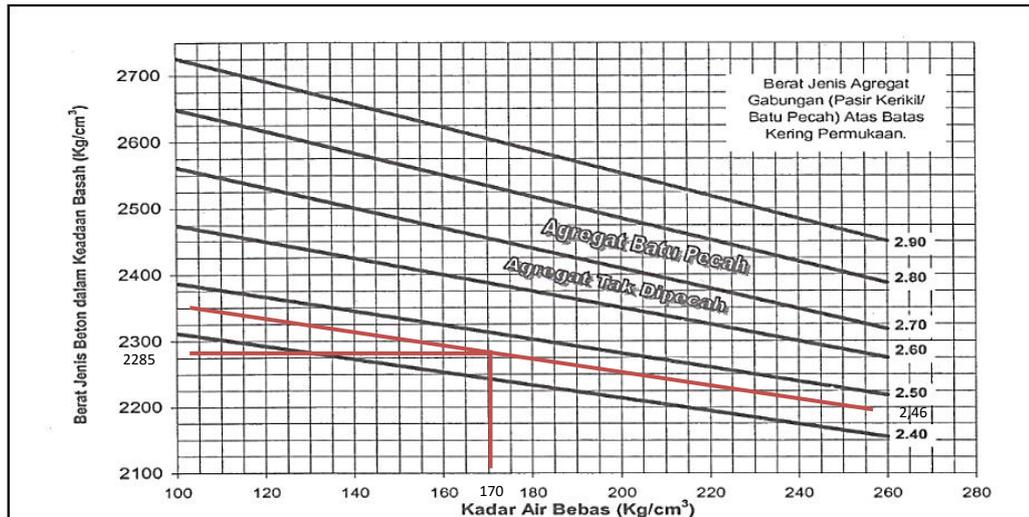
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:

- agregat tak dipecah : 2,5
- agregat dipecah : 2,6 atau 2,7

2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

berat jenis agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar

20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.30 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.3 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.30: Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Isi Beton

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1m³ beton;
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$a. \text{ Air} = B - (C_k - C_a)x \frac{C}{100} - (D_k - D_a)x \frac{D}{100} \quad (3.6)$$

$$b. \text{ Agregat halus} = C - (C_k - C_a)x \frac{C}{100} \quad (3.7)$$

$$c. \text{ Agregat kasar} = D + (D_k - D_a)x \frac{D}{100} \quad (3.8)$$

Dengan:

B = jumlah air (kg/m^3).

C = agregat halus (kg/m^3).

D = agregat kasar (kg/m^3).

Ca = absorpsi air pada agregat halus (%).

Da = absorpsi agregat kasar (%).

Ck = kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.9. Pembuatan Benda Uji

3.9.1. 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. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.9.2. Beton Campuran Pasir Silika 5%

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, dengan porsi yang sudah dihitung. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata.
4. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan pasir silika yang sudah porsinya kedalam molen.
5. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
6. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
7. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
8. Diamkan selama 24 jam.
9. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder yang berjumlah 18 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.9.3. Beton Campuran Pasir Silika 5% + Epoxy Resin 0,8%

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, dengan porsi yang sudah dihitung. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata.
4. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan pasir silika yang sudah dihitung porsinya kedalam molen

5. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit, beserta dengan zat kimia yang digunakan.
6. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
7. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
8. Diamkan selama 24 jam.
9. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder yang berjumlah 18 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.10. Pengujian *Slump*

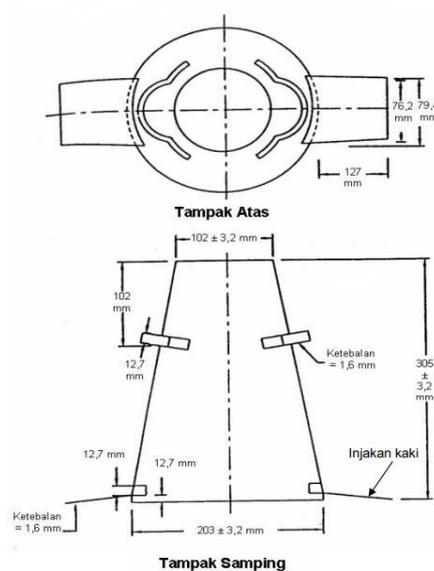
Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 1972:2008).

Langkah-langkah pengujian *Slump* Test :

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 pematat. 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 ± 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.

4. 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 3.31: Cetakan untuk uji *slump* (kerucut Abram).

3.11. Perawatan Beton

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan 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 ± 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.

3.12. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin gar 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 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 1974-2011.

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

Kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dinyatakan dalam MPa atau N/mm^2

P adalah gaya tekan aksial (N).

A adalah luas penampang melintang benda uji (mm^2).

BAB 4

ANALISA DATA 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.

4.3.1. 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 tentangan alias 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	
	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (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 :

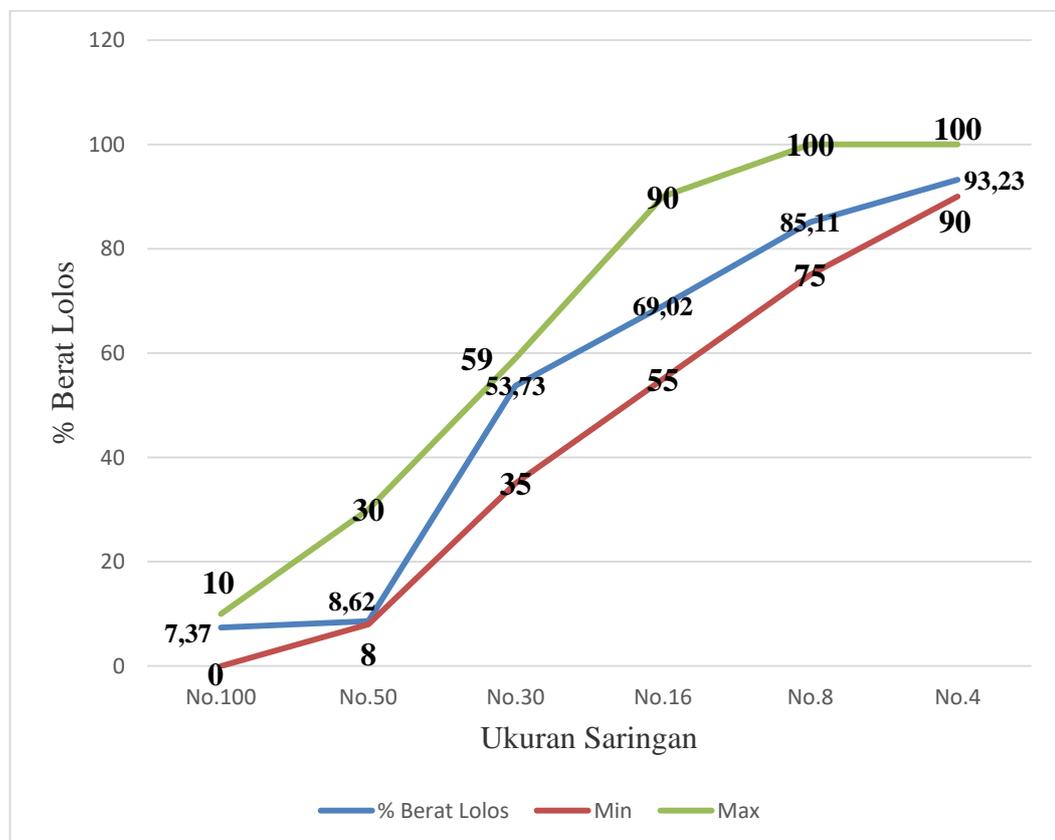
$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{282,92}{100} \\
 &= 2,83
 \end{aligned}$$

Menurut Tjokrodimuljo (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. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat halus. 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: Gambar Analisa Agregat Halus.

4.3.2. 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.

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	2	Rata-Rata
	(gr)	(gr)	(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</i> (Berat Piknometer penuh air)(D)	692	681	686.5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air)(C)	994	989	991.5
<i>Bulk Sp. Gravity - Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2.44	2.56	2.50
<i>Bulk Sp. Gravity - SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2.53	2.60	2.56
<i>Apparent Sp. Gravity - Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2.67	2.68	2.68
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$	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/cm³ 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.

4.3.3. 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.

Tabel 4.4: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Agregat Halus	1 (gr)	2 (gr)
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah)	950	951
Wt of SSD sample (berat contoh SSD)	500	500
Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering Oven & berat wadah)	936	938
Wt of Mold (berat wadah)	450	451
Wt of Water (berat air)	14	13
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering)	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%.

4.3.4. 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.

Tabel 4.5: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian	Sampel1 (gr)	Sampel2 (gr)	Sampel3 (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/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5 - 1,8 sehingga berat volume pada agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

4.3.5. 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 dicuci	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.

4.4.1. 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(3/4in)	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
4.2.3 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 :

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

Menurut (Tjokrodimuljo 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 4.8 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 menja di lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan

4.4.2. 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.

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) di dalam 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

Tabel 4.9 Lanjutan:

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1	2	Rata-rata
<i>Passing No.4</i> (Lolos ayakan no. 4)	(gr)	(gr)	(gr)
<i>Apparent Sp.Gravity – Dry</i> (Berat yxjenis 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)kering oven (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/cm³ 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/cm³ (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4 - 2,7 gram/cm³.

4.4.3. 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 berikut ini.

Tabel 4.10: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Agregat Kasar	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of SSD Sample & 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 & Mold</i> (Berat contoh kering oven & berat wadah)	1482	1486

Tabel 4.10 Lanjutan:

<i>Agregat Kasar</i>	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of Mold (berat wadah)</i>	492	495
<i>Wt of Water (berat air)</i>	10	9
<i>Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering)</i>	990	991
<i>Kadar Air</i>	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%.

4.4.4. 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 berikut ini.

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
Berat 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 $1,77 \text{ gr/cm}^3$. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar $1,5 - 1,8 \text{ gr/cm}^3$ sehingga berat volume pada agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

4.4.5. 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.50,8mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Ratarata (gr)
Berat Contoh Kering	2500	2500	2500
Berat Contoh Kering Setelah Dicuci	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*)

Mix design beton merupakan proses penentuan bahan yang digunakan dalam pembuatan beton dengan ukuran disetiap perbandingan bahan yang akan dicampur. Mix design beton mempunyai aturan yang sudah ditetapkan pada Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000. Definisi dari mix design sendiri merupakan proses pemilihan bahan beton yang tepat dengan memutuskan kuantitas ketergantungan dari bahan yang telah dipilih dengan pertimbangan syarat mutu.

Metode dalam perencanaan mix design yang sesuai dengan kebutuhan diharapkan bisa memberikan hasil campuran beton yang sudah memenuhi syarat kualitas dan nilai ekonomi tinggi. Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam metode perencanaan dan perancangan campuran beton diantaranya seperti pada Tabel 4.13

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	4,2 MPa
3	Nilai tambah (margin)		6,9 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	31,9 MPa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat :	Ditetapkan	Batu pecah Binjai
	- kasar	Ditetapkan	Pasir alami Binjai
	- halus		
7	Faktor air-semen bebas		0,55
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 ³
12	Jumlah semen	11:7	327,3 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	486,5 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,55
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	32,5%

Table 4.13 *Lanjutan:*

19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan		2.57	
20	Berat isi beton	Grafik 16		2390 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1882,7 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		611,81 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1270,68 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	327,3	180	611,81	1270,68
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,55	1,82	3,8
24	- Tiap campuran uji 0,005304 m ³ (1 Silinder)	1,73	0,95	3,24	6,74
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	327,3	177,69	620,51	1268,80
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,54	1,9	3,8
	- Tiap campuran uji 0,005304 m ³ (1 silinder)	2,58	0,942	3,29	6,72

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk setiap m³ adalah:

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

Material	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
Berat (kg)	2,58	3.29	6,72	0,942
Perbandingan	1	1,9	3,58	0,54

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 = 4,2 MPa
3. Nilai Tambah (margin)

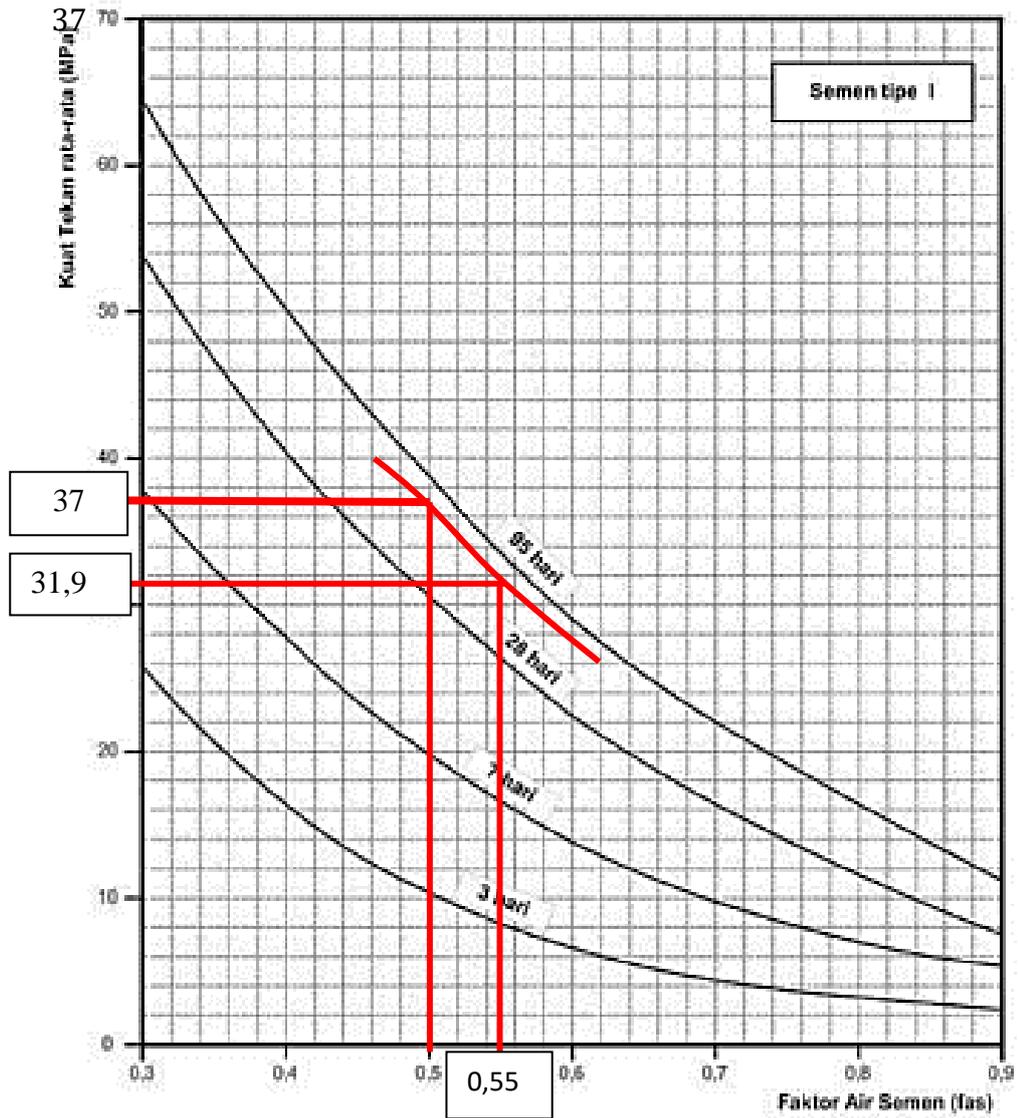
$$M = 1,64 \times S$$

$$= 1,64 \times 4,2$$

$$= 6,9 \text{ MPa}$$
4. Kuat tekan rata-rata perlu f'_{cr}
 - a. Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan
 - b. $F'_{cr} = f'_c + \text{nilai tambah}$
 - c. $F'_{cr} = 25 + 6,9 = 31,9 \text{ MPa}$
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 bebas = 0,37 diambil dari titik kekuatan tekan 31,9 MPa tarik garis datar menuju zona 7 hari dan 28 hari, lalu tarik garis kebawah yang menunjukkan faktor air semen.

Tabel 4.15: Perkiraan Kekuatan Tekan (Mpa) Beton Dengan Faktor Air Semen Dan Agregat Kasar Yang Biasa Dipakai Di Indonesia.

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				
		Pada Umur (hari)				Bentuk
		3	7	28	29	Bentuk uji
Semen <i>portland</i> Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen <i>Portland</i> Tipe III	Batu tak dipecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 4.3: Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150 Mm, Tinggi 300 Mm).

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.

$$= 180/0,55 = 327,3 \text{ kg/m}^3$$

13. Jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 1

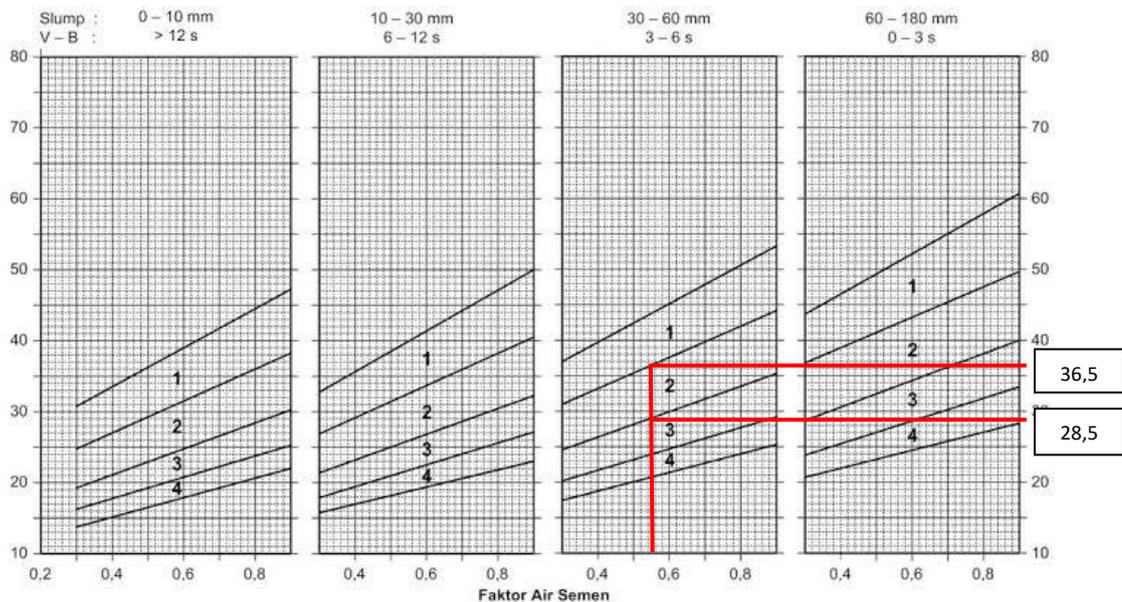
14. Jumlah semen minimum ditetapkan dari table 3.6 = 275 kg/m^3

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.

$$\bullet = \frac{36,5 + 28,5}{2} = 32,5 \%$$



Gambar 4.4: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 Mm

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

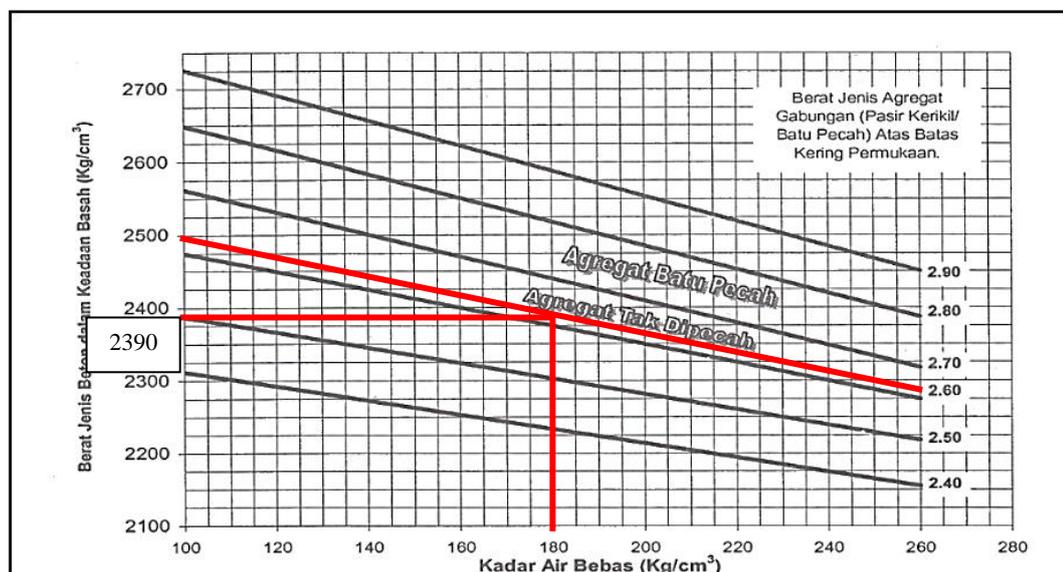
$$= (\% \text{ agregat halus} \times B_j \text{ Agregat halus}) + (\% \text{ agregat kasar} \times B_j \text{ agregat kasar})$$

$$= (32,5 \% \times 2,57) + ((100 \% - 32,5) \times 2,72)$$

$$= 2,67$$

20. Berat isi beton Gambar 4.5.

- Berat isi beton = 2425



Gambar 4.5: Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Isi Beton

21. Kadar agregat gabungan

- Berat isi beton – (jumlah semen + kadar air)
 $= 2390 - (327,3 + 180)$
 $= 1882,5$

22. Kadar agregat halus

$$\% \text{ agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan}$$

- $= 32,5 \% \times 1882,5 = 611,81$

23. Kadar agregat kasar

% agregat kasar × kadar agregat gabungan

$$\begin{aligned} &= 67,6\% \times 1882,5 \\ &= 1270,68 \end{aligned}$$

24. Proporsi campuran dengan basis agregat SSD

Semen	327,3 kg	1
Air	180 Liter	0,55
Agregat kasar	1270,68 kg	3,88
Agregat halus	611,81 kg	1,87

25. Koreksi Proporsi Campuran Beton

Jumlah semen	327,3 kg
Jumlah kebutuhan air (B)	180 Liter
Jumlah kebutuhan agregat halus (C)	611,81 kg/m ³
Jumlah kebutuhan agregat kasar (D)	1270,68 kg/m ³
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 yang terlaksana di lapangan.

$$\begin{aligned} \text{a. Air} &= B - \left(\frac{Ck - Ca}{100} \times C \right) - \left(\frac{Dk - Da}{100} \times D \right) \\ &= 180 - \left(\frac{2,415 - 1,730}{100} \times 611,81 \right) - \left(\frac{0,604 - 0,752}{100} \times 1270,68 \right) \\ &= 177,69 \end{aligned}$$

$$\text{b. Agregat halus} = C + \left(\frac{Ck - Ca}{100} \right) \times C$$

$$= 611,81 + \left(\frac{2,415 - 1,730}{100}\right) \times 1270,68$$

$$= 620,51$$

c. Agregat kasar = $D + \left(\frac{Dk - Da}{100}\right) \times D$

$$= 1270,68 + \left(\frac{0,604 - 0,752}{100}\right) \times 1270,68$$

$$= 1268,80$$

27. Proposi campuran beton setelah di koreksi

- Umur beton 7 hari

Semen	327,3 kg	1
Air	177,69 Liter	0,54
Agregat kasar	1268,80 kg	3,8
Agregat halus	620,51 kg	1,9

28. Perhitungan komposisi campuran beton dalam 1 benda uji

- Benda uji silinder

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

- a. Semen

$$= \text{Jumlah semen} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 327,3 \times 0,0053$$

$$= 1,73 \text{ kg}$$

- b. Agregat halus

$$= 620,51 \times 0,0053$$

$$= 3,28 \text{ kg}$$

- c. Agregat kasar

$$= 1268,80 \times 0,0053$$

$$= 6,72 \text{ kg}$$

- d. Air

$$= 177,69 \times 0,0053 = 0,941 \text{ liter}$$

29. Faktor Kehilangan

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

a. Semen

$$1,73 + 10 \% = 1,9 \text{ kg}$$

b. Agregat halus

$$3,28 + 10 \% = 3,6 \text{ kg}$$

c. Agregat kasar

$$6,72 + 10 \% = 7,4 \text{ kg}$$

d. Air

$$0,941 + 10 \% = 1 \text{ liter}$$

30. Perhitungan bahan tambah pasir silica 5%

Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah pasir silika putih sebagai substitusi parsial agregat halus yaitu sebanyak (5%) untuk umur beton 7 hari dan 28 hari. Jumlah porsi bahan tambah dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Variasi (%)	Berat agregat halus (gr)	Jumlah bahan tambah (gr)	Berat agregat halus (gr)
5	3600	180	3420

31. Perhitungan Epoxy resin

Pada penelitian ini bahan tambah kimia yang digunakan adalah *Epoxy Resin* sebanyak 0,8% dari berat semen. Sehingga didapat hasil sebagai berikut :

Jumlah semen (gr)	Umur beton (hari)	Variasi (%)	Jumlah <i>Epoxy Resin</i> (gr)
1900	7	0,8	15,2
1900	8	0,8	15,2

32. Analisa saringan

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

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	0,327
3/4"	27,911	2,065
3/8"	37,732	2,792
No 4"	29,928	2.214
Total		7,398

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	0,037
No 8	8,682	0,312
No 16	18,909	0,680
No 30	26,955	0,970
No 50	28,591	1,029
No 100	14,091	0,507
PAN	1,727	0,062
Total		3,597

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 ± 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*.

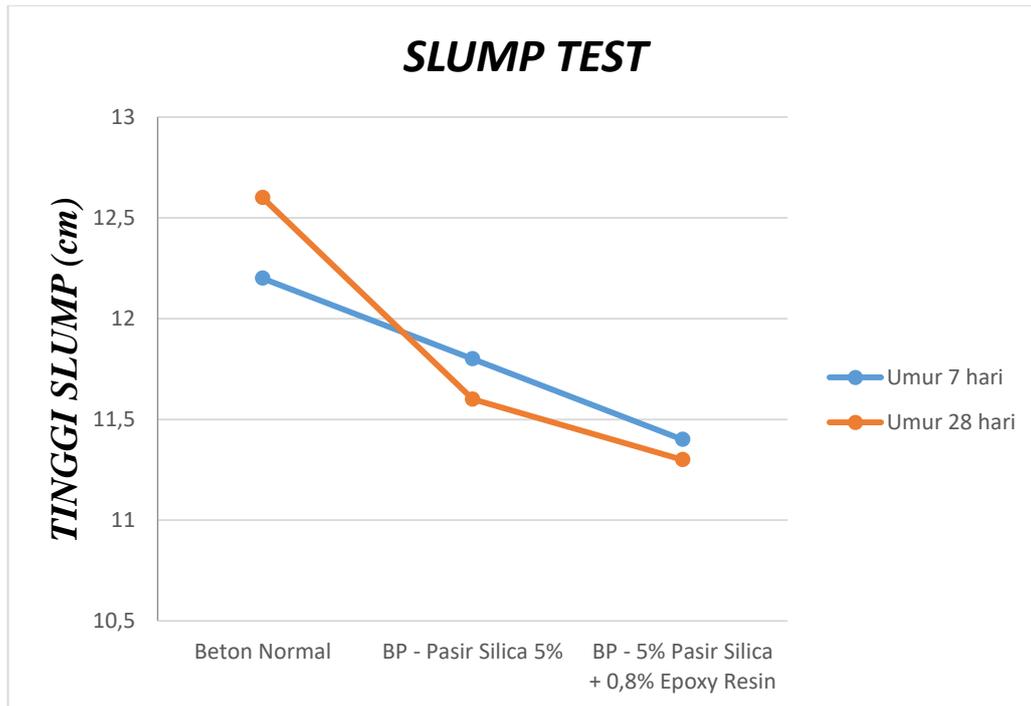
Tabel 4.16: Hasil *Slump Test* beton umur 7 hari

Variasi Beton	Tinggi <i>Slump</i>			Rata-rata (cm)
	1	2	3	
Beton Normal	12,6	11,9	12,2	12,2
BP - 5% Pasir Silika	11,4	12,3	11,8	11,8
BP – 5% Pasir silika + 0,8% <i>Epoxy Resin</i>	11	11,9	11,4	11,4

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

Variasi Beton	Tinggi <i>Slump</i>			Rata-rata (cm)
	1	2	3	
Beton Normal	12,7	12,2	12,8	12,6
BP –5% Pasir Silika	11,7	11,8	11,3	11,6
BP – 5% Pasir Silika + 0,8% <i>Epoxy Resin</i>	11	11,6	11,2	11,3

Dari hasil perhitungan dan penelitian yang sudah dilaksanakan, didapat hasil nilai *slump* beton dengan substitusi pasir *silica* 5% dan pasir *silica* 5% + *Epoxy resin* 0.8% mendapatkan hasil lebih besar dari nilai *slump* beton normal, yaitu 12,2 cm, 11,8 cm, dan 11,4 cm untuk umur beton yang 7 hari, sedangkan untuk *slump* beton normal yang berumur 28 hari didapatkan 12,6 cm, 11,6 cm, dan 11,3 cm. dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6: Grafik Perbandingan Hasil *Slump Test*.

Pada pengujian *slump* terjadi kenaikan yang konstan terhadap nilai *slump* seperti yang terlihat pada gambar di atas, nilai *slump* terendah terendah dapat pada beton normal yaitu, 12,2 cm dan 12,6 cm, terjadi kenaikan nilai *slump* sebesar 0,4cm dan 1cm pada beton yang diganti pasir *silica* 5% dan terjadi lagi kenaikan nilai *slump* pada beton yang pasir diganti sebagian pasir *silica* 5% + *epoxy resin* 0,8% sebesar 0,4 cm dan 0,3 cm. Hal ini disebabkan oleh pengaruh penggantian pasir biasa dengan pasir *silica* sebesar 5%, karena pasir *silica* lebih kuat untuk mengikat campuran beton lainnya, karena dalam kandungan pasir *silica* terdapat nilai sebuah kandungan yang lebih tinggi dari pasir biasa dalam fungsi mengikat komposisi campuran beton, dan kenaikan terjadi lagi pada nilai *slump* pada beton *experiment* yang ketiga karena dalam beton *experiment* yang ketiga terdapat lagi campuran zat kimia yang berfungsi untuk mengikat beton untuk lebih kuat lagi.

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.

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

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

P = adalah gaya tekan aksial (N).

A = adalah luas penampang benda uji (mm²).

Diketahui luas penampang benda uji silinder adalah

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

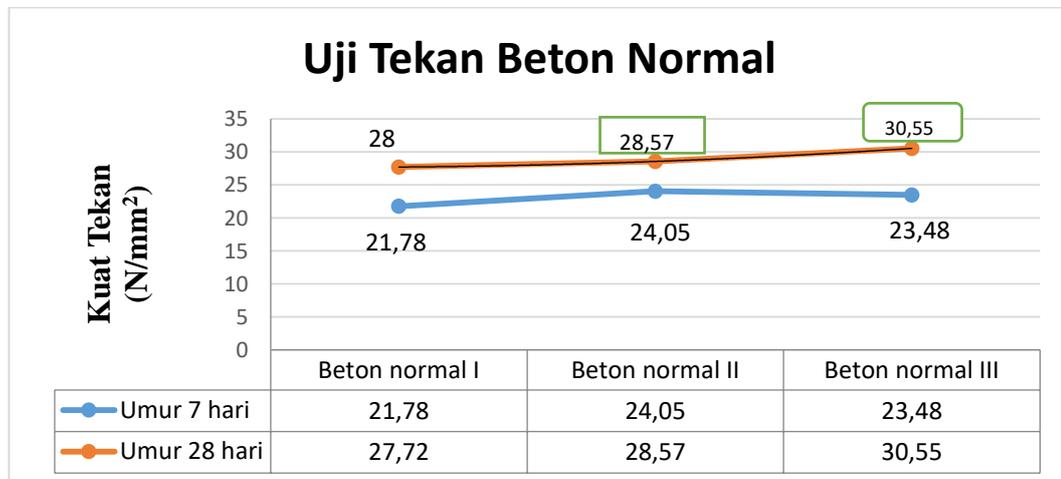
4.7.1. Pengujian Kuat Beton Normal

Tabel 4.18: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

No.	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Gaya Tekan (ton)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
1	30-8-2021	7-9-2021	7	38,5	17671,5	21,78	23,10
2	30-8-2021	7-9-2021	7	42,5	17671,5	24,05	
3	30-8-2021	7-9-2021	7	41,5	17671,5	23,48	
4	30-8-2021	28-9-2021	28	49	17671,5	27,72	28,94
5	30-8-2021	28-9-2021	28	50,5	17671,5	28,57	
6	30-8-2021	28-9-2021	28	54	17671,5	30,55	

Setelah melakukan pengujian kuat tekan beton normal, maka didapat hasil beton normal tanpa penambahan pasir *silica* dan *epoxy resin* mengalami kenaikan dari umur beton yang 7 hari sampai dengan umur 28 hari, kuat tekan rata-rata beton normal umur 7 hari yaitu sebesar 23,10 MPa sedangkan beton normal umur 28 hari sebesar 28,94 MPa. Kuat tekan yang paling maksimum terjadi pada beton

normal dengan perendaman selama 28 hari. Dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini :



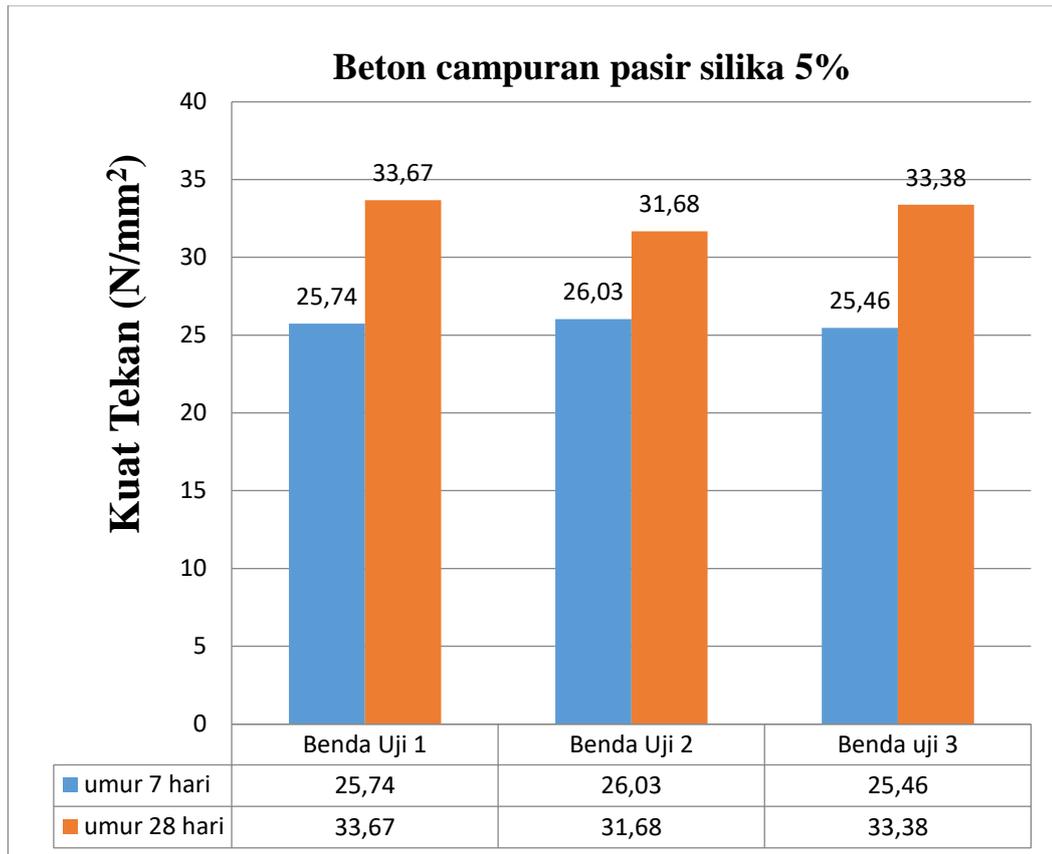
Gambar 4.7: Grafik Kuat Tekan Beton Normal

Dalam penentuan kuat tekan beton, berdasarkan data yang di dapat pada gambar 4.7 sebelumnya, maka lama perendaman sangat berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

4.7.2. Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Pasir Silika 5%

Tabel 4.19: Hasil Pengujian Kuat Tekan Dengan Bahan Pengganti Pasir Silica 5%

No.	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Gaya Tekan (ton)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
1	31-8-2021	8-9-2021	7	45,5	17671,5	25,74	25,74
2	31-8-2021	8-9-2021	7	46	17671,5	26,03	
3	31-8-2021	8-9-2021	7	45	17671,5	25,46	
4	31-8-2021	29-9-2021	28	59,5	17671,5	33,67	32,91
5	31-8-2021	29-9-2021	28	56	17671,5	31,68	
6	31-8-2021	29-9-2021	28	59	17671,5	33,38	



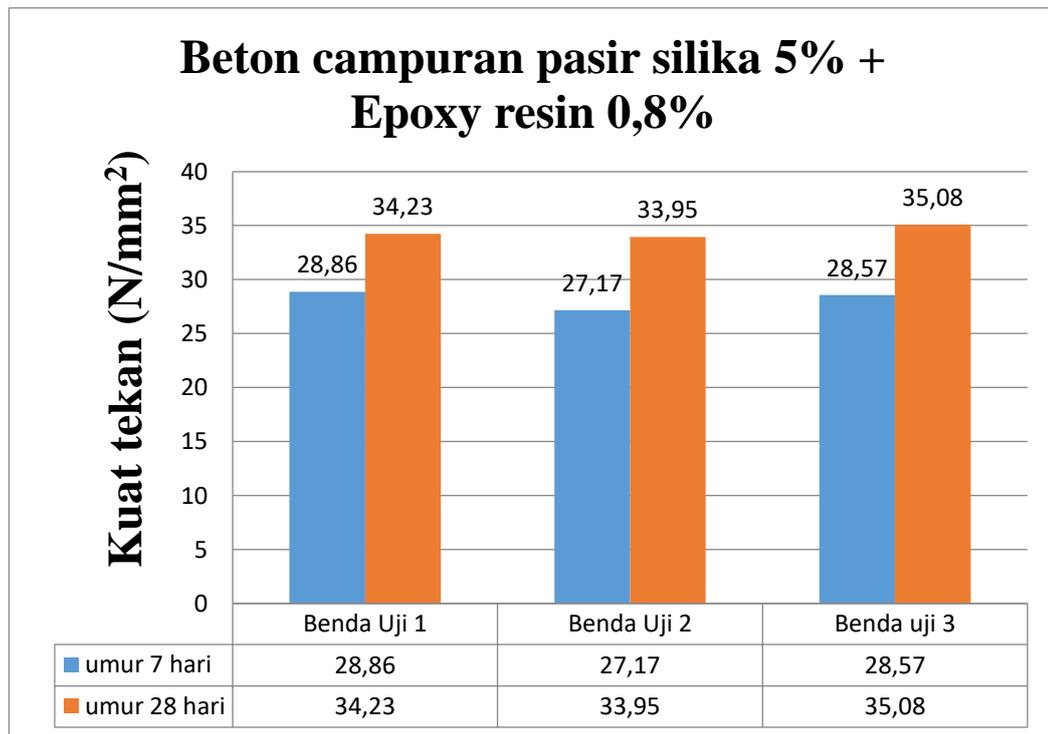
Gambar 4.8: Persentase hasil kuat tekan BP-5% Pasir Silika

Berdasarkan hasil pengujian di atas, pengaruh dari pengganti pasir silca 5% kedalam campuran beton memiliki kelebihan yaitu, beton mengalami peningkatan kuat tekan beton tersebut. Kuat tekan maximum pada beton yaitu sebesar 33,38 MPa pada variasi penggantian agregat halus sebagian dengan pasir silika 5% pada umur beton 28 hari, kuat tekan rata-rata beton mengalami kenaikan dibandingkan beton normal yaitu sebesar 3,97 MPa, sedangkan untuk umur beton yang 7 hari kuat tekan rata-rata yaitu sebesar 25,743 MPa. Dapat dilihat pada Tabel 4.20 di atas. Maka kenaikan kuat tekan rata-rata beton campuran pasir silika 5% mengalami peningkatan dari umur 7 hari sampai 28 hari sebesar 27,85%

4.7.3. Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Pasir Silika 5% + Epoxy resin 0,8%

Table 4.20: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Pengganti Pasir Silika 5% + Epoxy Resin 0,8%

No.	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur (hari)	Gaya Tekan (ton)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
1	1-9-2021	9-9-2021	7	51	17671,5	28,86	28,2
2	1-9-2021	9-9-2021	7	48	17671,5	27,17	
3	1-9-2021	9-9-2021	7	50,5	17671,5	28,57	
4	1-9-2021	30-9-2021	28	60,5	17671,5	34,23	34,42
5	1-9-2021	30-9-2021	28	60	17671,5	33,95	
6	1-9-2021	30-9-2021	28	62	17671,5	35,08	



Gambar 4.9: Persentase hasil Kuat tekan BP-5% Pasir Silika + 0,8% Epoxy Resin

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, beton dengan substitusi agregat halus dengan pasir *silica* dan *epoxy resin* mengalami peningkatan kuat tekan sampai dengan umur 28 hari. Pasir *silica* sebagai substitusi parsial agregat halus dapat mereduksi kuat tekan beton hingga mencapai 1.51 MPa pada variasi pasir *silica* 5% dan *epoxy resin* 0,8% dengan kuat tekan rata-rata 34,42 MPa untuk umur beton 28 hari. Sedangkan untuk umur beton 7 hari terjadi kenaikan sebesar 2,46 MPa dari kuat tekan beton dengan campuran pasir *silica* 5% umur 7 hari, dengan kuat tekan rata-rata beton dengan campuran pasir *silica* + *epoxy resin* sebesar 28,2 MPa pada umur 7 hari. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan Tabel 4.18.

Tidak ditemukan adanya pengaruh negatif dari *epoxy resin* terhadap karakteristik beton pada umur 7 dan 28 hari. Secara umum dapat disimpulkan bahwa pasir *silica* ini lumayan berpengaruh sebagai bahan zat adiktif beton dengan pasir silika.

4.7.4. Hasil Pengujian Keseluruhan Benda Uji

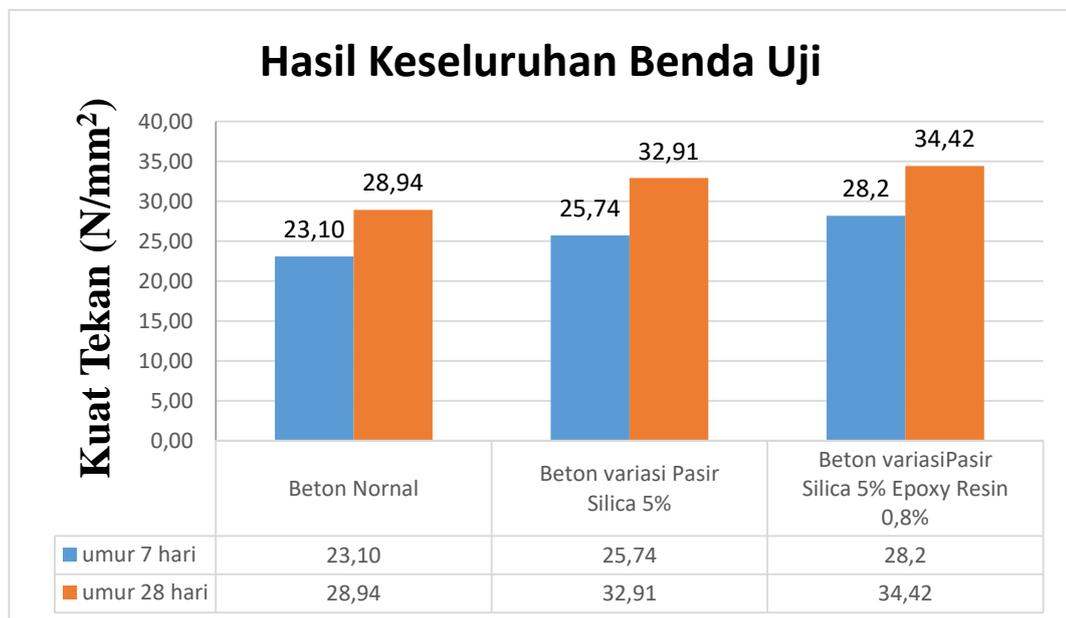
Setelah melakukan seluruh pengujian pada beton yang di teliti, maka didapatkan hasil dari keseluruhan kuat tekan , data dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.21: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal, Campuran Pasir Silica 5%, Dan Beton Campuran Pasir Silica 5% Dan 0,8% Epoxy Resin

Nama Benda Uji	No	Umur (hari)	Gaya Tekan (Ton)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
Beton Normal	1	7	38,5	21,78	23,10
	2	7	42,5	24,05	
	3	7	41,5	23,48	
	4	28	49	27,72	28,94
	5	28	50,5	28,57	
	6	28	54	30,55	
BP- 5% Pasir Silika	1	7	45,5	59,5	25,74
	2	7	46	56	
	3	7	45	59	

Tabel 4.20 Lanjutan:

Nama Benda Uji	No	Umur (hari)	Gaya Tekan (Ton)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
	4	28	59,5	33,67	32,91
	5	28	56	31,68	
	6	28	59	33,38	
BP- 5% Pasir	1	7	51	28,86	28,2
	2	7	48	27,17	
	3	7	50,5	28,57	
Silikan + 0,8% Epoxy Resin	4	28	60,5	34,23	34,42
	5	28	60	33,95	
	6	28	62	35,08	



Gambar 4.10: Hasil Pengujian Benda Uji

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata beton mengalami kenaikan pada setiap variasi, kuat tekan rata-rata maksimum pada

beton normal umur 28 hari yaitu sebesar 28,94 MPa dan kuat tekan minimum pada beton variasi bahan pengganti pasir silica 5% dengan bahan tambah *epoxy resin* sebanyak 0,8% yaitu sebesar 28,2 MPa pada umur 7 hari.

Kuat tekan rata-rata beton normal untuk umur 7 hari yaitu sebesar 23,10 MPa sedangkan untuk kuat tekan rata-rata beton dengan pasir *silica* 5% sebagai substitusi parsial agregat halus sebesar 25,74 MPa, maka peningkatan yang terjadi sebesar 11,42% dan terjadi lagi peningkatan kuat tekan beton pada beton yang agregat halus nya di ganti dengan pasir *silica* 5% dan *Epoxy resin* 0,8% yaitu sebesar 22,07% yang dimana nilai rata-rata beton tersebut sebesar 28,2 MPa

Untuk beton 28 hari kuat tekan rata-rata beton normal adalah sebesar 28,94 MPa, dan kuat tekan rata-rata beton dengan bahan pengganti pasir *silica* 5% adalah sebesar 32,91 MPa, maka peningkatan kuat tekan yang terjadi sebesar 13,92%. Dan terjadi lagi peningkatan pada beton dengan bahan ganti pasir *silica* 5% dan *epoxy resin* sebesar 18,93% yang dimana nilai rata-ratanya sebesar 34,42 MPa pada umur 28 hari.

Hasil uji beton yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa beton yang memiliki komposisi campuran dengan pasir *silica* dan *epoxy resin* memiliki rataan kekuatan yang lebih besar dibandingkn dengan beton yang tidak dicampurkan dengan pasir *silica* dan *epoxy resin*, namun komposisi ini juga memiliki bobot yang paling besar, akan tetapi secara umum bahwa beton dengan substitusi parsial pasir silica 5% ini lumayan efektif, mengingat dari melimpahnya sumber daya alam pasir silica itu sendiri di Indonesia.

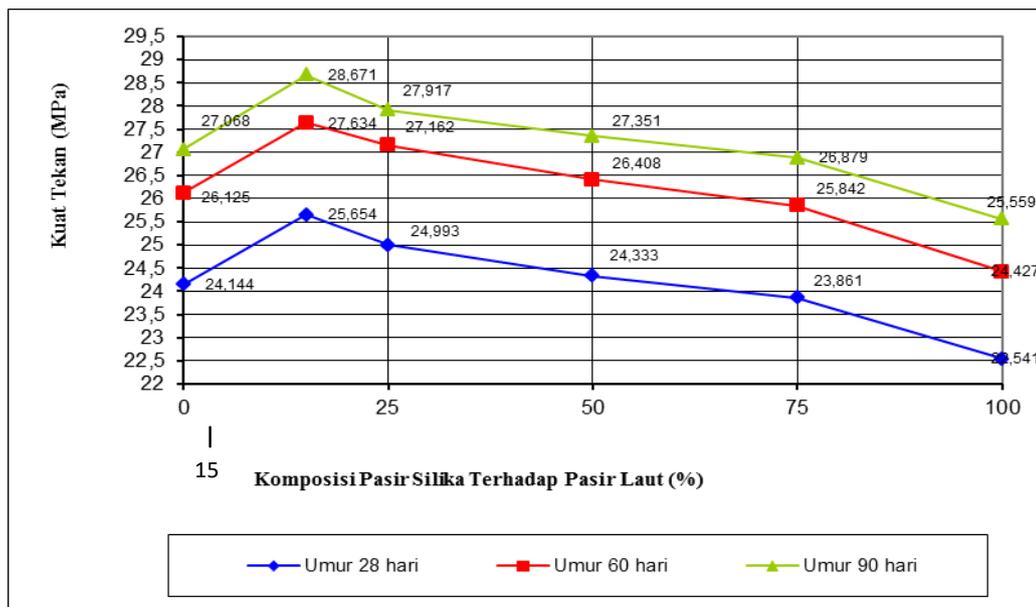
4.8. Perbandingan Kuat Tekan Dengan Penelitian Terdahulu

Sebelumnya penelitian tentang penggunaan pasir *silica* dalam campuran beton sudah pernah dilakukan oleh beberapa ahli. Oleh karena itu penulis mencoba untuk membuat perbandingan hasil penelitiannya dengan penelitian beberapa ahli sebelumnya. Berikut beberapa penelitian terdahulu tentang pasir silica terhadap campuran beton.

a) Penggunaan Pasir Silica dan Pasir Laut Sebagai Agregat Beton. (Joedono & Wahyudi, 2020)

Beton direncanakan diuji pada umur 28, 60, dan 90 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm, dan tinggi 30 cm. Untuk mengetahui kekuatan beton, dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

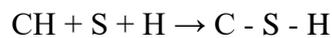
Dari hasil pengujian, diperoleh kuat tekan beton optimum sebesar 25,654 MPa pada benda uji dengan komposisi 15% pasir silika terhadap pasir laut, dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 10,573% dari beton normal, sedangkan kuat tekan beton terendah diperoleh benda uji dengan komposisi 100% pasir silika sebesar 22,541 MPa, lebih rendah dari kuat tekan beton normal sebesar 23,201 MPa, pada umur pengujian 28 hari. Sedangkan hasil pengujian kuat tarik belah optimum diperoleh benda uji dengan komposisi 15% pasir silika terhadap pasir laut sebesar 3,678 MPa, dapat meningkatkan kuat tarik belah beton sebesar 30,011% dari beton normal. Kuat tarik belah beton terendah diperoleh benda uji dengan komposisi 100% pasir silika sebesar 2,452 MPa, lebih rendah dari kuat tarik belah beton normal sebesar 2,829 MPa, pada umur pengujian 28 hari, hasilnya akan diilustrasikan pada gambar 4.11



Gambar 4.11: Hubungan presentase komposisi pasir *silica* – pasir laut terhadap kuat tekan beton

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat hubungan prosentase komposisi pasir silika - pasir laut terhadap kuat tekan beton. Kuat tekan optimum 25,654 MPa, diperoleh pada penggunaan komposisi 15% pasir silika terhadap pasir laut. Setelah itu kuat tekan beton menurun pada komposisi 25% pasir silika terhadap pasir laut, dan terus menurun pada komposisi 100% pasir silika.

Komposisi 15% pasir silika terhadap pasir laut memiliki kuat tekan optimum dibandingkan dengan komposisi yang lain. Hal ini disebabkan karena unsur silikat dan aluminat yang reaktif dalam pasir silika akan berreaksi dengan kapur bebas yang merupakan hasil sampingan proses hidrasi antara semen dan air menjadi kalsium silikat hidrat (“*tubermorite*”). Secara sederhana proses kimianya dapat ditulis sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1996) :



keterangan :

CH = kalsium hidroksida (Ca(OH)₂),

S = silicon dioksida (SiO₂),

H = air (H₂O),

C-S-H = kalsium silikat hidrat (CaSiO₃ 2H₂O)

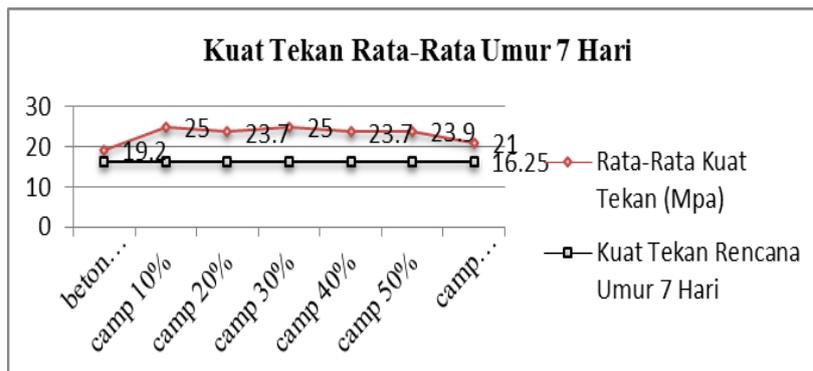
Sedangkan komposisi diatas 15% pasir silika terhadap pasir laut, kekuatan beton mengalami penurunan. Hal ini disebabkan, karena kandungan unsur silika yang reaktif melebihi dari tersedianya kapur bebas yang ada dalam campuran beton, sehingga sisanya berfungsi sebagai bahan pengisi didalam campuran beton.

Kuat tekan beton terendah diperoleh pada komposisi 100% pasir silika, sebesar 22,541 MPa. Sedangkan komposisi 100% pasir normal kekuatan yang didapat sebesar 23,201 MPa lebih tinggi dari komposisi 100% pasir silika, tetapi lebih rendah dari komposisi 100% pasir laut, sebesar 24, 144 MPa. Ditinjau dari hubungan prosentase peningkatan kuat tekan pada umur pengujian 60 dan 90 hari terhadap umur pengujian 28 hari pada masing-masing proporsi campuran agregat halus, terlihat bahwa pada umur 60 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 7,718%, begitu pula umur pengujian 90 hari kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 11,760% terhadap umur pengujian 28 hari pada proporsi campuran 15% pasir silika terhadap pasir laut.

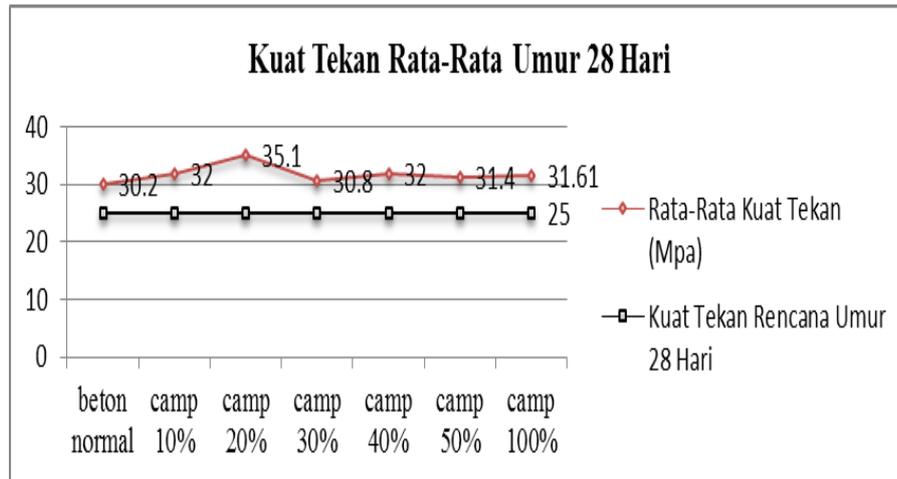
b) Pemanfaatan Limbah Sandblasting Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Beton. (Abdillah & Muhabbah, 2019)

Sandblasting merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimalisir korosi dan banyak digunakan di industri perkapalan. Limbah sandblasting tergolong kategori bahan berbahaya dan beracun (B3), karena mengandung unsur logam berat melebihi baku mutu berdasarkan PP No 101 Tahun 2014. Pada penelitian ini, limbah sandblasting digunakan sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan 100% untuk kuat tekan rencana K-250. Jumlah benda uji 68 sampel menggunakan cetakan kubus ukuran 15cm x 15cm x 15cm.

Pengujian beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengganti limbah sandblasting dari berat pasir sendiri pada umur 28 hari didapat hasil rata-rata untuk beton normal sebesar 30,2 MPa, untuk campuran limbah sandblasting 10% sebesar 32 MPa, campuran limbah sandblasting 20% sebesar 35,1 MPa, campuran limbah sandblasting 30% sebesar 31 MPa, campuran limbah sandblasting 40% sebesar 32 MPa, campuran limbah sandblasting 50% sebesar 31, 4 MPa, dan campuran limbah sandblasting 100% sebesar 31,61 MPa. Bahkan campuran beton dengan menggunakan limbah sandblasting mendapatkan hasil kuat tekan tertinggi dari kuat tekan yang direncanakan yaitu f_c 25 MPa. Dapat dilihat pada gambar berikut ini



Gambar 4.12: Kuat tekan rata rata 7 hari



Gambar 4.13: Kuat tekan rata-rata umur 28 hari

4.9. Pembahasan

Tabel 4.22: Tabel kuat tekan keseluruhan benda uji

Nama Benda Uji	No	Umur 28 (hari)	Gaya Tekan 59 (Ton)	Kuat Tekan 33,38 (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
Beton Normal	1	7	38,5	21,78	23,10
	2	7	42,5	24,05	
	3	7	41,5	23,48	
	4	28	49	27,72	28,94
	5	28	50,5	28,57	
	6	28	54	30,55	
BP- 5% Pasir Silika	1	7	45,5	59,5	25,74
	2	7	46	56	
	3	7	45	59	
	4	28	59,5	33,67	32,91
	5	28	56	31,68	
	6	28	59	33,38	

Tabel 4.21 Lanjutan:

Nama benda uji	No	Umur (hari)	Gaya Tekan (Ton)	Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
BP- 5% Pasir Silika + 0,8% Epoxy Resin	1	7	51	28,86	28,2
	2	7	48	27,17	
	3	7	50,5	28,57	
	4	28	60,5	34,23	34,42
	5	28	60	33,95	
	6	28	62	35,08	

Bila dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan campuran pasir silika 5% dan pasir silika 5% + epoxy resin 0,8% mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena pasir silika mempunyai kemampuan mengikat kandungan campuran beton. Beton dengan pasir silika meningkatkan sifat kuat tekan beton. Presentase kenaikan kuat tekan beton dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

a. peningkatan pada beton normal

➤ Kenaikan kuat tekan beton normal dari umur 7 hari ke 28 hari

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Beton umur 28 hari} - \text{beton umur 7 hari}}{\text{beton umur 7 hari}} \times 100\% \\
 &= \frac{28,94 - 23,10}{23,10} \times 100\% \\
 &= 25,28\%
 \end{aligned}$$

b. peningkatan setiap jenis benda uji pada umur 7 hari.

➤ Beton dengan campuran pasir silika 5%

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{BP- pasir silka 5\%} - \text{beton normal umur 7 hari}}{\text{beton normal umur 7 hari}} \times 100\% \\
 &= \frac{25,74 - 23,10}{23,10} \times 100\% \\
 &= 11,42\%
 \end{aligned}$$

➤ Beton dengan campuran pasir silika 5% + epoxy resin 0,8%

$$= \frac{BP - \text{pasir silika 5\% dan epoxy resin 0,8\%} - \text{beton normal umur 7 hari}}{\text{beton umur 7 hari}} \times 100\%$$

$$= \frac{28,2 - 23,10}{23,10} \times 100\%$$

$$= 22,07\%$$

c. peningkatan setiap jenis benda uji pada umur 28 hari.

➤ Beton dengan campuran pasir silika 5%

$$= \frac{BP - \text{pasir silika 5\%} - \text{beton normal umur 28 hari}}{\text{beton umur 7 hari}} \times 100\%$$

$$= \frac{32,91 - 28,94}{28,94} \times 100\%$$

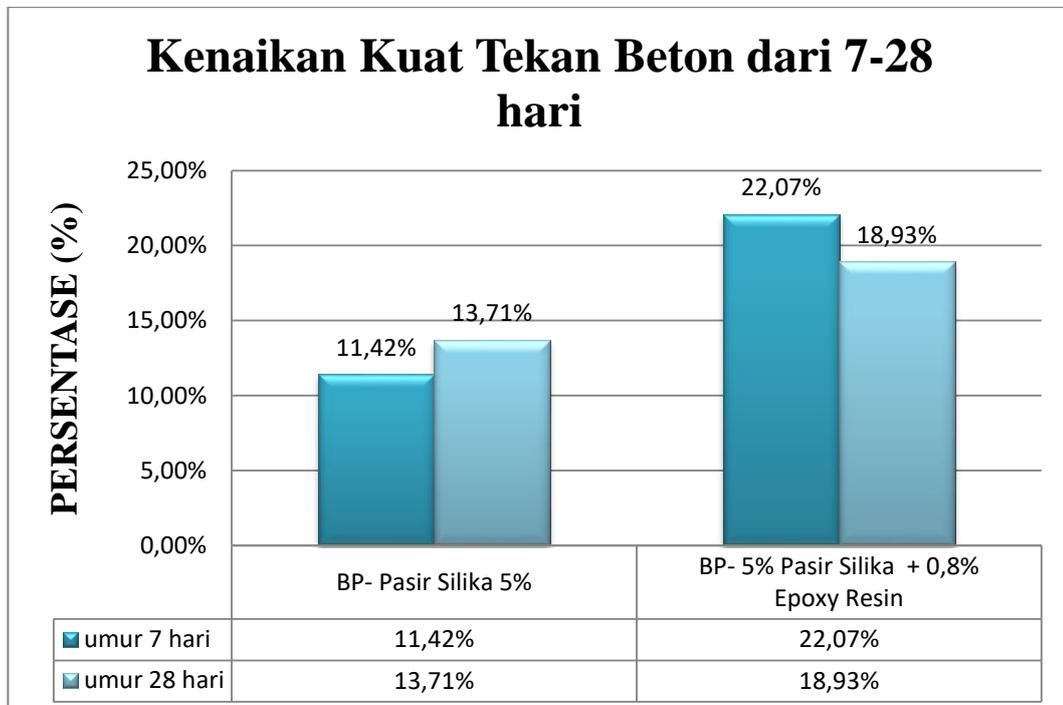
$$= 13,71\%$$

➤ Beton dengan campuran pasir silika 5% + epoxy resin 0,8%

$$= \frac{BP - \text{pasir silika 5\% dan epoxy resin 0,8\%} - \text{beton normal umur 28 hari}}{\text{beton umur 7 hari}} \times 100\%$$

$$= \frac{34,42 - 28,94}{28,94} \times 100\%$$

$$= 18,93\%$$



Gambar 4.14: Grafik Persentase Kenaikan Kuat Tekan Beton 7-28 Hari

Perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan pasir silica 5% dan pasir silica 5% + epoxy resin 0,8% , persentasenya mengalami kenaikan.

Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan kuat tekan beton. Hasil penelitian ini memiliki beberapa faktor yang dapat menaikkan kuat tekan. Adapun faktor yang mengakibatkan ini terjadi adalah karena persentase pasir silica yang memang digunakan untuk menaikkan kuat tekan beton, dan keserasian pasir silica dengan zat epoxy resin semakin membuat kuat tekan beton semakin tinggi. Persentase paling tinggi pada beton dengan campuran pasir silica 5% + epoxy resin 0,8% sebesar 22,07% untuk umur 7 hari.

Berdasarkan penelitian terdahulu, hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan pasir silica pada campuran beton dengan persentase 0%, 15%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dapat memberikan peningkatan nilai kuat tekan beton. Dari hasil pengujian, diperoleh kuat tekan beton optimum sebesar 25,654 MPa pada benda uji dengan komposisi 15% pasir silika terhadap pasir laut, dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 10,573% dari beton normal, sedangkan kuat tekan beton terendah diperoleh benda uji dengan komposisi 100% pasir silika sebesar 22,541 MPa, lebih rendah dari kuat tekan beton normal sebesar 23,201 MPa, pada umur pengujian 28 hari. Dengan data yang didapat dari kuat tekan penelitian terdahulu dapat disimpulkan bahwa penggunaan pasir silica dengan persentase lebih dari 15% pasir silica dapat mengurangi sifat kuat tekan beton.

Pada penelitian lain, ada peneliti juga menggunakan pasir silica sebagai campuran beton dengan persentase 0%, 10%, 20%, 30%, 40% 50% dan 100% dapat meberikan peningkatan nilai kuat tekan beton. Pengujian beton dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pengganti limbah sandblasting dari berat pasir sendiri pada umur 28 hari didapat hasil rata- rata untuk beton normal sebesar 30,2 MPa, untuk campuran limbah sandblasting 10% sebesar 32 MPa, campuran limbah sandblasting 20% sebesar 35,1 MPa, campuran limbah sandblasting 30% sebesar 31 MPa, campuran limbah sandblasting 40% sebesar 32 MPa, campuran limbah sandblasting 50% sebesar 31, 4 MPa, dan campuran limbah sandblasting 100% sebesar 31,61 MPa.

Dari hasil pengujian, diperoleh kuat tekan optimum sebesar 35,1 MPa pada benda uji dengan komposisi 20% pasir silica, sedangkan kuat tekan beton dengan komposisi 100% pasir silica sebesar 31,61 MPa, hamper mendekati dengan kuat tekan beton normal 30,2 MPa.

Berdasarkan pada penelitian terdahulu dan hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa penggunaan pasir silica yang tepat pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton, untuk komposisi penggunaan pasir silica yang efektif yaitu kisaran 5% - 20% akan menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal dan penambahan epoxy resin sebagai bahan campuran beton berfungsi sebagai pengisi pori- pori beton, mempermudah pengecoran, dan mempercepat proses pengerasan beton pada saat berlangsungnya penelitian.

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 kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 23,1 Mpa, dan untuk beton variasi ke dua kuat tekan rata-rata beton campuran pasir *silica* 5% sebesar 26,48 Mpa, sedangkan beton dengan variasi ke tiga kuat tekan rata-rata beton campuran pasir *silica* 5% dan *epoxy resin* 0,8% mencapai 28,2 MPa.

Sedangkan perbandingan kuat tekan beton umur 28 hari untuk tiap-tiap variasi adalah kuat tekan rata-rata beton normal = 28,94 Mpa, untuk kuat tekan rata-rata beton campuran pasir *silica* 5% mencapai 32,91 Mpa. Sedangkan beton variasi ke tiga, kuat tekan rata-rata beton campuran pasir *silica* 5% dan *epoxy resin* 0,8% mencapai kekuatan sebesar 34,42 MPa

2. Semakin banyak agregat halus yang digantikan maka kuat tekan juga semakin mengalami peningkatan yang lumayan tinggi. Dalam hal ini pasir *silica* sebagai substitusi parsial agregat halus hanya berpengaruh terhadap kuat tekan beton di kisaran 5% - 20% saja, karena teori tersebut didukung oleh penelitian terlebih dahulu yang penulis pakai, hasil tersebut tentunya bisa menguntungkan untuk pembuatan beton dalam volume yang besar, namun tetap sesuai standart mutu beton yang disyaratkan. Dengan demikian penelitian ini bisa menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya, dengan presentasi agregat halus 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 dengan lebih signifikan.
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

- Abdillah, N., & Muhabbah, Z. (2019). Pemanfaatan Limbah Sandblasting Pasir Silika Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Beton. *Jurnal Unitek P-Issn 2089-3957 E-Issn 2580-2585*, 12(1), 10–16.
- Adi, A. S. (2018). Analisa Penggunaan Pasir Silika Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Beton. *Jurnal Riset Pembangunan*, 1(1), 36. <https://doi.org/10.36087/Jrp.V1i1.25>
- Ala, P., & Arruan, H. (2019). Kuat Tekan Dan Lentur Beton Menggunakan Pasir Silika Dengan Bahan Tambah Sikacim. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 56–66.
- Antonius, Adhy, D. S., & Sutopo, R. (2017). Efektifitas Pasir Kuarsa Sebagai Agregat Halus Pada Sifat Mekanik Beton. *Kebijakan Dan Strategi Dalam Pembangunan Infrastruktur & Pengembangan Wilayah Berbasis Green Technology*, 49–55.
- Basuki, A. (2015). Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Silica Fume Terhadap Daya Tahan Penetrasi Air Beton Normal. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 5(1), 21. <https://doi.org/10.37209/Jtbtt.V5i1.55>
- Basuki, A., Sadikin, I., Besar, B., Teknik, B., No, J. S., & Fax, B. T. (2012). Pengaruh Jenis Semen Dan Penambahan Silica Fume Terhadap Kekuatan Dan Durabilitas Beton. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 2(1), 25–34.
- Cahyaka, H. W., Wibowo, A., Handayani, K. D., Wiyono, A., & Santoso, E. H. (2018). Pengaruh Penambahan Pada Porous Concrete Block Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Permeabilitas. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 03(03/Rekrat/16), 186–194.
- Hadi, & Henry, W. (2017). Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika Dan Kapur Tohor Pada Bata Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang Batubara. *Fmipa, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km 36 Banjarbaru, Banjarmasin, Indonesia Full*, 11–37.
- Akbar, M. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (Scc) Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1/Rekat/18).
- Iwan, M., & Nadia. (2012). Analisis Penggunaan Admixture Berbahan Dasar Naphthalene Terhadap Penggunaan Pasir Putih Dan Pasir Hitam Ditinjau Dari Setting Time. *Jurnal Konstruksia*, 4(1), 9–16.

- Soeyandono. (2018). *Studi Mix Design Beton Ringan Menggunakan Bahan Baku Limbah Karbon Dan Pasir Silika Untuk Mencapai Komposisi Optimal*.
- Joedono, & Wahyudi, M. (2014). Penggunaan Pasir Silika Dan Pasir Laut Sebagai Agregat Beton. *Jurnal Spektrum Sipil, Issn 1858-4896, 1(2)*, 140–149.
- Kasiati, E., Wibowo, B., & Sukaptini, E. S. (2012). Perubahan Kuat Tekan Optimum Beton Pada Komposisi Campuran Pasir Silika Dengan Pasir Limbah Endang. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (Atpw), Surabaya, 11 Juli 2012, Issn 2301-6752*, 37–46.
- Komajaya, E., Agustine, D., Abdillah, H., & Arlianti, L. (2020). Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Pecahan Keramik Sebagai Bahan Agregat Kasar Ditambahkan Dengan Zat Aditif . *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Teknik, 1(1)*, 5–10.
- Kristanto, T., & Teknik, F. (2019). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Silicafume Dan Pasir Kwarsa Pada Beton Mutu Tinggi*.
- Mulyono, T. (2014). *Teknologi Beton*. [Http://Www.Unj.Ac.Id](http://Www.Unj.Ac.Id)
- Nadia. (2011). Pengaruh Kadar Silika Pada Agregat Halus Campuran Beton Terhadap Peningkatan Kuat Tekan. *Kontruksia, 3(1)*, 35–43.
- Pf, R. H., Anif, B., & Khadavi. (2019). *Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Beton Self Compacting Concrete (Scc)*.
- Rahman, F. (2006). Pengaruh Kehalusan Serbuk Pasir Silika Terhadap Kekuatan Tekan Mortar. *Info Teknik, 7(2)*, 56–66.
- Setiawati, M., & Rivai, M. A. (2017). Pemanfaatan Fly Ash Pada Kuat Tekan Beton K300 Menggunakan Zat Adiktif Silica Fume. *Jurnal Fropil, 5(1)*, 25–33.
- Sni 15-2049-2004. (2004). Sni 15-2049-2004 Semen Portland. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–128.
- Sni03-2847-2002, & S-2002. (N.D.). *Sni 03-2847-2002 & S-2002*.
- Mulyani, S. (2012). Kajian Lingkungan Pemanfaatan Pasir Kwarsa Sri Yeni Mulyani, Stp. In *Kajian Lingkungan Pemanfaatan Pasir Kwarsa* (Pp. 1–22).
- Standardisasi, B., & Bsn, N. (2000). *Standar Nasional Indonesia Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- Trisko, N., Hastiawan, I., & Eddy, D. R. (2013). Penentuan Kadar Silika Dari Pasir Limbah Pertambangan Dan Pemanfaatan Pasir Limbah Sebagai Bahan Pengisi Bata Beton. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir*

Ptnbr – Batan Bandung, 04 Juli 2013, 190–196.

Yuhanah, T., Iduwin, T., & Wicaksono, B. (2018). Pengaruh Fly Ash Dengan Penambahan Cacahan Karet, Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Beton. *Forum Mekanika*, 7(1), 1–12.
<https://doi.org/10.33322/Forummekanika.V7i1.89>

Yuhanah, T., & Mandasari, N. A. (2017). Analisa Pengaruh Admixture. *Jurnal Form Mekanika*, 6(2).

LAMPIRAN



Gambar L1: Dokumentasi persiapan penelitian



Gambar L2: Dokumentasi pemeriksaan bahan agregat penelitian



Gambar L3: Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar



Gambar L4: Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus



Gambar L5: Dokumentasi pasir *silica*



Gambar L6: Dokumentasi proses penimbangan



Gambar L7: Dokumentasi cetakan silinder



Gambar : L8: Proses pembuatan benda uji



Gambar L.9: Dokumentasi pengujian *slump*



Gambar L10: Proses pencetakan benda uji penelitian



Gambar L11 : Dokumentasi proses perawatan beton (penjemuran)



Gambar L12: Dokumentasi proses perawatan beton (perendaman)



Gambar L13: Dokumentasi proses pengujian kuat tekan beton



Gambar L14: Dokumentasi beton yang sudah diuji

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama	: Bima Surya Ramadhan
Panggilan	: Bima
Tempat, Tanggal Lahir	: Tanjung Balai, 31 Desember 1998
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Alamat	: Jl. Rukun, LK V, Kel. Kuala Silo Bestari, Kec. Tanjung Balai, Sumatera Utara
Agama	: Islam
Nama Orang Tua Ayah	: Syahril
Ibu	: Suhana
No.Hp	: 081397563557
Email	: bima311298@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa	: 1607210058
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 132415	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	MTsN 10264544	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMKN 4	2013 - 2016