

# **TUGAS AKHIR**

## **PENAMBAHAN BUTIR *STYROFOAM* DAN PENGARUH *ADMIXTURE* TERHADAP KUAT TEKAN PADA BETON (*Studi Penelitian*)**

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

**Disusun Oleh:**

**WAHYU FAJAR HANDOKO  
1607210161**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 – EXT. 12  
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> Email : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

semua hak cipta ini agar disebarluaskan  
di dua tanggalnya



### LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Wahyu Fajar Handoko  
NPM : 1607210161  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Penambahan Butir *Styrofoam* dan Pengaruh  
*Admixture* Terhadap Kuat Tekan Pada Beton  
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANTIA UJIAN SKRIPSI

Medan, Oktober 2020

Dosen Pembimbing

Dr. Fahrizal Zulkarnain



Scanned with  
CamScanner

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Wahyu Fajar Handoko  
NPM : 1607210161  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Penambahan Butir *Styrofoam* dan Pengaruh *Admixture*  
Terhadap Kuat Tekan Pada Beton  
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, Oktober 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembimbing I



Dr. Josef Halipramana

Dosen Pembimbing II



Dr. Ade Faisal

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Wahyu Fajar Handoko  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 30 September 1998  
NPM : 1607210161  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Penambahan Butir *Styrofoam* dan Pengaruh *Admixture* Terhadap Kuat Tekan Pada Beton”

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau ke sarjana 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, Oktober 2020  
Saya yang menyatakan,



Wahyu Fajar Handoko

## ABSTRAK

### **PENAMBAHAN BUTIR *STYROFOAM* DAN PENGARUH *ADMIXTURE* TERHADAP KUAT TEKAN PADA BETON**

Wahyu Fajar Handoko  
1607210161  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST., M.Eng

Beton merupakan campuran dari semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan *Admixture* jika diperlukan. Beberapa keunggulan beton antara lain harganya relatif murah, mempunyai kekuatan tekan tinggi, tahan terhadap karat, mudah diangkut dan dibentuk dan relatif tahan terhadap kebakaran. Beton memiliki salah satu kelemahan yaitu berat jenisnya yang cukup tinggi sehingga beban mati struktur menjadi sangat besar. Ada beberapa cara yang dapat dipakai untuk mengurangi berat beton seperti dengan penggunaan agregat ringan, beton dibuat berongga, dan salah satu bahan yang dapat dipakai untuk beton adalah *Styrofoam* yang mempunyai berat sangat ringan. Pada penelitian ini menggunakan butir *Styrofoam* yang memiliki ukuran butiran sebesar 3mm-5mm, dan penggunaan *Admixture* 0.8% dari volume semen pada campuran beton butir *Styrofoam*. Persentase penggunaan butir *Styrofoam* pada campuran beton bervariasi yaitu sebesar 2%, 3%, dan 4% dari volume agregat kasar. Penetapan persentase butir *Styrofoam* yang bervariasi dimaksudkan untuk mengetahui perilaku mekanik beton (kuat tekan) terbaik dalam campuran beton. Sampel pengujian berupa silinder 15cm x 30cm sebanyak 12 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dilakukan perendaman selama 28 hari. Nilai kuat tekan berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 23,19 Mpa; Variasi I (2%) = 19,44 Mpa; Variasi II (3%) = 15,46 Mpa; Variasi III (4%) = 10,57 Mpa.

Kata Kunci: Beton Butir *Styrofoam* dan *Admixture*, Kuat Tekan.

## **ABSTRACT**

### **ADDITION OF STYROFOAM GRAIN AND EFFECT ADMIXTURE TO STRONG PRESS ON CONCRETE**

Wahyu Fajar Handoko  
1607210161  
Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST., M.Eng

*Concrete is a mixture of cement, fine aggregate, coarse aggregate, water, and admixture if needed. Some of the advantages of concrete include relatively cheap price, high compressive strength, resistance to rust, easy transportation and shape and relatively fire resistance. Concrete has one disadvantage, namely its density which is high enough so that the dead load of the structure becomes very large. There are several ways that can be used to reduce the weight of concrete, such as the use of lightweight aggregates, concrete is made hollow, and one of the materials that can be used for concrete is styrofoam which has a very light weight. In this study, using styrofoam grains which have a grain size of 3mm-5mm, and using admixture 0.8% of the cement volume in the styrofoam grain concrete mixture. The percentage of using Styrofoam grains in the concrete mixture varies, namely 2%, 3%, and 4% of the volume of coarse aggregate. The determination of the various styrofoam grain percentages is intended to determine the best concrete mechanical behavior (compressive strength) in the concrete mixture. The test sample in the form of a cylinder 15cm x 30cm as many as 12 specimens. To determine the value of the compressive strength of concrete, immersion was carried out for 28 days. The compressive strength value based on variation is Normal (0%) = 23.19 Mpa; Variation I (2%) = 19.44 Mpa; Variation II (3%) = 15.46 Mpa; Variation III (4%) = 10.57 Mpa.*

*Keywords: Styrofoam Grain Concrete and Admixture, Compressive Strength.*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Judul dari skripsi ini adalah “Penambahan Butir *Styrofoam* dan Pengaruh *Admixture* Terhadap Kuat Tekan Pada Beton”.

Didalam penulisan skripsi ini penulis telah berusaha dan berupaya dengan segala kemampuan yang ada, namun penulis menyadari masih terdapat kekurangan didalamnya, untuk itu penulis dengan rasa rendah hati bersedia menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun dalam perbaikan skripsi penelitian ini kedepannya. Dalam mempersiapkan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan berupa bimbingan dan petunjuk. Untuk itu pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini:

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain. Selaku Dosen Pembimbing yang selama ini bersedia meluangkan waktu dan memberikan bantuannya kepada penulis dalam mempersiapkan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Josef Hadipramana. Selaku Dosen Pembanding I yang telah banyak memberikan masukan.
3. Bapak Dr. Ade Faisal. Selaku Dosen Pembanding II yang sekaligus Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan masukan.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Irma Dewi, S.T, M.T, Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansuri S.T, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu materi pembelajaran Teknik Sipil kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Kedua orang tua, Ayahanda Beni Rubianto dan Ibunda Aria Ningsih tercinta yang telah mengasuh dan membesarkan penulis dengan rasa cinta dan kasih sayang yang tulus dan tak terhingga sampai akhir hayat serta telah memberikan dorongan, semangat, doa serta cinta kasih yang begitu dalam kepada penulis.
10. Terimakasih kepada rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Stambuk 2016.

Terimakasih atas bantuan, kebersamaannya, waktu serta dan dukungannya selama ini kepada penulis. Semoga ALLAH SWT membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis, semoga laporan magang ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Medan, 09 November 2020

Penulis

Wahyu Fajar Handoko  
NPM.1607210161

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Sistematika Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Beton	5
2.2. Beton Normal	6
2.3. Beton Ringan	6
2.4. Material Penyusun Beton	7
2.4.1 Semen <i>Portland</i>	8
2.4.2 Agregat Kasar	8
2.4.3 Agregat Halus	10
2.4.4 Air	13
2.4.5 Bahan Tambah ( <i>Filler</i> )	13
2.4.5.1 Butir <i>Styrofoam</i>	14

2.4.5.2 <i>Admixture</i>	15
2.5. <i>Mix Design</i>	16
2.6. <i>Slump Test</i>	17
2.7. Kuat Tekan	18
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	19
3.1. Metode Penelitian	19
3.1.1. Data Primer	21
3.1.2. Data Sekunder	21
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.3. Bahan dan Peralatan	21
3.3.1. Bahan	21
3.3.2. Peralatan	24
3.4. Desain dan Jumlah Benda Uji	30
3.5. Metode Pengecoran	30
3.5.1. Beton Normal	30
3.5.2. Beton butir <i>Styrofoam</i> dan <i>Admixture</i>	31
3.6. Metode Perawatan Benda Uji	32
3.7. Pengujian Benda Uji	32
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	33
4.1 Perencanaan Campuran Beton	33
4.1.1 Data-Data Campuran Beton	33
4.1.2 Gradasi Agregat Kasar	34
4.1.3 Gradasi Agregat Halus	35
4.1.4 Bahan Tambah ( <i>Filler</i> )	38
4.1.5 <i>Admixture</i>	40
4.1.6 <i>Mix Design</i>	40
4.2 Pembuatan Benda Uji	52
4.3 <i>Slum Test</i>	53
4.4 Pengujian Beton	54

4.4.1 Berat Satuan Beton	55
4.4.2 Kuat Tekan Beton Normal	58
4.4.3 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Styrofoam</i> 2% dan <i>Admixture</i>	59
4.4.4 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Styrofoam</i> 3% dan <i>Admixture</i>	60
4.4.5 Kuat Tekan Beton Campuran <i>Styrofoam</i> 4% dan <i>Admixture</i>	60
4.5 Pembahasan	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis – jenis beton berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya	7
Tabel 2.2	Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar	9
Tabel 2.3	Batas gradasi agregat halus	11
Tabel 2.4	Penelitian terdahulu yang menggunakan <i>Filler</i> butir <i>Styrofoam</i>	14
Tabel 2.5	Penelitian terdahulu yang menggunakan <i>Admixture Viscocrete</i>	16
Tabel 2.6	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834-2000)	17
Tabel 2.7	Tingkat mutu pekerjaan pembetonan	17
Tabel 3.1	Jumlah benda uji yang akan dibuat	30
Tabel 4.1	Rekapitulasi hasil pengujian agregat	33
Tabel 4.2	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	34
Tabel 4.3	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	36
Tabel 4.4	Banyak agregat kasar yang di butuhkan untuk tiap saringan untuk 12 benda uji	37
Tabel 4.5	Banyak agregat halus yang di butuhkan untuk tiap saringan untuk 12 benda uji	38
Tabel 4.6	Berat butir <i>Styrofoam</i> sesuai persentase	38
Tabel 4.7	Banyak butir <i>Styrofoam</i> yang di butuhkan untuk 9 benda uji	39
Tabel 4.8	Banyak butir <i>Styrofoam</i> yang di butuhkan untuk 9 benda uji	39
Tabel 4.9	Perencanaan campuran beton (SNI 03-28334-2000)	40
Tabel 4.10	Perbandingan campuran beton per m <sup>3</sup>	42
Tabel 4.11	Perbandingan campuran beton per 1 benda uji	43
Tabel 4.12	Perbandingan campuran beton normal per 3 benda uji	43
Tabel 4.13	Perbandingan campuran beton butir <i>Styrofoam</i> 2% + <i>Admixture</i> 0,8% per 3 benda uji	43
Tabel 4.14	Perbandingan campuran beton butir <i>Styrofoam</i> 3% + <i>Admixture</i> 0,8% per 3 benda uji	44

Tabel 4.15	Perbandingan campuran beton butir <i>Styrofoam</i> 4% + <i>Admixture</i> 0,8% per 3 benda uji	44
Tabel 4.16	Total material yang diperlukan dalam penelitian	44
Tabel 4.17	Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000)	47
Tabel 4.18	Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	53
Tabel 4.19	Hasil Pengujian berat satuan beton rata-rata	55
Tabel 4.20	Hasil Pengujian berat isi beton	58
Tabel 4.21	Hasil pengujian kuat tekan beton normal	59
Tabel 4.22	Hasil pengujian kuat tekan beton campuran butir <i>Styrofoam</i> 2% dan <i>Admixture</i>	59
Tabel 4.23	Hasil pengujian kuat tekan beton campuran butir <i>Styrofoam</i> 3% dan <i>Admixture</i>	60
Tabel 4.24	Hasil pengujian kuat tekan beton campuran butir <i>Styrofoam</i> 4% dan <i>Admixture</i>	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 10 mm	9
Gambar 2.2	Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 20 mm	10
Gambar 2.3	Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 40 mm	10
Gambar 2.4	Daerah gradasi pasir kasar	12
Gambar 2.5	Daerah gradasi pasir sedang	12
Gambar 2.6	Daerah gradasi pasir agak halus	12
Gambar 2.7	Daerah gradasi pasir halus	13
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian yang dilaksanakan	20
Gambar 3.2	Semen <i>Portland</i>	22
Gambar 3.3	Agregat halus (pasir)	22
Gambar 3.4	Agregat kasar (kerikil)	23
Gambar 3.5	Air	23
Gambar 3.6	Butir <i>Styrofoam</i>	23
Gambar 3.7	<i>Admixture</i> (Sika <i>Viscocrete-3115 N</i> )	24
Gambar 3.8	Satu set saringan agregat kasar	24
Gambar 3.9	Satu set saringan agregat halus	25
Gambar 3.10	Saringan No.4	25
Gambar 3.11	Timbangan digital	25
Gambar 3.12	Oven	26
Gambar 3.13	Mesin aduk beton	26
Gambar 3.14	Kerucut abrams	26
Gambar 3.15	Tongkat pengaduk	27
Gambar 3.16	Penggaris	27
Gambar 3.17	Cetakan silinder	27
Gambar 3.18	Gelas ukur	28
Gambar 3.19	Pelastik	28
Gambar 3.20	Sekop tangan	28
Gambar 3.21	Sendok semen	29
Gambar 3.22	Ember	29

Gambar 3.23	Pan	29
Gambar 3.24	Mesin uji kuat tekan	30
Gambar 4.1	Grafik gradasi agregat kasar	34
Gambar 4.2	Grafik gradasi agregat halus	35
Gambar 4.3	Faktor air semen bebas	46
Gambar 4.4	Daerah gradasi pasir sedang	48
Gambar 4.5	Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 20 mm	49
Gambar 4.6	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834, 2000)	49
Gambar 4.7	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton (SNI 03-2834, 2000)	50
Gambar 4.8	Grafik <i>Slump</i> beton	54
Gambar 4.9	Beban tekan pada benda uji silinder	55
Gambar 4.10	Grafik berat benda uji	56
Gambar 4.11	Grafik kuat tekan beton 28 hari	61
Gambar 4.12	Grafik kuat tekan beton 28 hari penelitian terdahulu	62

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Salah satu bahan bangunan yang mengalami perkembangan sangat pesat hingga saat ini adalah beton. Beberapa keunggulan beton antara lain harganya relatif murah, mempunyai kekuatan tekan tinggi, tahan terhadap karat, mudah diangkut dan dibentuk dan relatif tahan terhadap kebakaran. Beton memiliki salah satu kelemahan yaitu berat jenisnya yang cukup tinggi sehingga beban mati struktur menjadi sangat besar.

Beberapa cara yang dapat dipakai untuk mengurangi berat beton seperti dengan penggunaan agregat ringan, beton dibuat berongga, dan salah satu bahan yang dapat dipakai untuk beton adalah *Styrofoam* yang mempunyai berat sangat ringan.

*Styrofoam* dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Styrofoam* atau *foam polysterene* adalah bahan yang dibentuk dari *polysterene* dengan cara menghembuskan udara pada *polysterene* dalam kondisi panas sehingga menghasilkan *foam* dengan kandungan udara mencapai 95 % sehingga berat satuan *Styrofoam* cukup rendah berkisar antara 15-22 Kg/m<sup>3</sup> (Kusnedi dan Sulistyorini, 2011). *Styrofoam* termasuk dalam kategori polimer sintetik dengan berat molekul tinggi. *Polimer sintetik* berbahan baku monomer berbasis *etilena* yang berasal dari perengkahan minyak bumi. *Styrofoam* hanya sebuah nama dalam dunia perdagangan, nama sesungguhnya adalah *polystyrene* atau *poli (feniletena)* dalam bentuk *foam*. *Feniletena* atau *styrene* dapat dipolimerkan dengan menggunakan panas, sinar ultra violet, atau katalis. *Poli (feniletena)* merupakan bahan ermo plastik yang bening (kecuali jika ditambahkan pewarna atau pengisi), dan dapat dilunakkan pada suhu sekitar 100° C. *Poli (feniletena)* tahan terhadap asam, basa dan zat pengarat (korosif) lainnya, tetapi mudah larut dalam hidrokarbon aromatik dan berklor. Dalam propanon (*aseton*), *poli (feniletena)* hanya mengembang. Penyinaran dalam waktu yang lama oleh sinar ultra ungu, sinar putih, atau panas, sedikit mempengaruhi kekuatan dan ketahanan polimer terhadap panas (Ginting, 2015). Penggunaan *Styrofoam* dalam beton dapat

dianggap sebagai udara yang terjebak. Namun, keuntungan menggunakan butir *Styrofoam* dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah *Styrofoam* mempunyai kekuatan tarik (Satyarno, 2004).

Salah satu kendala dalam pembuatan beton yang menggunakan butir *Styrofoam* adalah rendahnya nilai keenceran (*Slump*) campuran beton segar sehingga proses pengerjaan beton menjadi sulit (Workabilitas rendah). Penambahan air pada campuran beton segar untuk meningkatkan workabilitasnya akan memperbesar factor air semen yang berdampak pada penurunan kekuatan beton. Oleh karena itu diperlukan bahan tambah untuk meningkatkan workabilitas beton dengan menggunakan bahan kimia (Kusnedi dan Sulistyorini, 2011).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Apakah beton yang menggunakan butir *Styrofoam* dapat dikategorikan sebagai beton ringan?
2. Apakah ada pengaruh penambahan *Admixture* pada nilai kuat tekan beton dengan campuran butir *Styrofoam*?
3. Apakah ada perbandingan berat beton antara campuran beton normal, dengan campuran beton menggunakan *Filler* butir *Styrofoam* dan *Admixture*?

## **1.3. Ruang Lingkup**

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Metode perencanaan menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia):
  - a. Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal SNI 03-2834-2000
  - b. Spesifikasi agregat ringan untuk beton struktural SNI 2461-2014.
  - c. Spesifikasi bahan tambahan untuk beton SNI 03-2495-1991.
  - d. Metode pengujian kuat tekan beton SNI 1974-2011.
3. Penelitian ini meninjau kuat tekan.
4. Umur yang ditinjau adalah 28 hari.
5. Ketentuan bahan penelitian:

- a. Semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe 1.
  - b. Agregat kasar (Batu pecah) berasal dari Binjai.
  - c. Agregat halus (Pasir) berasal dari Binjai.
  - d. Limbah *Styrofoam* berasal dari gudang pembuatan dekorasi *Wedding Organaizer*.
  - e. Persentase *Filler* butir *Styrofoam* adalah 0%, 2%, 3%, dan 4% terhadap volume agregat kasar.
  - f. *Admixture* (Sika *Viscocrete 3115 N*).
6. Bentuk benda uji berupa silinder beton 15 cm x 30 cm.
  7. Pada setiap persentase campuran terdapat 3 benda uji.

#### **1.4. Tujuan**

Adapun tujuan pada penelitian ini untuk:

1. Mengetahui jenis beton pada penambahan butir *Styrofoam* pada campuran beton.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *Admixture* pada campuran beton yang menggunakan butir *Styrofoam* terhadap kuat tekan pada beton.
3. Mengetahui perbandingan berat beton pada beton normal dengan beton menggunakan *Filler* butir *Styrofoam* dan *Admixture*.

#### **1.5. Manfaat**

Manfaat penelitian ini adalah menambah alternatif penggunaan material baru dalam pembuatan suatu beton yang berupa campuran butir *Styrofoam*, dan *Admixture* (Sika *Viscocrete 3115 N*). Diharapkan bahan alternatif ini dapat digunakan untuk bahan bangunan *Struktural* atau *Nonstructural*.

#### **1.6. Sistematika Penelitian**

BAB 1 PENDAHULUAN: Bab ini menyajikan pendahuluan yang meliputi latar belakang masalah, permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA: Bab ini menguraikan teori secara singkat dan gambaran umum mengenai pengertian beton, penambahan butir *Styrofoam*, dan *Admixture* (Sika *Viscocrete 3115 N*).

**BAB 3 METODE PENELITIAN:** Bab ini membahas mengenai penentuan obyek penelitian, metode pengumpulan data, dan analisis data.

**BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN:** Bab ini menyajikan tentang laporan hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian sehingga data yang ada mempunyai arti.

**BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN:** Bab ini menyajikan kesimpulan hasil penelitian yang ditarik dari Analisa data, hipotesis dan pembahasan serta saran yang memuat masukan-masukan dari penulis yang terkait dengan penelitian dan diuraikan kelemahan penelitian.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian Beton

Menurut SNI 03-2834-2000, beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Beton merupakan campuran dari semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan *Admixture* jika diperlukan. Macam dan jenis beton menurut bahan pembentukannya adalah beton normal, bertulang, prategang, pracetak, pra-tekan, beton ringan, beton tanpa tulangan, beton fiber, dan lainnya. Penambahan material lain akan membedakan jenis beton. Beton terdiri dari *Filler* (pengisi) dan binder (pengikat), *Filler* merupakan bahan pengisi yang terdiri dari agregat kasar yang berasal dari batu pecah dan agregat halus yang berupa pasir, binder merupakan bahan pengikat filler agar menjadi satu kesatuan yang padat, binder ini merupakan campuran antara semen dan air. Proses pembentukan beton dimulai dari proses hidrasi antara semen dan air yang menghasilkan Faktor Air Semen (FAS), jika FAS tersebut ditambahkan dengan agregat halus maka campuran tersebut dinamakan mortar, dan apabila campuran mortar ditambahkan agregat kasar maka akan menjadi beton. *Admixture* merupakan bahan tambahan yang diperlukan untuk menambah nilai dari beton itu sendiri, seperti untuk mempercepat pengerasan beton atau untuk menyambungkan beton satu dengan beton yang lain (Ummati, dkk., 2015).

Beton akan mencapai keadaan stabil saat mencapai umur 28 hari, pada saat awal pengecoran sampai umur 28 hari beton akan bertambah kekuatannya secara linier dengan cepat, setelah itu beton akan mencapai keadaan stabil dan kenaikan kekuatannya akan kecil. Pada konsisi tertentu kekuatan beton dapat bertambah sampai tahun pertama tergantung dari bahan-bahan tertentu yang ditambahkan dalam beton (Ummati, dkk., 2015).

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Sehingga umumnya beton diperkuat dengan penambahan tulangan baja dengan asumsi bahwa kedua material bekerjasama

dalam menahan gaya yang bekerja dimana tulangan baja menahan gaya tarik dan beton hanya menerima gaya tekan (Djamaludin, dkk., 2015).

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu bahan - bahan campuran beton, cara-cara persiapan, perawatan dan keadaan pada saat dilakukan percobaan. Setiap bahan campuran beton tersebut mempunyai variasi sifat yang dipengaruhi oleh beberapa faktor alami yang tidak dapat dihindarkan, namun dengan mengetahui sifat-sifat bahan baku, maka dapat diketahui kebutuhan dari masing-masing bahan baku dan beberapa kekuatan yang dicapainya (Djamaludin, dkk., 2015).

## **2.2. Beton Normal**

Menurut SNI 03-2834-2000, beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/ m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang dipecah.

## **2.3. Beton Ringan**

Menurut SNI 03-3449-2002, beton ringan *Struktural* adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m<sup>3</sup> dan harus memenuhi ketentuan kuat tekanan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan *Struktural*.

Beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/m<sup>3</sup>. Dalam membuat beton ringan tentunya dibutuhkan material yang memiliki berat jenis yang ringan pula. Pada umumnya berat jenis yang lebih ringan dapat dicapai jika berat beton diperkecil yang berpengaruh pada menurunnya kekuatan beton tersebut. Pembuatan beton ringan pada prinsipnya adalah membuat rongga di dalam beton. Semakin banyak rongga udara dalam beton semakin ringan beton yang dihasilkan (Djamaludin, dkk., 2015).

Ada 3 macam cara membuat rongga udara dalam beton, yaitu: (Djamaludin, dkk., 2015).

1. Menurut SNI 2461-2014, yang paling sederhana yaitu dengan memberikan agregat ringan. Agregat itu bisa berupa batu apung, atau abu terbang (*Fly Ash*) yang dijadikan batu. Adapun spesifikasi agregat ringan yang digunakan dalam

pembuatan beton dengan pertimbangan utama adalah ringannya bobot dan tinggi kekuatan yang meliputi: persyaratan komposisi kimia, dan sifat fisik agregat sesuai standar.

2. Menghilangkan agregat halus (agregat halus disaring, contohnya debu/abu terbangnya dibersihkan).
3. Meniupkan atau mengisi udara di dalam beton. Cara ketiga ini terbagi lagi menjadi secara mekanis dan secara kimiawi. Bahan campuran antara lain pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, dan dicampur aluminium pasta sebagai bahan pengembang secara kimiawi.

Secara umum kandungan udara mempengaruhi kekuatan beton. Kekuatan beton berkurang 5.5% dari kuat tekan setiap pemasukan udara 1% dari volume campuran (Djamaludin, dkk., 2015). Pada penelitian ini material tambahan yang digunakan adalah butir *Styrofoam* dan *Admixture* (*Sika Viscocrete 3115 N*).

Tabel 2.1: Jenis – jenis beton berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya (Pratama, dkk., 2016).

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Pemakaian
Beton sangat ringan	<1000	Non strukur
Beton ringan	1000 - 2000	Struktur ringan
Beton normal	2300 - 2500	Struktur
Struktur beton berat	>3000	Perisai sinar X

#### 2.4. Material Penyusun Beton

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 4%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% -75% . Pencampuran bahan–bahan tersebut menghasilkan suatu adukan yang mudah dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan, karena adanya hidrasi semen oleh air maka adukan tersebut akan mengeras dan mempunyai kekuatan untuk memikul beban (Djamaludin, dkk., 2015).

Penggunaan material lain yang memiliki berat jenis ringan dalam campuran beton akan mengurangi berat beton secara keseluruhan. Adapun material penyusun beton yang digunakan pada penelitian ini yakni Semen *Portland*, agregat kasar dan

halus, air, serta butir *Styrofoam* dan Sika dengan perbandingan variasi yang berbeda-beda terhadap volume agregat kasar.

#### **2.4.1 Semen Portland**

Menurut SNI 03-2834-2000, semen *Portland-Pozolan* adalah campuran semen *Portland* dengan *Pozolan* antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam *Pozolan* minimum 70%.

Semen *Portland* dibagi menjadi lima jenis kategori sesuai dengan tujuan pemakaiannya, yaitu: (Lincoln, 2017).

1. Tipe I semen *Portland* untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Tipe II semen *Portland* untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Tipe III semen *Portland* untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV semen *Portland* untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V semen *Portland* untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

#### **2.4.2 Agregat Kasar**

Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Agregat alami dapat diklasifikasikan ke dalam sejarah terbentuknya peristiwa geologi, yaitu agregat beku, agregat sediment dan agregat metamorf, yang kemudian dibagi menjadi kelompok-kelompok yang lebih kecil. Agregat pecahan diperoleh dengan memecah batu menjadi berukuran butiran sesuai yang diinginkan dengan cara meledakan, memecah, menyaring dan seterusnya. Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  in (6 mm). Dalam penelitian ini digunakan agregat kasar yaitu batu pecah ukuran diameter maksimum 20mm (Djamaludin, dkk., 2015).

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen (Djamaludin, dkk., 2015).

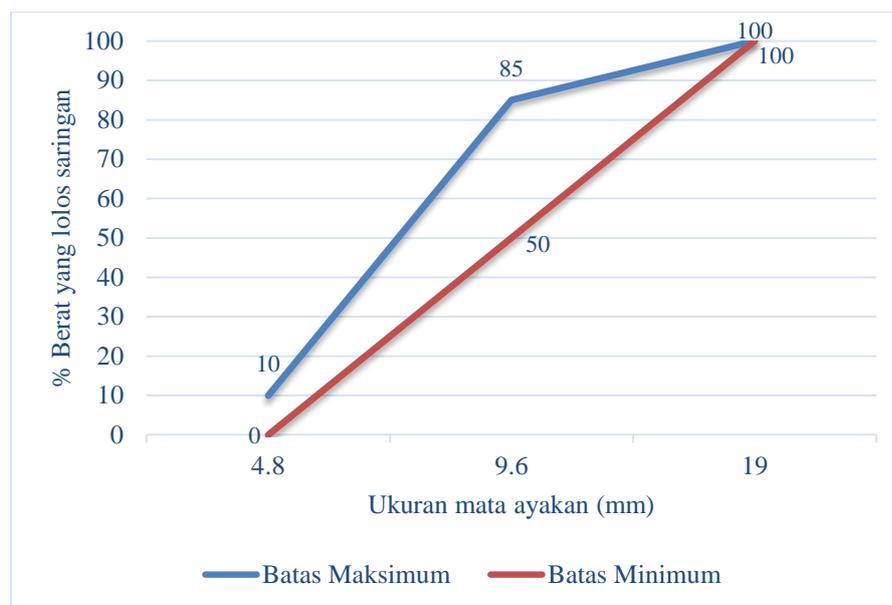
Penggunaan bahan batuan dalam adukan beton berfungsi: (Saifuddin, dkk., 2014).

1. Menghemat penggunaan semen *Portland*.
2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada betonnya.
3. Mengurangi susut pengerasan.
4. Mencapai susunan beton dengan gradasi beton yang baik.
5. Mengontrol *Workability* adukan beton dengan gradasi bahan batuan yang baik.

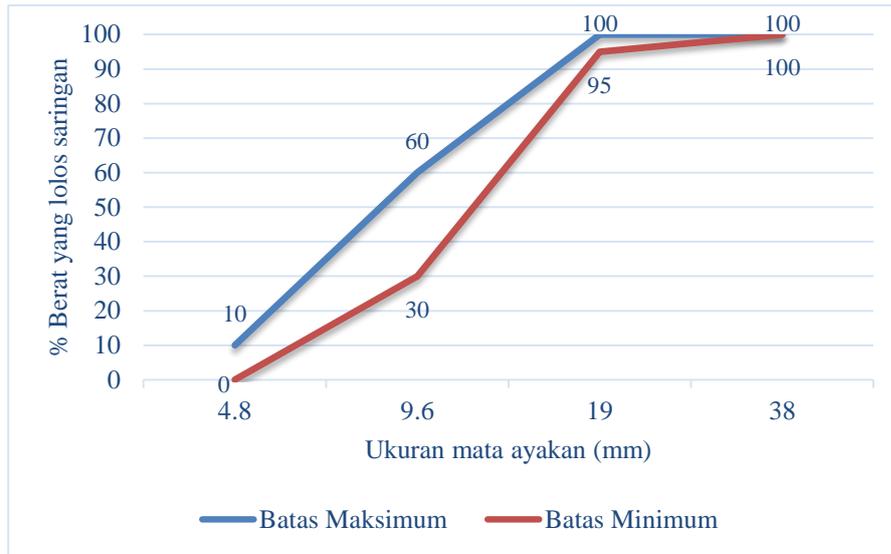
Agregat kasar yang digunakan pada campuran harus memenuhi persyaratan-persyaratan pada Tabel 2.2: Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.1, Gambar 2.2, Gambar 2.3.

Tabel 2.2: Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar (SNI 03-2834-2000).

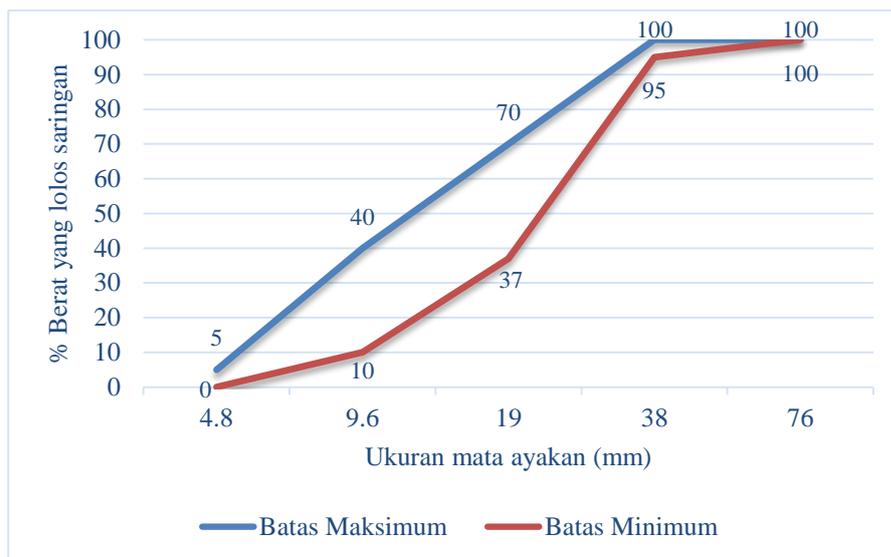
Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan		
	Ukuran nominal agregat (mm)		
	38.1 - 4.76	19.0 - 4.76	9.52 - 4.76
38.1	95 – 100	100	
19.0	37 – 70	95 - 100	100
9.52	10 – 40	30 - 60	50 - 85
4.76	0 – 5	0 - 10	0 - 10



Gambar 2.1: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 10 mm.



Gambar 2.2: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 20 mm.



Gambar 2.3: Batas gradasi kerikil atau koral maksimum 40 mm.

### 2.4.3 Agregat Halus

Dalam penelitian ini digunakan agregat halus yaitu berasal dari Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Ukurannya bervariasi antara No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika (Djamaludin, dkk., 2015).

Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis: (Djamaludin, dkk., 2015).

### 1. Pasir Galian

Pasir Galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali dari dalam tanah. Pada umumnya pasir jenis ini tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam yang membahayakan.

### 2. Pasir Sungai

Pasir Sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan berbentuk bulat, karena akibat proses gesekan yang terjadi sehingga daya lekat antar butir menjadi agak kurang baik.

### 3. Pasir Laut

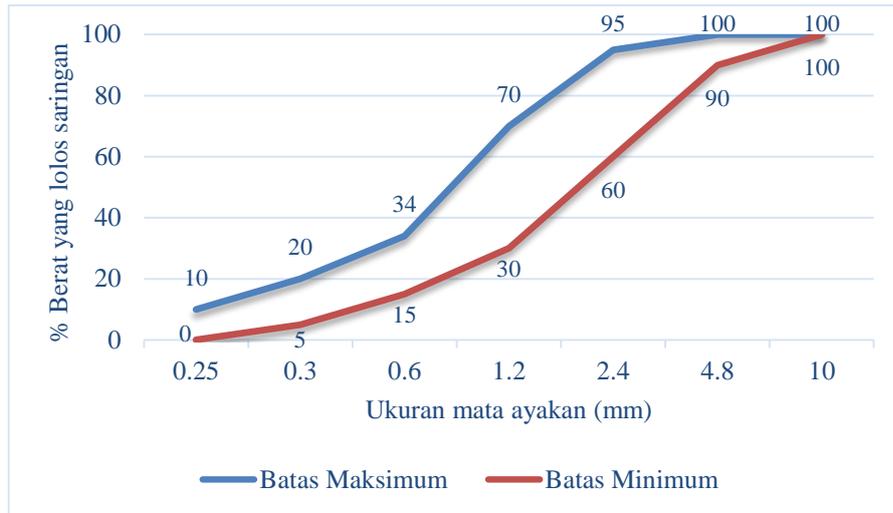
Pasir Laut adalah pasir yang diperoleh dari pantai. Bentuk butiran halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada dalam pasir ini menyerap kandungan air dalam udara, sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah, dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun.

Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton (SNI 03-2847-2002).

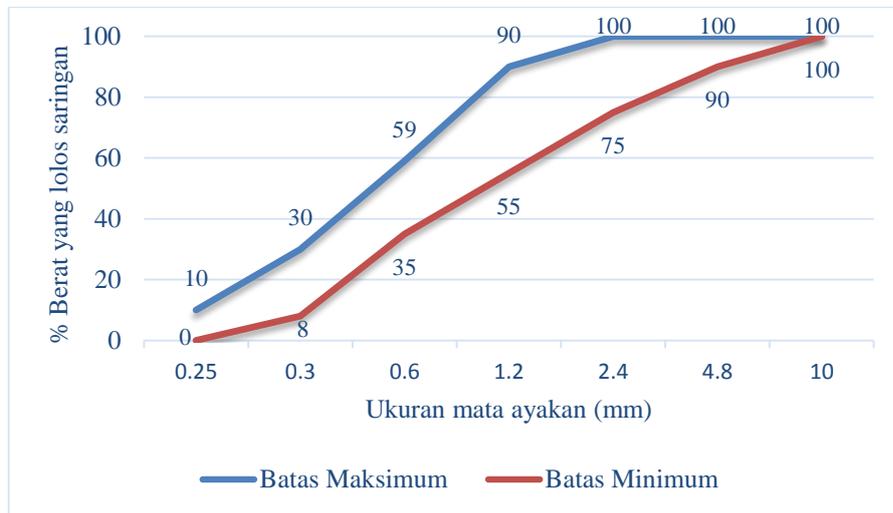
Tabel 2.3: Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000).

Ukuran mata ayakan (mm)	No	Persen berat butir yang lewat ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	No.8	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	No.16	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	No.30	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	No.50	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,25	No.100	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

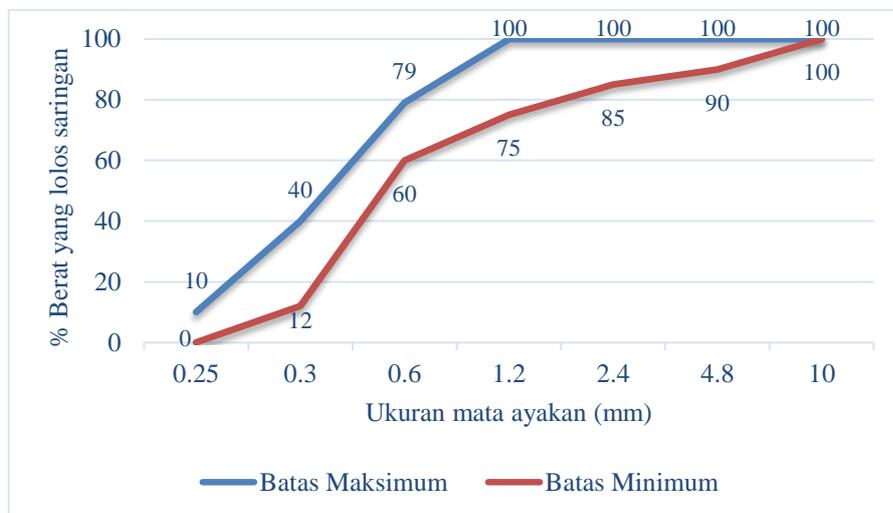
Keterangan: Daerah gradasi I = Pasir kasar  
Daerah gradasi II = Pasir sedang  
Daerah gradasi III = Pasir agak halus  
Daerah gradasi IV = Pasir halus



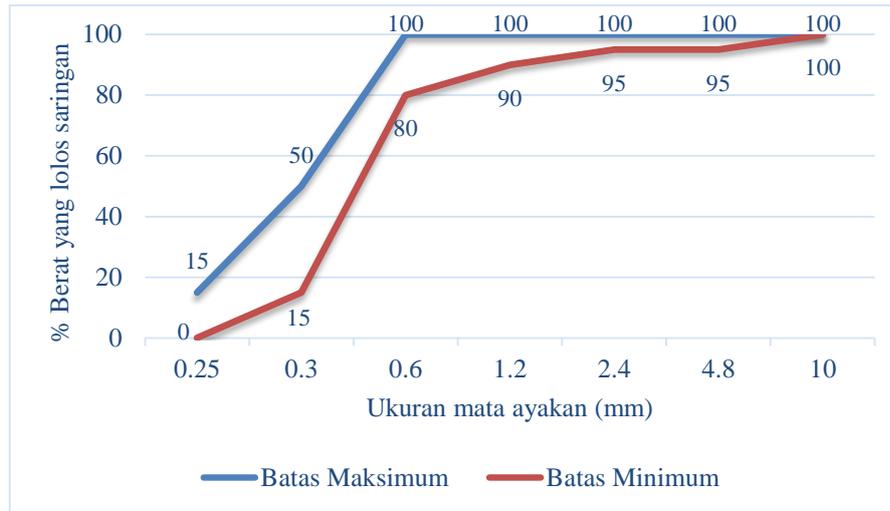
Gambar 2.4: Daerah gradasi pasir kasar.



Gambar 2.5: Daerah gradasi pasir sedang.



Gambar 2.6: Daerah gradasi pasir agak halus.



Gambar 2.7: Daerah gradasi pasir halus.

#### 2.4.4 Air

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi *blending*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah (Saifuddin, dkk., 2014).

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada: (Saifuddin, dkk., 2014).

- a. Sifat *Workability* adukan beton.
- b. Besar kecilnya nilai susut beton.
- c. Kelangsungan reaksi dengan semen *Portland*, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
- d. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

#### 2.4.5 Bahan Tambah (*Filler*)

Bahan campuran tambahan adalah suatu bahan yang ditambahkan ke dalam campuran saat pencampuran. Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi cocok untuk pekerjaan tertentu, atau ekonomis, atau untuk tujuan lain seperti menghemat energy (Andreo, dkk., 2014).

### 2.4.5.1 Butir *Styrofoam*

Penggunaan butir *Styrofoam* dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan butir *Styrofoam* dibandingkan dengan rongga udara dalam beton berongga adalah *Styrofoam* mempunyai kuat tarik. Kerapatan atau berat jenis beton dengan campuran *Styrofoam* dapat diatur dengan mengontrol jumlah campuran *Styrofoam* dalam beton (Djamaludin, dkk., 2015).

Pada penelitian ini menggunakan butir *Styrofoam* yang memiliki ukuran butiran sebesar 3mm-5mm. Persentase penggunaan butir *Styrofoam* pada campuran beton bervariasi yaitu sebesar 2%, 3%, dan 4% dari volume agregat kasar. Penetapan persentase butir *Styrofoam* yang bervariasi dimaksudkan untuk mengetahui perilaku mekanik beton (kuat tekan) terbaik dalam campuran beton.

Tabel 2.4: Penelitian terdahulu yang menggunakan *Filler* butir *Styrofoam*.

No	Nama, Tahun	<i>Filler</i> , dan Bahan Tambah	Variasi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Lentur (kN)	Berat (kg/m <sup>3</sup> )	Umur (Hari)
1	Arusmalem Ginting 2007	Butir <i>Styrofoam</i>	0 kg/m <sup>3</sup>	12,50	-	30,00	2113,18	28
			2 kg/m <sup>3</sup>	9,59	-	24,00	1682,86	28
2	Dharma Giri, dkk., 2008	Butir <i>Styrofoam</i>	0%	33,78	-	-	2170,13	28
			10%	24,78	-	-	2044,59	28
			20%	16,36	-	-	1996,87	28
			30%	12,69	-	-	1864,31	28
			40%	10,85	-	-	1854,87	28
3	Ida Bagus Dharma Giri, dkk., 2008	Butir <i>Styrofoam</i>	0%	32,39	-	-	2207	28
			10%	24,14	-	-	2085,90	28
			20%	17,99	-	-	2023,92	28
			30%	13,41	-	-	1919,74	28
			40%	9,99	-	-	1844,97	28
4	Neni Simamora, dkk., 2015	Butir <i>Styrofoam</i> , dan pelarut <i>Toluena</i>	0%	23,30	-	-	-	28
			12%	23,10	-	-	-	28
			14%	21,80	-	-	-	28
			16%	20,70	-	-	-	28
			18%	19,90	-	-	-	28
			20%	16,60	-	-	-	28

Tabel 2.4: *Lanjutan*

No	Nama, Tahun	Filler, dan Bahan Tambah	Variasi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Lentur (kN)	Berat (kg/m <sup>3</sup> )	Umur (Hari)
5	A Hasyim, dkk., 2020	Butiran Styrofoam	1%	21,899	-	-	-	28

#### 2.4.5.2 *Admixture*

Dalam jurnal (Sitorus, dkk., 2018) Sika *Viscocrete-3115 N* adalah generasi terbaru dari *Superplasticizer* untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi dengan sifat daya alir yang tahan lama. Sika *Viscocrete-3115 N* memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya.

Sika *Viscocrete-3115 N* digunakan untuk tipe-tipe beton sebagai berikut:

1. Beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi.
2. Beton yang memadat dengan sendirinya (*Self Compaction Concrete/ SCC*).
3. Beton dengan kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi (hingga 30%).
4. Beton mutu tinggi.
5. Beton kedap air.
6. Beton pracetak

Kombinasi pengurangan air dalam jumlah besar, kemampuan mengalir yang tinggi dan kuat awal yang tinggi menghasilkan keuntungan yang jelas seperti tersebut dalam aplikasi diatas.

Sika *Viscocrete-3115 N* memberikan beton dengan kelecekan yang panjang dan tergantung pada desain pencampuran dan kualitas material yang digunakan, partikel-partikel *Self-Compacting* dapat dipertahankan lebih dari 1 jam pada suhu 30° C. Pencampuran Sika *Viscocrete-3115 N* ditambahkan ke air yang sudah ditakar atau ditambahkan ke dalam *mixer* (pengaduk). Untuk memperoleh manfaat optimal dari pengurangan air dalam jumlah besar, disarankan pengadukan dalam kondisi basah minimal 60 detik. Penambahan air takaran yang tersisa (untuk memperoleh konsistensi beton yang baik) hanya dapat dimulai setelah 2/3 waktu pengadukan dalam kondisi basah, untuk menghindari jumlah air yang berlebihan dalam beton.

Selain penambahan butir *Styrofoam*, penelitian ini juga menggunakan bahan kimia Sika berjenis *Viscocrete 3115 N*. Sika *Viscocrete 3115 N* adalah satu komponen mortar berbahan dasar cairan yang dirancang untuk beton kedap air sehingga dapat digunakan pada beton yang berhubungan langsung dengan air.

Tabel 2.5: Penelitian terdahulu yang menggunakan *Admixture Viscocrete*.

No	Nama, Tahun	Filler, dan Bahan Tambah	Variasi	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Lentur (kN)	Umur (Hari)
1	Yudiking Rasoni, dkk., 2014	Sikafume dan <i>Viscocrete 10</i>	Sikafume 15% dan <i>Viscocrete</i> 0.2%	76	-	-	28
2	Muhammad Zardi, dkk., 2016	<i>Viscocrete 10</i>	0%	29,54	-	-	14
			0.5% dari berat Semen	37,65	-	-	14
			1% dari berat Semen	45,29	-	-	14
			1.5% dari berat Semen	50,16	-	-	14
			1.8% dari berat Semen	51,57	-	-	14
3	Dina Heldita, 2019	<i>Viscocrete 3115 N</i>	0%	19.5	-	-	28
			0.4% dari berat air	13.79	-	-	28

## 2.5. Mix Design

*Mix-Desain* merupakan perhitungan komposisi campuran adukan beton sesuai dengan mutu beton yang direncanakan dan didasarkan pada sifat-sifat bahan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. *Mix Desain* ini berpedoman pada SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal (Jaya, dkk., 2017).

Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) pada umur tertentu.
2. Penghitungan nilai deviasi standar (S).

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada Tabel 2.4. Pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 2.6: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia (SNI 03-2834-2000).

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. Penghitungan nilai tambah/margin (m) ditentukan menggunakan tingkat mutu pekerjaan pembetonan yang dijelaskan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.7: Tingkat mutu pekerjaan pembetonan.

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

## 2.6. Slump Test

*Slump* menurut SNI 1972-2008 adalah suatu teknik untuk memantau homogenitas dan *Workability* adukan beton segar dengan suatu kekentalan tertentu yang dinyatakan dengan satu nilai *Slump*. Nilai *Slump* umumnya meningkat sebanding dengan nilai kadar air campuran beton, dengan demikian berbanding terbalik dengan kekuatan beton. Cara uji ini dapat diterapkan pada beton plastis yang memiliki ukuran maksimum agregat kasar hingga 37,5 mm (1 ½ in) (Hasanah, dkk., 2017).

Salah satu pengukuran pada kondisi beton basah adalah nilai *Slump*. Pengukuran nilai *Slump* dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekentalan (*Consistency*) adukan beton, yang selanjutnya dapat menggambarkan kemudahan pengerjaan beton (*Workability*) (Ketut, dkk., 2009).

## 2.7. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton berpedoman pada SNI 1974-2011. Kuat Tekan merupakan suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu.

Tentang cara mengevaluasi hasil uji kuat tekan beton. Maksud pengujian kekuatan tekan beton adalah untuk menentukan terpenuhinya spesifikasi kekuatan dan mengukur variabilitas beton (Jaya, dkk., 2017).

Rumus yang digunakan dalam perhitungan kuat tekan beton untuk masing-masing benda uji adalah sebagai berikut: (Jaya, dkk., 2017).

$$f'_{cm} = \frac{P}{A}$$

dimana:

$F'_{cm}$  = Kuat tekan masing-masing benda uji (MPa).

$P$  = Bacaan beban (N).

$A$  = Luas penampang benda uji (mm).

Perhitungan kuat tekan rata-rata dirumuskan sebagai berikut :

$$f'_{cr} = \frac{\sum f'_{cm}}{n}$$

dimana:

$F'_{cr}$  = Kuat tekan rata-rata beton (MPa).

$n$  = Jumlah benda uji.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Metode Penelitian

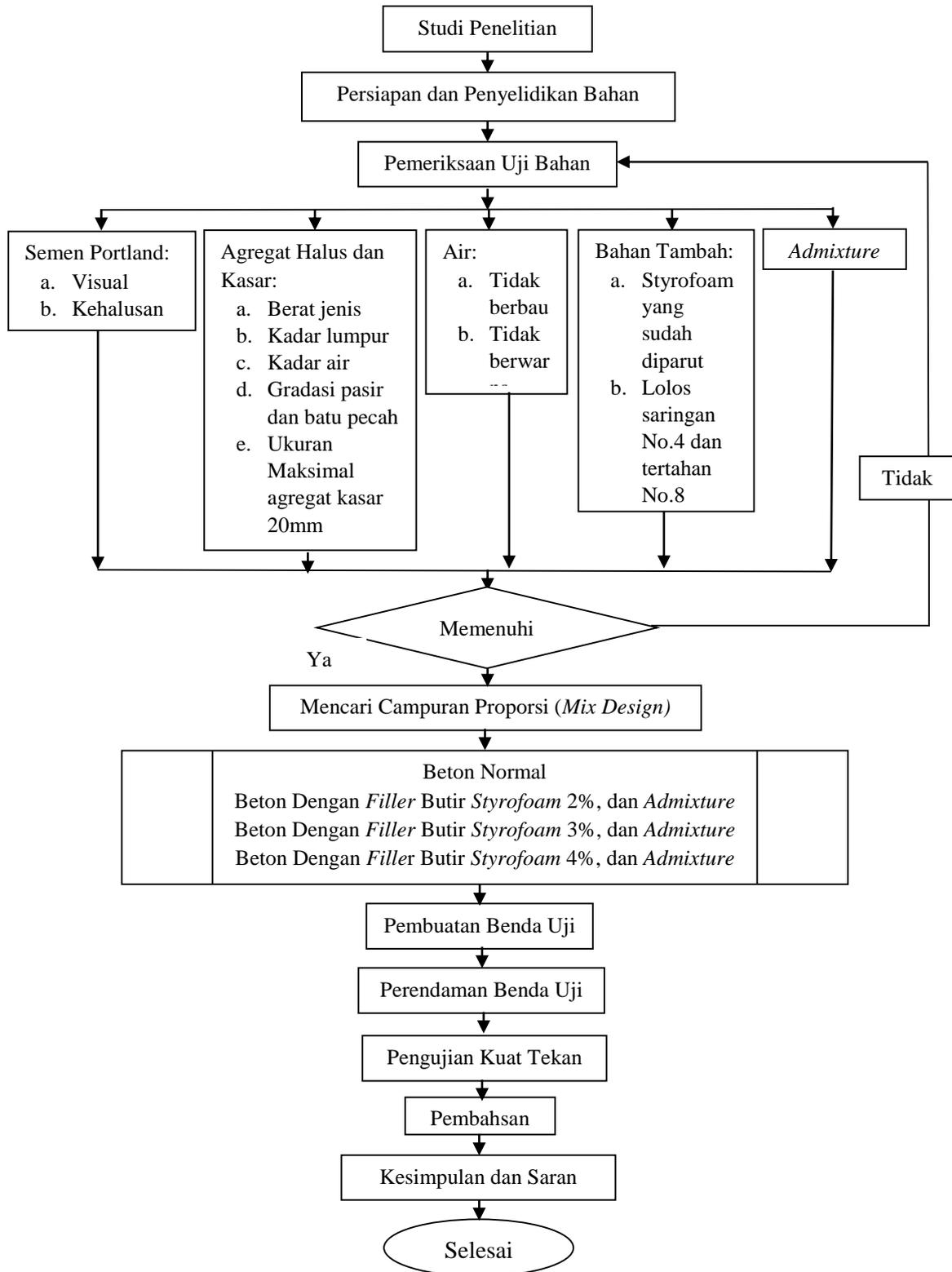
Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian.

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti kadar lumpur, analisa saringan, kadar air, berat jenis dan berat isi yang bertujuan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperoleh di Laboratorium.

Selanjutnya mencari *Mix Design* untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran beton, kemudian dilakukan penyaringan bahan tambah (*Filler*) yang telah diparut. Pada penelitian ini digunakan butir *Styrofoam* yang memiliki ukuran butiran sebesar 3 mm-5mm. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal, beton menggunakan *Filler* butir *Styrofoam* 2% terhadap volume agregat kasar, beton menggunakan *Filler* butir *Styrofoam* 3% terhadap volume agregat kasar, dan beton menggunakan *Filler* butir *Styrofoam* 4% terhadap volume agregat kasar. Setiap beton yang menggunakan *Filler* butir *Styrofoam* dilakukan penambahan *Admixture*.

Langkah selanjutnya yaitu membuat campuran beton dan mengecek nilai slump beton, setelah melakukan pengujian slump, kemudian memasukkan campuran beton kedalam cetakan silinder yang telah diberi vaselin. Kemudian benda uji didiamkan dan dilepaskan dari cetakan setelah  $\pm 24$  jam. Selanjutnya dilakukan perendaman benda uji selama 28 hari. Setelah mencapai umur 28 hari, benda uji diangkat dari tempat perendaman kemudian dilakukan pengujian kuat

tekan beton. Tahapan pelaksanaan dari penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alir penelitian yang dilaksanakan.

### **3.1.1. Data Primer**

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- f. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*).
- g. Uji kuat tekan beton.

### **3.1.2. Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (*Studi Penelitian*) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis yang dipergunakan yaitu:

1. Peraturan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. Peraturan SNI 2461-2014 tentang spesifikasi agregat ringan untuk beton Struktural.
3. Peraturan SNI 03-2495-1991 tentang spesifikasi bahan tambahan untuk beton.
4. Peraturan SNI 1974-2011 tentang metode pengujian kuat tekan beton.

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

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di Laboratorium berupa penambahan butir *Styrofoam* dan Sika pada campuran beton. Waktu penelitian direncanakan kurang lebih 3 bulan yakni mulai bulan Januari – Maret 2020.

## **3.3. Bahan dan Peralatan**

### **3.3.1. Bahan**

Bahan-bahan pembentuk beton yaitu:

1. Semen *Portland*.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Andalus (*Portland Pozzolan Cement*).



Gambar 3.2: Semen *Portland*.

## 2. Agregat halus.

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran sebesar 5 mm. Dalam pemilihan agregat halus harus benar-benar memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.



Gambar 3.3: Agregat halus (pasir).

## 3. Agregat kasar.

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah Binjai. Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm-20mm.



Gambar 3.4: Agregat kasar (kerikil).

4. Air.

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



Gambar 3.5: Air.

5. Butir *Styrofoam*.

Butir *Styrofoam* berasal dari limbah *Styrofoam* berasal dari gudang pembuatan dekorasi *Wedding Organazer* yang telah diparut menjadi ukuran butiran sebesar 3mm-5mm.



Gambar 3.6: Butir *Styrofoam*.

## 6. Admixture

Sika *Viscocrete-3115 N* adalah generasi terbaru dari *Superplasticizer* untuk beton dan mortar.



Gambar 3.7: Admixture (Sika *Viscocrete-3115 N*).

### 3.3.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk membuat beton yaitu:

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



Gambar 3.8: Satu set saringan agregat kasar.

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



Gambar 3.9: Satu set saringan agregat halus.

3. Saringan No.4.

Saringan No.4 berfungsi untuk mendapatkan butiran *Styrofoam* yang lolos saringan No.4 dan tertahan disaringan No.8.



Gambar 3.10: Saringan No.4.

4. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan dan benda uji.



Gambar 3.11: Timbangan digital.

5. Oven

Oven berfungsi untuk mengeringkan agregat kasar dan halus.



Gambar 3.12: Oven.

6. Mesin Aduk Beton ( Molen)

Molen berfungsi untuk membuat campuran atau adonan beton.



Gambar 3.13: Mesin aduk beton.

7. Kerucut Abrams

Kerucut abrams berfungsi untuk menguji *Slump*.



Gambar 3.14: Kerucut abrams.

8. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk berfungsi untuk memadatkan benda uji.



Gambar 3.15: Tongkat pengaduk.

9. Penggaris

Penggaris berfungsi untuk mengukur tinggi *Slump*.



Gambar 3.16: Penggaris.

10. Cetakan Silinder

Cetakan silinder berfungsi untuk mencetak benda uji.



Gambar 3.17: Cetakan silinder.

### 11. Gelas Ukur

Gelas ukur berfungsi untuk mengukur takaran air.



Gambar 3.18: Gelas ukur.

### 12. Plastik

Plastik berfungsi untuk wadah agregat.



Gambar 3.19: Plastik.

### 13. Sekop Tangan

Sekop tangan berfungsi untuk mengaduk dan memasukkan agregat ke dalam cetakan.



Gambar 3.20: Sekop tangan.

#### 14. Sendok Semen

Sendok semen berfungsi untuk meratakan campuran beton.



Gambar 3.21: Sendok semen.

#### 15. Ember

Ember berfungsi untuk wadah air



Gambar 3.22: Ember.

#### 16. Pan

Pan berfungsi untuk wadah campuran pembuatan beton.



Gambar 3.23: Pan.

## 17. Mesin Uji Kuat Tekan Beton

Mesin ini berfungsi untuk menguji kuat tekan beton.



Gambar 3.24: Mesin uji kuat tekan beton.

### 3.4. Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji adalah sebagai berikut:

1. Jenis benda uji:  
Slinder ukuran 15cm x 30cm.
2. Variasi persentase butir *Styrofoam*: 2%, 3%, 4%.
3. *Styrofoam* yang digunakan ukuran 3mm-5mm.

Tabel 3.1: Jumlah benda uji yang akan dibuat.

Jenis Beton	Umur Pengujian (Hari)	Jumlah Sampel
		Silinder
Beton Normal	28	3
Beton <i>Styrofoam</i> 2%	28	3
Beton <i>Styrofoam</i> 3%	28	3
Beton <i>Styrofoam</i> 4%	28	3
Jumlah		12

### 3.5. Metode Pengecoran

Langkah-langkah pembuatan benda uji dibedakan menjadi 2 yaitu:

#### 3.5.1. 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 halus, semen, dan agregat kasar. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata.
4. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
5. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat *Workability* adukan.
6. Apabila nilai *Slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
7. Diamkan selama 24 jam.
8. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

### **3.5.2. Beton butir *Styrofoam* dan *Admixture***

Langkah-langkah pembuatan benda uji beton burir *Styrofoam* dan *Admixture* adalah sebagai berikut:

1. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *Mix Design*.
2. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
3. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat halus, semen, dan agregat kasar. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata.
4. Kemudian masukan butir *Styrofoam* dengan variasi yang telah ditentukan. Aduk hingga keempat bahan tersebut tercampur merata.
5. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
6. Kemudian masukkan *Admixture* sedikit demi sedikit dengan takaran yang telah ditentukan.

7. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *Slump* untuk mengukur tingkat *Workability* adukan.
8. Apabila nilai *Slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
9. Diamkan selama 24 jam.
10. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

### **3.6. Metode Perawatan Benda Uji**

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

Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari.

### **3.7. Pengujian Benda Uji**

Menurut SNI 1974-2011, letakkan landasan tekan datar bagian bawah, dengan permukaan kerasnya menghadap ke atas pada meja atau bidang datar mesin uji secara langsung di bawah blok setengah bola. Bersihkan permukaan landasan tekan atas, landasan tekan bawah dan permukaan benda uji kemudian letakkan benda uji pada landasan tekan bawah.

Lakukan verifikasi nilai nol dan dudukkan landasan sebelum pengujian, pastikan penunjuk beban sudah menunjukkan nol. Dalam hal penunjuk tidak sempurna menunjukkan nol, atur petunjuk. Pada saat landasan atas yang didudukkan pada setengah bola diturunkan untuk membebani benda uji, putar bagian yang dapat bergerak perlahan-lahan dengan tangan sehingga dudukkan yang rata tercapai.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perencanaan Campuran Beton

##### 4.1.1 Data-Data Campuran Beton

Dalam hal ini penulis ingin menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang di inginkan. Pengujian karakteristik agregat didasarkan pada SNI. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Rekapitulasi hasil pengujian agregat.

No	Karakteristik Agregat	Hasil Pengamatan
1	Berat jenis agregat kasar	2,41 gram/cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis agregat halus	2,56 gram/cm <sup>3</sup>
3	Kadar lumpur agregat kasar	0,89%
4	Kadar lumpur agregat halus	3,31%
5	Berat isi agregat kasar	1,77 gram/cm <sup>3</sup>
6	Berat isi agregat halus	1,67 gram/cm <sup>3</sup>
7	FM agregat kasar	6,64
8	FM agregat halus	2,83
9	Kadar air agregat kasar	0,96%
10	Kadar air agregat halus	2,78%
12	Nilai slump rencana	30 cm
13	Ukuran agregat max	20 mm

*Ket: Agregat dicuci terlebih dahulu sebelum diuji*

#### 4.1.2 Gradasi Agregat Kasar

Gradasi agregat kasar diperoleh berdasarkan pengujian karakteristik analisa saringan agregat kasar yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik gradasi agregat kasar.

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing–masing saringan untuk 1 benda uji. Untuk agregat kasar terlampir pada Tabel 4.2, sedangkan untuk agregat halus terlampir pada Tabel 4.3. Nilai total berat tertahan didapat dari % berat tertahan dikalikan dengan jumlah total agregat yang didapat dari perbandingan.

Tabel 4.2: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

No. Saringan	% tertahan	Berat tertahan (kg)
1,5''	0,00	0,000
3/4''	2,44	0,145
3/8''	59,30	3,534
No. 4	38,26	2,280
Total		5,959

Berat tertahan pada saringan 3/4”:

$$\begin{aligned} &= \text{total berat agregat kasar pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\ &= 5,959 \times \frac{2,44}{100} \\ &= 0,145 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat tertahan pada saringan 3/8”:

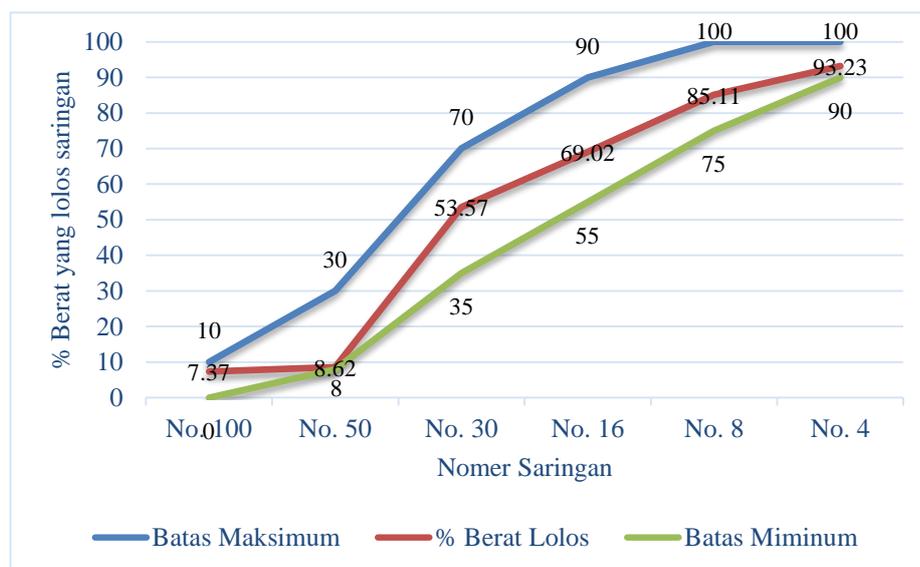
$$\begin{aligned} &= \text{total berat agregat kasar pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\ &= 5,959 \times \frac{59,30}{100} \\ &= 3,534 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat tertahan pada saringan no.4:

$$\begin{aligned} &= \text{total berat agregat kasar pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\ &= 5,959 \times \frac{38,26}{100} \\ &= 2,280 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 4.1.3 Gradasi Agregat Halus

Gradasi agregat halus diperoleh berdasarkan pengujian karakteristit analisa saringan agregat halus yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4.2: Grafik gradasi agregat halus.

Tabel 4.3: Banyak agregat halus yang di butuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

No. Saringan	% tertahan	Berat tertahan (kg)
No. 4	6,77	0,198
No. 8	8,12	0,237
No. 16	16,09	0,470
No. 30	15,29	0,446
No. 50	45,11	1,317
No. 100	1,25	0,036
Pan	7,37	0,215
Total		2,920

Berat tertahan pada saringan no.4:

$$\begin{aligned}
 &= \text{total berat agregat halus pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\
 &= 2,920 \times \frac{6,77}{100} \\
 &= 0,198 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat tertahan pada saringan no.8:

$$\begin{aligned}
 &= \text{total berat agregat halus pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\
 &= 2,920 \times \frac{8,12}{100} \\
 &= 0,237 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat tertahan pada saringan no.16:

$$\begin{aligned}
 &= \text{berat agregat halus pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\
 &= 2,920 \times \frac{16,09}{100} \\
 &= 0,470 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat tertahan pada saringan no.30:

$$\begin{aligned}
 &= \text{berat agregat halus pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\
 &= 2,920 \times \frac{15,29}{100} \\
 &= 0,446 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat tertahan pada saringan no.50:

$$\begin{aligned}
 &= \text{berat agregat halus pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\
 &= 2,920 \times \frac{45,11}{100} \\
 &= 1,317 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat tertahan pada saringan no.100:

$$\begin{aligned}
 &= \text{berat agregat halus pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\
 &= 2,920 \times \frac{1,25}{100} \\
 &= 0,036 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat tertahan pada saringan pan:

$$\begin{aligned}
 &= \text{berat agregat halus pada 1 benda uji} \times \frac{\% \text{ tertahan}}{100} \\
 &= 2,920 \times \frac{7,37}{100} \\
 &= 0,215 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 12 benda uji, banyak bahan yang di butuhkan untuk 12 benda uji pada agregat kasar terlampir pada Tabel 4.4, dan untuk agregat halus terlampir pada Tabel 4.5. Jumlah total agregat tiap saringan didapat dari hasil berat tertahan per saringan per benda uji dikalikan dengan jumlah total benda uji.

Tabel 4.4: Banyak agregat kasar yang di butuhkan untuk tiap saringan untuk 12 benda uji.

No. Saringan	Rumus		Jumlah agregat (kg)
	Berat tertahan (kg)	X Jumlah benda uji	
1,5"	0,000	12	0,000
3/4"	0,145	12	1,740
3/8"	3,534	12	42,408
No. 4	2,280	12	27,360
Total			71,508

Tabel 4.5: Banyak agregat halus yang di butuhkan untuk tiap saringan untuk 12 benda uji.

No. Saringan	Rumus		Jumlah agregat (kg)
	Berat tertahan (kg)	X Jumlah benda uji	
No. 4	0,198	12	2,376
No. 8	0,237	12	2,844
No. 16	0,470	12	5,640
No. 30	0,446	12	5,352
No. 50	1,317	12	15,804
No. 100	0,036	12	0,432
Pan	0,215	12	2,580
Total			35,040

#### 4.1.4 Bahan Tambah (*Filler*)

Penggunaan bahan tambah berupa butir *Styrofoam* lolos saringan no. 4 tertahan no. 8 dengan persentase 2%, 3%, dan 4% dari jumlah berat agregat kasar.

Tabel 4.6: Berat butir *Styrofoam* sesuai persentase.

Persentase <i>Styrofoam</i>	Jumlah berat agregat kasar (kg)	Berat <i>Styrofoam</i> (kg)
2%	5,959	0,119
3%	5,959	0,179
4%	5,959	0,238

Banyak butir *Styrofoam* persentase 2% dari jumlah berat agregat kasar:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Persentase butir } \textit{Styrofoam} \times \text{Jumlah berat agregat kasar} \\
 &= 2\% \times 5,959 \\
 &= 0,119 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Banyak butir *Styrofoam* persentase 3% dari jumlah berat agregat kasar:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Persentase butir } \textit{Styrofoam} \times \text{Jumlah berat agregat kasar} \\
 &= 3\% \times 5,959 \\
 &= 0,179 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Banyak butir *Styrofoam* persentase 4% dari jumlah berat agregat kasar:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Persentase butir } \textit{Styrofoam} \times \text{Jumlah berat agregat kasar} \\
 &= 4\% \times 5,959 \\
 &= 0,238 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.7: Banyak butir *Styrofoam* yang di butuhkan untuk 9 benda uji.

Persentase butir <i>Styrofoam</i>	Rumus		Jumlah butir <i>Styrofoam</i> (kg)
	Berat butir <i>Styrofoam</i> (kg) X Jumlah benda Uji		
2%	0,119	3	0,357
3%	0,179	3	0,537
4%	0,238	3	0,714
Total			1,608

Tabel 4.8: Substitusi agregat kasar dengan butir *Styrofoam* pada 1 benda uji.

Persentase butir <i>Styrofoam</i>	Berat butir <i>Styrofoam</i> (kg)	Jumlah berat agregat kasar (kg)	Jumlah berat agregat kasar sesuai persentase <i>Styrofoam</i> (kg)
2%	0,119	5,929	5,840
3%	0,179	5,929	5,781
4%	0,238	5,929	5,721

Jumlah berat agregat kasar pada persentase butir *Styrofoam* 2%:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Jumlah berat agregat kasar} - \text{Berat butir } \textit{Styrofoam} \text{ 2\%} \\
 &= 5,929 - 0,119 \\
 &= 5,840 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah berat agregat kasar pada persentase butir *Styrofoam* 3%:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Jumlah berat agregat kasar} - \text{Berat butir } \textit{Styrofoam} \text{ 3\%} \\
 &= 5,929 - 0,179 \\
 &= 5,781 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah berat agregat kasar pada persentase butir *Styrofoam* 4%:

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah berat agregat kasar} - \text{Berat butir } \textit{Styrofoam} \text{ 4\%} \\ &= 5,929 - 0,238 \\ &= 5,721 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.1.5 Admixture

Penggunaan *Admixture* sebanyak 0,8% dari berat semen:

Banyak *Admixture* 0,8% dari jumlah berat semen:

$$\begin{aligned} &= \text{Persentase } \textit{Admixture} \times \text{Jumlah berat semen} \\ &= 0,8\% \times 2,341 \\ &= 0,019 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### 4.1.6 Mix Design

Pada penelitian ini menggunakan *Mix Design* sesuai SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.

Tabel 4.9: Perencanaan campuran beton (SNI 03-28334-2000).

No	Uraian	Tabel/Gambar perhitungan	Nilai
1.	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	20 MPa
2.	Deviasi Standar	-	12 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	-	5,7 MPa
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 2 + 3	37,7 MPa
5.	Jenis semen		PPC Type 1
6.	Jenis agregat: - Kasar - Halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7.	Faktor air semen bebas	Gambar 4.3	0,43

Tabel 4.9: Lanjutan.

No	Uraian	Tabel/Gambar perhitungan		Nilai	
8.	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9.	Slump	Ditetapkan		30-60 cm	
10.	Ukuranan gregat maksimum	Ditetapkan		20 mm	
11.	Kadar air bebas	Tabel 4.17		190 kg/ m <sup>3</sup>	
12.	Jumlah semen	11:7		441,86 kg/ m <sup>3</sup>	
13.	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		441,86 kg/ m <sup>3</sup>	
14.	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/ m <sup>3</sup>	
15.	Faktor air semen yang disesuaikan	Item 7		0,43	
16.	Susunan besar agregat halus	Gambar 4.4		Daerah Gradasi zona 2	
17.	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.5		Gradasi Maksimum 20mm	
18.	Persen agregat halus	Gambar 4.6		33%	
19.	Berat jenis relative agregat (jenuh kering permukaan)	Tabel		2,46	
20.	Berat isi beton	Gambar 4.7		2300 kg/ m <sup>3</sup>	
21.	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1668,14 kg/ m <sup>3</sup>	
22.	Kadar agregat halus	18 x 21		550,49 kg/ m <sup>3</sup>	
23.	Kadar agregat kasar	21-22		1117,65 kg/ m <sup>3</sup>	
	Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (kg atau lt)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
24.	- Tiap m <sup>3</sup>	441,86	190	550,49	1117,65
	- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,43	1,25	2,53

Tabel 4.9: Lanjutan.

No	Uraian	Tabel/Gambar perhitungan		Nilai	
25.	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m <sup>3</sup>	441,86	182,44	551,03	1124,67
	- Tiap campuran uji m <sup>3</sup>	1	0,41	1,25	2,55

Maka, dari data-data diatas saya membuat perencanaan campuran beton (*Mix Design*) yang terlampir pada Tabel 4.9 berdasarkan SNI 03-2834 (2000). Setelah menganalisa, maka didapat proporsi untuk nilai perbandingan campuran beton per m<sup>3</sup> dapat dilihat pada Tabel 4.10:

Tabel 4.10: Perbandingan campuran beton per m<sup>3</sup>.

Semen	Pasir	Batu Pecah	Air
441,86 kg	551,03 kg	1124,67 kg	182,44 kg
1	1,25	2,55	0,41

Untuk satu benda uji (kg)

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

Tinggi = 30 cm

Diameter = 15 cm

Volume silinder =  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t$   
 =  $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,30$   
 = 0,0053 m<sup>3</sup>

Maka :

Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= banyak semen x volume silinder  
 = 441,86 kg/m<sup>3</sup> x 0,0053 m<sup>3</sup>  
 = 2,341 kg

Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

= banyak pasir x volume silinder  
 = 551,03 kg/m<sup>3</sup> x 0,0053 m<sup>3</sup>  
 = 2,920 kg

Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{banyak batu pecah} \times \text{volume silinder} \\
 &= 1124,67 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 5,959 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji

$$\begin{aligned}
 &= \text{banyak air} \times \text{volume silinder} \\
 &= 182,44 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 \\
 &= 0,967 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11: Perbandingan campuran beton per 1 benda uji.

Semen	Pasir	Batu Pecah	Air
2,341 kg	2,920 kg	5,959 kg	0,967 kg
1	1,25	2,55	0,41

Tabel 4.12: Perbandingan campuran beton normal per 3 benda uji.

Material	Campuran Beton Per 1 Benda uji (kg)	Jumlah Benda Uji	Jumlah Berat Material (kg)
Semen	2,341	3	7,023
Pasir	2,920	3	8,760
Batu Pecah	5,959	3	17,877
Air	0,967	3	2,901

Tabel 4.13: Perbandingan campuran beton butir *Styrofoam* 2% + *Admixture* 0,8% per 3 benda uji.

Material	Campuran Beton Per 1 Benda uji (kg)	Jumlah Benda Uji	Jumlah Berat Material (kg)
Semen	2,341	3	7,023
Pasir	2,920	3	8,760
Batu Pecah	5,840	3	17,520
Air	0,967	3	2,901
Butir <i>Styrofoam</i>	0,119	3	0,357
<i>Admixture</i>	0,019	3	0,057

Tabel 4.14: Perbandingan campuran beton butir *Styrofoam* 3% + *Admixture* 0,8% per 3 benda uji.

Material	Campuran Beton Per 1 Benda uji (kg)	Jumlah Benda Uji	Jumlah Berat Material (kg)
Semen	2,341	3	7,023
Pasir	2,920	3	8,760
Batu Pecah	5,781	3	17,343
Air	0,967	3	2,901
Butir <i>Styrofoam</i>	0,179	3	0,537
<i>Admixture</i>	0,019	3	0,057

Tabel 4.15: Perbandingan campuran beton butir *Styrofoam* 4% + *Admixture* 0,8% per 3 benda uji.

Material	Campuran Beton Per 1 Benda uji (kg)	Jumlah Benda Uji	Jumlah Berat Material (kg)
Semen	2,341	3	7,023
Pasir	2,920	3	8,760
Batu Pecah	5,721	3	17,163
Air	0,967	3	2,901
Butir <i>Styrofoam</i>	0,238	3	0,714
<i>Admixture</i>	0,019	3	0,057

Tabel 4.16: Total material yang diperlukan dalam penelitian.

Semen	Pasir	Batu Pecah	Air	Butir <i>Styrofoam</i>	<i>Admixture</i>
28,092 kg	35,040 kg	69,900 kg	11,604 kg	1,608 kg	0,171 kg

Banyak semen yang digunakan untuk 12 benda uji:

$$\begin{aligned}
 &= \text{banyak semen untuk 1 benda uji} \times 12 \\
 &= 2,341 \text{ kg} \times 12 \\
 &= 28,092 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Banyak pasir yang digunakan untuk 12 benda uji:

$$\begin{aligned} &= \text{banyak pasir untuk 1 benda uji} \times 12 \\ &= 2,920 \text{ kg} \times 12 \\ &= 35,040 \text{ kg} \end{aligned}$$

Banyak batu pecah yang digunakan untuk 12 benda uji:

$$\begin{aligned} &= (\text{banyak batu pecah untuk 1 benda uji} \times 12) - \text{berat total butir Styrofoam} \\ &= (5,959 \text{ kg} \times 12) - 1,608 \\ &= 69,900 \text{ kg} \end{aligned}$$

Banyak air yang dirgunakan untuk 12 benda uji:

$$\begin{aligned} &= \text{banyak air untuk 1 benda uji} \times 12 \\ &= 0,967 \times 12 \\ &= 11,604 \text{ kg} \end{aligned}$$

Banyak butir *Styrofoam* yang dirgunakan untuk 9 benda uji:

$$\begin{aligned} &= \text{jumlah persentase 2\%} + \text{jumlah persentase 3\%} + \text{jumlah persentase 4\%} \\ &= 0,357 + 0,537 + 0,714 \\ &= 1,608 \text{ kg} \end{aligned}$$

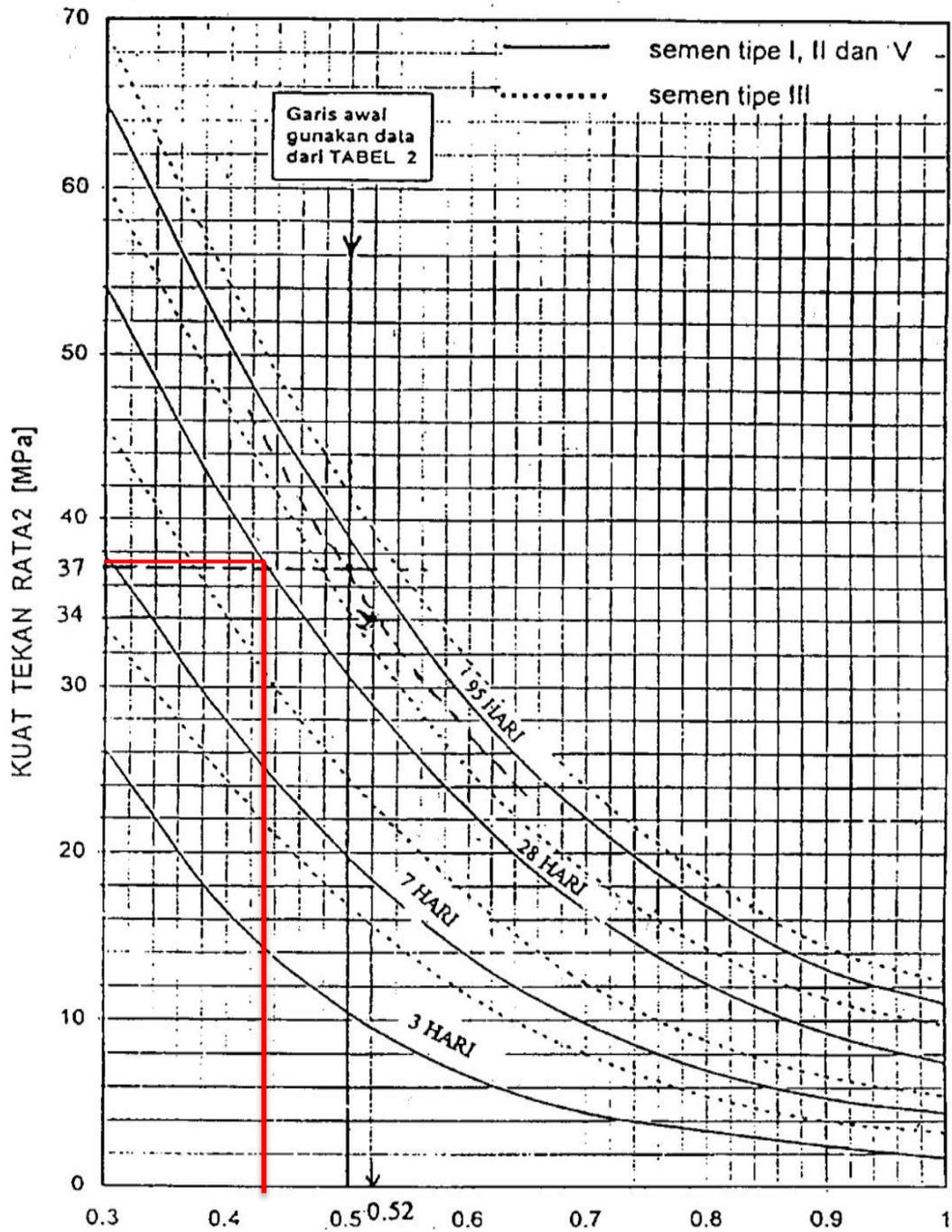
Banyak *Admixture* yang dirgunakan untuk 9 benda uji:

$$\begin{aligned} &= \text{banyak Admixture untuk 1 benda uji} \times 9 \\ &= 0,019 \times 9 \\ &= 0,171 \text{ kg} \end{aligned}$$

Penjelasan pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kuat tekan yang disyaratkan sudah ditetapkan 20 MPa untuk umur 28 hari.
2. Menentukan Nilai Margin 12 MPa Berdasarkan Tabel 2.6
3. Penghitung nilai tambah margin (m) 5,7 MPa .
4. Menentukan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ( $20 + 12 + 5,7 = 37,7$  MPa).
5. Jenis Semen yang digunakan adalah Tipe I. PPC
6. Jenis agregat diketahui:
  - Agregat halus alami = Pasir
  - Agregat kasar = Batu Pecah
7. Faktor air semen bebas dari titik kekuatan tekan 37,7 MPa tarik garis datar menuju zona 28 hari, lalu tarik garis kebawah yang menunjukkan faktor air

semen, maka didapat faktor air semen = 0,43. Seperti pada Gambar 2.8 dibawahini:



Gambar 4.3: Faktor air semen bebas.

8. Faktor air semen maksimum dalam hal ini ditetapkan 0,60. Dalam faktor air semen yang diperoleh tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah harga faktor air semen yang lebih kecil.
9. *Slump* ditetapkan setinggi 30-60mm.
10. Ukuran agregat maksimum: Ditetapkan 20mm
11. Untuk mendapatkan kadar air bebas, periksalah Tabel 4.17 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah.

Tabel 4.17: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m<sup>3</sup>) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton (SNI 03-2834-2000).

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	<i>Slump</i> (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

Untuk agregat gabungan yang berupa campuran antara pasir alami dan kerikil/batu pecah maka kadar air bebas harus diperhitungkan 180kg/m<sup>3</sup> untuk agregat halus dan 210kg/m<sup>3</sup> untuk agregat kasar/ kalau nilai *slump* 30-60mm dan baris ukuran agregat maksimum 20mm baris ini yang dipakai sebagai pendekatan, karena dalam Tabel belum ada baris ukuran agregat maksimum 20mm. maka memakai persamaan:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (4.1)$$

dengan:

$W_h$  = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus dan

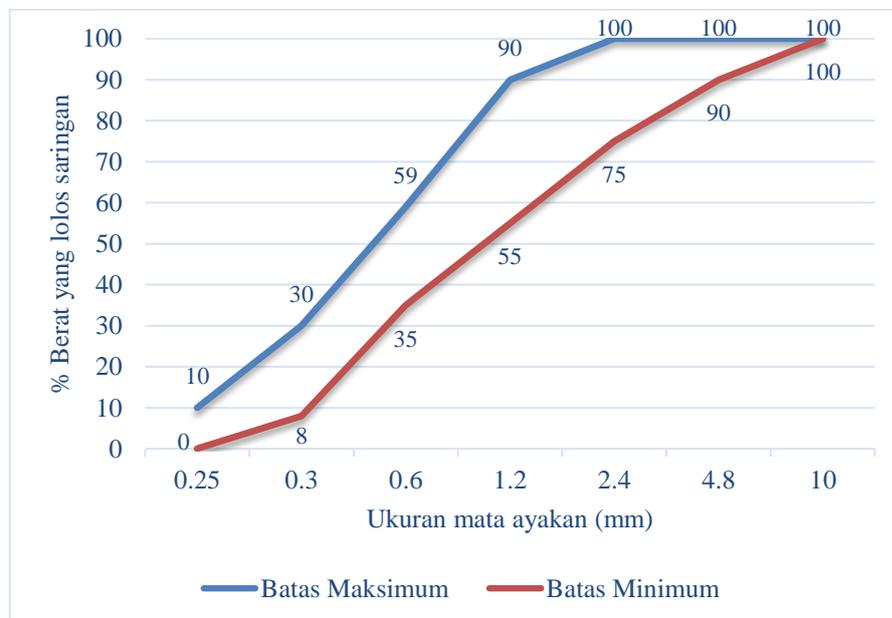
$W_k$  = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Dalam contoh ini dipakai agregat halus berupa pasir alami dan agregat kasar berupabatu pecah / kerikil, maka jumlah kadar air yang diperlukan:

$$= \frac{2}{3} 180 + \frac{1}{3} 210$$

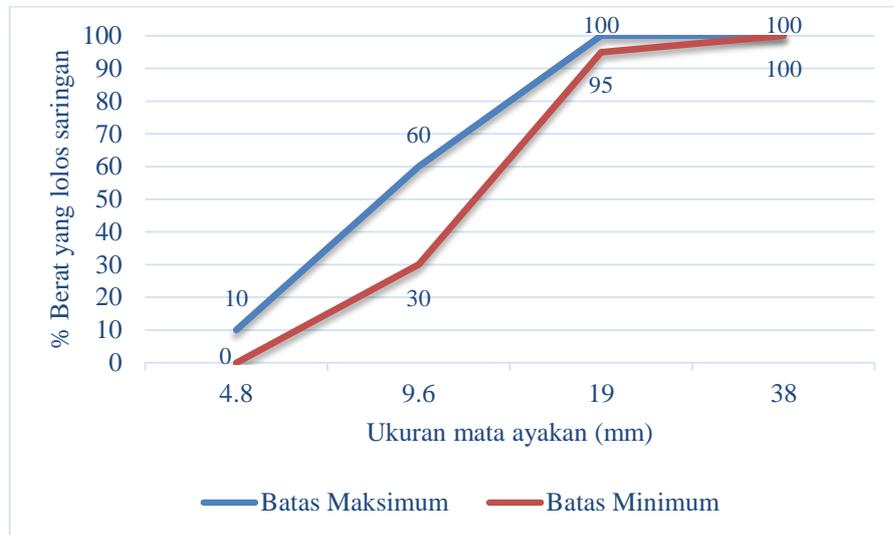
$$= 190 \text{ kg/m}^3$$

12. Jumlah semen, yaitu:  $190 : 0,43 = 441,86 \text{ kg/m}^3$ .
13. Nilai jumlah semen maksimum diambil sama dengan poin 12.
14. Jumlah semen minimum ditetapkan  $275 \text{ kg/m}^3$ , seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan butir 11 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air semen yang baru perlu disesuaikan.
15. Faktor air semen yang disesuaikan, dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. Susunan besar butir agregat butir halus ditetapkan pada gradasi pasir pada Gambar 4.4



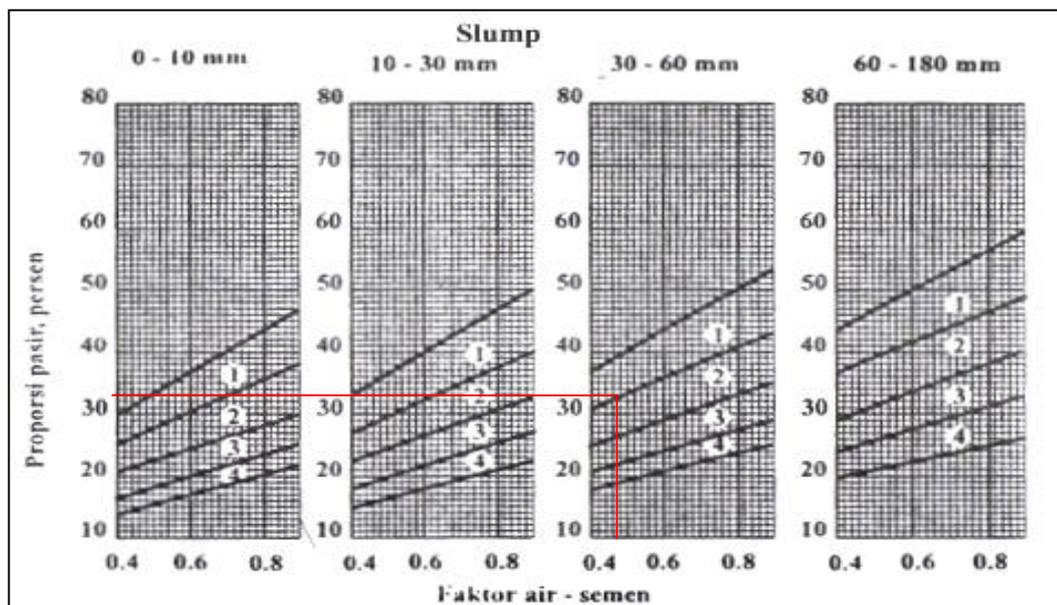
Gambar 4.4: Daerah gradasi pasir sedang.

17. Susunan besar butir agregat butir kasar ditetapkan pada gradasi kerikal pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5: Batas gradasi kerikal atau koral maksimum 20 mm.

18. Persen agregat halus dari 4,75 mm ini dicari dalam Gambar 4.6 pada nilai slump 30-60mm dan nilai faktor air semen 0,43. Bagi agregat halus/pasir yang termasuk daerah susunan no.2 diperoleh nilai 33%. Seperti yang akan dijelaskan pada Gambar 4.6.

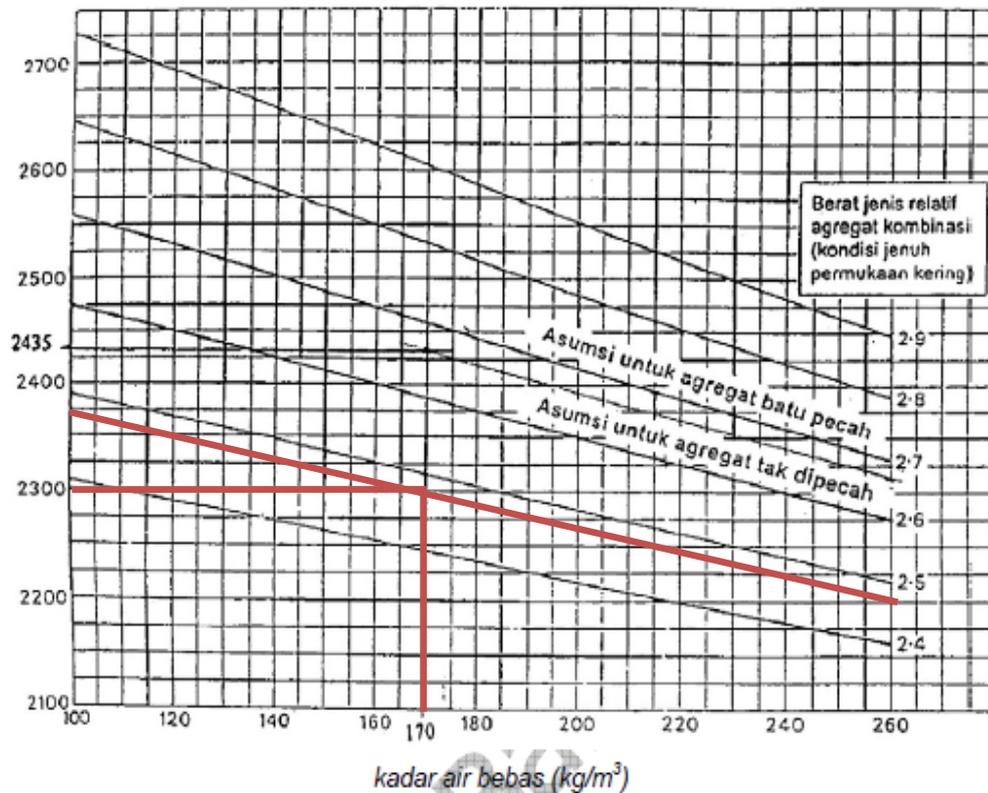


Gambar 4.6: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm (SNI 03-2834, 2000).

19. Berat jenis relatif agregat ini adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena agregat halus dalam ini merupakan gabungan pula dari dua macam agregat halus lainnya, maka berat jenis sebelum menghitung berat jenis agregat gabungan antara pasir dan kerikil. Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut:

$$- \text{BJ agregat gabungan} = (0,33 \times 2,56) + (0,67 \times 2,41) = 2,46$$

20. Berat isi beton diperoleh dengan cara menarik garis yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,47. Titik potong garis yang tegak lurus menunjukkan kadar air bebas, dalam hal ini  $170 \text{ kg/m}^3$  ditarik sampai dengan nilai berat jenis beton yang didapat. Kemudian menarik lagi garis horizontal sehingga nilai berat isi beton didapat. Dalam hal ini diperoleh angka  $2300 \text{ kg/m}^3$ . Yang dijelaskan seperti Gambar 4.7 dibawah ini:



Gambar 4.7: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton (SNI 03-2834, 2000).

21. Kadar air gabungan adalah berat jenis beton dikurang jumlah kadar semen dan kadar air, perhitungannya sebagai berikut:

$$2300 - 441,86 - 190 = 1668,14 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar agregat halus adalah persen agregat halus dikali kadar agregat gabungan, perhitungannya sebagai berikut:

$$0,33 \times 1668,14 = 550,49 \text{ kg/m}^3$$

23. Kadar agregat kasar adalah kadar agregat gabungan dikurangkan ar agregat halus, perhitungannya sebagai berikut:

$$1668,14 - 550,49 = 1117,65 \text{ kg/m}^3$$

24. Proporsi campuran dari langkah no. 1 hingga no.22 kita dapatkan susunan campuran beton teoritis untuk tiap  $\text{m}^3$  sebagai berikut:

- Semen = 441,86  $\text{kg/m}^3$
- Agregat halus = 550,49  $\text{kg/m}^3$
- Agregat kasar = 1117,65  $\text{kg/m}^3$
- Air = 190  $\text{kg/m}^3$

25. Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakai sebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai, perhitungannya sebagai berikut:

- Agregat kasar

$$\begin{aligned} D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} &= 1117,65 + (0,96 - 0,33) \times \frac{1117,65}{100} \\ &= 1124,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Agregat halus

$$\begin{aligned} C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} &= 550,49 + (2,78 - 2,68) \times \frac{550,49}{100} \\ &= 551,03 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Air

$$\begin{aligned} B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} &= 190 - (2,78 - 2,68) \times \frac{550,49}{100} - (0,96 - \\ &0,33) \times \frac{1117,65}{100} \\ &= 182,44 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka didapat total untuk:

- Semen = 441,86 kg
- Agregat kasar = 1124,67 kg
- Agregat halus = 551,03 kg
- Air = 182,44 kg

## 4.2 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan bentuk benda uji silinder dengan ukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm, jumlah benda uji yang di buat sebanyak 12 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

### 1. Pengadukan beton

Pengadukan beton dilakukan dengan menggunakan mesin pengaduk (mixer). Mula-mula air kira-kira  $\frac{1}{3}$  dari jumlah air yang ditetapkan dimasukkan kedalam bejana pengaduk, lalu di masukan agregat halus dari nomor sarigan paling kecil hingga yang paling besar, lalu di masukan agregat kasar dari  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", dan no.4, lalu semen, lalu dimasukan kembali air sebanyak  $\frac{2}{3}$  dari jumlah air yang di tetapkan dibiarkan bahan-bahan tersebut ini terlihat menyatu terlebih dahulu kemudian, setelah adukan rata, kemudian sisa air yang belum dimasukkan kedalam bejana dimasukkan ke bejana. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan tampak campuran homogen dan sudah tampak kelecakan yang cukup. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

### 2. Pencetakan

Sebelum beton di masukan kedalam cetakan terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan (*Slump Test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan yang telah di sediakan, masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan sendok aduk, sekop. Setiap pengambilan campuran dari pan harus dapat mewakili keseluruhan dari adukan tersebut, isi  $\frac{1}{3}$  cetakan dengan adukan lalu di lakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk dengan batang besi yang berdiameter 16mm, dengan jumlah tusukan 25 kali, hal ini terus dilakukan untuk  $\frac{2}{3}$  dan  $\frac{3}{3}$  atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet sebanyak 10 sampai 15

kali agar udara yang terperangkap didalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan kaca untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah  $24 \pm 4$  jam dan tidak lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

### 3. Pemeliharaan beton

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditetapkan. Ruang penyimpanan harus bebas getaran selama 48 jam pertama setelah perendaman.

### 4.3 Slump Test

Pengambilan nilai *Slump* dilakukan untuk masing – masing campuran baik pada beton normal maupun beton yang menggunakan bahan tambah (*Admixture*). Pengujian *Slump* dilakukan dengan kerucut *Abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira – kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk dibiarkan jatuh bebas tanpa dipaksa, setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 30 detik setelah itu angkat kerucut dengan cara tegak lurus sampai adukan beton terlepas semua dari cetakan, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *Slump*.

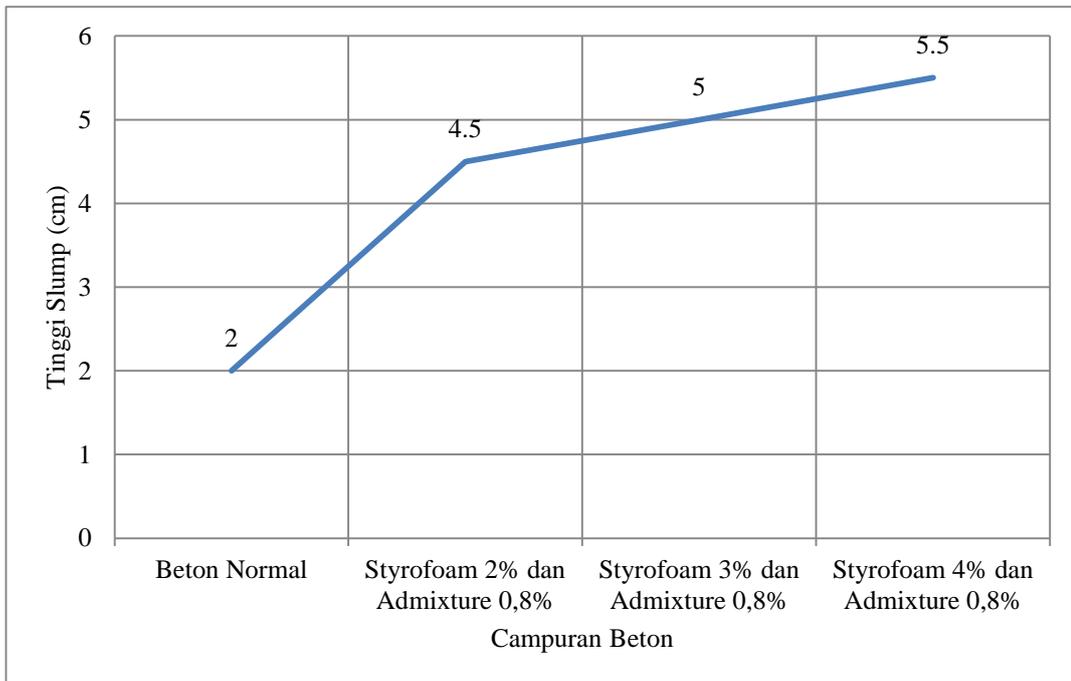
Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melihat *Workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) dari campuran beton segar adalah dengan pengujian *Slump*, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.18. Pada tabel ini dijelaskan nilai *Slump* pada masing masing pencetakan beton. Seperti yang kita ketahui, perencanaan *Slump* pada *Job Mix Design* adalah 30-60mm.

Tabel 4.18: Hasil Pengujian Nilai *Slump*.

Umur	Beton normal	Beton campuran butir <i>Styrofoam</i> dan <i>Admixture</i> 0,8%		
		2%	3%	4%
Hari	28	28	28	28

Tabel 4.18: *Lanjutan.*

Umur	Beton normal	Beton campuran butir <i>Styrofoam</i> dan <i>Admixture</i> 0,8%		
<i>Slump</i> (cm)	2	4,5	5	5,5



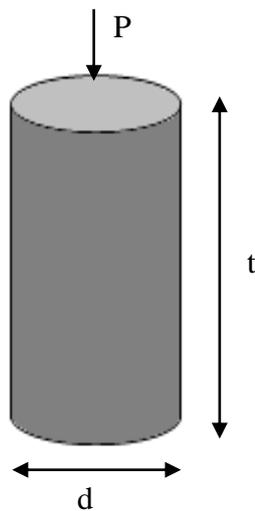
Gambar 4.8: Grafik *Slump* beton.

Berdasarkan Tabel 4.18, setelah pengujian nilai *Slump* didapatkan bahwa penambahan butir *Styrofoam* 2%, 3%, 4% dan *Admixture* 0,8% terhadap berat semen mengalami peningkatan nilai *Slump*.

Gambar 4.8 memperlihatkan bahwa penambahan jumlah *Styrofoam* dan *Admixture* pada campuran beton meningkatkan nilai *Slump*.

#### 4.4 Pengujian Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 2500 kN, benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm seperti pada Gambar 4.9 dan jumlah benda uji 50 buah, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 4.9: Beban tekan pada benda uji silinder.

Ada beberapa macam cetakan benda uji yang dipakai, diantaranya adalah kubus dengan panjang 15cm, lebar 15cm, dan tinggi 15cm. Serta silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Perbedaannya terletak pada perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton yang didapat setelah diuji. Yakni faktor untuk kubus adalah 1, sedangkan faktor dari silinder adalah 0,83.

Pengujian terhadap kuat tekan beton dilakukan untuk mendapatkan gambaran mutu beton tersebut. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Jadi pengujian kuat tekan ini merupakan pembuktian dari hasil perbandingan *Mix Design* yang dibuat berdasarkan mutu rencana.

#### 4.4.1 Berat Satuan Beton

Pemeriksaan berat satuan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut :

- Tinggi = 30 cm

- Diameter = 15 cm

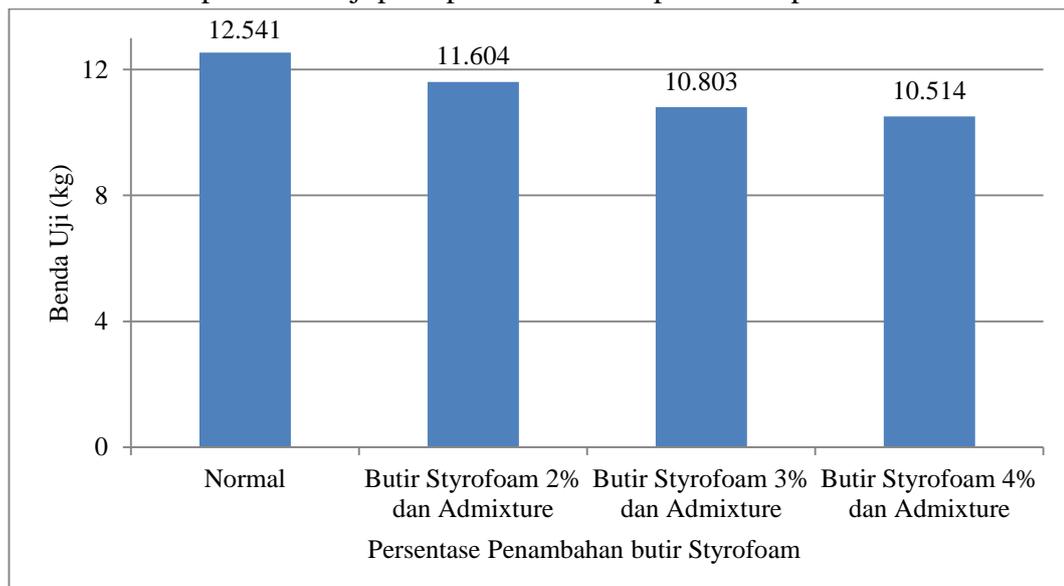
$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot T \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,15^2 \cdot 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Adapun hasil pengujian berat satuan beton rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut:

Tabel 4.19: Hasil Pengujian Berat Satuan Beton Rata-Rata.

Persentase butir <i>Styrofoam</i> (%)	Berat benda uji (kg)	Berat rata-rata benda uji (kg)	Reduksi (%)
Beton normal	12,465	12,541	0,000
	12,571		
	12,586		
Butir <i>Styrofoam</i> 2% dan <i>Admixture</i>	11,648	11,604	8,072
	11,533		
	11,631		
Butir <i>Styrofoam</i> 3% dan <i>Admixture</i>	10,960	10,803	16,085
	10,607		
	10,842		
Butir <i>Styrofoam</i> 4% dan <i>Admixture</i>	10,448	10,514	19,272
	10,577		
	10,518		

Berat rata-rata per benda uji pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10: Grafik berat benda uji.

Dari Tabel 4.19 dan Gambar 4.10 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan butir *Styrofoam* dan pada campuran beton, maka satuan beton akan semakin turun.

Hasil penimbangan berat rata-rata beton per benda uji beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah butir *Styrofoam* 0%, 2%, 3%, 4%, maka dapat kita lihat adanya persentase penurunan berat pada beton yang menggunakan *Filler* dan *Admixture*. Persentase penurunannya dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

Reduksi penurunan berat benda uji

Penambahan butir *Styrofoam* 2% dan *Admixture* (umur 28 hari):

$$= \frac{12,541 - 11,604}{11,604} \times 100\%$$

$$= 8,072 \%$$

Penambahan butir *Styrofoam* 3% dan *Admixture* (umur 28 hari):

$$= \frac{12,541 - 10,803}{10,803} \times 100\%$$

$$= 16,085 \%$$

Penambahan butir *Styrofoam* 4% dan *Admixture* (umur 28 hari):

$$= \frac{12,541 - 10,514}{10,514} \times 100\%$$

$$= 19,272 \%$$

Sedangkan kebutuhan volume setiap variasi atau satu kali adukan, ialah = 3 x 0,0053 m<sup>3</sup> = 0,01590 m<sup>3</sup> dan sebagai toleransi kehilangan saat pembuatan, Maka kebutuhan bahan untuk jumlah setiap total variasi ditambah 10% dari total variasi , yaitu = 0,01590 m<sup>3</sup>+(0,01590 m<sup>3</sup>x 10%) = 0,0175m<sup>3</sup>.

Sehingga didapat seluruh kebutuhan bahan pada setiap variasi atau 1 kali adukan sebagai berikut :

Berat isi rencana = 2300 kg/m<sup>3</sup>

Volume pekerjaan = 0,0699 m<sup>3</sup>

Tabel 4.20: Hasil pengujian berat isi beton.

No	Variasi Beton	Berat Penuh Air Pada Volume Silinder (kg)	Berat Beton (kg)	Berat isi Beton (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Isi Beton Rata-rata (kg/m <sup>3</sup> )	Berat Isi Beton Rencana (kg/m <sup>3</sup> )	Yield	Berat Isi Lebih (%)			
1	BN 3 Sampe 1	5,3	12,465	2351	2365	2300	1,02	0,02			
			12,571	2371							
			12,586	2374							
2	BS 2% 3 Sampe 1	5,3	11,648	2197	2189		2300	0,95	-0,05		
			11,533	2176							
			11,631	2194							
3	BS 3% 3 Sampe 1	5,3	10,960	2067	2037			2300	0,88	-0,12	
			10,607	2001							
			10,842	2045							
4	BS 4% 3 Sampe 1	5,3	10,448	1971	1983				2300	0,86	-0,14
			10,577	1995							
			10,518	1984							

Berdasarkan data pengujian berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing-masing sebesar 2365 kg/m<sup>3</sup> (Beton Normal), 2189 kg/m<sup>3</sup> (BS 2%), 2037 kg/m<sup>3</sup> (BS 3%), dan 1983 kg/m<sup>3</sup> (BS 4%). Dapat disimpulkan berat isi beton yang dibuat sesuai dengan berat isi beton rencana yaitu 2300 kg/m<sup>3</sup>. Dikarenakan nilai toleransi kehilangan bahan, sehingga jumlah bahan dlebihkan dan semua bahan tidak ada tersisa saat pembuatan benda uji. Tetapi berat isi rata-rata beton normal diatas masih sesuai dengan berat satuan beton normal yaitu antara 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> (SNI 03 – 2847 – 2002), sedangkan berat isi rata-rata beton *Filler* butir *Styrofoam* dengan variasi 2%, 3%, 4% dari volume agregat kasar termasuk kategori beton ringan untuk struktur ringan.

#### 4.4.2 Kuat Tekan Beton Normal

Pengujian beton normal dilakukan pada saat beton berumur 28 hari seperti yang telah dijelaskan diatas. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton normal dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.21: Hasil pengujian kuat tekan beton normal.

Benda Uji	Bahan tambah	Beban tekan (P) (kg)	A= 176,71cm <sup>2</sup> $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
I	Normal	3000	20,464	23,192
II	Normal	3350	22,510	
III	Normal	3950	26,603	

Berdasarkan hasil kuat tekan beton normal, didapat nilai kuat tekan untuk umur beton 28 hari rata-rata sebesar 23,192 MPa. Penelitian beton normal ini memenuhi persyaratan karena nilai kuat tekan umur beton 28 hari yang dihasilkan melebihi dari nilai kuat tekan rencana sebesar 20 MPa.

#### 4.4.3 Kuat Tekan Beton Campuran Butir *Styrofoam* 2% dan *Admixture*

Pengujian beton campuran butir *Styrofoam* 2% dan *Admixture* dilakukan pada saat beton berumur 28. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton campuran butir *Styrofoam* 2% dan *Admixture* dapat dilihat pada Tabel 4.22. Tabel ini menjelaskan tentang nilai kuat tekan pada beton campuran butir *Styrofoam* sebesar 2% dan *Admixture* pada saat umur beton 28 hari rata-rata adalah 19,441 MPa. Dari hasil tersebut kita dapat mengambil kesimpulan bahwa penggunaan butir *Styrofoam* 2% dapat menurunkan kuat tekan beton.

Tabel 4.22: Hasil pengujian kuat tekan beton campuran butir *Styrofoam* 2% dan *Admixture*.

Benda Uji	Bahan Tambah	Beban tekan(P) (kg)	A= 176,71 cm <sup>2</sup> $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
I	Butir <i>Styrofoam</i> 2% dan <i>Admixture</i>	3000	20,464	19,441

Tabel 4.22: *Lanjutan.*

Benda Uji	Bahan Tambah	Beban tekan(P) (kg)	A= 176,71 cm <sup>2</sup> $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
II	Butir <i>Styrofoam</i> 2% dan <i>Admixture</i>	2700	18,418	19,441
III	Butir <i>Styrofoam</i> 2% dan <i>Admixture</i>	2850	19,441	

#### 4.4.4 Kuat Tekan Beton Campuran Butir *Styrofoam* 3% dan *Admixture*

Pengujian Beton Campuran butir *Styrofoam* 3% dan *Admixture* dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton butir *Styrofoam* 3% dan *Admixture* dapat dilihat pada Tabel 4.23. Untuk variasi penambahan persentase pada butir *Styrofoam* sebanyak 3% ini, dapat dilihat penurunan kuat tekan karakteristik yakni pada saat umur beton 28 hari sebesar 15,462 MPa,

Tabel 4.23: Hasil pengujian kuat tekan beton campuran butir *Styrofoam* 3% dan *Admixture*.

Benda Uji	Bahan Tambah	Beban tekan(P) (kg)	A= 176,71 cm <sup>2</sup> $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
I	Butir <i>Styrofoam</i> 3% dan <i>Admixture</i>	2350	16,030	15,462
II	Butir <i>Styrofoam</i> 3% dan <i>Admixture</i>	2200	15,007	
III	Butir <i>Styrofoam</i> 3% dan <i>Admixture</i>	2250	15,348	

#### 4.4.5 Kuat Tekan Beton Campuran Butir *Styrofoam* 4% dan *Admixture*

Pengujian Beton Campuran butir *Styrofoam* 4% dan *Admixture* dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Hasil dari penyelidikan kuat tekan beton butir *Styrofoam* 4% dan *Admixture* dapat dilihat pada Tabel 4.24. Untuk variasi penambahan

persentase pada butir *Styrofoam* sebanyak 4% ini, dapat dilihat penurunan kuat tekan karakteristik yakni pada saat umur beton 28 hari sebesar 10,573 MPa,

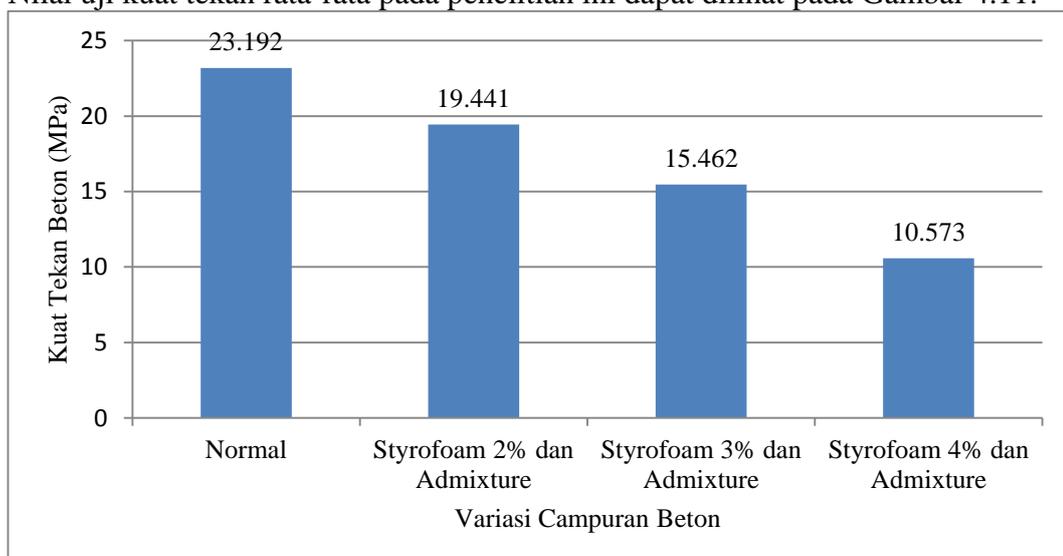
Tabel 4.24: Hasil pengujian kuat tekan beton campuran butir *Styrofoam* 4% dan *Admixture*.

Benda Uji	Bahan Tambah	Beban tekan(P) (kg)	A= 176,71 cm <sup>2</sup> $f'_c = (P/A)/0,83$ (MPa)	$f'_c$ rata-rata (MPa)
Umur 28 hari				
I	Butir <i>Styrofoam</i> 4%	1500	10,232	10,573
II	Butir <i>Styrofoam</i> 4%	1350	9,209	
III	Butir <i>Styrofoam</i> 4%	1800	12,278	

#### 4.5 Pembahasan

Perbandingan persentase butir *Styrofoam* pada penelitian ini adalah 0%, 2%, 3%, 4%, dan perbandingan persentase butir *Styrofoam* pada penelitian sebelumnya adalah 0%, 1%, 1,5%. Maka dapat dibandingkan nilai kuat tekan dan berat beton pada hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.

Nilai uji kuat tekan rata-rata pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11: Grafik kuat tekan beton 28 hari.

Dari Gambar 4.11 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan butir *Styrofoam* dan pada campuran beton, maka nilai kuat tekan akan semakin turun. Hasil nilai kuat tekan akhir beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah butir *Styrofoam* 2%, 3%, 4%, maka dapat kita lihat adanya persentase penurunan nilai kuat tekan pada beton yang menggunakan *Filler* dan *Admixture*. Persentase penurunannya dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

Penambahan butir *Styrofoam* 2% dan *Admixture*:

$$\begin{aligned} \text{Besarnya nilai peningkatan (umur 28 hari)} &= \frac{19,441 - 23,192}{23,192} \times 100\% \\ &= 16,175\% \end{aligned}$$

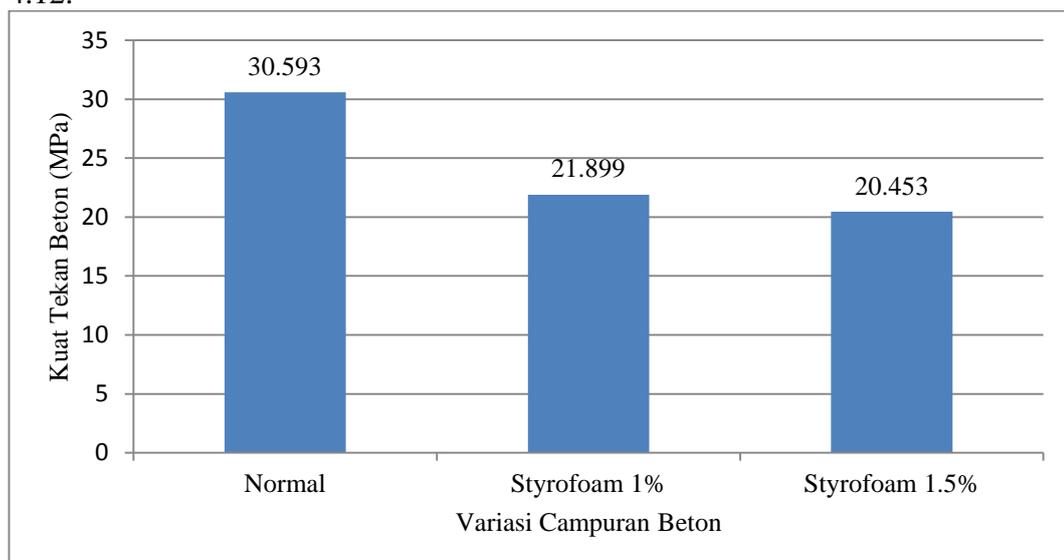
Penambahan butir *Styrofoam* 3% dan *Admixture*:

$$\begin{aligned} \text{Besarnya nilai peningkatan (umur 28 hari)} &= \frac{15,462 - 23,192}{23,192} \times 100\% \\ &= 33,333\% \end{aligned}$$

Penambahan butir *Styrofoam* 4% dan *Admixture*:

$$\begin{aligned} \text{Besarnya nilai penurunan (umur 28 hari)} &= \frac{10,573 - 23,192}{23,192} \times 100\% \\ &= 54,412\% \end{aligned}$$

Nilai uji kuat tekan rata-rata pada penelitian terdahulu dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12: Grafik kuat tekan beton 28 hari penelitian terdahulu.

Dari Gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan butir *Styrofoam* dan pada campuran beton, maka nilai kuat tekan akan semakin turun. Hasil nilai kuat tekan akhir beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah butir *Styrofoam* 0%, 1%, 1.5%, maka dapat kita lihat adanya persentase penurunan nilai kuat tekan pada beton yang menggunakan *Filler* dan *Admixture*. Persentase penurunannya dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

Penambahan butir *Styrofoam* 1% dan *Admixture*:

$$\begin{aligned}\text{Besarnya nilai peningkatan (umur 28 hari)} &= \frac{21,899 - 30,593}{30,593} \times 100\% \\ &= 28,41\%\end{aligned}$$

Penambahan butir *Styrofoam* 1,5% dan *Admixture*:

$$\begin{aligned}\text{Besarnya nilai peningkatan (umur 28 hari)} &= \frac{20,453 - 30,593}{30,593} \times 100\% \\ &= 33,14\%\end{aligned}$$

Maka dapat disimpulkan nilai kuat tekan pada hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya semakin besar penambahan butir *Styrofoam* dan pada campuran beton, maka satuan beton akan semakin turun.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Berat isi rata-rata beton normal adalah  $2365 \text{ kg/m}^3$  masih sesuai dengan berat satuan beton normal yaitu antara  $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$  (SNI 03 - 2847 - 2002), sedangkan berat isi rata-rata beton *Filler* butir *Styrofoam* dengan variasi 2%, 3%, 4% dari volume agregat kasar adalah  $2189 \text{ kg/m}^3$ ,  $2037 \text{ kg/m}^3$ ,  $1983 \text{ kg/m}^3$  maka dapat dikategorikan sebagai beton ringan untuk struktur ringan.
2. Nilai kuat tekan pada beton normal dengan beton campuran butir *Styrofoam* dan *Admixture* sebagai berikut:
  - Beton normal = 23,192 MPa
  - Beton campuran butir *Styrofoam* 2% dan *Admixture* = 19,441 MPa
  - Beton campuran butir *Styrofoam* 3% dan *Admixture* = 15,462 MPa
  - Beton campuran butir *Styrofoam* 4% dan *Admixture* = 10,573 MPa
3. Nilai berat beton per 1 benda uji pada beton normal dengan beton campuran butir *Styrofoam* dan *Admixture* sebagai berikut:
  - Beton normal = 12,541 kg
  - Beton campuran butir *Styrofoam* 2% dan *Admixture* = 11,604 kg
  - Beton campuran butir *Styrofoam* 3% dan *Admixture* = 10,803 kg
  - Beton campuran butir *Styrofoam* 4% dan *Admixture* = 10,514 kg

#### 5.2. Saran

1. Pada saat pembuatan campuran beton perlu diperhatikan kelecakan campuran, sesuai nilai slump yang direncanakan.

2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan butir *Styrofoam* dan *Admixture* untuk menguji nilai kuat tarik belah pada beton.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan butir *Styrofoam* dan *Admixture* untuk menguji nilai kuat lentur pada beton.
4. Perlu adanya perbedaan persentase butir *Styrofoam* dan penggunaan *Admixture* jenis lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Almufid. (2015). Beton Mutu Tinggi dengan bahan Tambahan. *Jurnal Fondasi*, 4(2), 81–87.
- Andreo, P., Januar, S., Susilorini, R. M. I. R., & Widiyanto, D. (2014). *Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Blok Beton Sandwich Dengan Isian Styrofoam*.
- Djamaludin, R., Irmawaty, R., & F, A. Agung. (2015). *Karakteristik beton ringan dengan bahan pengisi styrofoam*.
- Ginting, A. (2015). *Kuat tekan dan porositas beton porous dengan bahan pengisi styrofoam*. 11(55), 76–168.
- Hasanah, E. R., Gunawan, A., & Afrizal, Y. (2017). *Pengaruh penambahan serat kulit pinang dan serbuk kayu terhadap kuat tarik belah beton*. 9(1).
- Jaya, M., Kader, I. M. S., Suasira, I. W., & Yuda, I. P. I. (2017). *Perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah antara beton normal dan beton integral*. 17(3).
- Ketut, S. I. G., & Ketut, S. (2009). *Permeabilitas beton dengan penambahan styrofoam*. 13(2), 192–198.
- Kusnedi, & Sulistyorini, D. (2011). *Pengaruh penambahan superplastisizer terhadap campuran beton ringan yang menggunakan styrofoam*. VII(2), 124–140.
- Lincoln, K. (2017). *Pengaruh abu terbang sebagai bahan pengganti semen pada beton beragregat halus bottom ash*.
- Pratama, E., & Hisyam, E. S. (2016). *Kajian kuat tekan dan kuat tarik belah beton kertas (papaercrete) dengan bahan tambah serat nylon*. 4, 28–38.
- Rahmat, Hendriyani, I., & Anwar, M. S. (2016). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture. *Info Teknik*, 17(2), 205–218.
- Saifuddin, M. I., Edison, Bambang, S.Pd, M., & Fahmi, Khairul, S.Pd, M. (2014). *Pengaruh penambahan campuran serbuk kayu terhadap kuat tekan beton*. (1).
- Satyarno, O. I. (2004). *Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan ( BATAFOAM )*.
- Sitorus, L. R., & Sitorus, T. (2018). *Analisis kuat tekan terhadap umur beton*

*dengan menggunakan admixture superplasticizer viscocrete-3115 n.*

- Ummati, Alfina Mahya, Wisnumurti, & Naigolan, C. R. (2015). *Kuat geser panel beton bertulang bambu lapis styrofoam dengan beban in-plane*. 151, 10–17. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Ummati, Alfinna Mahyati, Wisnumurti, & Remayanti, N. C. (2015). *Kuat geser panel beton bertulang bambu lapis styrofoam dengan beban in-plane Alfinna*.
- Almufid. (2015). *Beton Mutu Tinggi dengan bahan Tambahan*. *Jurnal Fondasi*, 4(2), 81–87.
- Andreo, P., Januar, S., Susilorini, R. M. I. R., & Widiyanto, D. (2014). *Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Blok Beton Sandwich Dengan Isian Styrofoam*.
- Djamaludin, R., Irmawaty, R., & F, A. Agung. (2015). *Karakteristik beton ringan dengan bahan pengisi styrofoam*.
- Ginting, A. (2015). *Kuat tekan dan porositas beton porous dengan bahan pengisi styrofoam*. 11(55), 76–168.
- Hasanah, E. R., Gunawan, A., & Afrizal, Y. (2017). *Pengaruh penambahan serat kulit pinang dan serbuk kayu terhadap kuat tarik belah beton*. 9(1).
- Jaya, M., Kader, I. M. S., Suasira, I. W., & Yuda, I. P. I. (2017). *Perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah antara beton normal dan beton integral*. 17(3).
- Ketut, S. I. G., & Ketut, S. (2009). *Permeabilitas beton dengan penambahan styrofoam*. 13(2), 192–198.
- Kusnedi, & Sulistyorini, D. (2011). *Pengaruh penambahan superplastisizer terhadap campuran beton ringan yang menggunakan styrofoam*. VII(2), 124–140.
- Lincoln, K. (2017). *Pengaruh abu terbang sebagai bahan pengganti semen pada beton beragregat halus bottom ash*.
- Pratama, E., & Hisyam, E. S. (2016). *Kajian kuat tekan dan kuat tarik belah beton kertas (papaercrete) dengan bahan tambah serat nylon*. 4, 28–38.
- Rahmat, Hendriyani, I., & Anwar, M. S. (2016). *Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture*. *Info Teknik*, 17(2), 205–218.
- Saifuddin, M. I., Edison, Bambang, S.Pd, M., & Fahmi, Khairul, S.Pd, M. (2014). *Pengaruh penambahan campuran serbuk kayu terhadap kuat tekan beton*. (1).

- Satyarno, O. I. (2004). *Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan ( batafoam )*.
- Sitorus, L. R., & Sitorus, T. (2018). *Analisis kuat tekan terhadap umur beton dengan menggunakan admixture superplasticizer viscocrete-3115 N*.
- Ummati, Alfina Mahya, Wisnumurti, & Naigolan, C. R. (2015). *Kuat geser panel beton bertulang bambu lapis styrofoam dengan beban in-plane*. 151, 10–17.  
<https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Ummati, Alfinna Mahyati, Wisnumurti, & Remayanti, N. C. (2015). *Kuat geser panel beton bertulang bambu lapis styrofoam dengan beban in-plane alfinna*.

# LAMPIRAN

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama : Wahyu Fajar Handoko  
Panggilan : Wahyu  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 30 September 1998  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Alamat Sekarang : Jl. Dahlia Gg. Mulio No. 63  
HP/Tlpn Seluler : 0878-8382-6731

---

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210161  
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 dan Tempat	Tahun
<b>Kelulusan</b>		
Sekolah Dasar	SD Pahlawan Nasional	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 12 Medan	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMKN 5 Medan	2013 - 2016

---

### ORGANISASI

Informasi	Tahun
Anggota Rohis SMKN 5 Medan	2016
Anggota Osis SMKN 5 Medan	2016

---

Lampiran  
Dokumentasi pada saat penelitian berlangsung di Laboratorium beton  
Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



Gambar L.1: Material agregat halus dan kasar yang digunakan.



Gambar L.2: Semen Andalus Tipe 1 PPC.



Gambar L.3: Butir *Styrofoam* yang sudah diparut.



Gambar L.4: *Admixture* (Sika Viscocrete-3115 N).



Gambar L.5: Proses pembuatan benda uji.



Gambar L.6: Proses pencampuran material.



Gambar L.7: Proses perakitan bekisting benda uji.



Gambar L.8: Proses penimbangan benda uji.



Gambar L.9: Proses perendaman benda uji.



Gambar L.10: Proses uji kuat tekan pada benda uji.