

**TUGAS AKHIR**

**PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON DENGAN  
MENGUNAKAN ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI  
SUBSTITUSI PASIR PADA CAMPURAN BETON DENGAN  
BAHAN TAMBAH SIKAMENT NN  
(Studi Penelitian)**

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

**Disusun Oleh:**

**RAHMATSYAH HENDRY SIGALINGGING**  
**1707210146**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Rahmatsyah Hendry Sigalingging  
NPM : 1707210146  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Sikament NN* (Studi Penelitian)  
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA  
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 25 Februari 2022

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rahmatsyah Hendry Sigalingging  
NPM : 1707210146  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Sikament NN* (Studi Penelitian)  
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 25 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding I



Muhammad Husin Gultom, ST., M.T

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rahmatsyah Hendry Sigalingging  
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Morawa, 25 Desember 1997  
NPM : 1707210146  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Sikament NN* (Studi Penelitian)”

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

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau 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, 25 Februari 2022

Saya yang menyatakan,



Rahmatsyah Hendry Sigalingging

## ABSTRAK

### **PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON DENGAN MENGGUNAKAN ABU TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR PADA CAMPURAN BETON DENGAN BAHAN TAMBAH *SIKAMENT NN* (STUDI PENELITIAN)**

Rahmatsyah Hendry Sigalingging  
1707210146  
Dr. Fahrizal Zulkarnain

Industri – industri di Indonesia yang sangat pesat, sebagian besar material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*). Dalam penelitian ini bertujuan untuk membuat kreasi konstruksi baru yaitu untuk memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus dengan penambahan zat kimia berupa *Sikament NN* pada campuran beton. *Sikament NN* merupakan *superplasticizer* dengan pengurang air dalam jumlah besar dan mempercepat pengerasan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari penambahan abu tempurung kelapa sebagai substitusi pasir dan *Sikament NN* terhadap nilai kuat tarik belah beton. Dengan variasi beton normal, beton abu tempurung kelapa 0%, 5%, 10%, 15% dari berat pasir dan *Sikament NN* sebesar 1% dari berat semen. Sampel pengujian beton yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15 x 30 cm<sup>3</sup> sebanyak 15 benda uji. Pengujian dilakukan dengan menguji tentang perbandingan beton normal dengan pengaruh penambahan abu tempurung kelapa terhadap nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari. Nilai kuat tarik belah yang diperoleh sesuai dengan variasi adalah beton normal sebesar 2,66 MPa, 0% (2,45 MPa), 5% (2,15 MPa), 10% (2,03 MPa), 15% (1,70 MPa). Nilai kuat tarik belah optimum diperoleh pada variasi beton normal.

Kata Kunci: Abu Tempurung Kelapa, *Sikament NN*, Kuat Tarik Belah

## **ABSTRACT**

### **TESTING OF CONCRETE TENSILE STRENGTH BY USING COCONUT SHELL ASH AS SAND SUBSTITUTION IN CONCRETE MIXTURE WITH ADDITIONAL MATERIALS SIKAMENT NN (RESEARCH STUDY)**

Rahmatsyah Hendry Sigalingging  
1707210146  
Dr. Fahrizal Zulkarnain

*The industries in Indonesia are very fast, most of the materials used in construction work are concrete. This study aims to create new construction creations, namely to utilize coconut shell waste as a substitute for fine aggregate with the addition of a chemical substance in the form of Sikament NN in the concrete mixture. Sikament NN is a superplasticizer with a large amount of water reducing and accelerating the hardening of concrete. This study aims to study the effect of adding coconut shell ash as a substitute for sand and Sikament NN on the value of the split tensile strength of concrete. With normal concrete variations, coconut shell ash concrete is 0%, 5%, 10%, 15% of the weight of sand and Sikament NN is 1% of the weight of cement. The concrete test sample used was a cylinder with a size of 15 x 30 cm<sup>3</sup> as many as 15 test objects. The test was carried out by testing the comparison of normal concrete with the effect of adding coconut shell ash to the value of the split tensile strength of concrete at the age of 28 days. The split tensile strength values obtained according to the variation are normal concrete of 2.66 MPa, 0% (2.45 MPa), 5% (2.15 MPa), 10% (2.03 MPa), 15% (1, 70 MPa). The optimum split tensile strength value is obtained in normal concrete variations.*

*Keywords: Coconut Shell Ash, Sikament NN, Split Tensile 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 **“Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah *Sikament NN* (Studi Penelitian)”**

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 I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Muhammad Husin Gultom, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Wiwin Nurzanah, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Irma Dewi S.T, M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu ketekniksipilan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Idris Sigalingging dan Ibunda tercinta Sari Deli Harahap yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
9. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Mohammad Alfiansyah, Rafael Gultom, Muhammad Mulyadhi Siregar, Muhammad Ihsan, Akhirul Ramadhan, Muhammad Islah, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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

Medan, 25 Februari 2022

Penulis

**Rahmatsyah Hendry Sigalingging**  
**NPM.1707210146**



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.1.1 Semen	5
2.1.2 Agregat Kasar	7
2.1.3 Agregat Halus	8
2.1.4 Air	8
2.2 Pemeriksaan Material	9
2.3 Penelitian Terdahulu	11
2.4 Abu Tempurung Kelapa	13
2.5 Bahan Tambah	14
2.6 Sikament NN	15
2.7 Mix Design	18
2.8 Nilai Slump Beton	32
2.9 Kuat Tarik Belah	33
BAB 3 METODE PENELITIAN	35
3.1 Tahap Pengambilan Data	35
3.2 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data	38

3.2.1	Data Primer	38
3.2.2	Data Sekunder	38
3.2.3	Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.3	Instrumen Penelitian	38
3.3.1	Desain Benda Uji	38
3.3.2	Bahan Pembuatan Benda Uji	39
3.3.3	Alat Pembuatan Benda Uji	40
3.3.4	Alat Pendukung	40
3.4	Langkah – Langkah Pemeriksaan Bahan	41
3.4.1	Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)	41
3.4.2	Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus (Pasir)	41
3.4.3	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)	42
3.4.4	Pengujian Berat Isi Agregat Halus (Pasir)	42
3.4.5	Pengujian Kadar Air Agregat Halus (Pasir)	43
3.4.6	Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (Batu Pecah)	43
3.4.7	Pengujian Analisa Gradasi Agregat Kasar (Batu Pecah)	44
3.4.8	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar (Batu Pecah)	44
3.4.9	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar (Batu Pecah)	45
3.4.10	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar (Batu Pecah)	46
3.5	Pembuatan Abu Tempurung Kelapa	46
3.6	Mix Design	47
3.7	Pembuatan Benda Uji	49
3.8	Pemeriksaan <i>Slump Test</i>	51
3.9	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	51
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>53</b>
4.1	Tinjauan Umum	53
4.2	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	53
4.2.1	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	53
4.2.2	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	58
4.3	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Tempurung Kelapa	62
4.4	Mix Design	63
4.5	Kebutuhan Bahan	68
4.6	Pengujian Slump (Slump rencana 60-180mm)	69

4.7 Berat Isi Beton	70
4.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	72
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1 Kesimpulan	78
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	97

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	17
Tabel 2.2	: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	18
Tabel 2.3	: Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	21
Tabel 2.4	: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.	22
Tabel 2.5	: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.	23
Table 2.6	: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air.	25
Tabel 3.1	: Komposisi Campuran Benda Uji Dan Kode Benda Uji	39
Tabel 3.2	: Peralatan Pembuatan Benda Uji	40
Tabel 3.3	: Faktor Pengali Untuk Standar Deviasi Berdasarkan Jumlah Benda Uji Yang Tersedia.	40
Tabel 4.1	: Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus	53
Tabel 4.2	: Daerah Gradasi Agregat Halus	53
Tabel 4.3	: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	55
Tabel 4.4	: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	56
Tabel 4.5	: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus	57
Tabel 4.6	: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	57
Tabel 4.7	: Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar	58
Tabel 4.8	: Batas Gradasi Agregat Kasar	59
Tabel 4.9	: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	60
Tabel 4.10	: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	61
Tabel 4.11	: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	61
Tabel 4.12	: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	62
Tabel 4.13	: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu Tempurung Kelapa	62

Tabel 4.14	: Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> )	67
Tabel 4.15	: Kebutuhan Bahan Berbagai Variasi Campuran	68
Tabel 4.16	: Hasil Pengujian Slump	69
Tabel 4.17	: Hasil Pengujian Berat Isi Beton	70
Tabel 4.18	: Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Semen	6
Gambar 2.2	: Agregat Kasar	7
Gambar 2.3	: Agregat Halus	8
Gambar 2.4	: Air	9
Gambar 2.5	: Abu Tempurung Kelapa	14
Gambar 2.6	: <i>Sikament NN</i>	15
Gambar 2.7	: Hubungan antara kuat tekan dan factor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)	19
Gambar 2.8	: Hubungan antara kuat tekan dan factor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm)	20
Gambar 2.9	: Batas gradasi pasir (Kasar) No. 1	26
Gambar 2.10	: Batas Gradasi Pasir (Sedang) No. 2	26
Gambar 2.11	: Batas gradasi pasir (Agak Halus) No. 3	26
Gambar 2.12	: Batas gradasi pasir dalam daerah No.4	27
Gambar 2.13	: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 10 mm	27
Gambar 2.14	: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm	27
Gambar 2.15	: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm	28
Gambar 2.16	: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir Maksimum 10 mm	28
Gambar 2.17	: Batas gradasi agregat untuk besar butir maksimum 20 mm	29
Gambar 2.18	: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 40 mm	29
Gambar 2.19	: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.	29
Gambar 2.20	: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.	30
Gambar 2.21	: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	30
Gambar 2.22	: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	31
Gambar 2.23	: Pengujian dan Pola Retak	33
Gambar 3.1	: <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	37

Gambar 3.2 : Proses Pembakaran Tempurung Kelapa	47
Gambar 4.1 : Grafik Analisa Agregat Halus	55
Gambar 4.2 : Grafik Analisa Agregat Kasar	59
Gambar 4.3 : Grafik Slump Rata – Rata	69
Gambar 4.4 : Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Semua Variasi	76
Gambar 4.5 : Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Rata – Rata	76

## DAFTAR NOTASI

$F_{ct}$	= Kuat tarik belah	(MPa)
$\pi$	= Phi	(22/7)
P	= Beban maksimum beban belah	(N)
L	= Panjang benda uji silinder	(mm)
D	= Diameter benda uji silinder	(mm)
Bk	= Berat benda uji kering oven	(gr)
Bssd	= Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh	(gr)
Ba	= Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air	(gr)
FM	= Modulus Kehalusan	(gr)
W1	= Berat Agregat	(gr)
W4	= Berat Agregat di atas saringan no. 200 dan no. 16	(gr)
$W_3$	= Berat Benda Uji dalam kondisi lepas	(kg)
$W_5$	= Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan	(kg)
S	= <i>Bulk Specific Gravity</i> (Berat Jenis Agregat)	(Gr)
M	= Berat Isi Agregat	(kg/lit)
B	= Berat SSD agregat halus	(Gr)
E	= Berat SSD kering oven agregat halus	(Gr)
D	= Berat Pic + air	(Gr)
C	= Berat SSD + berat pic + air	(Gr)
A	= Berat SSD agregat kasar	(Gr)
B	= Berat SSD di dalam air	(Gr)
C	= Berat SSD kering oven agregat kasar	(Gr)
Ca	= Penyerapan agregat halus	(%)
Da	= Penyerapan agregat kasar	(%)
Ck	= Kadar air agregat halus	(%)
Dk	= Kadar air agregat kasar	(%)



## DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L-1 <i>Compressing Test Machine</i>	83
Gambar L-2 Saringan Agregat Kasar	83
Gambar L-3 Saringan Agregat Halus	84
Gambar L-4 Cetakan Silinder	84
Gambar L-5 Oven	85
Gambar L-6 Gelas Ukur	85
Gambar L-7 Kerucut Abrams	86
Gambar L-8 <i>Mixer</i> Beton	86
Gambar L-9 Timbangan	87
Gambar L-10 Tongkat Penumbuk	87
Gambar L-11 Bak Perendaman	88
Gambar L-12 Ember	88
Gambar L-13 Sendok semen dan sekop tangan	88
Gambar L-14 Penggaris	88
Gambar L-15 Skrap	88
Gambar L-16 Proses Pembuatan Adukan Beton	88
Gambar L-17 Proses Pengujian <i>Slump Test</i>	88
Gambar L-18 Perojokan Adukan Beton	88
Gambar L-19 Perendaman Benda Uji	88
Gambar L-20 Beton Normal	88
Gambar L-21 BTK 5%	88
Gambar L-22 BTK 0%	88
Gambar L-23 BTK 10%	88
Gambar L-24 BTK 15%	88
Gambar L-25 Pengujian Kuat Tarik Belah BTK 0%	88
Gambar L-26 Pengujian Kuat Tarik Belah BTK 5%	88
Gambar L-27 Pengujian Kuat Tarik Belah BTK 10%	88
Gambar L-28 Pengujian Kuat Tarik Belah BTK 15%	88

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Industri – industri di Indonesia yang sangat pesat, sebagian besar material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*) yang berpadu dengan baja (*composite*) atau berbagai jenis lainnya. Beton merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Bahan – bahan yang digunakan biasanya digunakan dalam campuran beton pada saat atau berapa lama waktu pencampuran berlangsung, berfungsi untuk mengubah sifat – sifat dari beton agar menjadi lebih cocok dalam pekerjaan tertentu dan lebih ekonomis (Siregar & Nurmaidah, 2016).

Limbah adalah bahan – bahan yang tidak bisa di pakai lagi sebagai fungsi yang sama. Akan tetapi sebagian besar limbah dapat di daur ulang dengan manfaat yang berbeda dan berkualitas baik. Limbah tempurung kelapa banyak dijumpai di berbagai macam tempat, seperti di pasar tradisional, industri rumahan olahan kuliner, dan tempat-tempat yang menjual untuk memenuhi kebutuhan konsumen sehari-hari, limbah tempurung kelapa belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai bahan yang bersifat ekonomis, bahkan sering digunakan sebagai tungku dapur atau dibiarkan menumpuk, hal itu jika dibiarkan akan menjadi polusi (Suchahyo & Damara, 2020).

Dalam penelitian ini bertujuan untuk membuat kreasi konstruksi baru yaitu untuk memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus dengan penambahan zat kimia berupa *Sikament NN* pada campuran beton. *Sikament NN* merupakan *superplasticizer* dengan pengurang air dalam jumlah besar dan mempercepat pengerasan beton. Cairan *superplasticizer* yang sangat efektif dengan aksi ganda untuk produksi beton yang mengalir atau bahan untuk mengurangi pemakaian air, mempercepat waktu pengerasan, dan dapat meningkatkan *workability* pada beton (Megasari & Winayati, 2017).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti, yaitu :

1. Sejauh mana pengaruh penggunaan filler abu tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus dalam beton dan bagaimana kuat tarik beton optimum setelah penambahan filler abu tempurung kelapa sebagai pengganti agregat halus pada umur beton 28 hari?
2. Apakah dengan penambahan zat adiktif *Sikament NN* pada campuran beton dapat menaikkan atau menurunkan kuat tarik belah beton?

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Metode perhitungan menggunakan (SNI 2491:2014, 2014) “Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder”
2. Metode perencanaan campuran adukan beton menggunakan (SNI 03-2834-2000, 2000b) “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”
3. Penelitian ini membandingkan kuat tarik belah beton yang menggunakan bahan tambah *Sikament NN* dan abu tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan kuat tarik belah beton yang tidak menggunakan abu tempurung kelapa.
4. Abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah berasal dari sisa limbah pertanian dan persentase variasi sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan penambahan *Sikament NN* sebesar 1 %.
5. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 15 buah beton dan 5 (lima) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel.
6. Pengujian dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton.
7. Bahan pembuat beton : *Portland Cement* type I, agregat halus dari , agregat kasar yang digunakan dari Medan, air yang digunakan dari laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh abu tempurung kelapa sebagai pengganti agregat halus dalam beton dan untuk mengetahui kuat tarik beton optimum pada umur beton 28 hari.
2. Untuk mengetahui apakah penambahan *Sikament NN* pada campuran dapat menaikkan atau menurunkan kuat tarik pada beton.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Pada penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan informasi yang jelas bagi pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat penambahan zat adiktif jenis *Sikament NN* dan penggantian agregat halus dengan abu tempurung kelapa terhadap campuran beton.
2. Memberikan informasi dengan perbandingan mutu beton dari variasi sampel beton dengan penambahan zat adiktif jenis *Sikament NN*.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

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

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

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

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

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

### BAB 3 Metodologi Penelitian

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

### BAB 4 Hasil dan Pembahasan

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

### BAB 5 Kesimpulan dan Saran

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

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Menurut (SNI 2847:2013, 2013) beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture* atau *additivie*). Menurut (SNI 03-2834-2000, 2000) beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolis (*portland cement*) yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau bahan tambah membentuk massa padat .

Mrnurut (Agustiono & Zulkarnain, 2020) masing – masing komponen tersebut perlu dipelajari sebelum memepelajari beton secara keseluruhan. Beton juga tahan terhadap serangan korosi. Secara umum kelebihan dan kekurangan beton adalah:

- a. Kelebihan Beton
  1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
  2. Mampu memilkul beban yang berat
  3. Tahan terhadap temperatur yang tinggi
  4. Biaya pemeliharaan yang kecil
  5. Tahan korosi
- b. Kekurangan Beton
  1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah
  2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
  3. Beton mempunyai berat dari pada materil lain
  4. Daya pantul suara yang besar
  5. Memerlukan material lain untuk menahan beban geser dan beban tarik

##### **2.1.1 Semen**

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua yaitu semen non hidrolis dengan semen hidrolis. Semen non hidrolis ialah semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras dengan air,

tetapi dapat mengeras menggunakan udara. Contoh dari semen non hidrolik yaitu kapur. Sedangkan semen hidrolik ialah semen yang dapat mengikat dan mengeras dengan air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland pozzolan, semen portland terak tanur tinggi, semen alumina dan semen expansif. Menurut (SNI 03-2834-2000, 2000a) semen portland diklasifikasikan menjadi 5 jenis, yaitu:

1. Jenis I, yaitu semen portland yang penggunaannya tidak memerlukan syarat-syarat khusus.
2. Jenis II, yaitu semen portland harus memiliki daya tahan terhadap panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen portland harus memiliki kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV, yaitu semen portland harus memiliki panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen portland harus sangat tahan terhadap sulfat



Gambar 2.1 : Semen PCC

### 2.1.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butiran lebih besar dari 4,80 mm. Agregat kasar disebut juga sebagai kerikil, kericak, batu pecah, atau split (Ikhsan et al., 2016). Adapun syarat-syarat agregat kasar yang baik untuk bahan campuran beton, antara lain sebagai berikut:

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung kadar lumpur yang maksimum 1%
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat- zat yang reaktif terhadap alkali
3. Agregat kasar memiliki ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari 1/5
4. Jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 tebal pelat beton, 3/4 jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan,
5. Agregat kasar tidak mengandung butiran yang panjang dan pipih lebih dari 20%,
6. Agregat kasar memiliki kekekalan maksimum 12% bagian yang hancur jika diuji dengan natrium sulfat dan jika diuji dengan magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 18%.



Gambar 2.2 : Agregat Kasar



### 2.1.3 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir lebih kecil dari 4,80 mm. Agregat halus disebut juga dengan pasir, pasir bisa diperoleh dari sungai, tanah galian atau dari hasil pemecahan batu (Ikhsan et al., 2016). Syarat-syarat agregat halus yang baik digunakan untuk bahan campuran beton antara lain, sebagai berikut:

1. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%,
2. Agregat halus tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan diatas endapan tidak boleh gelap dari warna standar atau pembanding,
3. Agregat halus memiliki modulus butir halus antara 1,50-3,80,
4. Agregat halus tidak boleh reaktif terhadap alkali,
5. Kekekalan jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika di pakai magnesium sulfat bagian yang hancur maksimum 15%.



Gambar 2.3 : Agregat Halus

### 2.1.4 Air

Air merupakan salah satu bahan dasar penyusun beton yang berguna untuk bereaksi dengan semen portland agar membentuk pasta yang berfungsi untuk mengikat agregat. Air juga berfungsi sebagai pelumas agar adukan beton mudah untuk dikerjakan. Air yang digunakan dalam pembuatan beton tidak boleh terlalu banyak karena jika semakin banyak

menggunakan air maka kuat tekan beton akan menurun (Ikhsan et al., 2016).



Gambar 2.4 : Air

## 2.2 Pemeriksaan Material

### 1. Berat Jenis Agregat

#### a. Agregat Kasar

Menurut SNI-1969-2008, agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air.

#### b. Agregat Halus

Menurut SNI-1970-2008, agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Cara uji ini digunakan untuk menentukan setelah (24+4) jam di dalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air.

Perhitungan :

$$a. \text{ Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{Bk}{Bssd - Ba} \quad (2.1)$$

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

Keterangan :

$B_k$  = Berat benda uji kering oven (gr)

$B_{ssd}$  = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

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

## 2. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi kekasaran butiran agregat yang susunan butir agregat sesuai ukurannya yang dapat di peroleh dari analisa saringan.(SNI 03-2834-2000, 2000a).

Perhitungan:

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

$$FM = \frac{\sum \text{persen tertahan komulatif mulai dari saringan } 150 \mu\text{m (0,15 mm)}}{100} \quad (2.2)$$

## 3. Kadar Lumpur

Menurut SNI-03-4141-1996, metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.

Perhitungan:

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan :

$W_1$  = Berat Agregat

$W_4$  = Berat Agregat di atas saringan

#### 4. Berat Isi Agregat

Menurut SNI-1973-2008, penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{a. Berat Isi Agregat Lepas} &= \frac{W_3}{V} \\ \text{b. Berat Isi Agregat Padat} &= \frac{W_5}{V} \\ \text{c. Voids} &= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Keterangan :

$W_3$  = Berat Benda Uji dalam kondisi lepas (gr)

$W_5$  = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (gr)

$V$  = Volume Tabung Silinder

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

$M$  = Berat Isi Agregat (gr/lt)

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

#### 5. Kadar Air Agregat

Menurut SNI-1971-2011, cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan persentase air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan.

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

$W_3$  = Berat Agregat Sebelum Diuji (gr)

$W_5$  = Berat Agregat Setelah Diuji (gr)

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Dalam sub bab ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi untuk memudahkan penulis membuat penelitian secara keseluruhan serta menggambarkan secara jelas perbedaan penelitian yang akan

penulis lakukan dengan penelitian lain yang telah ada sebelumnya dan memperkuat atau mendukung kekuatan penelitian penulis dengan adanya referensi ilmiah dari penelitian terdahulu. Dalam hal ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu terhadap pengaruh bahan tambah atau pengganti abu tempurung kelapa dan abu lainnya terhadap material pencampuran beton.

Hasil penelitian (Riyanto et al., 2018) dengan judul “Pengaruh Pemakaian Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K225” menjelaskan bahwa dalam penelitiannya arang batok kelapa sebagai pengganti agregat halus terhadap persentasi berat, variasi 7,5%, 10% dan 12,5% yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan setelah dilakukan pencampuran arang batok kelapa dengan pengujian yang dilakukan dalam umur 28 hari. Lalu hasil penelitian dari (Akbar et al., 2014) dengan judul “Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100” menjeaskan bahwa dalam penelitian ini, tempurung kelapa dipecah menjadi serpihan berukuran maksimal 15 mm x 15 mm dan digunakan sebagai penambah agregat kasar yang dicampur dengan agregat halus, air dan semen PCC. Persentase variasi tempurung kelapa yang diterapkan dalam penelitian ini adalah 0%, 5%, 7%, 9%, 11%, 13% dan 15%.

Kemudian hasil penelitian dari (Siregar & .Nurmaidah, 2016) dengan judul “Pengaruh Penggunaan Tempurung Kelapa Sebagai Penambah Agregat Kasar Mutu Beton F’c 17 MPa Terhadap Kuat Tekan Beton” menjelaskan bahwa dalam penelitiannya tempurung kelapa digunakan sebagai bahan tambahan pada campuran beton normal. Adapun variasi tempurung kelapa yang digunakan adalah 0%, 10%, 20%, dan 30%. Lalu hasil penelitian dari (Agustiono & Zulkarnain, 2020) dengan judul “Pengaruh Abu Serbuk Kayu sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Yang Menggunakan Bahan Kimia”. Pada penelitian ini digunakan abu serbuk kayu dengan persentase 10%, 20% dan 30% dari berat agregat halus dengan tambahan bahan kimia sebesar 0,8% dari berat semen. Kemudian penelitian dari (Palepy & Fahrizal, 2020) dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik Beton Dengan Bahan Tambah *Superplasticizer*”. Dengan variasi

penambahan abu cangkang kelapa sawit 0%, 10%, 20% dan 30% dari berat pasir dan sika viscocrete 3115N sebesar 0,8% dari berat semen.

Selanjutnya hasil penelitian dari (Arifin & Zulkarnain, 2020) dengan judul “Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Sawit sebagai Penguat Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah AM 78 Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton” menjelaskan bahwa bahan tambah berupa serat tandan kosong kelapa sawit yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan kuat tarik belah. Kemudian hasil penelitian dari (Fakhri & Zulkarnain, 2020) dengan judul “Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Substitusi Sebagian Pasir Pada Campuran Beton dan *Bondcrete* Ditinjau dari Kuat Tarik Belah Beton” menjelaskan hasil dari penelitian penggunaan serbuk kaca sebagai agregat halus dapat menaikkan kuat tarik belah serta menurunkan nilai penyerapan air beton. Lalu hasil penelitian dari (Wijaya & Zulkarnain, 2020) melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah *Superplasticizer* di Tinjau dari Kekuatan Tarik Belah Beton” menyimpulkan hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan, menunjukkan bahwa semakin banyak persentase abu bonggol yang dimasukkan pada campuran beton, maka semakin rendah nilai kuat tarik belah yang dihasilkan. Selanjutnya hasil penelitian dari (Megasari & Winayati, 2017) dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan *Sikament NN* Terhadap Karakteristik Beton” menyimpulkan persentase penambahan *Sikament NN* sebanyak 0%, 0,3%, 0,8%, 1,3%, 1,8%, 2,3%. Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada umur 28 hari.

#### **2.4 Abu Tempurung Kelapa**

Kelapa banyak dihasilkan oleh Indonesia dalam jumlah besar. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan tahun 2016 bahwa Indonesia memiliki luas areal perkebunan kelapa sebesar 3.566.103 Ha dengan produksi estimasi sebesar 2.890.735 Ton. Tanaman pohon kelapa banyak tersebar di daratan Indonesia, terutama daerah pantai dengan curah hujan 1300-2300 mm/tahun (Aceb, 2019).

Tempurung kelapa memiliki beberapa kandungan seperti lignin, pentosan, selulosa, air, solvent ekstraktif, uronat anhidrat, abu, dan nitrogen. Sehingga tempurung kelapa dapat atau tidaknya meningkatkan karakteristik beton. Bagian tempurung kelapa merupakan bagian yang paling keras dibandingkan dengan bagian kelapa lainnya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat ( $\text{SiO}_2$ ) yang cukup tinggi.



Gambar 2.5 : Abu Tempurung Kelapa

## 2.5 Bahan Tambah

Bahan tambah (*Admixture*) adalah bahan atau material selain air, semen dan agregat ditambahkan ke dalam beton selama pengadukan. *Admixture* digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton. Tujuan penggunaan *admixture* pada beton segar adalah untuk memperbaiki workability beton, mengatur faktor air semen pada beton segar, mengatur waktu pengikatan aduk beton, meningkatkan kekuatan beton keras, meningkatkan sifat kedap air pada beton keras, dan meningkatkan sifat tahan lama pada beton keras termasuk terhadap zat-zat kimia dan tahan terhadap gesekan (Rahmat et al., 2016).

## 2.6 Sikament NN

*Sikament NN* merupakan superplasticizer dengan pengurang air dalam jumlah besar dan mempercepat pengerasan beton. Cairan *superplasticizer* yang sangat efektif dengan aksi ganda untuk produksi beton yang mengalir atau bahan untuk mengurangi pemakaian air, mempercepat waktu pengerasan, dan dapat meningkatkan *workability* pada beton (Megasari & Winayati, 2017).



Gambar 2.6 : *Sikament NN*

*Sikament NN* digunakan sebagai *superplasticizer* dalam produksi beton yang mengalir dan sebagai bahan pengurang air untuk beton dengan kekuatan awal yang tinggi untuk :

- a. Beton pra-cetak
- b. Beton pra-tekan
- c. Jembatan dan struktur penyangga
- d. Area dimana cetakan atau bekisting harus cepat dipindahkan atau segera dibebani.

*Sikament NN* memberikan keuntungan sebagai *Superplasticizer* yaitu meningkatkan kelecakkan yang memudahkan pengecoran untuk struktur ramping dengan penulangan yang rapat, *Sikament NN* ini juga cocok untuk daerah yang kering khususnya daerah yang susah mendapatkan air bersih, karena sebagai bahan pengurang air dapat mengurangi hingga 20% dan akan memberikan peningkatan 40% kuat tekan dalam 28 hari (Maiti, 2019).



## 2.7 Mix Design

Metode perhitungan yang digunakan dalam langkah-langkah cara perancangan campuran atau Mix Design adalah SNI 03-2834-2000 “Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal” ialah:

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan  $f_c'$  pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (2.6)$$

Dengan :

s adalah deviasi standar

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

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

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.7)$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah atau satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji.

Dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

- 1) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- 2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan  $f_c'$  yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai  $f_{cr}$  yang ditentukan.
- 3) Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari.
- 4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan factor pengali dari Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

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

Catatan: Faktor pengali deviasi standar yang digunakan adalah  $f'c + 12 \text{ Mpa}$  dengan jumlah benda uji 15

- 5) Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan butir 4 diatas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{ct}$  harus diambil tidak kurang dari ( $f'c + 12 \text{ Mpa}$ )
3. Menghitung nilai tambah.
 
$$M = 1,64 \times Sr \quad (2.8)$$
 Dengan:
    - M : nilai tambah
    - 1,64 : ketetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%
    - Sr : deviasi standar rencana
  4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ( $f_{cr}$ ).
 
$$f_{cr} = f'c + M$$

$$f_{cr} = f'c + 1,64 Sr \quad (2.9)$$
  5. Menetapkan jenis semen.
  6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
  7. Menentukan factor air semen
 

Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila

tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 2.2. Bila dipergunakan gambar 2.7 atau 2.8 ikuti langkah-langkah berikut :

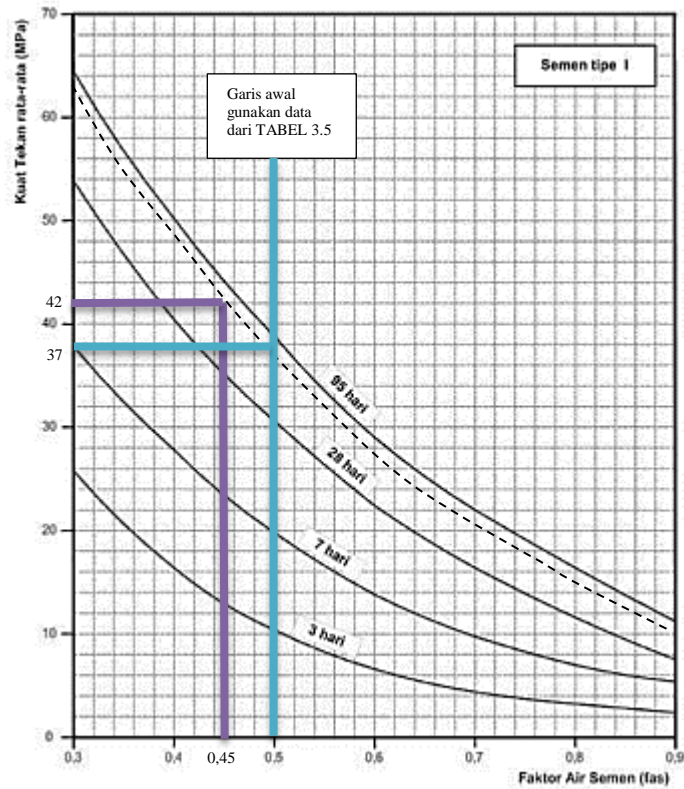
- 1) Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2.2, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- 2) Melihat gambar 2.7 untuk benda uji berbentuk silinder atau gambar 2.8 untuk benda uji berbentuk kubus;
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui factor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- 4) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub. Butir 3 secara proporsional;
- 5) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- 6) Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan;

Tabel 2.2: Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

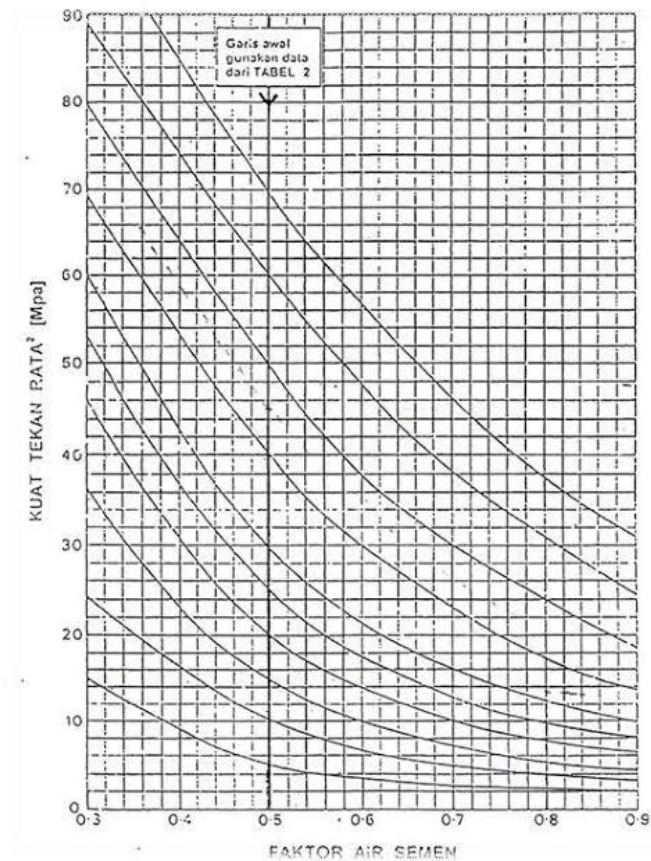
Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)					Bentuk uji
		Pada Umur (hari)				Bentuk uji	
		3	7	28	29		
Semen portland Tipe 1	Batu tak dipecah	17	23	33	40	silinder	
	Batu pecah	19	27	37	45		
Semen tahan sulfat Tipe I,II,V	Batu tak dipecah	20	28	40	48	kubus	
	Batu pecah	25	32	45	54		
Semen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

Tipe III	Batu pecah	25	33	44	48	kubus
	Batu tak dipecah	25	31	46	53	
	Batu pecah	30	40	53	60	

Catatan: Perkiraan Kekuatan Tekan (Mpa) Beton Dengan Factor Air Semen Dan Agregat Kasar Pada Hari Ke-37 Dengan Bentuk Benda Uji Berupa Silinder Menggunakan Jenis Semen Berupa Tipe 1 Dan Jenis Agregat Kasar Berupa Batu Tak Pecah.



Gambar Gambar 2.7: Hubungan antara kuat tekan dan factor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)



Gambar 2.8: Hubungan antara kuat tekan dan factor air semen (benda uji berbentuk kubus 150 x 150 x 150 mm)

8. Menentukan factor air semen maksimum (dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak).  
Jika nilai factor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.
9. Menentukan slump.  
Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.
10. Menentukan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan.  
Besarnya butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:
  - 1) seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
  - 2) sepertiga dari tebal pelat.
  - 3) tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Menentukan nilai kadar air bebas menurut butir 4.2.3.5 dari Tabel 3

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada table 2.2 dan gambar 2.7 atau 2.8.
- 2) agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (2.10)$$

Dengan:

$W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Perkiraan kadar air bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

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

Catatan :Koreksi Suhu Udara Untuk Suhu Di Atas  $25^{\circ}\text{C}$ , Setiap Kenaikan  $5^{\circ}\text{C}$  Harus Ditambah Air 5 Liter Per  $\text{M}^2$  Adukan Beton. Nilai Slum Test Yang Digunakan Adalah 195 Mm Untuk Batu Tak Di Pecah Dengan Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum 20 Mm Dan Untuk Batu Pecah Dengan Ukuran Agregat Yang Sama Adalah 225 Mm.

12. Menghitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar semen adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.

13. jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

14. Menentukan jumlah semen seminimum mungkin, Jika tidak lihat Table 2.4, 2.5, 2.6 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 2.4: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m <sup>3</sup> beton (kg)	Nilai faktor Air-Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. Keadaan keliling non-korosif b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	275 325	0,60 0,52
Beton di luar ruangan bangunan; a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung. b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325 275	0,60 0,60
Beton masuk ke dalam tanah: b. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti c. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah Beton yang kontinyu berhubungan: a. Air tawar b. Air laut	325	0,55  Lihat Tabel 2.10  Lihat Tabel 2.11

Tabel 2.5: Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO <sub>2</sub>			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m <sup>3</sup> )			F.a.s
	Dalam Tanah		SO <sub>3</sub> dalam air tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
1.	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,5
2.	0,2-0,5	1,0-0,9	0,3-1,2	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50
				Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe V	250	290	340	0,55



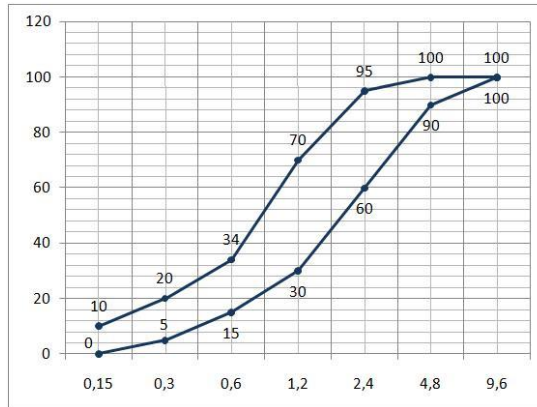
Tabel 2.5: Lanjutan.

Kadar sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO <sub>2</sub>			Tipe Semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m <sup>3</sup> )			F.a.s
	Dalam Tanah		SO <sub>3</sub> dalam air tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
3.	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
4.	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
5.	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V Lapisan Pelindung	330	370	420	0,45

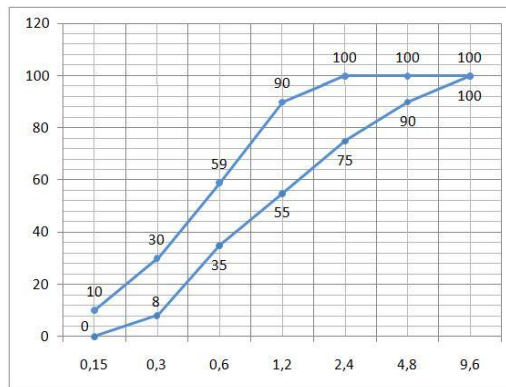
Table 2.6: Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air.

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air maks.	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> )	
				Ukuran nominal Maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Pra tegang	Air tawar	0,50	Tipe-V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan		
	Air laut	0,50	Tipe II atau Tipe V	340	380
		0,45	Tipe II atau Tipe V		

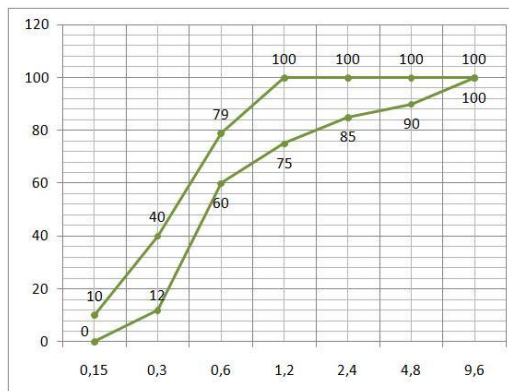
15. Menentukan factor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 2.9 sampai dengan 2.12. (ukuran mata ayakan (mm))



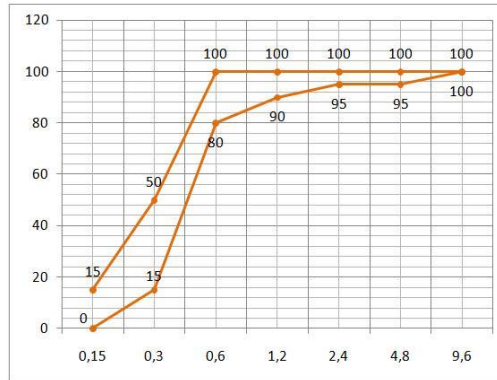
Gambar 2.9: Batas gradasi pasir (Kasar) No. 1



Gambar 2.10: Batas Gradasi Pasir (Sedang) No. 2

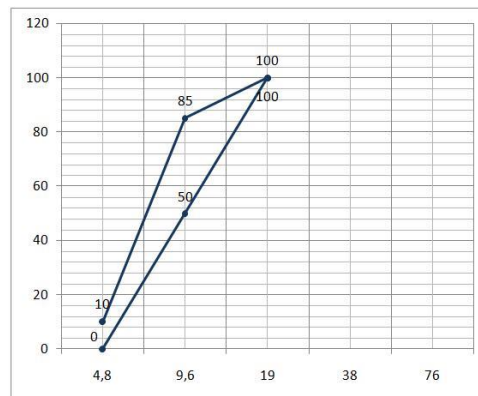


Gambar 2.11: Batas gradasi pasir (Agak Halus) No. 3

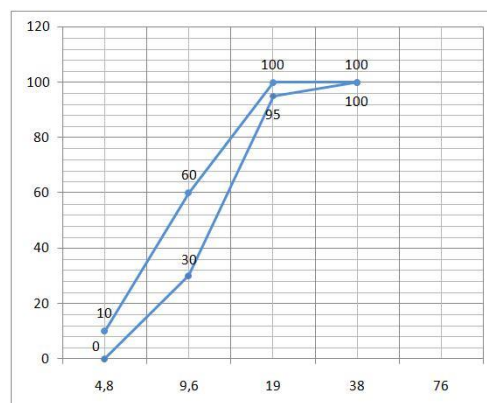


Gambar 2.12: Batas gradasi pasir dalam daerah No.4

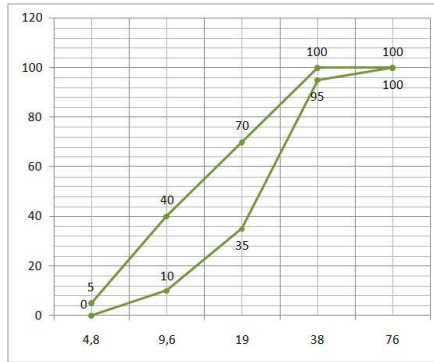
17. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 2.13, 2.14, atau 2.15.



Gambar 2.13: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 10 mm

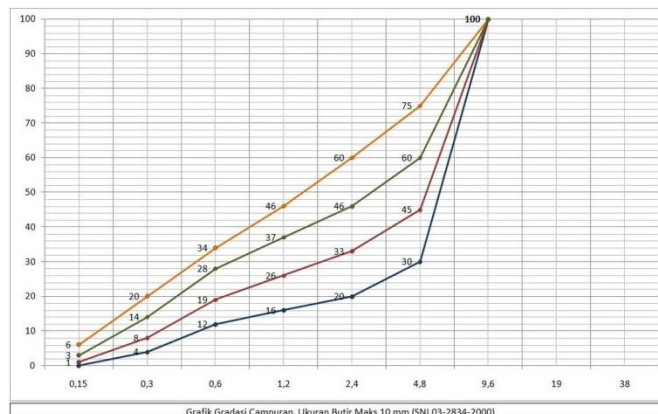


Gambar 2.14: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm

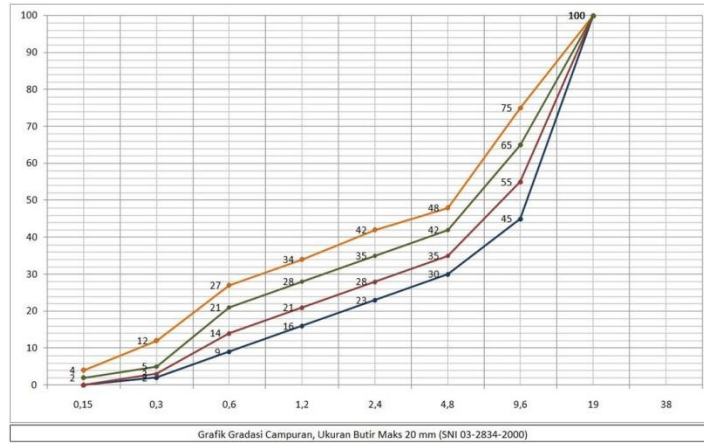


Gambar 2.15: Batas gradasi kerikal atau koral ukuran maksimum 40 mm

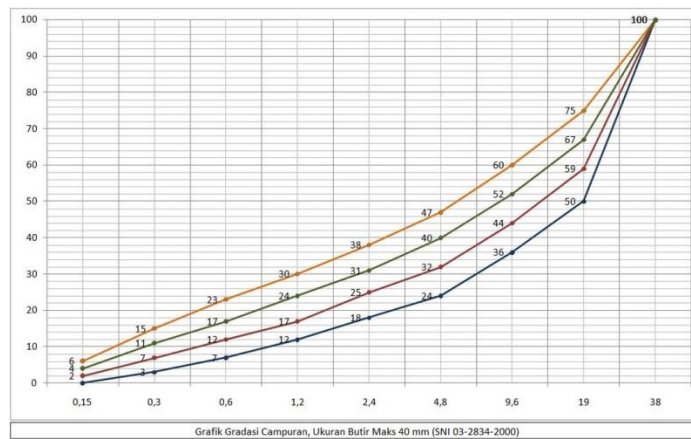
18. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan gambar 2.19 sampai dengan 2.21; dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, factor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm. dalam agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia seringkali dijumpai bagian yang lebih halus dari 5 mm dalam jumlah yang lebih dari 5 persen. Dalam hal ini maka jumlah agregat halus yang diperlukan harus dikurangi.



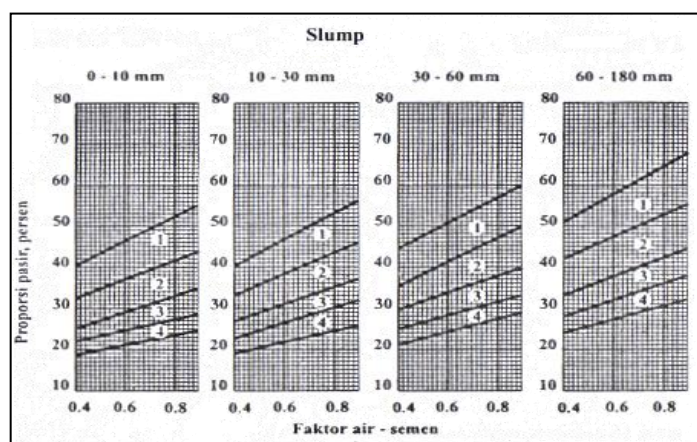
Gambar 2.16: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir Maksimum (10mm)



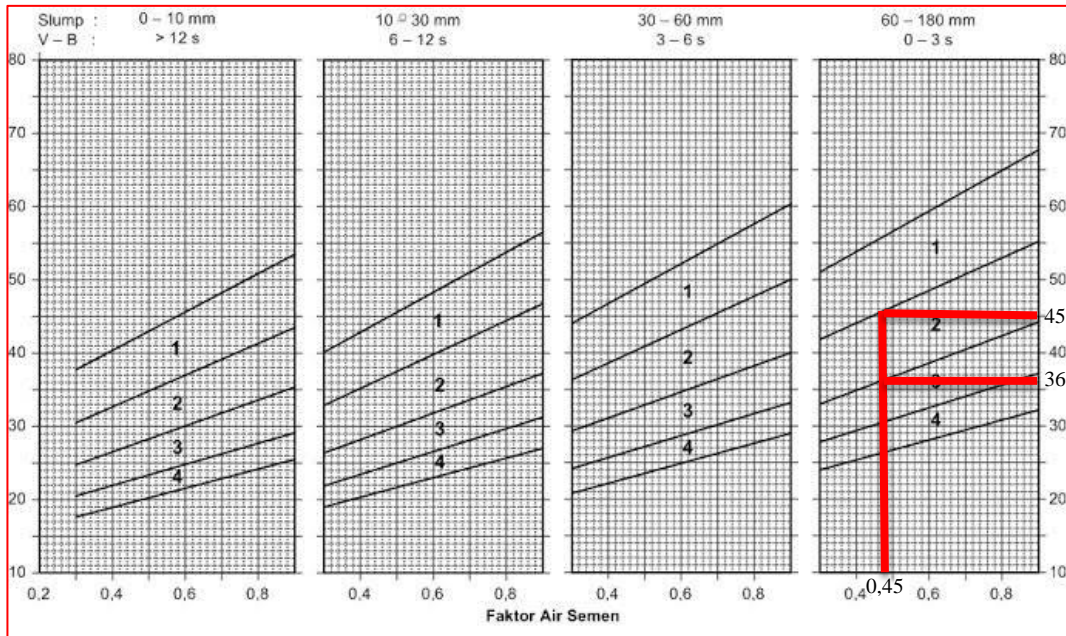
Gambar 2.17: Batas gradasi agregat untuk besar butir maksimum 20 mm



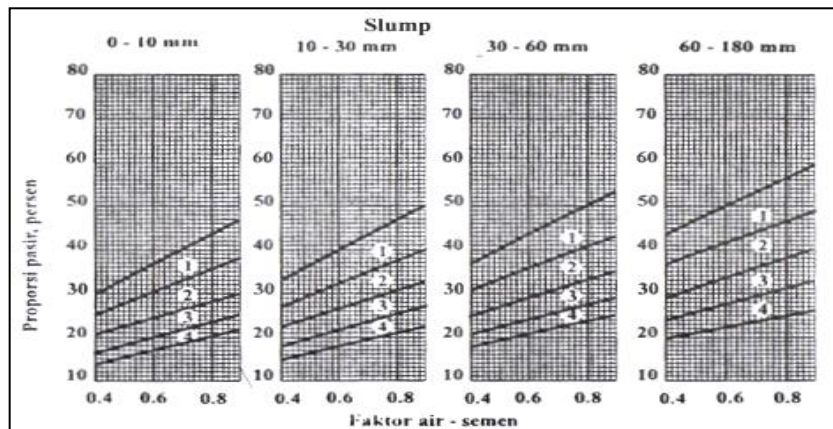
Gambar 2.18: Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 40 mm



Gambar 2.19: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm.



Gambar 2.20: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.



Gambar 2.21: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

19. Menghitung berat jenis relative agregat.

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

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

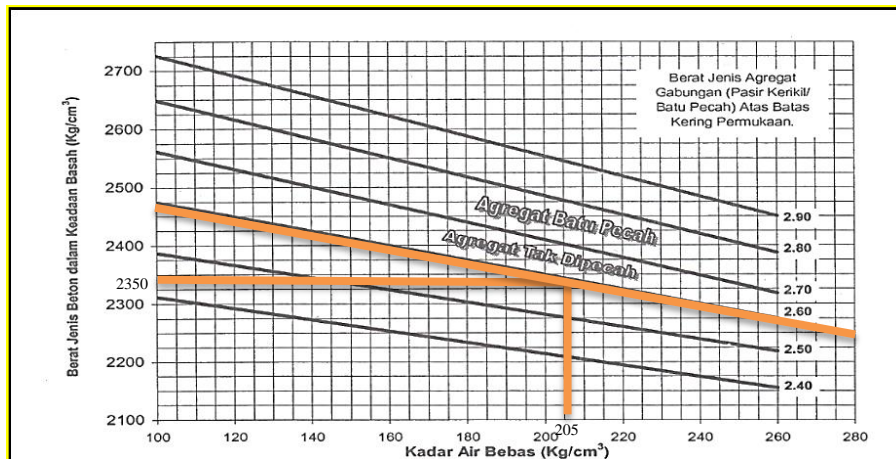
- agregat tak dipecah : 2,5
- agregat dipecah : 2,6 atau 2,7



2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

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

20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 2.22 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 2.3 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 2.22: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton;
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

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



$$\text{a. Air} \quad = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (2.11)$$

$$\text{b. Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (2.12)$$

$$\text{c. Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (2.13)$$

Dengan:

B : jumlah air ( $\text{kg/m}^3$ ).

C : agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ ).

D : jumlah agregat kasar ( $\text{kg/m}^3$ ).

Ca : absorpsi air pada agregat halus (%).

Da : absorpsi agregat kasar (%).

Ck : kandungan air dalam agregat halus (%).

Dk : kandungan air dalam agregat kasar (%).

26. Membuat campuran uji, ukur dan catatlah besarnya slump serta kekuatan tekan yang sesungguhnya, perhatikan hal berikut:

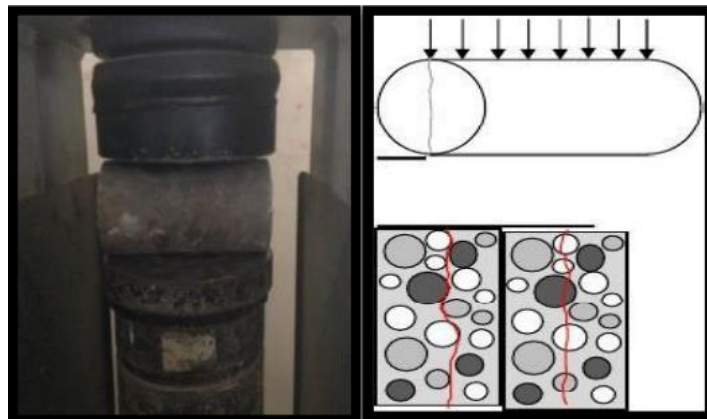
- 1) Jika harga yang didapat sesuai dengan harga yang diharapkan, maka susunan campuran beton tersebut dikatakan baik. Jika tidak, maka campuran perlu dibetulkan;
- 2) Kalau slumpnya ternyata terlalu tinggi atau rendah, maka kadar air perlu dikurangi atau ditambah (demikian juga kadar semennya, karena factor air semen harus dijaga agar tetap tak berubah);
- 3) Jika kekuatan beton dari campuran ini terlalu tinggi atau rendah, maka factor air semen dapat atau harus ditambah atau dikurangi sesuai dengan Grafik 2.7 atau 2.8.

## 2.8 Nilai Slump Beton

Nilai slump digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (workability). Semakin besar nilai slump maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai slump, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Nilai slump diperoleh dari selisih antara tinggi alat uji dengan penurunan kerucut benda uji. Semakin besar penurunan semakin besar nilai slump yang diperoleh.

## 2.9 Kuat Tarik Belah

Kekuatan tarik belah beton dalam penelitian ini ditentukan dengan menggunakan percobaan belah silinder (*the split cylinder*) dimana silinder ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm diberikan beban tegak lurus terhadap sumbu longitudinalnya dengan silinder ditempatkan secara horizontal diatas pelat mesin percobaan, benda uji terbelah dua pada saat dicapainya kekuatan tarik. Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton dan kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Dewi Zynthia et al., 2020).



Gambar 2.23 : Pengujian dan Pola Retak

Sebelum keruntuhan, timbul tegangan tekan *biaxial*. Pada daerah dibawah beban, yang mempunyai ketahanan terhadap keruntuhan yang besar karena berada dalam kondisi terbungkus (*confined state*). Untuk sebagian besar daerah sumbu beban, timbul tegangan tarik yang cukup merata dan bila kekuatan tarik beton dilampaui maka akan terjadi keruntuhan benda uji silinder, yang dapat membelah silinder menjadi dua bagian, dengan permukaan belah yang cukup merata, karena bidang belah akan memotong baik agregat kasar maupun mortar (Pandaleke & Windah, 2017).

Menurut (SNI 2491, 2014) rumus untuk mencari kekuatan tarik belah adalah :

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (2.14)$$

Dimana:

$F_{ct}$  = Kekuatan Tarik Belah (MPa)

- P = Beban maksimum yang ditunjukkan oleh mesin uji (N)  
L = Panjang benda uji silinder (mm)  
D = Diameter benda uji silinder (mm)  
 $\pi$  = Phi ( $22/7$ )

Retak rambut yang mungkin terjadi akibat kering permukaan (*surface drying*), terjadi pada daerah permukaan silinder yang berada dalam daerah tekan, dan tidak akan mempengaruhi sifat beton pada daerah tarik yang berada pada daerah sumbu beban didalam silinder. Dengan demikian kekuatan tarik belah dipengaruhi oleh kondisi kering permukaan dan dapat dianggap sebagai nilai kekuatan tarik beton yang repre-sentatif (Pandaleke & Windah, 2017).

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

### **3.1 Tahap Pengambilan Data**

Penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan metode eksperimental yaitu dengan melakukan dalam penelitian sebuah masalah, kasus, fenomena, dan berbagai macam pengujian sehubungan dengan data-data yang direncanakan sebelumnya. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian yang dilaksanakan terbagi atas delapan tahapan sebagai berikut:

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan meliputi persiapan studi pustaka, persiapan literatur, pengadaan alat dan bahan termasuk pembakaran tempurung kelapa untuk mendapatkan abunya, serta persiapan laboratorium.

2. Pemeriksaan Bahan Susun Beton

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui sifat serta karakteristik bahan susun beton apakah telah memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan atau belum apabila digunakan dalam pencampuran beton (*mix design*).

3. Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan mengacu pada SNI 03-2834-2000. Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran beton, mulai dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Hasil dari *mix design* ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

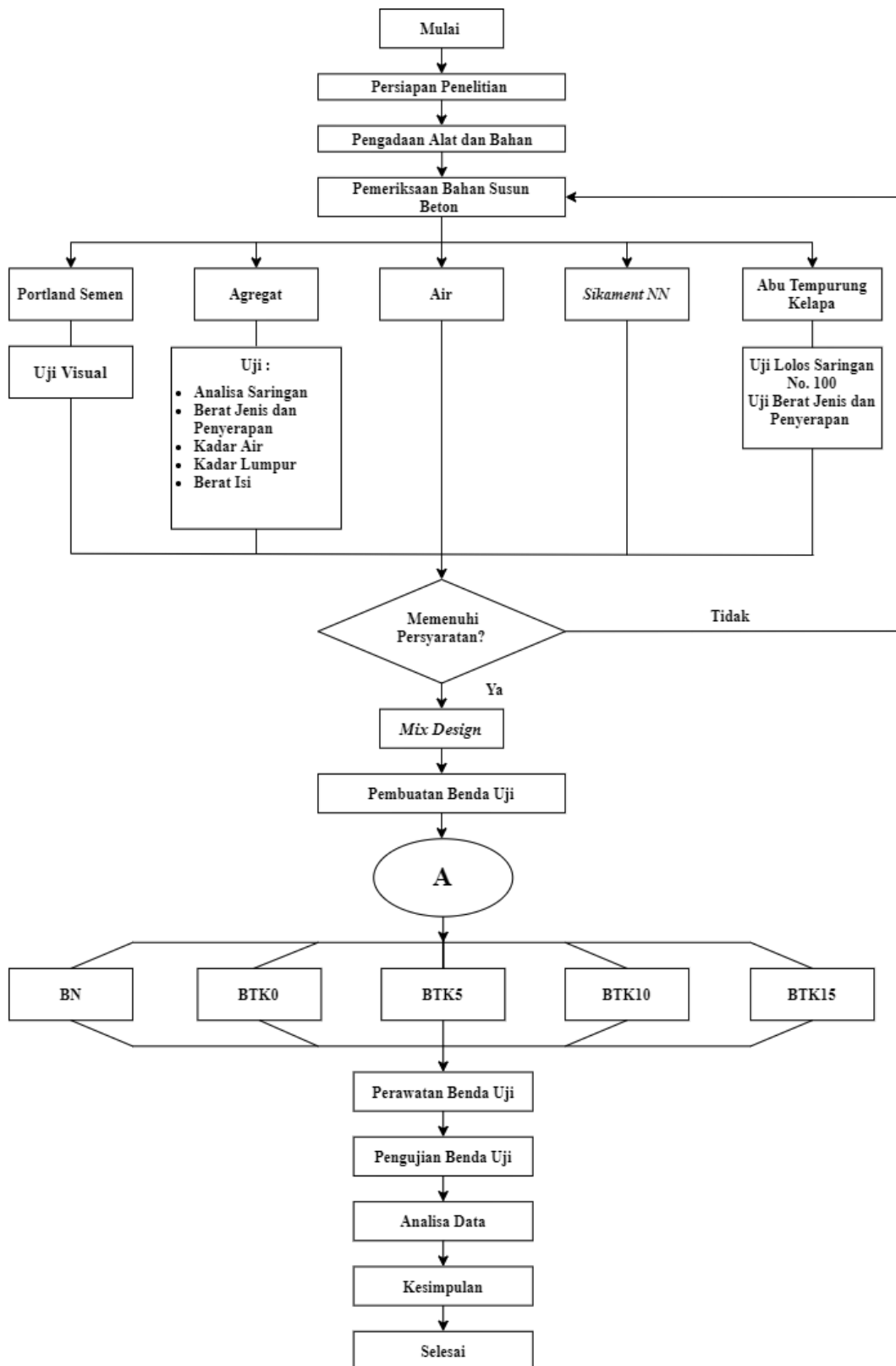
4. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pembuatan adonan beton.
- b. Pengujian *slump flow* yang mengacu pada ASTM C 1611.

- c. Pengecoran ke dalam cetakan silinder.
  - d. Pelepasan benda uji dari cetakan silinder.
5. Perawatan Benda Uji
- Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton didalam bak selama 28 hari.
6. Pengujian Beton
- Pada tahapan ini dilakukan pengujian beton yang mengacu pada SNI 2491-2014.
7. Analisis Data dan Pembahasan
- Pada tahap ini dilakukan pengolahan data dari pengujian yang telah dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Excel*, kemudian dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.
8. Penarikan Kesimpulan
- Tahapan ini merupakan tahapan terakhir dari penelitian ini. Dalam tahapan ini data yang sudah dianalisis dibuat suatu kesimpulan penelitian yang berhubungan dengan tujuan penelitian, selain itu di buat juga saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

Secara keseluruhan tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 : *Flowchart* Tahapan Penelitian

## **3.2 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data**

### **3.2.1 Data Primer**

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 1990)
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008)
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008)
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998)
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011)
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996)
7. Perencanaan campuran beton (*Mix Design*) (SNI 03-2834-2000, 2000b)
8. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*) (SNI 1972, 2008)
9. Uji kuat tarik belah beton (SNI 2491:2014, 2014)

### **3.2.2 Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku dan jurnal yang berhubungan dengan teknik beton 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 2491:2014 tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder

### **3.2.3 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Waktu penelitian yang direncanakan kurang lebih selama 3 bulan.

## **3.3 Instrumen Penelitian**

### **3.3.1 Desain Benda Uji**

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 15 buah beton dengan 5 (lima) variasi

yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian akan dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 : Komposisi Campuran Benda Uji Dan Kode Benda Uji

NO	KODE BENDA UJI	AGREGAT HALUS	ABU TEMPURUNG KELAPA	SIKAMENT NN	JUMLAH SAMPEL
1	BN	100%	0%	0%	3
2	BTK0	100%	0%	1%	3
3	BTK5	95%	5%	1%	3
4	BTK10	90%	10%	1%	3
5	BTK 15	85%	15%	1%	3
Jumlah					15

Keterangan:

BN = Beton dengan campuran 0% abu tempurung kelapa dari berat agregat halus dan campuran 0% *Sikament NN* dari berat semen

BTK0 = Beton dengan campuran 0% abu tempurung kelapa dari berat agregat halus dan campuran 1% *Sikament NN* dari berat semen.

BTK5 = Beton dengan campuran 5% abu tempurung kelapa dari berat agregat halus dan campuran 1% *Sikament NN* dari berat semen.

BTK10 = Beton dengan campuran 10% abu tempurung kelapa dari berat agregat halus dan campuran 1% *Sikament NN* dari berat semen.

BTK15 = Beton dengan campuran 15% abu tempurung kelapa dari berat agregat halus dan campuran 1% *Sikament NN* dari berat semen.

### 3.3.2 Bahan Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan bahan dan material untuk pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Semen *Portland*
2. Agregat Kasar
3. Agregat Halus
4. Air
5. Abu Tempurung Kelapa
6. *Sikament NN*



### 3.3.3 Alat Pembuatan Benda Uji

Alat yang digunakan dalam pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2: Peralatan Pembuatan Benda Uji

No	Nama Alat	Kegunaan
1	<i>Compressing Test Machine (CTM)</i>	Menguji kuat tarik belah beton
2	Saringan Agregat Kasar	Memisahkan agregat kasar sesuai ukuran
3	Saringan Agregat Halus	Memisahkan agregat halus sesuai ukuran
4	Cetakan Silinder	Mencetak benda uji
5	Oven	Mengeringkan agregat kasar dan halus
6	Gelas Ukur	Mengukur takaran air dan <i>superplasticizer</i>
7	Kerucut Abrams	Untuk menguji slump
8	<i>Mixer</i> Beton	Untuk membuat campuran atau adonan beton
9	Timbangan	Menimbang benda uji
10	Tongkat Penumbuk	Memadatkan benda uji
11	Triplek 1m x 1m	Sebagai alas saat melakukan <i>Slump Flow</i>
12	Bak Perendaman	Untuk merendam benda uji

### 3.3.4 Alat Pendukung

Pada penelitian ini digunakan alat-alat pendukung untuk pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3: Alat Pendukung Pembuatan Benda Uji

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Alat Tulis	Menulis atau menandai benda uji
2	Ember	Wadah agregat
3	Plastik	Wadah agregat dan abu bonggol jagung yang sudah selesai uji saringan
4	Sendok Semen	Meratakan campuran beton saat dimasukkan kedalam cetakan
5	Penggaris	Mengukur slump
6	Sekop	Mengaduk dan memasukkan agregat kedalam cetakan
7	Skrap	Meratakan campuran beton
8	Masker	Melindungi pernapasan dari debu
9	Sarung Tangan	Melindungi kulit

### **3.4 Langkah – Langkah Pemeriksaan Bahan**

#### **3.4.1 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (Pasir)**

Prosedur Pengujian:

1. Pertama – tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105 °C sampai berat tetap.
3. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
4. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama  $24 \pm 4$  jam.
5. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
7. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.1)

#### **3.4.2 Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus (Pasir)**

Prosedur Pengujian:

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

Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.2)

### **3.4.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)**

Prosedur Pengujian:

1. Benda uji dimasukkan dengan berat 500 gram Kemudian ditimbang ( $W_1$ ).
2. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
4. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya ( $W_2$ ).
5. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
6. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya ( $W_3$ ).
7. Kemudian dihitung berat bahan kering ( $W_4 = W_3 - W_2$ ).
8. Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.3)

### **3.4.4 Pengujian Berat Isi Agregat Halus (Pasir)**

Prosedur Pengujian:

1. Berat Isi Lepas :
  - a. Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya ( $W_1$ ).
  - b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
  - c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
  - d. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat ( $W_2$ ).
  - e. Selanjutnya dihitung berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).
2. Berat Isi Padat :
  - a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya ( $W_1$ ).
  - b. Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal  $1/3$  dari tinggi silinder.

- c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- d. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat ( $W_4$ ). Kemudian dihitung berat benda uji ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).  
Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.4)

#### **3.4.5 Pengujian Kadar Air Agregat Halus (Pasir)**

Prosedur Pengujian:

1. Timbang berat talam kosong dan catat ( $W_1$ ).
2. Kemudian benda uji dimasukkan kedalam talam lalu ditimbang dan dicatat beratnya ( $W_2$ ).
3. Lalu dihitung berat benda ujinya ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).
4. Setelah itu benda uji dikeringkan beserta talam didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.
5. Setelah kering, ditimbang dan dicatat berat benda uji beserta talam ( $W_4$ ).
6. Lalu dihitung berat benda uji kering ( $W_5 = W_4 - W_1$ )  
Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.5)

#### **3.4.6 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (Batu Pecah)**

Prosedur Pengujian:

1. Pertama – tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang merekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  sampai berat tetap.
3. Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1 - 3 jam.
4. Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr ( $B_k$ ). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama  $24 \pm 4$  jam.

5. Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, Lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
7. Benda uji diletakan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25 °C.

Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.1)

#### **3.4.7 Pengujian Analisa Gradasi Agregat Kasar (Batu Pecah)**

Prosedur Pengujian:

1. Langkah pertama benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ , sampai berat tetap.
2. Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang disyaratkan.
3. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakan pada bagian bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan.
4. Selanjutnya susunan saringan diletakan dalam mesin penggetar saringan (*sieve shaker*). Lalu mesin penggetar saringan dijalankan selama  $\pm 15$  menit.
5. Kemudian menimbang berat agregat yang terdapat pada masing- masing saringan.

Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.2)

#### **3.4.8 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar (Batu Pecah)**

Prosedur Pengujian:

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

- b. Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati – hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
- c. Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2). Selanjutnya dihitung berat benda uji ( $W3 = W2 - W1$ ).

2. Berat Isi Padat :

- a. Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).
- b. Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
- c. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- d. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ( $W5 = W4 - W1$ ).

Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.4)

### 3.4.9 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar (Batu Pecah)

Prosedur Pengujian:

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

Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.5)

### **3.4.10 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar (Batu Pecah)**

Prosedur Pengujian:

1. Benda uji dimasukkan dengan berat 2500 gram Kemudian ditimbang (W1).
2. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Wadah diguncang – guncangkan hingga kotoran – kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
4. Kemudian semua bahan dikembalikan kedalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan kedalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
5. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
6. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
7. Kemudian dihitung berat bahan kering ( $W4 = W3 - W2$ ).  
Perhitungan sesuai dengan (2.5)

### **3.5 Pembuatan Abu Tempurung Kelapa**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan abu tempurung kelapa adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan limbah tempurung kelapa dari daerah Tanjung Morawa.
2. Siapkan tong besi sebagai media pembakaran dan siapkan juga lumpung kayu (media penumbuk) untuk menghancurkan batok kelapa yang sudah dibakar tadi.
3. Masukkan tempurung kelapa yang sudah dibakar tadi kedalam lumpung kayu (media penumbuk ) hingga hancur menjadi abu.
4. Abu tempurung kelapa yg telah jadi lalu di ayak atau di saring terlebih dahulu sehingga di dapat tekstur serbuk atau abu yang lolos saringan No. 100 untuk penelitian.



Gambar 3.2 : Proses Pembakaran Tempurung Kelapa

### 3.6 Mix Design

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

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan  $f_c'$  pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar sesuai dengan perhitungan sesuai persamaan (2.6). Dan factor pengkali deviasi standar yang digunakan adalah  $f_c' + 12$  Mpa dengan jumlah pengujian benda uji adalah 15. Diambil dari persamaan Tabel (2.1).
3. Menghitung nilai tambah sesuai dengan perhitungan sesuai persamaan (2.8).



4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang di targetkan ( $f_{cr}$ ). Perhitungan sesuai persamaan (2.9)
5. Menetapkan jenis semen.
6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
7. Menentukan faktor air semen  
Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari tabel 2.2. dan dipergunakan pada gambar 2.7.
8. Menentukan faktor air semen maksimum
9. Menentukan slump.
10. Menentukan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan.
11. Menentukan nilai kadar air bebas.
12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 2.4, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.
15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 2.10.)
17. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 2.14.
18. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik.
19. Menghitung berat jenis relative agregat.  
Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

- 1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:
  - agregat tak dipecah : 2,5
  - agregat dipecah : 2,6 atau 2,7
- 2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:
 
$$\text{berat jenis agregat gabungan} = \text{persentase agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus} + \text{persentase agregat kasar} \times \text{berat jenis agregat kasar}$$
20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 2.20 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 2.3 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.
21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton;
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.  
 Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung sesuai persamaan (3.6)

### 3.7 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dibedakan menjadi 2 yaitu beton normal dan beton abu tempurung kelapa.

1. Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal adalah sebagai berikut:
  - a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.

- b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
  - c. Kemudian pertama-tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata menggunakan molen.
  - d. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
  - e. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump test* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
  - f. Apabila nilai *slump test* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
  - g. Diamkan selama 24 jam.
  - h. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.
2. Langkah-langkah pembuatan benda uji beton abu tempurung kelapa adalah sebagai berikut:
- a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
  - b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
  - c. Kemudian tuangkan agregat halus ke dalam molen lalu masukkan abu tempurung kelapa yang telah lolos saringan no.100 dengan variasi yang telah ditentukan.
  - d. Kemudian masukkan agregat kasar.
  - e. Kemudian masukkan semen ke dalam molen.
  - f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
  - g. Kemudian masukkan *Sikament NN* sedikit demi sedikit dengan takaran yang telah ditentukan.
  - h. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.

- i. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
- j. Diamkan selama 24 jam.
- k. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

### **3.8 Pemeriksaan *Slump Test***

Langkah-langkah pengujian *Slump Test* :

1. Basahi kerucut Abrams, seng plat, dan tropol dengan air.
2. Letakan seng plat dan kerucut pada tempat yang datar, kerucut Abrams ditahan dengan tangan agar tidak terjadi pergeseran.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams dengan membagi 3 lapisan, tiap lapisan diberikan tusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi.
4. Ratakan permukaan kerucut Abrams yang sudah berisi campuran beton dengan tropol lalu bersihkan daerah sekitar kerucut.
5. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan.
6. Kemudian tempatkan kerucut di samping campuran beton secara terbalik, lalu ukur tinggi penurunan dengan mistar ukur besi.
7. Tinggi penurunan menunjukkan besar kecilnya nilai slump yang terjadi pada campuran beton.

### **3.9 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**

Langkah-langkah pengujian kuat Tarik belah beton adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai slump, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Pengujian kuat tarik belah dilakukan dengan meletakkan benda uji pada bagian sisinya di atas mesin dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter di sepanjang benda uji.
3. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.

4. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

Perhitungan sesuai dengan persamaan (2.14)

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Tinjauan Umum

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

### 4.2 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

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

#### 4.2.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

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

##### 1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

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

Tabel 4.1: Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%	Retained	Passing
4.75 (No. 4)	9	13	22	2.00	2.00	98.00
2.36 (No. 8)	33	52	85	7.73	9.73	90.27

1.18 (No.16)	90	109	199	18.09	27.82	72.18
0.60 (No. 30)	144	161	305	27.73	55.55	44.45
0.30 (No. 50)	145	166	311	28.27	83.82	16.18
0.15 (No. 100)	67	82	149	13.55	97.36	2.64
<i>Pan</i>	12	17	29	2.64	100.00	0
Total	500	600	1100	100.00	276,27	

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

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{276,27}{100} \\
 &= 2,76
 \end{aligned}$$

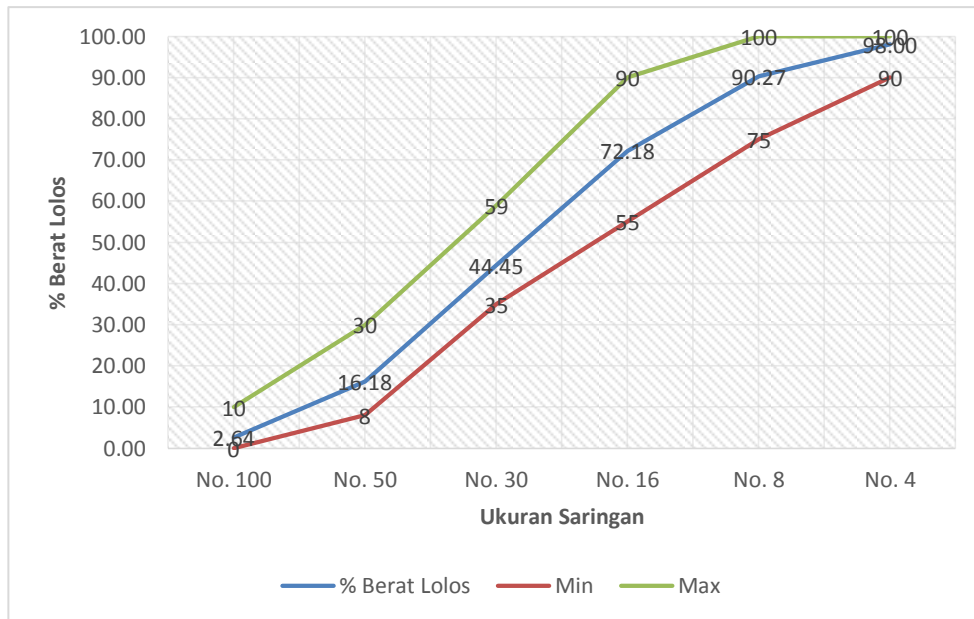
Menurut Tjokrodimuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat halus mempunyai nilai antara 1,5 sampai 3,8. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 2,76 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat halus. Daerah gradasi agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Daerah Gradasi Agregat Halus

Nomor Saringan	Lubang Saringan (mm)	Persen bahan butiran yang lolos saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Berdasarkan Tabel 4.2 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi daerah II dengan jenis pasir agak halus. Grafik hubungan antara

persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah II dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1: Grafik Analisa Agregat Halus

## 2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

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

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

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	1	2	Rata-Rata
	(gr)	(gr)	(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan) (E)	495	488	491.5
<i>Wt. Of Flask + Water</i> ( Berat Piknometer penuh air) (D)	689	692	690.5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> ( Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C)	993	995	994



<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2.53	2.48	2.50
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2.55	2.64	2.54
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2.59	2.64	2.61
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$	1.01	2.46	1.73

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh hasil berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,54 gram/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air rata-rata sebesar 1,73%. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7.

### 3. Pengujian Kadar Air

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

Tabel 4.4: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Agregat Halus	1 (gr)	2 (gr)
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah)	1493	1509
Wt of SSD sample (berat contoh SSD)	1000	1000
Wt of Oven Dry Sample & Mold (Berat contoh kering oven & berat wadah)	1481	1498
Wt of Mold (berat wadah)	493	509
Wt of Water (berat air)	12	11
Wt of Oven Dry Sample (Berat contoh kering)	988	989
Kadar Air	1.21	1.11
Rata-Rata	1.16	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 1,16%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan

percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 1,21%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 1,11%. Hasil tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu 2%-20%.

#### 4. Pengujian Berat Isi

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

Tabel 4.5: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Sampel 3 (gr)	Rata – Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	17566	18306	18383	18085
Berat Wadah	5336	5336	5336	5336
Berat Contoh & Wadah	22902	23642	23719	23421
Volume Wadah	11125.4	11125.4	11125.4	11125.4
Berat Isi	1.58	1.65	1.65	1.63

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,63 gr/cm<sup>3</sup>. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

#### 5. Pengujian Kadar Lumpur

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

Tabel 4.6: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat Halus Lolos Saringan No.9,5 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata – rata (gr)
Berat contoh kering	1000	1000	1000
Berat contoh kering setelah di cuci	965	968	967
Berat kotoran	35	32	34
Persentase kotoran	3.6	3.3	3.5

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 3.6% dan nilai persentase

kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 3.3%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 3.5%.

#### 4.2.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

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

##### 1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

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

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar

Sieve Size	Retained Fraction				Cumulative	
	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%		
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0.00	0.00	100.00
19.0 (3/4 in)	87	55	142	2.84	2.84	97.16
9.52 (3/8 in)	1465	1497	2962	59.24	62.08	37.92
4.75 (No. 4)	948	948	1896	37.92	100.00	0.00
2.36 (No. 8)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
1.18 (No.16)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.60 (No. 30)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.30 (No. 50)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
0.15 (No. 100)	0	0	0	0.00	100.00	0.00
Pan	0	0	0	0.00	100	0
Total	2500	2500	5000	100.00	664.92	

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

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{664,92}{100} \\
 &= 6,65
 \end{aligned}$$

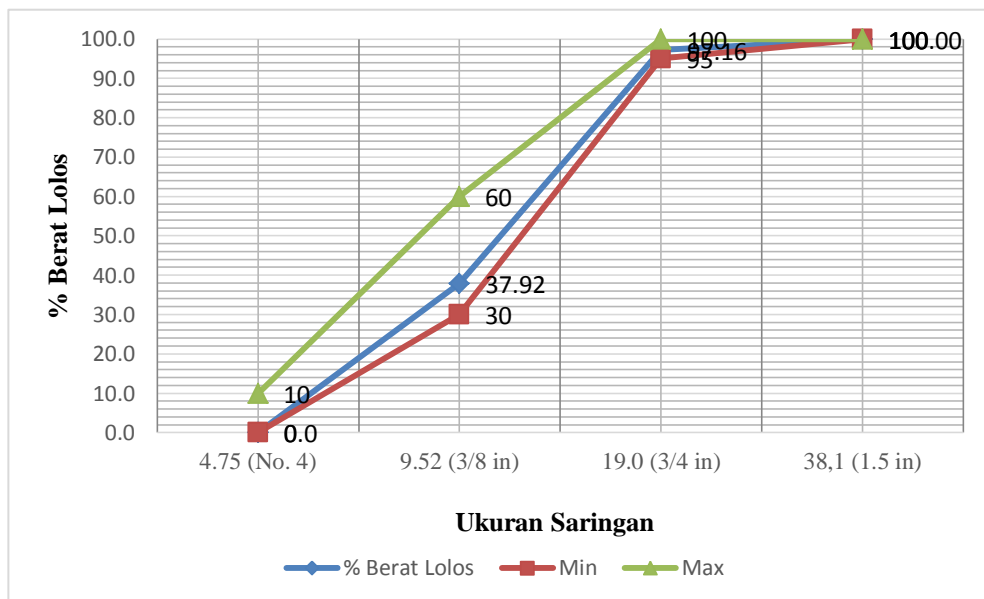
Menurut Tjokrodinuljo (2007) pada umumnya modulus halus butir agregat kasar mempunyai nilai antara 6,0 sampai 7,0. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 6,65 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Batas Gradasi Agregat Kasar

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

Berdasarkan Tabel 4.8 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tetapi dalam analisa saringan agregat kasar ini diperoleh gradasi sela karena terdapat fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm yang tidak terpenuhi. Apabila salah satu fraksi ukuran yang tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan volume pori (ruang kosong) pada beton menjadi lebih banyak. Variasi ukuran agregat kasar akan mengakibatkan volume pori menjadi lebih kecil dan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik Analisa Agregat Kasar

## 2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

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

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

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1	2	Rata-Rata
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	(gr)	(gr)	(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2492	2456	2478.5
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan) (C)	2480	2459	2469.5
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1550	1529	1539.5
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) C / (A - B)	2.63	2.63	2.63
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) A / (A - B)	2.65	2.63	2.64
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) C / (C - B)	2.67	2.64	2.66
<i>Absorption</i> (Penyerapan) [(A - C) / C] x 100%	0.48	0.24	0.36

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada agregat kasar diperoleh berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,64 gram/cm<sup>3</sup> dan penyerapan air rata-rata sebesar 0,36%. Penyerapan agregat kasar lebih kecil dari agregat halus, hal ini menunjukkan rongga-rongga yang diisi air oleh air lebih sedikit dari pada agregat halus. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 gram/cm<sup>3</sup> (Tjokrodimuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7 gram/cm<sup>3</sup>.

### 3. Pengujian Kadar Air

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

Tabel 4.10: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Agregat Kasar	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of SSD Sample &amp; Mold</i> (Berat contoh SSD dan berat wadah) gr	2009	1993
<i>Wt of SSD sample</i> (berat contoh SSD) gr	1500	1500
<i>Wt of Oven Dry Sample &amp; Mold</i> (Berat contoh kering oven & berat wadah) gr	2004	1989
<i>Wt of Mold</i> (berat wadah) gr	509	493
<i>Wt of Water</i> (berat air) gr	5	4
<i>Wt of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering) gr	1495	1496
Kadar Air	0.33	0.27
Rata-Rata	0.30	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 0,30%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0.33%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,27%.

### 4. Pengujian Berat Isi

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

Tabel 4.11: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Sample 3 (gr)	Rata-Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	18836	19837	20523	19732
Verat Wadah	5336	5336	5336	5336
Berat Contoh & Wadah	24172	25173	25859	25068
Volume Wadah	11125.4	11125.4	11125.4	11125.4
Berat Isi	1.69	1.78	1.84	1.77

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

#### 5. Pengujian Kadar Lumpur

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

Tabel 4.12: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Agregat Kasar Lolos Saringan No. 50,8 mm	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Rata – rata (gr)
Berat Contoh Kering	1500	1500	1500
Berat Contoh Kering Setelah Di Cuci	1497	1494	1496
Berat Kotoran	3	6	5
Persentase Kotoran	0.2	0.4	0.3

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh nilai persentase kadar lumpur dari sampel 1 sebesar 0,2% dan nilai persentase kadar lumpur dari sampel 2 sebesar 0,4%. Maka rata-rata nilai kadar lumpur dari kedua sampel adalah sebesar 0,3%.

### 4.3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Tempurung Kelapa

Tabel 4.13: Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu Tempurung Kelapa

Abu Tempurung Kelapa	Satuan	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat SSD (B)	gr	50	50	50
Berat SSD kering oven (E)	gr	49	47	48
Berat Pic + air (D)	gr	690	691	690,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	719	718	718,5
$BJ \text{ Bulk} = (E / (B + D - C))$		2,33	2,04	2,18
$BJ \text{ SSD} = (B / (B + D - C))$		2,38	2,17	2,27
$BJ \text{ Semu} = (E / (E + D - C))$		2,45	2,35	2,4
$Absorption = ([ (B - E) / E ] \times 100\%)$	%	2,04	6,38	4,21

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti dicantumkan diatas. Analisa yang bisa didapatkan, pada pengujian berat jenis SSD sebesar  $2,27 \text{ gram/cm}^3$ . Suatu

agregat bisa dikatakan agregat normal, mempunyai berat jenis antara 2,2 – 2,7 gram/cm<sup>3</sup>. Dalam pengujian abu tempurung kelapa, diketahui agregatnya dikategorikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air didapatkan 5,27%, batas maksimal persentase penyerapan air dalam SNI adalah sebesar 3%.

#### 4.4 Mix Design

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton (*mix design*) menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton bertujuan untuk memperoleh proposi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana. Pada perencanaan beton normal ini direncanakan memiliki nilai kuat tekan 30 MPa yang perhitungannya sebagai berikut.

1. Kuat tekan rencana ( $f'c$ ) = 30 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari.
2. Standar deviasi ditiadakan.
3. Nilai tambah margin (M) karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15 buah, maka nilai yang diambil sebesar 12 MPa.
4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan ( $f'cr$ ) berdasarkan persamaan (2.9) diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f'cr &= f'c + M \\ &= 30 + 12 \\ &= 42 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland tipe I tetapi karena keterbatasan untuk memperoleh diganti semen tipe PCC merek indonesia group yang memiliki kekuatan setara dengan semen Portland tipe I.
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dari Binjai dan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm dari Binjai.
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada Gambar 2.7 tentang grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan perkiraan kekuatan tekan beton rata-rata 42 MPa, semen yang digunakan PCC semen indonesia group, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,45.



8. Faktor air semen maksimum, berdasarkan Tabel 2.4 mengenai persyaratan faktor air maksimum karena beton berada dilokasi yang non-korosif maka faktor air maksimum ditetapkan sebesar 0,60.
9. Nilai slump yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan slump rencana sebesar 60-180 mm.
10. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 20 mm.
11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 20 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 60-180 mm sehingga dari Tabel 2.3 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus ( $W_h$ ) adalah 195 sedangkan untuk agregat kasar ( $W_k$ ) adalah 225 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan berdasarkan Persamaan (2.10) diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air Bebas} &= \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k \\
 &= \frac{2}{3}195 + \frac{1}{3}225 \\
 &= 205 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

12. Kadar semen dapat dihitung dengan cara nilai kadar air bebas dibagi faktor air semen, maka jumlah semen yang digunakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\
 &= \frac{205}{0,45} \\
 &= 455,56 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum sebesar 455,56 kg/m<sup>3</sup>
14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan serta terik matahari langsung dari Tabel 2.4 mempunyai kadar semen minimum per-m<sup>3</sup> sebesar 275 kg.
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 2.7 yaitu sebesar 0,45.
16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 2.10 yaitu batas gradasi pasir no.2.
17. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 2.14 yaitu batar gradasi kerikil ukuran maksimum 20 mm.

18. Persentase agregat halus, dengan mengacu pada slump 60-180 mm, faktor air semen 0,45 dan ukuran butir maksimum 20 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 2.20. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar 36% dan batas atas sebesar 45%. Nilai yang digunakan adalah nilai rata-rata sehingga digunakan sebesar 40,5%

19. Menghitung berat jenis relatif dengan nilai yang diperoleh dari pemeriksaan bahan susun beton nilai berat jenis agregat halus (BJAH) sebesar 2,54 dan berat jenis agregat kasar (BJAK) sebesar 2,64. Maka diperoleh perhitungan berat jenis gabungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Relatif} &= (\% \text{AH} \cdot \text{BJAH}) + ((100\% - \% \text{AH}) \cdot \text{BJAK}) \\ &= (40,5\% \cdot 2,54) + ((100\% - 40,5\%) \cdot 2,64) \\ &= 2,60 \end{aligned}$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 2.22 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 205 dan berat jenis gabungan sebesar 2,60, maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2350 Kg/m<sup>3</sup>

21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2350 - 455,56 - 205 \\ &= 1689,44 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \cdot \% \text{AH} \\ &= 1689,44 \cdot 40,5\% \\ &= 684,22 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \\ &= 1689,44 - 684,22 \\ &= 1005,22 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka didapatkan susunan campuran proporsi teoritis untuk setiap 1 m<sup>3</sup> beton adalah sebagai berikut.

$$\text{Semen} = 455,56 \text{ kg}$$

- Air = 205 kg
- Agregat Halus = 684,23 kg
- Agregat Kasar = 1005,22 kg

25. Koreksi Proporsi Campuran

Koreksi proporsi campuran untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya, yaitu yang akan dipakai sebagai campuran uji. Angka-angka teoritis tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam masing-masing agregat yang akan dipakai, perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.6 s/d 3.8 sebagai berikut :

Diketahui:

- Jumlah air (B) = 205 kg/m<sup>3</sup>
- Jumlah agregat halus (C) = 684,23 kg/m<sup>3</sup>
- Jumlah agregat kasar (D) = 1005,22 kg/m<sup>3</sup>
- Penyerapan agregat halus (C<sub>a</sub>) = 1,73%
- Penyerapan agregat kasar (D<sub>a</sub>) = 0,36%
- Kadar air agregat halus (C<sub>k</sub>) = 1,16%
- Kadar air agregat kasar (D<sub>k</sub>) = 0,30%

a. Air

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 205 - (1,16 - 1,73) \times \frac{684,23}{100} - (0,30 - 0,36) \times \frac{1005,22}{100} \\
 &= 209,54 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \\
 &= 684,22 + (1,16 - 1,73) \times \frac{684,23}{100} \\
 &= 680,32 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

c. Agregat kasar

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\
 &= 1005,22 + (0,30 - 0,36) \times \frac{1005,22}{100} \\
 &= 1004,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.14: Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

No	Uraian	Tabel/Gambar /Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (silinder)	Ditetapkan		30 Mpa	
2	Deviasi standar	-		-	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 2.1		12 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+3		42 Mpa	
5	Jenis semen	Ditetapkan		<i>Semen Portland I</i>	
6	Jenis agregat: -kasar -halus	Ditetapkan Ditetapkan		Batu Pecah Pasir Alami	
7	FAS	Tabel 2.2 dan Gambar 2.7		0,45	
8	FAS maksimum	Tabel 2.4		0,6	
9	Slump	Ditetapkan		60-180 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		20 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 2.3		205 Kg/m <sup>3</sup>	
12	Kadar semen	11:7		455,56 Kg/m <sup>3</sup>	
13	Kadar semen maksimum	Ditetapkan		455,56 Kg/m <sup>3</sup>	
14	Kadar semen minimum	Tabel 2.4		275 Kg/m <sup>3</sup>	
15	FAS yang disesuaikan	-		0,45	
16	Susunan butir agregat halus	Gambar 2.10		no.2	
17	Susunan butir agregat kasar	Gambar 2.14		no.20 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 2.20		40,5%	
19	Berat jenis relatif	Dihitung		2,60	
20	Berat isi	Gambar 2.22		2350 kg/m <sup>3</sup>	
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11		1689,44 kg/m <sup>3</sup>	
22	Kadar agregat halus	21x18		684,23 kg/m <sup>3</sup>	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1005,22 kg/m <sup>3</sup>	
24	Proporsi campuran	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Air (kg/m <sup>3</sup> )	Agregat (kg/m <sup>3</sup> )	
				Halus	Kasar
		455,56 1	205 0,45	684,23 1,50	1005,22 2,21
25	Koreksi proporsi campuran	455,56 1,00	209,54 0,44	680,32 1,49	1004,59 2,21

#### 4.5 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil mix design beton normal mutu sedang maka kebutuhan bahan untuk 1 m<sup>3</sup> sebagai berikut :

- PC = 455,56 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat halus = 680,32 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat kasar = 1004,59 kg/m<sup>3</sup>
- Air = 209,54 kg/m<sup>3</sup>

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan silinder sebagai berikut :

- a. Tinggi = 30 cm
- b. Diameter = 15 cm

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

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%) = 0,0175 m<sup>3</sup>. Sehingga didapat seluruh kebutuhan bahan pada setiap variasi atau 1 kali adukan sebagai berikut :

Tabel 4.15: Kebutuhan Bahan Berbagai Variasi Campuran

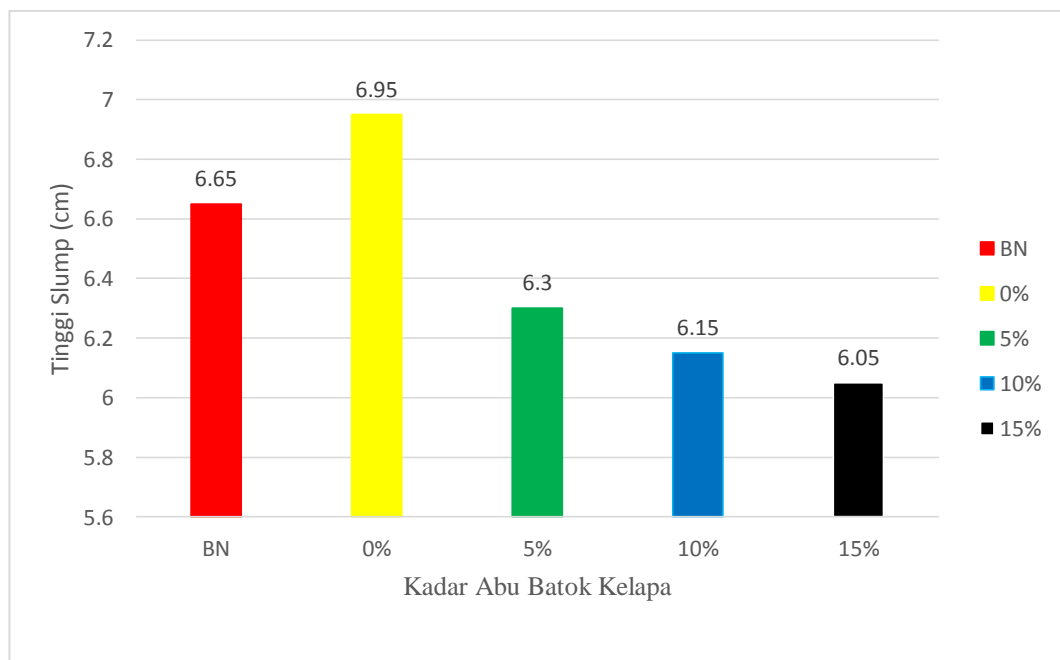
No	Kode Benda Uji	Volume 1x Adukan Per (m <sup>3</sup> )	Komposisi Bahan						Total (kg)
			PCC + Sikament NN		Agregat Halus		Agregat Kasar (kg)	Air (kg)	
			PCC (kg)	Sikament NN (kg)	Pasir (kg)	Abu Batok Kelapa (kg)			
1	BN	0,0175	100% 8,449	-	100% 12,617	-	18,634	3,885	43,585
2	BTK0	0,0175	100% 8,449	1% 0,085	100% 12,617	-	18,634	3,885	43,653
3	BTK5	0,0175	100% 8,449	1% 0,085	95% 11,987	5% 0,630	18,634	3,885	43,653
4	BTK10	0,0175	100% 8,449	1% 0,085	90% 11,356	10% 1,261	18,634	3,885	43,653
5	BTK15	0,0175	100% 8,449	1% 0,085	85% 10,725	15% 1,892	18,634	3,885	43,653
Total		0,0875	42,245	0,340	59,302	3,783	93,17	19,425	218,197

#### 4.6 Pengujian Slump (Slump rencana 60-180mm)

Hasil dari pengujian *slump test* yang telah dilakukan pada penelitian beton di laboratorium yang akan di jelaskan pada tabel 4.16, seperti di bawah ini.

Tabel 4.16: Hasil Pengujian Slump

Variasi Campuran	Tinggi <i>Slump</i> (cm)		<i>Slump</i> Rata-rata (cm)	Tambahkan air (Liter)	Air 1 x Adukan (Liter)
	1	2			
BN	6,7	6,6	6,65	-	3,885
BTK0	7	6,9	6,95	-	3,885
BTK5	6,4	6,2	6,3	0,7	4,585
BTK10	6,2	6,1	6,15	0,7	4,585
BTK15	6,1	6	6,05	0,7	4,585



Gambar 4.3: Grafik Slump Rata – Rata

Berdasarkan Gambar 4.3 hasil pengujian yang diperoleh tentang nilai slump rata-rata menunjukkan penurunan seiring penambahan abu tempurung kelapa. Penurunan *workability* dari adukan beton diakibatkan karena abu tempurung kelapa cukup banyak menyerap air untuk melakukan reaksi kimia dengan kalsium hidroksida.

#### 4.7 Berat Isi Beton

$$\text{Berat isi rencana} = 2250 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume pekerjaan} = 0,070 \text{ m}^3$$

Tabel 4.17: Hasil Pengujian Berat Isi Beton

No	Variasi Campuran	Berat Air Pada Volume Silinder (Kg)	Berat Beton	Berat Isi Beton	Berat Isi Beton Rata-Rata	Berat Isi Beton Rencana	Yield	Berat Isi Lebih (%)				
1	BN	5.299	12.654	2388	2389	2250	1.06	0.06				
			12.658	2389								
			12.660	2389								
2	BTK0	5.299	12.515	2362	2374		2250	1.05	0.05			
			12.568	2372								
			12.648	2387								
3	BTK5	5.299	11.689	2206	2236			2250	0.99	-0.01		
			11.732	2214								
			12.123	2288								
4	BTK10	5.299	11.455	2162	2179				2250	0.97	-0.03	
			11.515	2173								
			11.666	2202								
5	BTK15	5.299	11.100	2095	2112					2250	0.94	-0.07
			11.119	2098								
			11.356	2143								

Data yang dihasilkan pada tabel diatas dapat dilihat pada rincian berikut:

1. Beton Normal BN

a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder =  $0,0053 \times 1000 = 5,299 \text{ kg}$

b. Berat Isi Beton

$$- \frac{12,654}{5,299} \times 1000 = 2388 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{12,658}{5,299} \times 1000 = 2389 \text{ kg/m}^3$$

$$- \frac{12,660}{5,299} \times 1000 = 2389 \text{ kg/m}^3$$

$$- \text{Rata-rata} = 2389 \text{ kg/m}^3$$

c. Yield =  $\frac{2250}{2389} \times 100\% = 1,06$

d. Berat Isi Lebih =  $\frac{1,06 - 1}{1,06} \times 100\% = 0,06\%$

2. Beton Abu Tempurung Kelapa 0%

a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder =  $0,0053 \times 1000 = 5,299$  kg

b. Berat Isi Beton

-  $\frac{12,515}{5,299} \times 1000 = 2362$  kg/m<sup>3</sup>

-  $\frac{12,568}{5,299} \times 1000 = 2372$  kg/m<sup>3</sup>

-  $\frac{12,648}{5,299} \times 1000 = 2387$  kg/m<sup>3</sup>

- Rata-rata = 2374 kg/m<sup>3</sup>

c. Yield =  $\frac{2250}{2374} \times 100\% = 1,05$

d. Berat Isi Lebih =  $\frac{1,05 - 1}{1,05} \times 100\% = 0,05\%$

3. Beton Abu Tempurung Kelapa 5%

a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder =  $0,0053 \times 1000 = 5,299$  kg

b. Berat Isi Beton

-  $\frac{11,689}{5,299} \times 1000 = 2206$  kg/m<sup>3</sup>

-  $\frac{11,732}{5,299} \times 1000 = 2214$  kg/m<sup>3</sup>

-  $\frac{12,123}{5,299} \times 1000 = 2288$  kg/m<sup>3</sup>

- Rata-rata = 2236 kg/m<sup>3</sup>

c. Yield =  $\frac{2250}{2236} \times 100\% = 0,99$

d. Berat Isi Lebih =  $\frac{0,99 - 1}{0,99} \times 100\% = -0,01\%$

4. Beton Abu Tempurung Kelapa 10%

a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder =  $0,0053 \times 1000 = 5,299$  kg

b. Berat Isi Beton

-  $\frac{11,455}{5,299} \times 1000 = 2162$  kg/m<sup>3</sup>

-  $\frac{11,515}{5,299} \times 1000 = 2173$  kg/m<sup>3</sup>

-  $\frac{11,666}{5,299} \times 1000 = 2202$  kg/m<sup>3</sup>



$$\begin{aligned}
& \text{- Rata-rata} &= 2179 \text{ kg/m}^3 \\
\text{c. Yield} &= \frac{2250}{2179} \times 100\% &= 0,97 \\
\text{d. Berat Isi Lebih} &= \frac{0,97 - 1}{0,97} \times 100\% &= -0,03\%
\end{aligned}$$

5. Beton Abu Tempurung Kelapa 15%

a. Berat Penuh Air Pada Volume Silinder =  $0,0053 \times 1000 = 5,299 \text{ kg}$

b. Berat Isi Beton

$$\text{- } \frac{11,100}{5,299} \times 1000 = 2095 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- } \frac{11,119}{5,299} \times 1000 = 2098 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- } \frac{11,356}{5,299} \times 1000 = 2143 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- Rata-rata} = 2112 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{c. Yield} = \frac{2250}{2112} \times 100\% = 0,94$$

$$\text{d. Berat Isi Lebih} = \frac{0,99 - 1}{0,99} \times 100\% = -0,07\%$$

Berdasarkan data pengujian, berat isi beton untuk berbagai variasi campuran masing – masing sebesar  $2389 \text{ kg/m}^3$  (BN),  $2374 \text{ kg/m}^3$  (BTK0),  $2236 \text{ kg/m}^3$  (BTK5),  $2179 \text{ kg/m}^3$  (BTK10) dan  $2112 \text{ kg/m}^3$  (BTK15). Dikarenakan nilai toleransi kehilangan bahan, jumlah bahan dilebihkan sehingga untuk berat isi BN, BTK0, dan BTK5 melebihi dari berat isi beton rencana. Sedangkan untuk berat isi BTK10 dan BTK15 kurang dari berat isi beton rencana akibat banyaknya volume rongga udara pada beton. Tetapi berat isi beton rata-rata diatas masih sesuai dengan berat satuan beton normal yaitu antara  $2200 - 2500 \text{ kg/m}^3$  (SNI 03 – 2847 – 2002) kecuali variasi BTK10 yang hanya sebesar  $2179 \text{ kg/m}^3$  dan variasi BTK15 yang hanya sebesar  $2112 \text{ kg/m}^3$ .

#### 4.8 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian ini dengan memberikan beban yang mampu diterima oleh benda uji pada sisi beton yang diletakkan mendatar pada mesin uji. Pengujian ini menggunakan metode SNI 03-2491-2012 tentang pengujian kuat tarik belah

beton. Beban yang mampu diterima oleh benda uji berdasarkan Persamaan 2.1 diperoleh hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Beton	Luas ( $\pi LD$ ) (mm <sup>2</sup> )	Beban (T)			Kuat Tarik Belah (Mpa)			Tarik Belah Rata-Rata
		1	2	3	1	2	3	
BN	141371.669	18	19	19.5	2.55	2.69	2.76	2.66
BTK0	141371.669	16.5	18	17.5	2.33	2.55	2.48	2.45
BTK5	141371.669	16	14.5	15	2.26	2.05	2.12	2.15
BTK10	141371.669	14.5	14	14.5	2.05	1.98	2.05	2.03
BTK15	141371.669	12.5	12	11.5	1.77	1.70	1.63	1.70

Data yang dihasilkan pada tabel diatas dapat dilihat pada rincian berikut:

1. Beton Normal

a. Benda Uji 1

- Luas  $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban  $= 18 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah  $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 18}{141371,669} = 2.55 \text{ MPa}$

b. Benda Uji 2

- Luas  $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban  $= 19 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah  $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 19}{141371,669} = 2,69 \text{ MPa}$

c. Benda Uji 3

- Luas  $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban  $= 19,5 \text{ Ton}$
- Kuat Tarik Belah  $= \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 19,5}{141371,669} = 2,76 \text{ MPa}$

d. Rata-rata  $= 2,66 \text{ MPa}$

2. Beton Tempurung Kelapa 0%

a. Benda Uji 1

- Luas  $= \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban  $= 16,5 \text{ Ton}$

$$\text{- Kuat Tarik Belah} = \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 16,5}{141371,669} = 2,33 \text{ MPa}$$

b. Benda Uji 2

$$\text{- Luas} = \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$$

$$\text{- Beban} = 18 \text{ Ton}$$

$$\text{- Kuat Tarik Belah} = \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 18}{141371,669} = 2,55 \text{ MPa}$$

c. Benda Uji 3

$$\text{- Luas} = \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$$

$$\text{- Beban} = 17,5 \text{ Ton}$$

$$\text{- Kuat Tarik Belah} = \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 17,5}{141371,669} = 2,48 \text{ MPa}$$

$$\text{d. Rata-rata} = 2,45 \text{ MPa}$$

3. Beton Tempurung Kelapa 5%

a. Benda Uji 1

$$\text{- Luas} = \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$$

$$\text{- Beban} = 16 \text{ Ton}$$

$$\text{- Kuat Tarik Belah} = \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 16}{141371,669} = 2,26 \text{ MPa}$$

b. Benda Uji 2

$$\text{- Luas} = \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$$

$$\text{- Beban} = 14,5 \text{ Ton}$$

$$\text{- Kuat Tarik Belah} = \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 14,5}{141371,669} = 2,05 \text{ MPa}$$

c. Benda Uji 3

$$\text{- Luas} = \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$$

$$\text{- Beban} = 15 \text{ Ton}$$

$$\text{- Kuat Tarik Belah} = \frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 15}{141371,669} = 2,12 \text{ MPa}$$

$$\text{d. Rata-rata} = 2,15 \text{ MPa}$$

4. Beton Tempurung Kelapa 10%

a. Benda Uji 1

$$\text{- Luas} = \pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$$

- Beban = 14,5 Ton
- Kuat Tarik Belah =  $\frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 14,5}{141371,669} = 2,05 \text{ MPa}$

b. Benda Uji 2

- Luas =  $\pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban = 14 Ton
- Kuat Tarik Belah =  $\frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 14}{141371,669} = 1,98 \text{ MPa}$

c. Benda Uji 3

- Luas =  $\pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban = 14,5 Ton
- Kuat Tarik Belah =  $\frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 14,5}{141371,669} = 2,05 \text{ MPa}$

d. Rata-rata = 2,03 MPa

5. Beton Tempurung Kelapa 15%

a. Benda Uji 1

- Luas =  $\pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban = 12,5 Ton
- Kuat Tarik Belah =  $\frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 12,5}{141371,669} = 1,77 \text{ MPa}$

b. Benda Uji 2

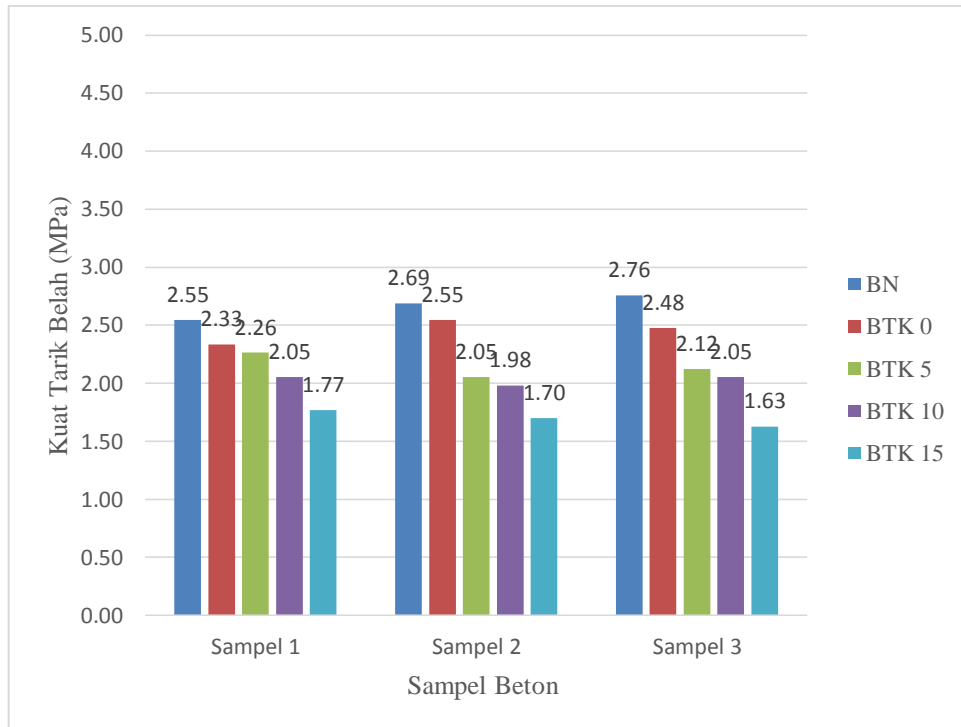
- Luas =  $\pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban = 12 Ton
- Kuat Tarik Belah =  $\frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 12}{141371,669} = 1,70 \text{ MPa}$

c. Benda Uji 3

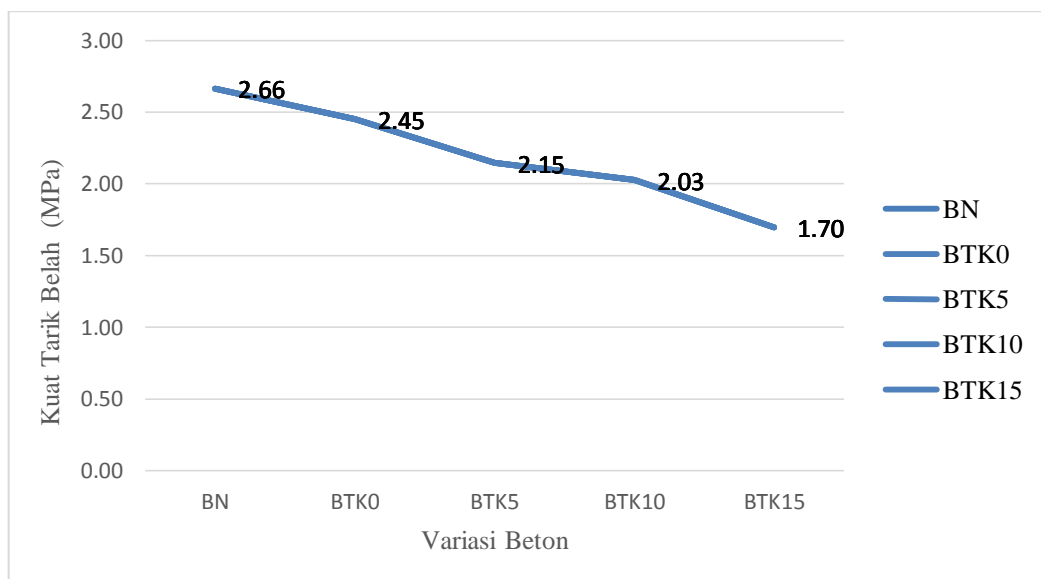
- Luas =  $\pi \times L \times D = \pi \times 300 \times 150 = 141371,669 \text{ mm}^2$
- Beban = 11,5 Ton
- Kuat Tarik Belah =  $\frac{2P}{\pi LD} = \frac{2 \times 10^4 \times 11,5}{141371,669} = 1,63 \text{ MPa}$

d. Rata-rata = 1,70 MPa

Berdasarkan Tabel 4.18 diperoleh grafik hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.4: Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Semua Variasi



Gambar 4.5: Grafik Nilai Kuat Tarik Belah Rata – Rata

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa sampel beton normal memiliki nilai kuat tarik belah rata-rata paling tinggi yaitu sebesar 2,66 MPa. Beton dengan variasi abu tempurung kelapa 0% dan *Sikament NN* 1% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,45 MPa

dan mengalami penurunan sebesar 8,57% dari beton normal. Beton dengan variasi abu tempurung kelapa 5% dan *Sikament NN* 1% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,15 MPa dan mengalami penurunan sebesar 23,72% dari beton normal. Beton dengan variasi abu tempurung kelapa 10% dan *Sikament NN* 1% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,03 MPa dan mengalami penurunan sebesar 31,03% dari beton normal. Beton dengan variasi abu tempurung kelapa 15% dan *Sikament NN* 1% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 1,70 MPa dan mengalami penurunan sebesar 56,47% dari beton normal.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Hasil pengaruh abu tempurung kelapa sebagai pengganti agregat halus dalam beton dan hasil kuat tarik belah beton optimum pada umur beton 28 hari adalah sebagai berikut.
  - a. Penambahan abu tempurung kelapa sebagai pengganti agregat halus berpengaruh terhadap nilai slump beton segar, hal tersebut dibuktikan dengan semakin banyaknya abu tempurung kelapa yang digunakan maka akan semakin rendah nilai slump yang dihasilkan.
  - b. Pengaruh penambahan abu tempurung kelapa sebagai pengganti agregat halus terhadap nilai kuat tarik belah beton optimum pada umur 28 hari adalah pada komposisi 5% dengan hasil kuat tarik belah rata-rata sebesar 2,15 MPa.
2. Hasil penggunaan *Sikament NN* pada campuran beton dapat menurunkan kualitas dari beton itu sendiri, hal ini dibuktikan dengan hasil kuat tarik belah beton yang menggunakan *Sikament NN* adalah sebesar 2,45 MPa dan mengalami penurunan sebesar 8,57% dibandingkan dengan beton normal atau beton yang tidak menggunakan *Sikament NN* yang menghasilkan kuat tarik belah beton sebesar 2.66 MPa.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi saran untuk penelitian selanjutnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk pengujian kuat lentur akibat pengaruh penambahan abu tempurung kelapa dalam campuran beton.

2. Pada proses pemadatan alangkah baiknya menggunakan alat penggetar karena dapat mempengaruhi kualitas dari hasil pengujian.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang standar-standar dalam pengembangan pengolahan abu tempurung kelapa sehingga dapat memenuhi syarat sebagai agregat halus.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aceb, B. (2019). *Studi Abu Tempurung Kelapa yang Dibakar pada Suhu 500 dan 7000 Celcius sebagai Substitusi Semen pada Beton. September.*
- Agustiono, A., & Zulkarnain, F. (2020). Pengaruh Abu Serbuk Kayu sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tarik Belah Beton Yang Menggunakan Bahan Kimia. *JSPUI*, 1(1), 28–51. <http://repositori.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/14346>
- Akbar, F., Ariyanto, A., & Edison, B. (2014). Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100. *Jurnal Mahasiswa Teknik*, 1(1), 1–11.
- Arifin, H., & Zulkarnain, F. (2020). Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Sawit sebagai Penguat Pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Am 78 Ditinjau dari Kekuatan Tarik Belah Beton. *JSPUI*, 1(1), 12–57. <http://repositori.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/14336>
- Dewi Zynthia, Y. F., Manalip, H., & Windah, S. R. (2020). Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Nilai Kuat Tarik Lentur Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 375–382.
- Fakhri, M., & Zulkarnain, F. (2020). Pemanfaatan Serbuk Kaca sebagai Substitusi sebagian Pasir Pada Campuran Beton Dan Bondcrete Ditinjau dari Kuat Tarik Belah Beton. *JSPUI*, 1(1), 26–49.
- Ikhsan, M. N., Prayuda, H., & Saleh, F. (2016). Pengaruh Penambahan Pecahan Kaca Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus dan Penambahan Fiber Optik Terhadap Kuat Tekan Beton Serat. *JURNAL ILMIAH SEMESTA TEKNIKA Vol. 19, No. 2, 148-156, November 2016, 19(2)*, 148–156.
- Maiti, B. (2019). Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Semen Pcc dan Semen Tipe 1 Terhadap Pemakaian Sikament NN. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Megasari, S. W., & Winayati. (2017). Analisis Pengaruh Penambahan Sikament-Nn Terhadap Karakteristik Beton. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 117–128. <https://doi.org/10.31849/siklus.v3i2.398>
- Palepy, M. R., & Fahrizal, Z. (2020). Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik Beton dengan Bahan Tambah Superplasticizer. *JSPUI*, 1(1), 13–64. <http://repositori.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/14288>
- Pandaleke, R. E., & Windah, R. S. (2017). Perbandingan Uji Tarik Langsung Dan Uji Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 5(10), 649–666.
- Rahmat, R., Hendriyani, I., & Anwar, M. S. (2016). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture. *Infoteknik*, 17(2), 205–218.
- Riyanto, D., Cahyadi, H., & Respati, R. (2018). Pengaruh Pemakaian Arang Batok Kelapa terhadap Kuat Tekan Beton K225. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(2), 94–101. <https://doi.org/10.33084/mits.v6i2.252>

- Siregar, S., & Nurmaidah. (2016). Pengaruh Penggunaan Tempurung Kelapa Sebagai Penambah Agregat Kasar Mutu Beton F'c 17 Mpa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Educational Building*, 2(1), 64–69. <https://doi.org/10.24114/eb.v2i1.6917>
- SNI 03-1968, M. pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. (1990). *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*. 1–5.
- SNI 03-2834-2000. (2000a). SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- SNI 03-2834-2000, tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. (2000b). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000*. 1–34.
- SNI 03-4141, M. pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. (1996). *Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat*. 1–6.
- SNI 03-4804, M. pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. (1998). *Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat*. 1–6.
- SNI 1969, C. uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.
- SNI 1970, C. uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- SNI 1971, C. uji kadar air total agregat dengan pengeringan. (2011). *Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan*.
- SNI 1972. (2008). Cara Uji Slump Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 5.
- SNI 2491:2014, tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder. (2014). *SNI 2491:2014 Tentang Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*. 12.
- SNI 2491. (2014). Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–17.
- Sucahyo, Iham A., & Damara, B. (2020). Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Campuran Paving Block (Ditinjau dari Kuat Tekan dan Resapan Air). *UKaRsT*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v4i1.708>
- Wijaya, H., & Zulkarnain, F. (2020). Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton dengan Bahan Tambah Superplasticizer Di Tinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton. *JSPUI*, 1(1), 6–66. <http://repositori.umsu.ac.id/xmlui/handle/123456789/14276>

# **LAMPIRAN**



Gambar L-1 *Compressing Test Machine*



Gambar L-2 *Saringan Agregat Kasar*



Gambar L-3 Saringan Agregat Halus



Gambar L-4 Cetakan Silinder



Gambar L-5 Oven



Gambar L-6 Gelas Ukur





Gambar L-7 Kerucut Abrams



Gambar L-8 Mixer Beton



Gambar L-9 Timbangan



Gambar L-10 Tongkat Penumbuk





Gambar L-11 Bak Perendaman



Gambar L-12 Ember



Gambar L-13 Sendok semen dan sekop tangan



Gambar L-14 Penggaris



Gambar L-15 Skrap



Gambar L-16 Proses Pembuatan Adukan Beton





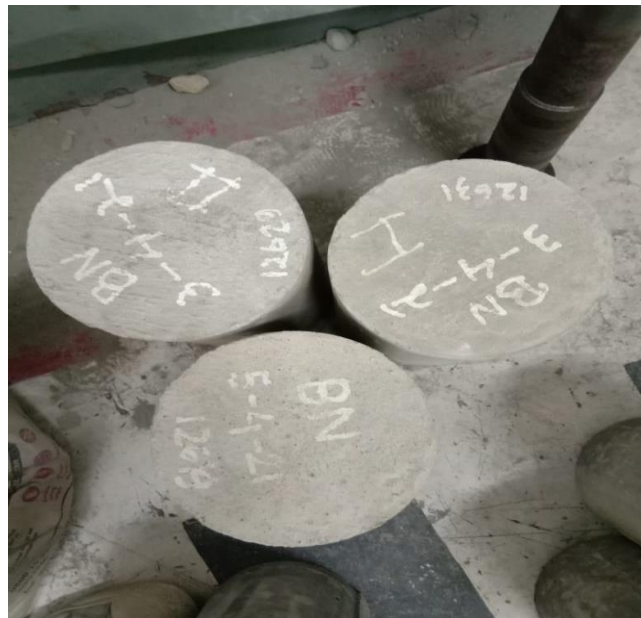
Gambar L-17 Proses Pengujian *Slump Test*



Gambar L-18 Perojokan Adukan Beton



Gambar L-19 Perendaman Benda Uji



Gambar L-20 Beton Normal



Gambar L-22 BTK 0%



Gambar L-21 BTK 5%





Gambar L-23 BTK 10%



Gambar L-24 BTK 15%



Gambar L-25 Pengujian Kuat Tarik Belah BTK 0%



Gambar L-26 Pengujian Kuat Tarik Belah BTK 5%





Gambar L-27 Pengujian Kuat Tarik Belah BTK 10%



Gambar L-28 Pengujian Kuat Tarik Belah BTK 15%

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### INFORMASI PRIBADI

Nama : Rahmatsyah Hendry Sigalingging  
Panggilan : Rahmatsyah  
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Morawa, 25 Desember 1997  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Alamat Sekarang : Dusun IV P. Bendang, Dagang Kelambir  
Tanjung Morawa, Deli Serdang  
HP/Tlpn Seluler : 0821-6149-6398

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1707210146  
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	SDN 105335 Kebun Sayur	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 1 Tanjung Morawa	2010 - 2013
Sekolah Menengah Kejuruan	SMAS Plus Al-Azhar Medan	2013 - 2016

### ORGANISASI

Informasi	Tahun
Ketua Rohis SMAS Plus Al-Azhar Medan	2015 - 2016