

TUGAS AKHIR

**ANALISIS DAN PENGARUH KUAT TARIK BELAH
BETON DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH ABU
TEMPURUNG KELAPA
(STUDI PENELITIAN)**

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

Disusun Oleh:

IB'NU SYINA

1607210219



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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ibnu Syina

NPM : 1607210219

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Dan Pengaruh Kuat Tarik Belah Beton Dengan
Menggunakan Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa

Bidang Ilmu : Struktur

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

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain, ST, M.Sc

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ibnu Syina

NPM : 1607210219

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Dan Pengaruh Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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, S.T., M.Sc

Dosen Pembanding I



Ade Faisal S.T., MS.c, Ph.D.

Dosen Pembanding II



Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc.

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ibnu Syina
Tempat, Tanggal Lahir : Pinggir Jati, 13 Maret 1997
NPM : 1607210219
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Dan Pengaruh Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa (Studi Penelitian).”

Bukan merupakan plagiatisme, 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 ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjana saya.

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

Medan, 15 Februari 2022
Saya yang menyatakan:



Handwritten signature of Ibnu Syina.

Ibnu Syina

ABSTRAK

ANALISIS DAN PENGARUH KUAT TARIK BELAH BETON DENGAN MENGGUAKAN BAHAN TAMBAH ABU TEMPURUNG KELAPA (STUDI PENELITIAN)

Ibnu Syina

1607210219

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

Tempurung kelapa adalah salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya cukup baik dijadikan arang aktif. Bagian tempurung kelapa merupakan bagian yang paling keras dibandingkan dengan bagian kelapa lainnya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya di tempurung tersebut. Tempurung kelapa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan arang, karena tempurung kelapa memiliki sifat difusitermal yang baik yang diakibatkan oleh tingginya kandungan selulosa dan lignin yang terdapat di dalam tempurung. Selain itu, keberadaan tempurung kelapa yang melimpah baik yang berasal dari limbah pertanian maupun yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Komposisi kimia tempurung kelapa terdiri atas, *selulosa* 26,60%, *pentosan* 27,70%, *lignin* 29,40%. Penelitian ini bertujuan mengetahui kuat tarik belah beton optimum setelah dicampur Abu Tempurung Kelapa substitusi parsial semen dan *Sikament-NN* pada umur beton 7 dan 28 hari. Persentase abu tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 2%, 4%, 6%, sebagai substitusi parsial semen dengan penambahan *Sikament-NN* sebesar 2%. Penelitian menggunakan benda uji yang berupa silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 16 buah beton dan 4 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 2 sampel. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton adalah kuat tarik belah beton. Dari hasil penelitian diperoleh, kuat tarik belah rata-rata beton umur 7 hari dengan abu tempurung kelapa BN (0%) = 3,28 MPa, BATK (2%) = 2,44 MPa, BATK (4%) = 2,01 MPa, BATK (6%) = 2,33. Kuat tarik belah rata-rata beton umur 28 hari dengan abu tempurung kelapa BN (0%) = 3,39 MPa, BATK (2%) = 2,12 MPa, BATK (4%) = 2,33 MPa, BATK (6%) = 2,33.

Kata Kunci : Beton Abu Tempurung Kelapa Substitusi Parsial Semen, *Sikament-NN*, Kuat Tarik Belah.

ABSTRACT

ANALYSIS AND EFFECT OF TENSION STRENGTH CONCRETE USING COCONUT SHELL ASH ADDED MATERIALS (RESEARCH STUDY)

Ibnu Syina

1607210219

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

Coconut shell is one of the active carbon materials which has good quality as activated charcoal. The coconut shell is the hardest part compared to other coconut parts. The hard structure is caused by silicate (SiO₂) which is quite high in the shell. Coconut shell is used as the basic material for making charcoal, because coconut shell has good thermal diffusion properties caused by the high content of cellulose and lignin in the shell. In addition, the abundance of coconut shells, both from agricultural waste and from household and industrial wastes, has not been utilized optimally. The chemical composition of coconut shell consists of 26.60% cellulose, 27.70% pentosan, 29.40% lignin. The purpose of this research determine the optimum split tensile strength of concrete after being mixed with Coconut Shell Ash with partial substitution of cement and Sikament-NN at the age of 7 and 28 days. The percentage of coconut shell ash used in this study was 2%, 4%, 6%, as a partial substitution of cement with the addition of Sikament-NN of 2%. The study used a test object in the form of a cylinder with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, with a sample of 16 pieces of concrete and 4 (five) variations, each variation amounting to 2 samples. Tests carried out on the concrete mixture are the split tensile strength of the concrete. From the research results obtained, the average split tensile strength of concrete aged 7 days with coconut shell ash BN (0%) = 3.28 MPa, BATK (2%) = 2.44 MPa, BATK (4%) = 2.01 MPa, BATK (6%) = 2.33.

Keywords : Coconut Shell Ash Concrete, Cement Partial Substitution, Sikament-NN, Split Tensile Strength.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Dan Pengaruh Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan juga sebagai Ketua Prodi Teknik Sipil.
2. Bapak Ade Faisal S.T., MS.c, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Josef Hadipramana S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, ST, M.Sc, Ph.D. selaku selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Sekretaris Jurusan Prodi Teknik Sipil yang ikut andil dalam prose administrasi penelitian.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas

Muhammadiyah Sumatera Utara.

9. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Umarullah dan Ibunda tercinta Supriati yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
10. Rekan-rekan seperjuangan HMS FT-UMSU dan BEM FT-UMSU 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 membangun untuk menjadi Bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimassa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi Dunia Konstruksi Teknik Sipil.

Medan, Februari 2022

Ibnu Syina

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Pembahasan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pengertian Beton	6
2.2. Penelitian Terdahulu	7
2.3. Abu Tempurung Kelapa	12
2.4. Bahan Campuran Beton	14
2.4.1. Semen	14
2.4.2. Air	16
2.4.3. Agregat	18
2.4.4. Agregat Halus	19
2.4.5. Agregat Kasar	21
2.5. Pengaruh Bahan Tambah	21
2.5.1. Sikament-NN	24

2.6.	Slump Test	24
2.7.	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	25
2.8.	Perawatan Beton	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		
3.1.	Metode Penelitian	28
3.2.	Lokasi Penelitian Dan Waktu Penelitian	29
3.3.	Bahan Dan Peralatan	29
3.3.1.	Bahan	29
3.3.2.	Peralatan	29
3.4.	Bagan Alir Penelitian	30
3.5.	Persiapan Penelitian	32
3.6.	Pemeriksaan Material	32
3.7.	Pelaksanaan Penelitian	33
3.7.1.	Perencanaan Campuran Beton (Mix Design)	33
3.7.2.	Pembuatan Benda Uji	43
3.7.3.	Pengujian <i>Slump</i>	43
3.7.4.	Perawatan Beton	44
3.7.5.	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Tinjauan Umum	45
4.2.	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	45
4.3.	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	45
4.4.	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Abu Tempurung Kelapa	51
4.5.	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	51
4.6.	Perencanaan Campuran Beton	57
4.6.1.	Untuk Benda Uji	67
4.6.2.	Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa	72
4.7.	<i>Slump Test</i>	74
4.8.	Hasil Dan Analisa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	76
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1.	Kesimpulan	81
5.2.	Saran	82

DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	87
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kandungan tempurung kelapa	13
Tabel 2.2.	Kandungan arang tempurung kelapa	13
Tabel 2.3.	Batas gradasi agregat halus	20
Tabel 2.4.	Batas gradasi agregat kasar	21
Tabel 2.5.	Karakteristik <i>Sikament-NN</i>	24
Tabel 3.1.	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia	34
Tabel 3.2.	Perkiraan kekuatan tekan beton (MPa) dengan faktor air semen dengan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia	36
Tabel 3.3.	Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton	38
Tabel 3.4.	Persyaratan jumlah semen minimum dengan faktor air semen maksimum	39
Tabel 3.5.	Jumlah variasi sampel pengujian beton	44
Tabel 4.1.	Hasil pengujian analisa agregat halus	46
Tabel 4.2.	Daerah gradasi halus	46
Tabel 4.3.	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	48
Tabel 4.4.	Hasil pengujian kadar air agregat halus	49
Tabel 4.5.	Hasil pengujian berat isi agregat halus	49
Tabel 4.6.	Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	50
Tabel 4.7.	Hasil pengujian berat jenis dan abu tempurung kelapa	51
Tabel 4.8.	Hasil pengujian analisa agregat kasar	52
Tabel 4.9.	Berat gradasi agregat kasar	53
Tabel 4.10.	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	54
Tabel 4.11.	Hasil pengujian kadar air agregat kasar	55
Tabel 4.12.	Hasil pengujian berat isi agregat kasar	56
Tabel 4.13.	Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	57
Tabel 4.14.	Data-data hasil tes dasar	57
Tabel 4.15.	Proporsi campuran	63
Tabel 4.16.	Koreksi proporsi campuran	65

Tabel 4.17.	Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000)	65
Tabel 4.18.	Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1 m ³	67
Tabel 4.19.	Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan Kg	69
Tabel 4.20.	Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji 7 hari dan 28 hari	69
Tabel 4.21.	Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji	70
Tabel 4.22.	Perbandingan untuk 16 benda uji dalam satuan Kg	72
Tabel 4.23.	Banyak abu tempurung kelapa yang dibutuhkan untuk 2 benda uji silinder	74
Tabel 4.24.	Hasil pengujian nilai <i>slump</i>	74
Tabel 4.25.	Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal	76
Tabel 4.26.	Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan abu tempurung kelapa 2% dan <i>Sikament-NN</i> 2%	76
Tabel 4.27.	Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan abu tempurung kelapa 4% dan <i>Sikament-NN</i> 2%	77
Tabel 4.28.	Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan abu tempurung kelapa 6% dan <i>Sikament-NN</i> 2%	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.	Bagan alir penelitian	31
Gambar 3.2.	Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)	37
Gambar 3.3.	Batas gradasi pasir (sedang) no. 2	40
Gambar 3.4.	Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm	40
Gambar 3.5.	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm	41
Gambar 3.6.	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton	42
Gambar 4.1.	Grafik gradasi agregat halus	47
Gambar 4.2.	Grafik gradasi agregat kasar	53
Gambar 4.3.	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 cm x 30 cm	59
Gambar 4.4.	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,37. (SNI 03-2834-2000)	61
Gambar 4.5.	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran, dan berat isi	62
Gambar 4.6.	Grafik perbandingan nilai <i>slump</i> 7 hari	75
Gambar 4.7.	Grafik perbandingan nilai <i>slump</i> 28 hari	75
Gambar 4.8.	Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 7 hari	78
Gambar 4.9.	Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari	78
Gambar 4.10.	Grafik persentase nilai f_{ct} rata-rata kuat tarik belah beton pada umur 7 hari	79
Gambar 4.11.	Grafik persentase nilai f_{ct} rata-rata kuat tarik belah beton pada umur 28 hari	78

DAFTAR NOTASI

A	= Luas Penampang
B _j	= Berat Jenis
FM	= Modulus Kehalusan
f ^{'c}	= Kuat Tekan
f ^{'ct}	= Kuat Tarik
n	= Jumlah Benda Uji
P	= Beban Tekan
t	= Tinggi Benda Uji
V	= Volume
W	= Berat
Ø	= Diameter
M	= Nilai Tambah
S _r	= Standar Rencana
W _h	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
W _k	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
B	= Jumlah Air
C	= Agregat Halus
D	= Agregat Kasar
C _a	= Absorpsi Air Pada Agregat Halus
D _a	= Absorpsi Agregat Kasar
C _k	= Kandungan Air Dalam Agregat Halus
D _k	= Kandungan Air Dalam Agregat Kasar
BN	= Beton Normal
BATK	= Beton Abu Tempurung Kelapa

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar lampiran 1. Pencucian agregat	88
Gambar lampiran 2. Penjemuran agregat	88
Gambar lampiran 3. Analisa saringan	89
Gambar lampiran 4. Proses <i>mix</i> campuran	89
Gambar lampiran 5. Proses pengeluaran campuran beton dari <i>mixer</i>	90
Gambar lampiran 6. Proses pencetakan campuran beton	90
Gambar lampiran 7. Proses pengujian <i>slump</i>	91
Gambar lampiran 8. Hasil pengujian <i>slump</i>	91
Gambar lampiran 9. Proses pengisian campuran kedalam cetakan beton	92
Gambar lampiran 10. Perendaman beton	92
Gambar lampiran 11. Pengujian kuat tarik beton	93

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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. Beton juga tahan terhadap serangan korosi (Siregar, 2016).

Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton telah dilakukan sebagai cara untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pengerjaan di lapangan. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya. Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi (Akbar, 2014).

Parameter kuat tarik beton secara tepat sulit untuk diukur. Suatu pendekatan yang umum untuk mengukur nilai kuat tarik beton adalah dengan pengujian kuat tarik beton yang dilakukan di laboratorium, hasilnya digunakan untuk menentukan nilai kuat tarik beton. Salah satu aspek yang berperan penting dalam perencanaan adalah menentukan karakteristik dan kemampuan material yang akan dipakai pada struktur. Hal ini membutuhkan pengujian secara mendalam terhadap sifat dari material seperti kekuatan, durabilitas, dan sifat mekanis beton lainnya (Regar, 2014).

Terkadang pada daerah tertentu sangat sulit untuk mendapatkan agregat, khususnya agregat kasar dan agregat halus sebagai bahan utama dalam pembuatan beton. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dilakukan penelitian dengan menggunakan limbah tempurung kelapa (abu tempurung kelapa) sebagai penambahan agregat halus dalam pembuatan beton. Selain itu, jika pemanfaatan limbah tempurung kelapa dapat dibuktikan secara teknis sebagai bahan/agregat untuk campuran, maka diharapkan juga dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan mempunyai nilai tambah secara ekonomi bagi masyarakat (Muwardin, 2019).

Tempurung kelapa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan arang, karena tempurung kelapa memiliki sifat difusitermal yang baik yang diakibatkan oleh tingginya kandungan selulosa dan lignin yang terdapat di dalam tempurung. Selain itu, keberadaan tempurung kelapa yang melimpah baik yang berasal dari limbah pertanian maupun yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Komposisi kimia tempurung kelapa terdiri atas, *selulosa* 26,60%, *pentosan* 27,70%, *lignin* 29,40% (Tumbel, 2019).

Tempurung kelapa adalah salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya cukup baik dijadikan arang aktif. Bagian tempurung kelapa merupakan bagian yang paling keras dibandingkan dengan bagian kelapa lainnya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya di tempurung tersebut. Berat dan tebal tempurung kelapa sangat ditentukan oleh jenis tanaman kelapa. Berat tempurung kelapa sekitar 15% – 19% dari berat keseluruhan buah kelapa, sedangkan tebalnya sekitar 3 mm – 5 mm (Siregar, 2016).

Nilai kuat tekan beton relatif lebih tinggi dibandingkan kuat tariknya dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% dari kuat tekannya. Sehingga umumnya beton diperkuat dengan penambahan tulangan baja dengan asumsi bahwa kedua material bekerjasama dalam menahan gaya yang bekerja dimana tulangan baja menahan gaya tarik dan beton hanya menerima gaya tekan (Kurniawan, 2017).

Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran

beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat volume tidak terasa langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah (Megasari & Winayati, 2017).

Untuk mengurangi masalah yang timbul karena terjadi rongga-rongga pada beton diperlukan material sebagai *substitusi* semen sehingga mengurangi permasalahan pada beton. Komposisi kimia yang dimiliki tempurung kelapa, meliputi, *sellulose* 26,6%, *pentosan* 27,7%, *lignin* 29,4%, abu 0,6%, *solvent ekstraktif* 4,2%, *uronat anydrat* 3,5%, *nitrogen* 0,11%, dan air 8%. Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar bahan tersebut kaya *silika amorf* dapat digunakan dalam penggantian sebagian semen dalam beton (Lisantonno & Kristino, 2019).

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh abu tempurung kelapa dan *sikament-nn* terhadap kuat tarik belah beton pada benda uji silinder?
2. Pada persentase berapa persen abu tempurung kelapa dan *sikament-nn* yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat tarik belah beton?
3. Bagaimana perbedaan antara kuat tarik belah beton abu tempurung kelapa dan *sikament-nn* dibandingkan kuat tarik belah beton normal?

1.3. Ruang Lingkup

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

1. Metode untuk perencanaan campuran beton menggunakan metode standar nasional indonesia (SNI 03-2834-2000).
2. Persentase abu tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 2%, 4%, dan 6% terhadap berat semen yang digunakan pada umur 7 dan 28 hari.

3. Persentase *sikament-nn* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 2% terhadap berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh abu tempurung kelapa dan *sikament-nn* terhadap kuat tarik belah beton pada benda uji silinder.
2. Untuk mengetahui pada persentase berapa persen abu tempurung kelapa dan *sikament-nn* yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kuat tarik belah beton.
3. Untuk mengetahui bagaimana perbedaan antara kuat tarik belah beton abu tempurung kelapa dan *sikament-nn* dibandingkan kuat tarik belah beton normal.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah didapatkannya data hasil uji kualitas material dari abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah pada campuran beton dan diketahuinya data kuat tarik belah beton rata-rata, dengan presentase yang telah ditentukan dan apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan pada tahap pelaksanaan dilapangan dan dapat dikembangkan pada penelitian yang lebih lanjut.

1.6. Sistematika Pembahasan

Adapun rencana sistematika penulisan pada proposal laporan tugas akhir ini disusun menjadi lima bab, dengan sistematika sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3 METODE 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. Pengertian Beton

Menurut (Mulyono, 2014), beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan dengan menggunakan atau tidak bahan tambah (*admixture* atau *additive*) atau campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03 – 2847 – 2002).

Karakteristik beton (*plain concrete*) yang sangat spesifik adalah bahwa beton kuat menahan gaya tegangan tekan tapi tidak kuat menahan gaya tarik. Menurut karakteristik beton (*plain concrete*) yang sangat spesifik adalah bahwa beton kuat menahan gaya tegangan tekan tapi tidak kuat menahan gaya tarik (Rustendi, 2004).

Beton adalah material komposit yang rumit, beton dapat dibuat oleh mereka yang tidak punya pengertian sama sekali tentang beton teknologi, tetapi pengertian yang salah dari kesederhanaan ini sering menjadi persoalan pada produk antara lain reputasi jelek dari beton sebagai materi bangunan. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Riyanto, 2018).

Beton seperti yang dikenal sekarang ini adalah suatu bahan bangunan dan konstruksi yang sifat- sifatnya dapat ditentukan lebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih (Of , 2019).

Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan tersebut. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang relatif murah dan mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusunnya pun mudah untuk didapat, tahan lama, tahan terhadap api dan tidak mengalami pembusukan (Akbar , 2014).

Beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh dan mudah untuk diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu bangunan konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternative untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya (Alfaiz & Hutahaean, 2015).

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat- agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air sehingga membentuk suatu massa mirip batuan. Beton adalah material yang rumit. Beton dapat dibuat dengan mudah bahkan oleh mereka yang tidak punya pengertian sama sekali tentang beton teknologi, tetapi pengertian yang salah dari kesederhanaan ini sering menghasilkan persoalan dari produk, antara lain reputasi jelek dari beton sebagai materi pembangun (Kurniawan, 2017).

Pada pembangunan beton banyak digunakan umumnya bangunan sipil. Bahan dasar dari beton ialah campuran semen, air, agregat halus dan agregat kasar, sedangkan beton yang menggunakan tulangan baja disebut beton bertulang. Sesuai perkembangan zaman dengan teknologi yang mendukung mengakibatkan terus bertambahnya jumlah barang bekas dan berbagai macam limbah yang keberadaannya menjadi masalah bagi kehidupan, salah satunya adalah limbah tempurung kelapa. Tempurung kelapa ini dapat diperoleh di berbagai tempat dan dapat diolah pada industri pabrik seperti obat nyamuk, arang menjadi karbon aktif, pensil dan lain sebagainya (Siregar, 2016).

Kekuatan, keawetan dan sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan dan cara perawatan selama proses pengerasan (Muwardin, 2019).

2.2. Penelitian Terdahulu

Ade Lisantono dan Febrian Yafet Kristino (2019), studi abu tempurung kelapa yang dibakar pada suhu 500° celcius dan 700° celcius sebagai substitusi semen pada beton, dari hasil penelitian mereka dapat disimpulkan, beton dengan

campuran abu tempurung kelapa dengan suhu pembakaran sebesar 700° celcius memberikan hasil kuat tekan pada beton dan modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi dari beton dengan abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu 500° Celcius. Berdasarkan variasi kadarnya dengan substitusi 10% terhadap berat semen. Bahwasanya dari penelitian tersebut kadar abu sangat mempengaruhi *workability* sehingga adonan beton menjadi lebih sulit untuk dikerjakan (Lisantonno & Kristino, 2019).

Kurniawan, Rasidi, Wisnumurti, Prawandha (2017) Dari hasil uji berat beton diketahui bahwa berat beton akan semakin ringan seiring dengan bertambahnya volume tempurung kelapa yang ditambahkan. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa penurunan kuat tekan pada beton dengan campuran batok kelapa sangat signifikan hampir 50 %, hal ini dapat dilihat pada hasil tes kuat tekan dimana terjadi penurunan kuat tekan dari beton normal yang mencapai 28 MPa, 2.5 % yang turun menjadi 15 MPa, 5 % menjadi 11 MPa, sedangkan untuk 7.5 % dan 10 % masing-masing menjadi 12 MPa dan 11 MPa (Kurniawan, 2017).

Iwan Rustendi (2004) mengetahui beberapa pengaruh pemanfaatan tempurung kelapa sebagai material serat terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton, beberapa kesimpulan dari penelitian ini antara lain. Penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan menurunkan kuat tekannya. Makin besar persentase tempurung kelapa yang ditambahkan makin besar pula penurunannya. Dan penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tariknya. Dari beberapa persentase yang dicoba yaitu 5%, 10%, dan 15% persentase terbesar memberikan efek terbesar pula. Karena ada sebagian massa/volume agregat kasar tereliminasi oleh serat tempurung kelapa, maka pada berat jenis beton menjadi berkurang (Rustendi, 2004).

Syafiatun Siregar dan Nurmaidah (2016), berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan beberapa pengujian yang dilaksanakan seperti pengujian agregat halus, pengujian agregat kasar, pengujian beton segar, hingga pengujian beton keras dilaboratorium. Maka beberapa hal yang dapat menjadi kesimpulan yakni penambahan tempurung kelapa pada campuran beton terhadap agregat kasar sebesar 0%, 10%, 20% dan 30% menghasilkan nilai slump rata – rata yaitu 0%

nilai slump sebesar 12 cm, 10% nilai slump sebesar 11cm, 20% nilai slump sebesar 10 cm, dan 30% nilai slump sebesar 8 cm, penambahan tempurung kelapa sebagai agregat kasar mempengaruhi massa jenis beton, dan kuat tekan beton yang diperoleh kuat tekan sebesar, 243.83, 127.50, 128.21 dan 102.85.

Campuran tempurung kelapa terhadap beton mempengaruhi kadar air saat pengadukan sehingga terjadinya penyerapan kadar air dalam beton segar dan menimbulkan aroma khas tempurung kelapa tersebut. Dari hasil uji kuat tekan beton rata-rata dengan penambahan tempurung kelapa sebagai agregat kasar yaitu (TON). Dengan 0% tempurung kelapa sebesar 54,72, 10% tempurung kelapa sebesar 28,75, 20% tempurung kelapa sebesar 28,59, dan 30% tempurung kelapa sebesar 22,969. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa tempurung kelapa dapat mengurangi kuat tekan beton, oleh sebab itu tempurung kelapa baik digunakan untuk jenis beton ringan (Siregar, 2016).

Bayu Tri Widodo (2018), penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pada penambahan pozzolan alami abu tempurung kelapa muda terhadap sifat-sifat mekanik dan durabilitas beton SCC. Kemudian didapatkan hasil dari nilai slump test beton normal sebesar 8 cm, presentase penambahan abu tempurung kelapa muda adalah 5%, 10%, 15% dan superplasticizer (*Master Rheobuild 6*) sebesar 2% dari berat semen, dengan mutu rencana beton 45 MPa.

Dan hasil pengujian kuat tekan di laboratorium UTY nilai kuat tekan beton tanpa bahan tambah sebesar 33,12 MPa, pada beton dengan bahan tambah dengan kadar 5%, 10%, dan 15%, nilai kuat tekan beton sebesar 29,15 MPa, 22,35 MPa, 19,54 MPa, hasil tersebut mengalami penurunan dari kuat tekan beton tanpa bahan tambah, pada beton dengan bahan tambah dengan kadar 5%, 10%, dan 15%, nilai kuat tekan beton sebesar 45,44 MPa, 43,27 MPa, dan 42,235 MPa dari hasil tersebut mendapat kadar yang optimum yaitu pada kadar 5%. Dapat disimpulkan bahwa pada hubungan tegangan dan regangan benda uji BB3-SCC-15% didapat modulus elastisitas sebesar $E_c = 58345$ MPa dan BB2-SCC-15% didapat *modulus elastisitas* sebesar $E_c = 78694$ MPa. Dari hasil pengujian daya serap air terhadap beton SCC dengan kadar 5%, 10%, dan 15 % adalah 0,593 %, 0,271 %, 1,106 %, dan 1,336 % (Widiyantoro, 2018).

Kuat tarik beton bervariasi antara 8% sampai 15% dari kuat tekannya. Alasan utama dari kuat tarik yang kecil ini adalah kenyataan bahwa beton dipenuhi oleh retak-retak halus. Retak-retak ini tidak berpengaruh besar bila beton menerima beban tekan karena beban tekan menyebabkan retak menutup sehingga memungkinkan terjadinya penyaluran tekanan. Jelas ini tidak terjadi bila balok menerima beban tarik. Meskipun biasanya diabaikan dalam perhitungan desain, kuat tarik tetap merupakan sifat penting yang mempengaruhi ukuran beton dan seberapa besar retak yang terjadi. Selain itu, kuat tarik dari batang beton diketahui selalu akan mengurangi jumlah lendutan. Karena kuat tarik beton tidak besar, hanya sedikit usaha yang dilakukan untuk menghitung modulus elastisitas tarik dari beton (Manurung, 2018).

Penelitian ini juga dilakukan dari beberapa skripsi terdahulu yang terbaru dari pembimbing yang sama. Pada penelitian kuat tarik belah beton mereka menggunakan SNI 03-2834-2000, dengan campuran bahan tambah yang berbeda-beda. Salah satu bahan yang memiliki fungsi meningkatkan kuat tarik belah beton ialah serat ijuk. Selain penggunaan serat ijuk, juga menambahkan zat admixture berupa *viscocrete 3115N* (T. R. H. Lubis, 2020).

Dalam pembuatan beton salah satu bahan alternatif tambahan yang digunakan adalah Styrofoam. Beton yang dibuat dengan penambahan Styrofoam dapat disebut beton Styrofoam (Styrofoam concrete) yang disingkat Styrocon. Dengan digunakannya Styrofoam diharapkan dapat mengurangi berat beton (Arami, 2020).

Menunjukkan penambahan abu cangkang kelapa sawit dan silika gel meningkatkan nilai slump dan nilai kuat tarik belah beton. Hasil analisis menunjukkan kuat tarik belah optimum beton dengan komposisi yang mengandung abu cangkang kelapa sawit dan silika gel 25% yakni 4,88 MPa (Chair, 2020).

Pengujian yang dilakukan adalah kuat tarik belah yang dilakukan saat benda uji berumur 28 hari. Dari hasil pengujian diperoleh kuat tarik belah beton dengan bondcrete meningkat 5,06% pada variasi serbuk kaca 10% yaitu 3,73 MPa dibanding kuat tarik belah normal yaitu 3,54 MPa (Fakhri, 2020).

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

Nilai slump flow yang diperoleh mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase abu bonggol jagung terhadap campuran beton dengan masing-masing variasi memperoleh nilai *slump flow* sebesar 0% (710 mm), 5% (595 mm), 10% (575 mm), 15% (555 mm). Nilai kuat tarik belah yang diperoleh sesuai dengan variasi adalah 0% (4,60 MPa), 5% (5,02 MPa), 10% (3,94 MPa), 15% (2,95 MPa). Nilai kuat tarik belah optimum diperoleh pada variasi abu bonggol jagung 5% (Wijaya, 2020).

Persentase serbuk kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0%, 2%, 4% 6%, sebagai substitusi parsial semen dengan penambahan bondcrete sebesar 2%. Dan dari hasil penelitian diperoleh, kuat tarik belah rata - rata beton dengan serbuk kaca BN (0%) = 3,6 MPa, BK-2 (2%) = 3,89 MPa, BK-4 (4%) = 2,97 MPa, BK-6 (6%) = 3,23 MPa (Riski, 2020).

Dimensi benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran 15 x 30 cm pada umur 28 hari, dengan nilai slump 60-180 cm. Rancangan campuran menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Setiap variasi dibuat 3 benda uji, sehingga jumlah keseluruhannya 12 buah benda uji. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tarik belah beton (D. E. A. Lubis, 2020).

Berdasarkan perencanaan beton abu serbuk kayu dengan bahan tambah Sika Viscocrete 3115 N pada kuat tarik belah beton maka didapat nilai rata-rata pada setiap variasi. BN0 dengan kuat tarik belah sebesar 4,60 MPa, BA10 sebesar 3,04 MPa, BA20 sebesar 1,98 MPa, dan BA30 sebesar 1,41 MPa (Agustiono, 2020).

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari. Nilai kuat tarik yang diperoleh mengalami kenaikan pada variasi 10% dengan nilai (4,74 MPa) dari beton normal dengan nilai (4,60MPa) dan mengalami penurunan pada variasi 20% (3,96 MPa) dan variasi 30% (3,54 MPa). Nilai kuat tarik optimum terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 10% (Palepy, 2020).

2.3. Abu Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan limbah (sisa pengolahan) dari rumah tangga atau industri yang menggunakan kelapa sebagai bahan utama. Keberadaannya banyak terdapat di sekitar kita, dan pemanfaatannya kebanyakan hanya sebatas sebagai bahan kayu bakar (Akbar, 2014).

Tempurung kelapa adalah salah satu bahan karbon aktif yang kualitasnya cukup baik dijadikan arang aktif. Bagian tempurung kelapa merupakan bagian yang paling keras dibandingkan dengan bagian kelapa lainnya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya di tempurung tersebut. Berat dan tebal tempurung kelapa sangat ditentukan oleh jenis tanaman kelapa. Berat tempurung kelapa sekitar 15% – 19% dari berat keseluruhan buah kelapa, sedangkan tebalnya sekitar 3 mm – 5 mm (Siregar, 2016).

Tempurung kelapa merupakan limbah (sisa pengolahan) dari rumah tangga atau industri yang menggunakan kelapa sebagai bahan utama. Keberadaannya banyak terdapat di sekitar kita, dan pemanfaatannya kebanyakan hanya sebatas sebagai bahan kayu bakar. Menurut (Soroushian dan Bayasi, 1987) serta menurut (Tjokrodimuljo, 1996), bahwa gelas/kaca bisa dijadikan material serat pada adukan beton. Secara visual baik kaca atau tempurung kelapa apabila dilebur performanya tidak jauh berbeda, yaitu berbentuk serpihan yang keras. Sehingga karakteristiknya pun diperkirakan sama. Maka tempurung kelapa bila dijadikan material serat pengaruhnya akan sama atau lebih tinggi dari kaca.

Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara adalah kekuatan dan keuletan tempurung kelapa lebih tinggi dari pada kaca (kaca lebih getas dari pada tempurung kelapa). Kekuatan dan keuletan yang tinggi umumnya mengakibatkan modulus elastisitas tinggi, sehingga akan menghasilkan beton dengan modulus elastisitas tinggi pula. Akibat sisa-sisa sabut kelapa tekstur permukaan tempurung kelapa lebih kasar dari pada kaca, sehingga ikatannya dengan pasta semen akan lebih kuat (Kurniawan, 2017).

Tempurung kelapa dibakar sampai semua bagian berubah menjadi arang, kemudian di tumbuk menjadi butiran halus berwarna hitam pekat. Dan dilakukan pengayakan untuk mendapatkan abu yang lolos saringan no 200 agar abu tempurung kelapa dapat mengisi ruang-ruang kosong antar butiran sebagai bahan

pengikat dan diharapkan mampu meningkatkan kuat tekan paving block. Berikut ini adalah kandungan arang kelapa (Mukhlis Iwan Mustaqim, Juli Marliansyah, 2017).

Tabel 2.1: Kandungan tempurung kelapa.

KOMPONEN	PERSENTASE
<i>Selulosa</i>	26,6 %
<i>Hemiselulosa</i>	27,7 %
<i>Lignin</i>	29,4 %
Abu	0,6 %
Komponen <i>ekstraktif</i>	4,2 %
<i>Uronat anhidrat</i>	3,5 %
<i>Nitrogen</i>	0,1 %
Air	8,0 %

(Sumber : *Google.com*)

Tempurung kelapa dibakar sampai semua bagian berubah menjadi arang, kemudian di tumbuk menjadi butiran halus berwarna hitam pekat. Dan dilakukan pengayakan untuk mendapatkan abu yang lolos saringan no 100 agar abu tempurung kelapa dapat mengisi ruang-ruang kosong antar butiran sebagai bahan pengikat pada beton. Berikut ini adalah kandungan arang kelapa:

Tabel 2.2. Kandungan arang tempurung kelapa

KOMPONEN	PERSENTASE
<i>Volatile</i>	10,60 %
<i>Karbon</i>	76,32 %
Abu	3,08 %

(Sumber : *Google.com*)

2.4. Bahan Campuran Beton

Seperti yang diuraikan sebelumnya bahwa beton merupakan campuran bahan semen, air dan agregat dengan atau tidak menggunakan bahan tambah yang membentuk massa padat.

2.4.1. Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah selesai pengadukan, dan juga dapat memperbaiki keawetan dari beton yang dikerjakan. Beton pada umumnya mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60%-75%.

Menurut Peraturan Beton 1989 (SKBI. 1.4.53.1989) dalam ulasannya di halaman 1, membagi semen portland menjadi lima jenis (SK.SNI T- 15-1990-03:2) yaitu:

1. Jenis I : Semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Biasanya digunakan dalam konstruksi beton secara umum.
2. Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Digunakan dalam struktur bangunan air / drainase dengan kadar konsentrasi sulfat tinggi di dalam air tanah.
3. Jenis III : Semen Portland untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi. Biasanya digunakan pada struktur-struktur bangunan yang bekistingnya harus cepat dibuka dan akan segera dipakai kembali.
4. Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Biasanya digunakan pada konstruksi dam / bendungan, dengan tujuan panas yang terjadi sewaktu hidrasi merupakan faktor penentu bagi keutuhan beton.

Semen portland adalah suatu bahan konstruksi yang paling banyak di gunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985, Semen portland di definisikan sebagai semen hidrolis yang di hasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen portland merupakan semen yang umumnya digunakan untuk pekerjaan betin. Sejarah Semen Portland dimulai dari saat kerajaan Romawi. Dengan mundurnya Kerajaan Romawi, beton tidak dipakai lagi. Baru sekitar J.Smeaton,1790, di Inggris menemukan bahwa jika kapur yang mengandung lempung dibakar, bahan tersebut akan mengeras didalam air. Jenis Semen ini menyerupai dengan apa yang di buat pada jaman Romawi. Penyelidikan lebih lanjut dilakukan oleh J.Parker pada masa yang sama yang lebih mengarah ke komersil, penggunaannya sekitar awal abad ke -19 di Inggris dan kemudian di Prancis.

Karya konstruksi sipil pertama yakni jembatan pertama yang dibuat dengan beton tak bertulang di lakukan tahun 1816 di Souillac, Prancis. Nama semen portland di usulkan oleh Joseph Aspdin, 1824, karena bahan ini yaitu bahan campuran air, pasir, dan batu-batuan yang bersifat pozolan dan berbentuk bubuk dioleh pertama kali dipulau Portland dekat pantai dorset, Inggris. Pertama kali semen portland di produksi dipabrik di Amerika Serikat oleh David Saylor dikota Coplay Pennsylvania, 1875. Sejak saat itu semen portland berkembang dibuat sesuai dengan kebutuhan. Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu.

Berat jenis yang dihasilkan sekitar antara 3.12 dan 3.16 dan berat volume sekitar 1500 kg/cm³. (Nawy,1985:9). Bahan utama pembentuk semen portland yaitu kapur (CaO), Silika (SiO₃), Alumina (Al₂O₃) dan ditambah sedikit prosentase dari magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali, serta untuk mengontrol komposisinya terkadang ditambahkan oksida besi.

Untuk mengatur waktu ikat semen di tambahkan gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Pada proses pembuatan semen portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu proses basah, dan proses kering. Secara umum pembuatan semen dilaksanakan melalui beberapa tahapan, yaitu penambangan di *quarry*, pemecahan di *crushing plant*, penggilingan (*Blending*), pencampuran bahan-bahan (*Blended*), pembakaran (*Ciln*), penggilingan kembali hasil pembakaran, penambahan bahan tambah abu tempurung kelapa, Pengikatan (*Packing Plant*). Perbedaan semen yang satu dengan yang lainnya dibedakan dari susunan kimianya maupun kehalusan butirnya. Perbandingan utama bahan-bahan penyusun semen portland adalah Kapur (CaO) sekitar 60%-65%, Silika (SiO_2) sekitar 20%- 25%, dan oksida besi serta alumina (Fe_2O_3 dan Al_2O_3) sekitar 7%-12%.

Sifat fisik dari semen yaitu, kehalusan butir, waktu pengikatan, kehalusan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar. Secara garis besar Sifat dan Karakteristik Kimia ada 4 (empat) utama senyawa kimia yang penting sebagai penyusun semen portland, yaitu sebagai berikut:

1. Trikalsium Silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang di singkat menjadi C3S.
2. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang di singkat menjadi C2S.
3. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) yang di singkat menjadi C3A.
4. Tertrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C4AF.

Sifat kimia semen dapat dijabarkan sebagai berikut, kesegaran semen dan sisa yang tak larut, dan yang paling utama adalah komposisi syarat yang diberikan. Semen portland di Indonesia harus memenuhi SNI, Semen Portland”, syarat mutu yang ditetapkan oleh SNI 15-2049-2004 mengadopsi dari syarat mutu dalam ASTM (Marlina & Prasetya, 2020).

2.4.2. Air

Air yang dapat di minum umumnya dapat di pergunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran

beton akan menyebabkan penurunan kualitas beton yang dihasilkan dan juga akan mengubah sifat-sifat beton yang dibuat. Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang ditinjau, tetapi hanya perbandingan antara air dengan semen saja atau biasa disebut faktor air semen (*water cement ratio*). Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang sedikit akan menyebabkan proses hidrasi seluruhnya tidak akan tercapai, yang pada akhirnya akan mempengaruhi kekuatan mutu beton yang tidak akan tercapai.

Untuk itu air yang di pakai jika tidak memenuhi syarat mutu, umumnya kekuatan pada umur 7 hari atau 28 hari, jika dibandingkan dengan kekuatan mutu beton yang menggunakan air standar/suling tidak kurang dari 90%. (SNI 2847:2013, 2013). Sumber air yang dapat digunakan dapat berasal dari air tawar (sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut ataupun air limbah asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat di minum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton, namun jika tidak harus memenuhi syarat mutu kualitas air. Air laut umumnya mengandung 3.5% larutan garam, sekitar 78% adalah *sodium klorida* dan 15% merupakan *magnesium klorida*. Adanya garam-garaman dalam air laut ini akan mengurangi kualitas dari beton sampai dengan 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra-tegang ataupun beton bertulang, karena resiko terhadap karat lebih besar.

Air buangan industri yang mengandung asam alkali tidak boleh digunakan. Sumber-sumber air yang ada antara lain: Air yang Terdapat di Udara; Air Hujan; Air Tanah; Air Permukaan; dan Air Laut. Syarat Umum Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pratekan dan beton yang didalamnya akan tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung sejumlah ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (ACI 318-89:2-2). Untuk perlindungan terhadap korosi, jumlah konsentrasi ion klorida

maksimum yang terdapat dalam beton yang telah mengeras pada umur 28 hari yang didapat dari bahan campuran termasuk air, agregat, bahan bersemen dan bahan campuran tambahan tidak boleh melampaui nilai batas diberikan (Mulyono, 2014).

2.4.3. Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Berdasarkan pengalaman, komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat ini pun menjadi penting. Karena itu perlu dipelajari karakteristik agregat yang akan menentukan sifat mortar atau beton yang akan dihasilkan. Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Siregar, 2016).

Agregat (yang tidak bereaksi) adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen (Sagel, 1994). Agregat yang umum dipakai adalah pasir, kerikil, dan batu-batu pecah. Menurut PBI 1971, agregat yang baik dalam pembuatan beton harus memenuhi persyaratan yaitu, harus bersifat kekal, berbutir tajam dan kuat. tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar, tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat yang reaktif alkali dan harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori (Kurniawan, 2017).

Ditinjau dari berat jenisnya agregat dibedakan menjadi tiga macam:

1. Agregat Ringan.

Agregat ini adalah agregat yang memiliki berat jenis kurang dari 2,0, dan biasanya digunakan untuk beton non struktural.

2. Agregat Normal.

Agregat normal adalah agregat yang memiliki berat jenis antara 2,5 sampai 2,7. Beton yang dihasilkan memiliki berat jenis sekitar 2,3 dengan kuat tekan antara 15 MPa sampai 40 MPa.

3. Agregat Berat.

Agregat ini memiliki berat jenis lebih dari 2,8. Beton yang dihasilkan juga memiliki berat jenis tinggi (sampai 5,0), yang efektif sebagai pelindung sinar radiasi sinar X.

2.4.4. Agregat Halus

Agregat yang berupa pasir sebagai hasil desintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu (PBBI 1971, N.I.- 2). Syarat agregat halus:

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
- b. Kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka agregat harus dicuci.
- c. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

Menurut (Samekto, 2001) asalnya agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis:

1. Pasir Galian.

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

2. Pasir Sungai.

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

3. Pasir Laut.

Pasir laut adalah pasir yang diperoleh dari pantai. Bentuk butiran halus dan bulat, karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam, oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan. Garam yang ada dalam pasir ini menyerap kandungan air dalam udara, sehingga mengakibatkan pasir selalu agak basah, dan juga menyebabkan pengembangan setelah bangunan selesai dibangun (Universitas, 2019).

Dalam buku Perencanaan Campuran Dan Pengendalian Mutu Beton (1994) agregat halus dapat dibagi menjadi 4 jenis menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar yang batas gradasinya dapat di lihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2.3: Batas gradasi agregat halus.

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

Sumber : (Mulyono, 2003:91)

2.4.5. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. (PBBI 1971, NI-2). Syarat-syarat agregat kasar:

1. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori
2. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %. Apabila kadar lumpur melampaui 1 % maka agregat kasar harus dicuci. (Universitas, 2019).

Tabel 2.4: Batas gradasi agregat kasar.

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

2.5. Pengaruh Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan *hidrasi* atau waktu pengikatan, kemudahan pengerjaan, dan kekedapan terhadap air.

Menurut (SNI 03-2495-1991, 1991), Bahan tambah kimia dapat dibedakan menjadi 5 (lima) jenis yaitu:

1. Bahan tambah kimia untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan tambah ini diperoleh adukan dengan factor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan yang sama, atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Bahan tambah kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini digunakan misalnya pada satu kasus dimana jarak antara tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran dan pemadatan lebih dari 1 jam.
3. Bahan tambah kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan waktu penyelesaian segera, misalnya perbaikan landasan pacu pesawat udara, balok prategang, jembatan dan sebagainya.
4. Bahan tambah kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan.
5. Bahan kimia berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

(Mulyono, 2014) menyebutkan dalam bukunya bahwa bahan tambah dibagi menjadi tujuh tipe yaitu:

1. Tipe A "*Water-Reducing Admixture*" *Water-Reducing Admixture* adalah bahan tambah yang mengurangi air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.
2. Tipe B "*Retarding Admixtures*" *Retarding Admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaanya untuk menunda waktu pengikatan beton (*setting time*) misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pemadatan untuk menghindari *cold joints* dan menghindari dampak penurunan saat beton segar pada saat pengecoran dilaksanakan.

3. Tipe C "*Accelerating admixture*" *Accelerating admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D "*Water Reducing and Retarding Admixture*" *Water Reducing and Retarding Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.
5. Tipe E "*Water Reducing and Accelerating Admixture*" *Water Reducing and Accelerating Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton.
6. Tipe F "*Water Reducing, High Range Admixture*" *Water Reducing, High Range Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Fungsinya untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Kadar pengurangan air dalam bahan tambah ini lebih tinggi sehingga diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi. Jenis bahan tambah ini dapat berupa *superplasticizier*. Bahan jenis ini pun termasuk dalam bahan kimia tambahan yang baru dan disebut sebagai bahan tambah kimia pengurang air. Dosis yang disarankan adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kekuatan tekan beton.
7. Tipe G "*Water Reducing, High Range Retarding Admixture*" *Water Reducing, High Range Retarding Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizier* dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja.

2.5.1. Sikament-NN

Sikament-NN merupakan *superplasticizer* yang sangat efektif dalam mengurangi jumlah air beton untuk membantu menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi. Namun untuk penggunaan dilapangan, pemilihan bahan tambah harus disesuaikan dengan situasi dan kondisi beton yang telah direncanakan. Pemakaian bahan tambah yang berlebihan juga akan mengakibatkan beton tidak ekonomis, mengingat harga dari suatu bahan tambah sangat mahal. Dosis yang harus diberikan untuk penggunaan *Sikament-NN* diantara 1% – 3% terhadap berat semen tergantung pada kelecakan dan kuat tekan beton yang diinginkan. *Sikament-NN* memberikan keuntungan sebagai *superplasticizer* Kelecakan (*workability*) meningkat tajam, memudahkan pengecoran untuk struktur ramping dengan penulangan yang rapat mengurangi jumlah getaran yang dibutuhkan waktu pengerasan normal tanpa perlambatan (*retardation*). Mengurangi resiko pemisahan (*segregation*) secara signifikan. Sebagai bahan pengurang air, pengurangan air hingga 20% akan memberikan peningkatan 40% kuat tekan dalam 28 hari dan kekuatan tinggi selama 12 jam (Megasari & Winayati, 2017).

Tabel 2.5: Karakteristik *sikament-nn*.

Data Teknis	
Bentuk	Modifikasi <i>Naphtalene Formaldehyde Sulphonate</i>
Warna	Coklat Tua
Berat Jenis	$\pm 1,18 - 1,20$ kg/ltr
Umur Dan Penyimpanan	Minimal 1 tahun apabila disimpan dalam kemasan asli yang belum dibuka pada tempat yang kering, sejuk dan teduh
Kemasan	Drum 240 kg, <i>Bulk</i> 1000 kg

(Sumber : PT. Sika Indonesia, 2011)

2.6. Slump Test

Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*)/*plastisitas* dan *kohesif* dari beton segar. Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing–masing campuran

baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan (Badan Standarisasi Nasional, 1990).

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

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

2.7. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah dalam penelitian ini menggunakan alat yang tersedia di laboratorium Fakultas Teknik yaitu mesin uji '*Semiautomatic Concrete Compression Testing 400 kN Cap. Controls – Italy 50-C6632*'. Fungsi untuk pengujian tekan dan tarik dapat diatur dengan kontrol yang sudah tersedia pada alat tersebut secara otomatis (Hartanto, 2014).

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kirakira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, 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. Uji kuat tarik belah dilakukan

bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan abu tempurung kelapa (Hartanto, 2014).

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (SNI 03-2491-2002), besarnya kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi ld} \quad (2.1)$$

dengan :

f_{ct}	= kuat tarik belah beton	(kg/cm ²)
P	= beban tarik maksimum	(kg)
L	= panjang benda uji	(cm)
D	= diameter benda uji	(cm)

Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SK SNI 03-2491-2002), (Manurung, 2018).

2.8. Perawatan Beton

Dalam proses perawatan benda uji (*Curing*) dilakukan dengan berdasarkan ketentuan ASTM C31-91. Proses ini dilakukan dengan cara melakukan perendaman selama 28 hari. Benda uji yang direndam diangkat pada 1 hari sebelum dilakukan pengujian yaitu pada hari ke-27. Sebab pada hari ke-29 dilakukan pengujian, agar beton tidak basah saat akan diuji. Kondisi sampel yang direndam harus pada seluruh bagian sampel. Dengan langkah sebagai berikut:

1. Pastikan beton yang akan direndam sudah tidak terlalu basah agar tidak melebur saat direndam.
2. Isi bak perendam dengan air bersih dari keran dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Angkat benda uji dan masukkan kedalam bak perendam dengan hati-hati.
4. Biarkan terendam selama 27 hari, lalu angkat pada umur ke-28 hari.
5. Timbang berat sampel jika air sudah turun.

Dalam perawatan beton cara dan bahan serta alat yang digunakan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Didalam pengujian ini digunakan dua cara perawatan yang berbeda yaitu direndam dan *curing compound*. Kekuatan resultan dari temperature konstan pada *setting* dan perawatan pada temperature tinggi mengakibatkan kekuatan awal lebih tinggi tetapi kekuatan jangka panjang yang lebih rendah.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian. Tahapan awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara adalah pengambilan data sekunder pengujian bahan dasar agregat dan melakukan pengujian bahan dasar agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran beton.

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

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dilaboratorium, yaitu:

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

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (*literatur*) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia. Data teknis mengenai SNI-03-2834-

2000, serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.2. Lokasi Penelitian Dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini dilakukan pada awal bulan Juni sampai akhir bulan Juli 2021.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Sungai Wampu.
2. Semen yang digunakan adalah semen Andalas kemasan 40 kg..
3. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bahan tambah yang digunakan adalah Abu tempurung kelapa.

3.3.2. Peralatan

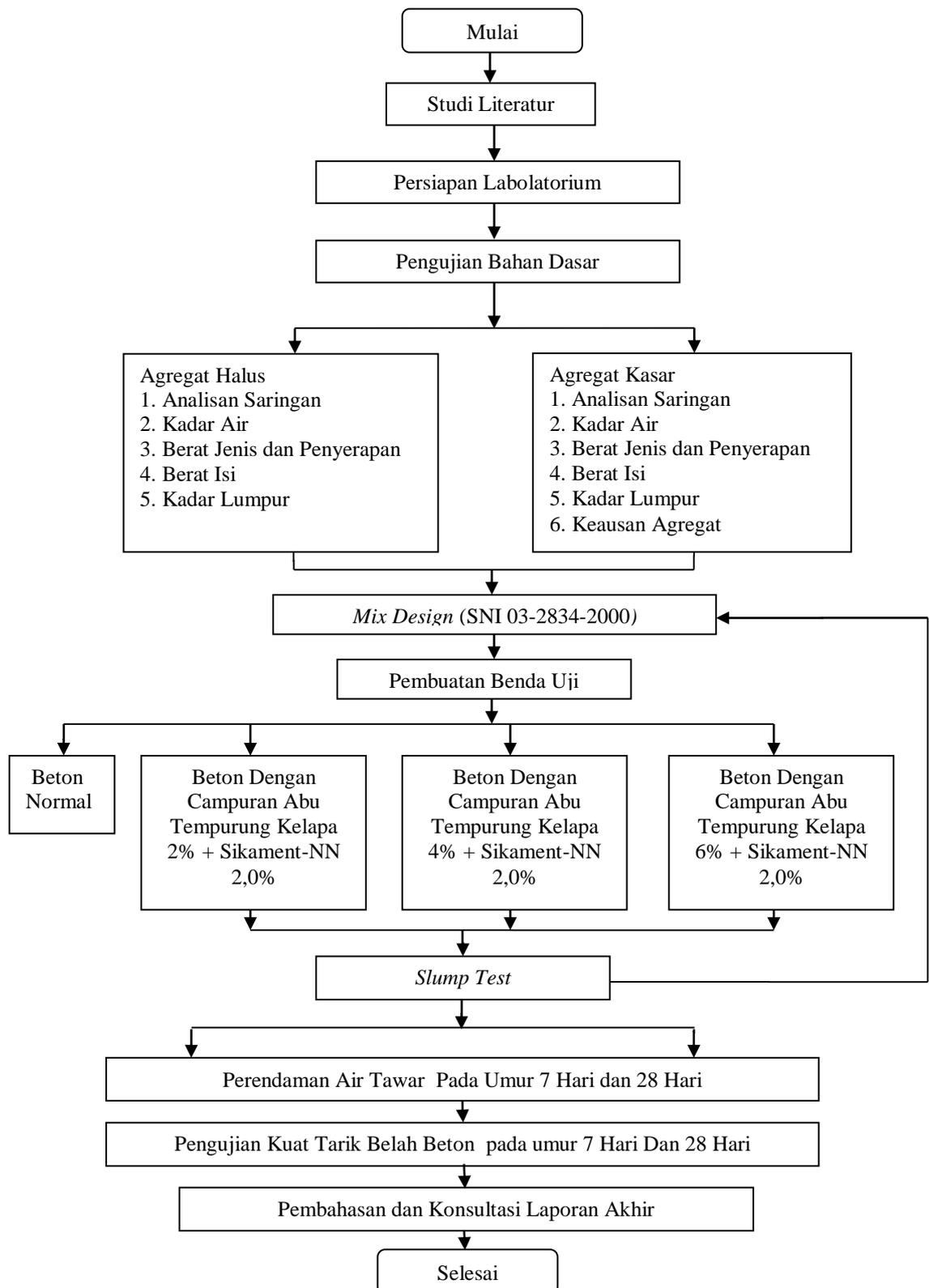
Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

- 1) Peralatan material:
 - a. Saringan agregat halus : Saringan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, dan No.100
 - b. Timbangan digital
 - c. Plastik ukuran 10 kg
 - d. Spidol
- 2) Peralatan pembuatan beton:
 - a. Pan
 - b. Ember
 - c. Satu set alat *slump test* : kerucut *abrams*, tongkat pemadat, mistar, dan plat

- baja
 - d. Skop tangan
 - e. Skrap
 - f. Tabung ukur
 - g. Sarung tangan
 - h. Cetakan silinder ukuran 15 x 30 cm
 - i. Vaseline
 - j. Kuas
 - k. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
 - l. Bak perendam
- 3) Alat pengujian kuat tarik belah beton:
- a. Mesin kuat tarik belah beton (*tensile strength test*)

3.4. Bagan Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam pengerjaan penelitian ini disajikan dalam bentuk baganalir (*flow chart*) yang mana bagan alir ini sebagai pedoman penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.

3.5. Persiapan Penelitian

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

3.6. Pemeriksaan Material

Didalam pemeriksaan agregat baik agregat kasar maupun agregat halus dilakukan dilaboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat:

1. 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.

2. Analisa Saringan

Menurut SNI-03-1968-1990, metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

3. 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.

4. Berat Jenis 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.

5. Berat Jenis 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 didalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air.

6. 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.

3.7. Pelaksanaan Penelitian

3.7.1. Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada penelitian ini digunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan Standart 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.

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

Dengan:

S = adalah deviasi standar

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

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

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

Dengan:

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

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

- 1) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan
- 2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan
- 3) Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari
- 4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi deviasi standar, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.

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

3. Menghitung nilai tambah:

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

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}).

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

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

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

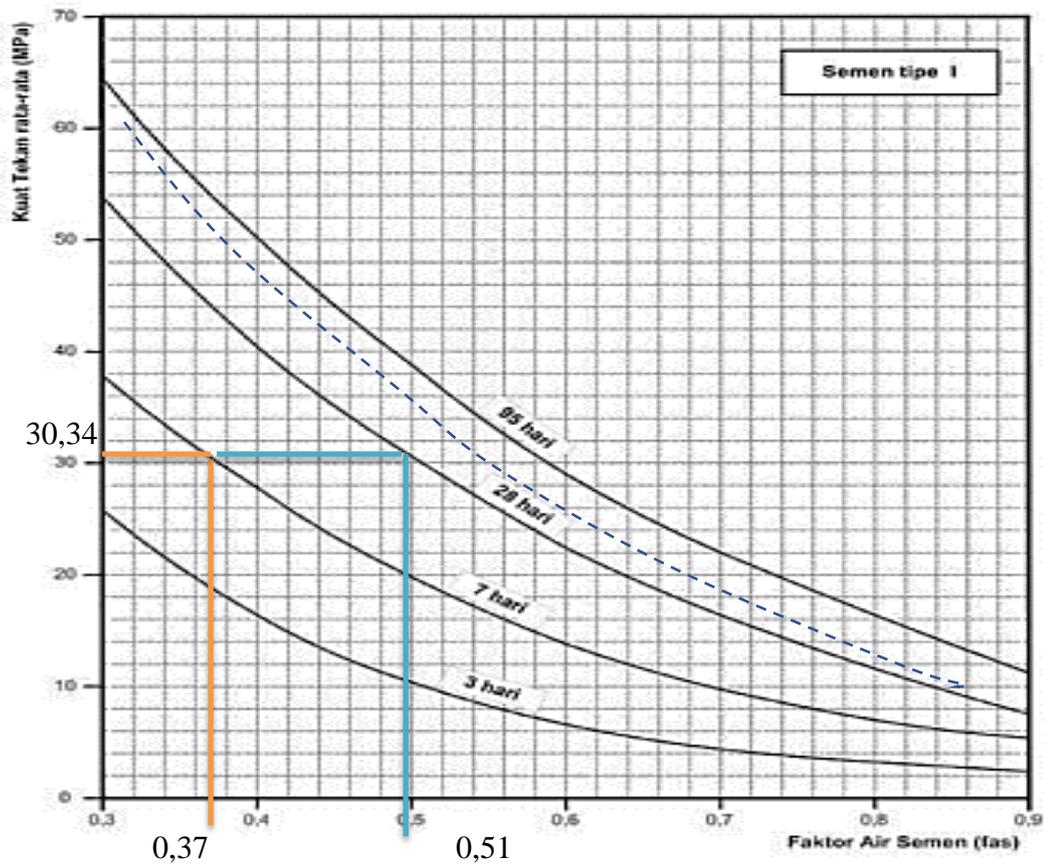
Menghubungkan kuat tekan beton dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 3.3.

Bila dipergunakan gambar 3.1 ikuti langkah-langkah berikut:

- 1) Tentukan nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.2, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai.
- 2) Lihat gambar 3.2 untuk benda uji berbentuk silinder.
- 3) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan beton 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 beton 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 faktor air semen yang diperlukan.

Tabel 3.2: Perkiraan kekuatan tekan beton (MPa) dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

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



Gambar 3.2. Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

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

12. Menentukan nilai kadar air bebas.

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

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

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.5)$$

Dengan:

W_h = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Tabel 3.3. Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

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

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

13. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.

14. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

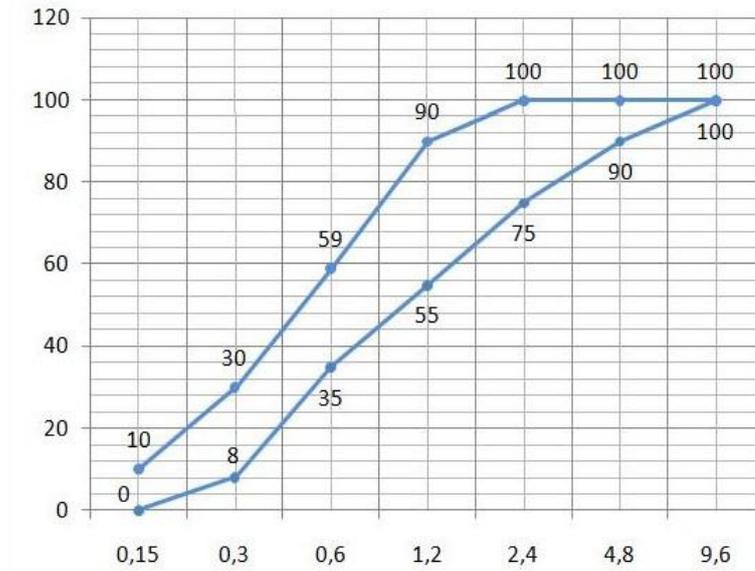
15. Menentukan jumlah semen seminimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.4, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.4: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembeconan dalam lingkungan khusus.

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

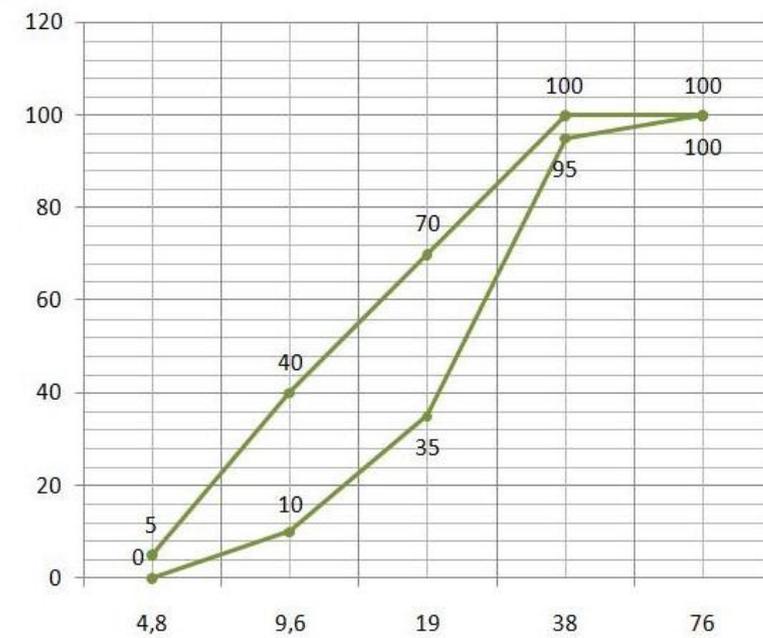
16. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

17. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 3.3. (Ukuran mata ayakan (mm)).



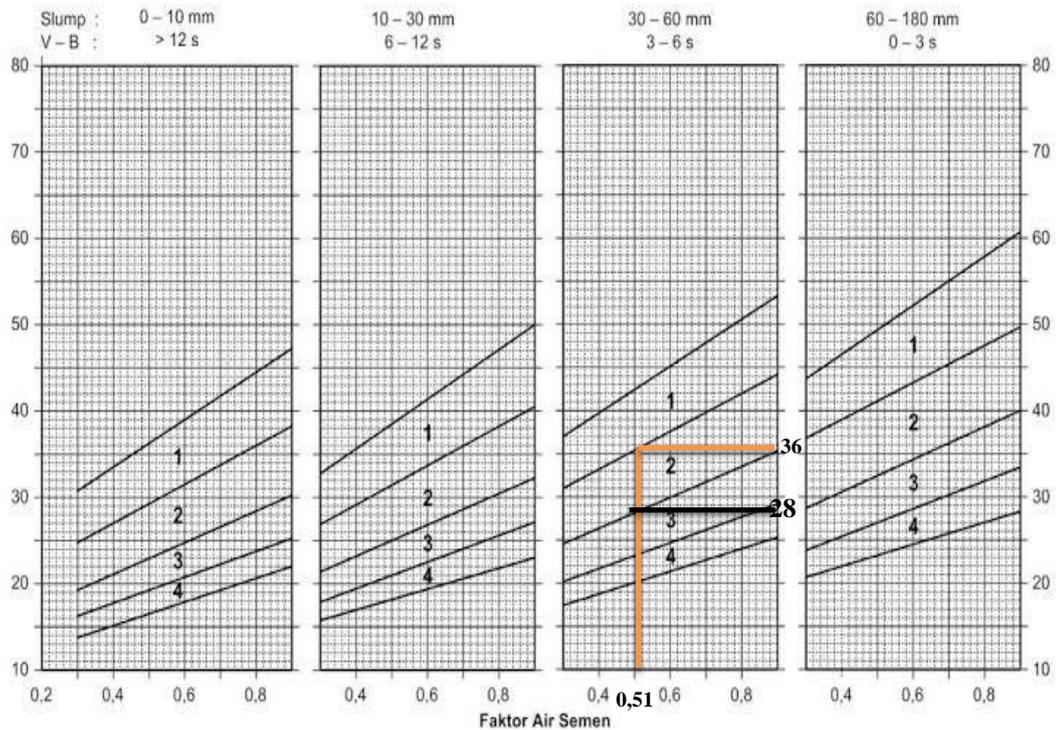
Gambar 3.3: Batas gradasi pasir (sedang) no. 2

18. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 3.4.



Gambar 3.4: Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm.

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



Gambar 3.5: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm.

20. Menghitung berat jenis relative agregat.

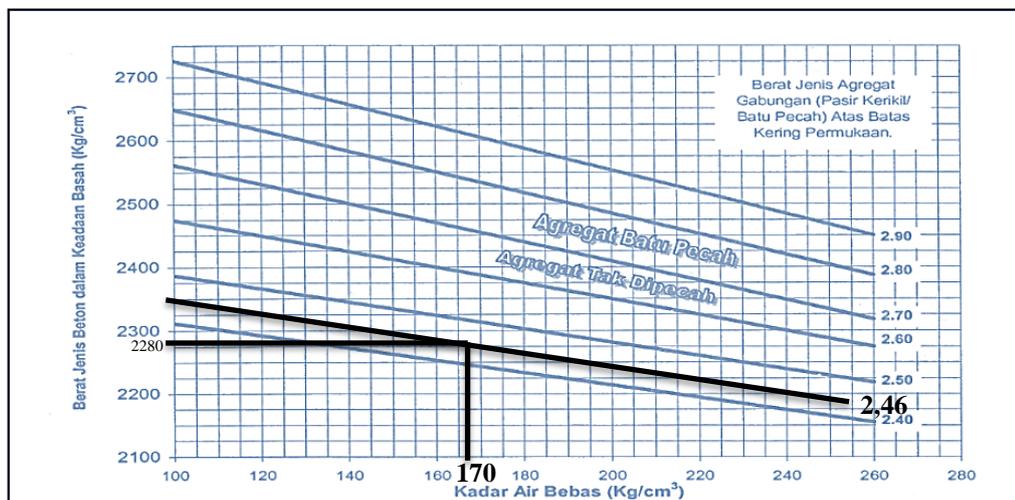
Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

- 1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:
 - a) agregat tak dipecah : 2,5
 - b) agregat dipecah : 2,6/2,7

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.

21. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.6. Sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.4 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



Gambar 3.6: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.

22. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
23. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.
24. 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 m³ beton.
25. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.

26. 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:

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

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

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

Dengan:

B = jumlah air (kg/m³).

C = agregat halus (kg/m³).

D = agregat kasar (kg/m³).

C_a = absorpsi air pada agregat halus (%).

D_a = absorpsi agregat kasar (%).

C_k = kandungan air dalam agregat halus (%).

D_k = kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.7.2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan sisi berukuran 15 cm x 30 cm, yang berjumlah 16 buah. Proses pembuatan benda uji ditunjukkan dengan gambar pada lampiran.

3.7.3. Pengujian *Slump*

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability*-nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Target *slump* rencana sesuai *mix*

design adalah 30 - 60 mm. Pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-2834-2000).

3.7.4. Perawatan Beton

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air tawar dihari ke 7 dan hari ke 28 untuk mendapatkan variasi dari kuat tarik belah beton sampel sampai saat uji kuat tarik belah beton dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 16 buah.

3.7.5. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian Kuat Tarik Belah Beton dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh (SNI 03-2491-2014). Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton. *Specimen* silinder direbahkan dan ditekan dengan menggunakan beban tekan merata di seluruh bagian panjang dari silinder sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Uji ini disebut juga *splitting test* atau *brasillian test*. Sebelum ditekan benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 16 buah dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5: Jumlah variasi sampel pengujian beton.

No	Variasi Campuran Beton	Jumlah Sample Pengujian	
		7 hari	28 hari
1	Beton Normal	2 Buah	2 Buah
2	Beton Dengan Campuran Abu Tempurung Kelapa 2% + Sikament-NN 2%	2 Buah	2 Buah
3	Beton Dengan Campuran Abu Tempurung Kelapa 4% + Sikament-NN 2%	2 Buah	2 Buah
4	Beton Dengan Campuran Abu Tempurung Kelapa 6% + Sikament-NN 2%	2 Buah	2 Buah
	Total	16 Benda Uji	

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tinjauan Umum

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

4.2. Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

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

4.3. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

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

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

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

Tabel 4.1: Hasil pengujian analisa agregat halus.

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

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

Modulus Halus Butir (MHB)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{282,92}{100} \\
 &= 2,83
 \end{aligned}$$

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

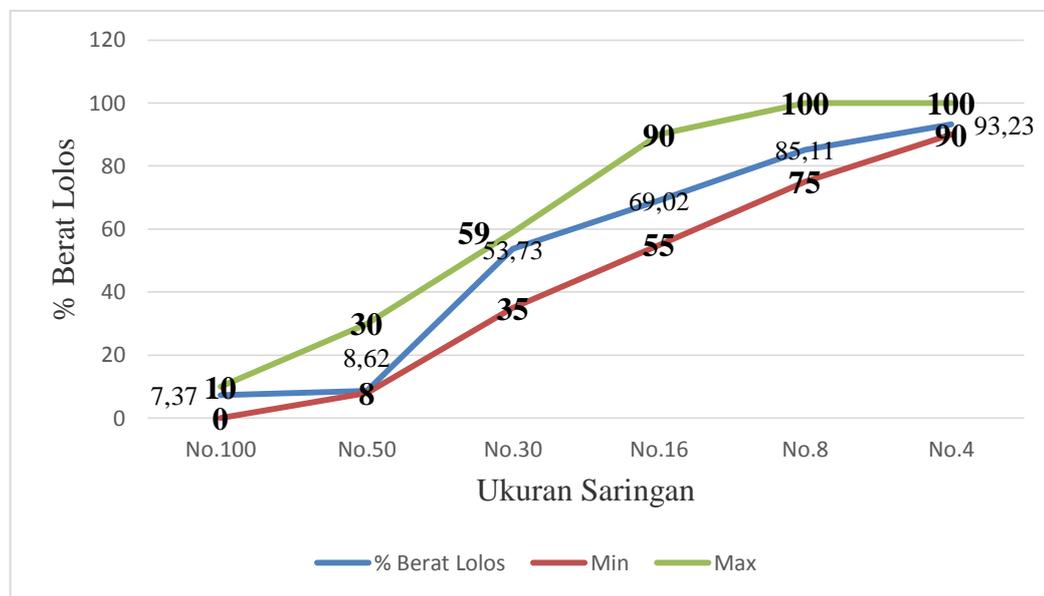
Tabel 4.2: Daerah gradasi agregat halus.

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

Lanjutan

30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50

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



Gambar 4.1: Grafik analisa agregat halus.

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 19702008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	1 (gr)	2 (gr)	Rata-Rata
			(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan) (E)	492	491	491,5
<i>Wt. Of Flask + Water</i> (Berat Piknometer penuh air) (D)	692	681	686.5
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C)	994	989	991.5
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$	2.44	2.56	2.50
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$	2.53	2.60	2.56
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$	2.67	2.68	2.68
<i>Absorption</i> $[(B - E) / E] \times 100\%$	1.63	1.83	1.73

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh hasil berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,56 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,68%. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,42,7 (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.

Tabel 4.4: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

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

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

4. Pengujian Berat Isi

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

Tabel 4.5: Hasil pengujian berat isi agregat halus.

Pengujian	Sampel 1 (gr)	Sampel 2 (gr)	Sampel 3 (gr)	Rata – Rata (gr)
Berat Contoh & Wadah	16840	18900	18965	18235

Lanjutan

Berat Wadah	5327	5327	5327	5327
Berat Contoh & Wadah	22167	24227	24292	23562
Volume Wadah	10948	10948	10948	10948
Berat Isi	1.54	1.73	1.73	1.67

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,67 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

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

Tabel 4.6: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

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

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

4.4. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Abu Tempurung Kelapa

Tabel 4.7: Hasil pengujian berat jenis dan abu tempurung kelapa.

Abu Tempurung Kelapa	Satuan	Sample 1	Sample 2	Rata-rata
Berat SSD (B)	gr	200	200	200
Berat SSD kering oven (E)	gr	181	184	182,5
Berat Pic + air (D)	gr	690	691	690,5
Berat SSD + berat pic + air (C)	gr	808	810	809
BJ Bulk = $(E / (B + D - C))$		2,20	2,27	2,235
BJ SSD = $(B / (B + D - C))$		2,43	2,46	2,445
BJ Semu = $(E / (E + D - C))$		2,87	2,83	2,85
Absorption = $([(B - E) / E] \times 100\%)$	%	10,49	8,69	9,59

Dari hasil pengujian didapatkan data seperti dicantumkan diatas. Analisa yang bisa didapatkan, pada pengujian berat jenis SSD sebesar 2,445 gram/cm³. Suatu agregat bisa dikatakan agregat normal, mempunyai berat jenis antara 2,2 – 2,7 gram/cm³. Dalam pengujian Abu Tempurung Kelapa ini, diketahui agregatnya dikategorikan sebagai agregat normal. Sedangkan penyerapan air didapatkan 9,59%, batas maksimal persentase penyerapan air sebesar 3%.

4.5. 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 4.8.

Tabel 4.8: Hasil pengujian analisa agregat kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	<i>Sample I</i> (gr)	<i>Sample II</i> (gr)	Total Berat (gr)	%	Tertahan	Lolos
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0	0	100
19.0 (3/4 in)	65	57	122	2,44	32,82	67,18
9.52 (3/8 in)	1467	1498	2965	59,30	31,36	35,82
4.75 (No. 4)	968	945	1913	38,26	100	0
2.36 (No. 8)	0	0	0	0	100	0
1.18 (No.16)	0	0	0	0	100	0
0.60 (No. 30)	0	0	0	0	100	0
0.30 (No. 50)	0	0	0	0	100	0
0.15 (No.100)	0	0	0	0	100	0
4.2.3 Pan	0	0	0	0	100	0
Total	2500	2500	5000	100	664.18	

Berdasarkan Tabel 4.8 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut:

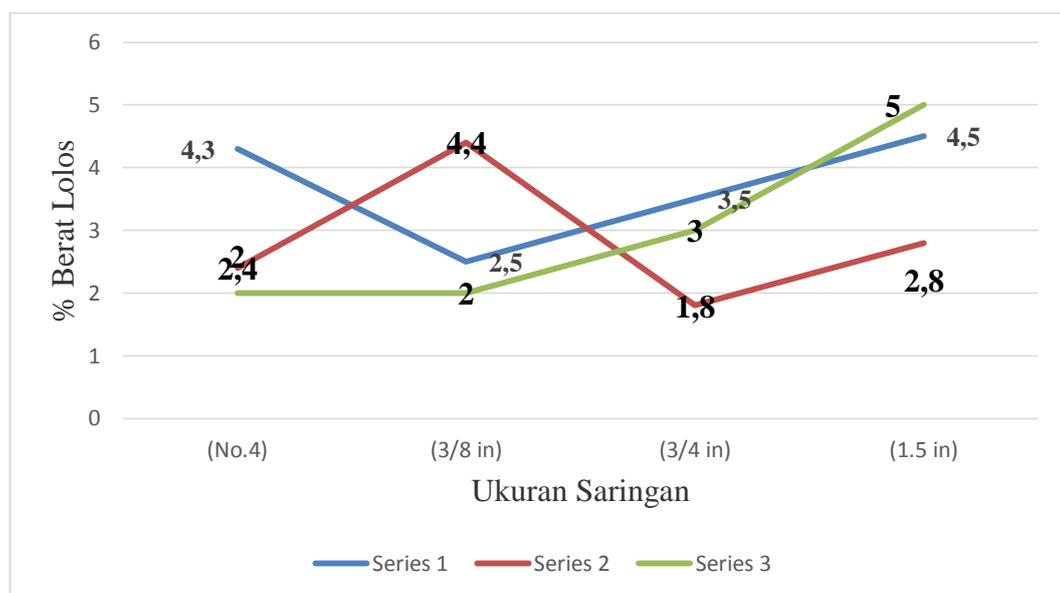
$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{664,18}{100} \\
 &= 6,64
 \end{aligned}$$

Menurut Tjokrodimuljo (2007), pada umumnya modulus halus butir agregat kasar mempunyai nilai antara 6,0 sampai 7,0. Pada pengujian ini diperoleh nilai sebesar 6,64 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil pengujian analisa saringan selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui gradasi agregat kasar. Daerah gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Batas gradasi agregat kasar.

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

Berdasarkan Tabel 4.9 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tetapi dalam analisa saringan agrgeat kasar ini diperoleh gradasi sela karena terdapat fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm yang tidak terpenuhi. Apabila salah satu fraksi ukuran yang tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan volume pori (ruang kosong) pada beton menjadi lebih banyak. Variasi ukuran agregat kasar akan mengakibatkan volume pori menjadi lebih kecil dan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik analisa agregat kasar.

2. Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air mengacu pada SNI 1969 2008 serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1	2	Rata-Rata
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	(gr)	(gr)	(gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2800	2700	2750
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1591	1625	1608
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) C / (A - B)	2.31	2.50	2.41
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) A / (A - B)	2.32	2.51	2.41
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) C / (C - B)	2.32	2.53	2.43
<i>Absorption</i> (Penyerapan) [(A - C) / C] x 100 %	0.85	0.64	0.75
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110° C) Sampai Konstan (C)	2776,5	2683	2741

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada agregat kasar diperoleh berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,41 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 0,33%. Penyerapan agregat kasar lebih kecil dari agregat halus, hal ini menunjukkan rongga-rongga yang diisi air oleh air lebih sedikit dari pada agregat halus. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 gram/cm³ (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7 gram/cm³.

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 4.11.

Tabel 4.11: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

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

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

4. Pengujian Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi mengacu pada (SNI 03-4804-1998) serta mengikuti Buku Panduan Praktikum Program Studi Teknik Sipil UMSU tentang berat isi agregat kasar. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

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

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar $1,77 \text{ gr/cm}^3$. 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 4.13.

Tabel 4.13: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

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

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

4.6. Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data Tabel 4.14 dibawah ini tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 25 MPa yang terlampir pada Tabel 4.15 berdasarkan (SNI 03-2834-2000). Perencanaan campuran beton bertujuan untuk memperoleh proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tarik beton rencana.

Pada perencanaan beton normal ini direncanakan memiliki nilai kuat tarik belah 25 MPa yang perhitungannya seperti pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Data-data hasil tes dasar.

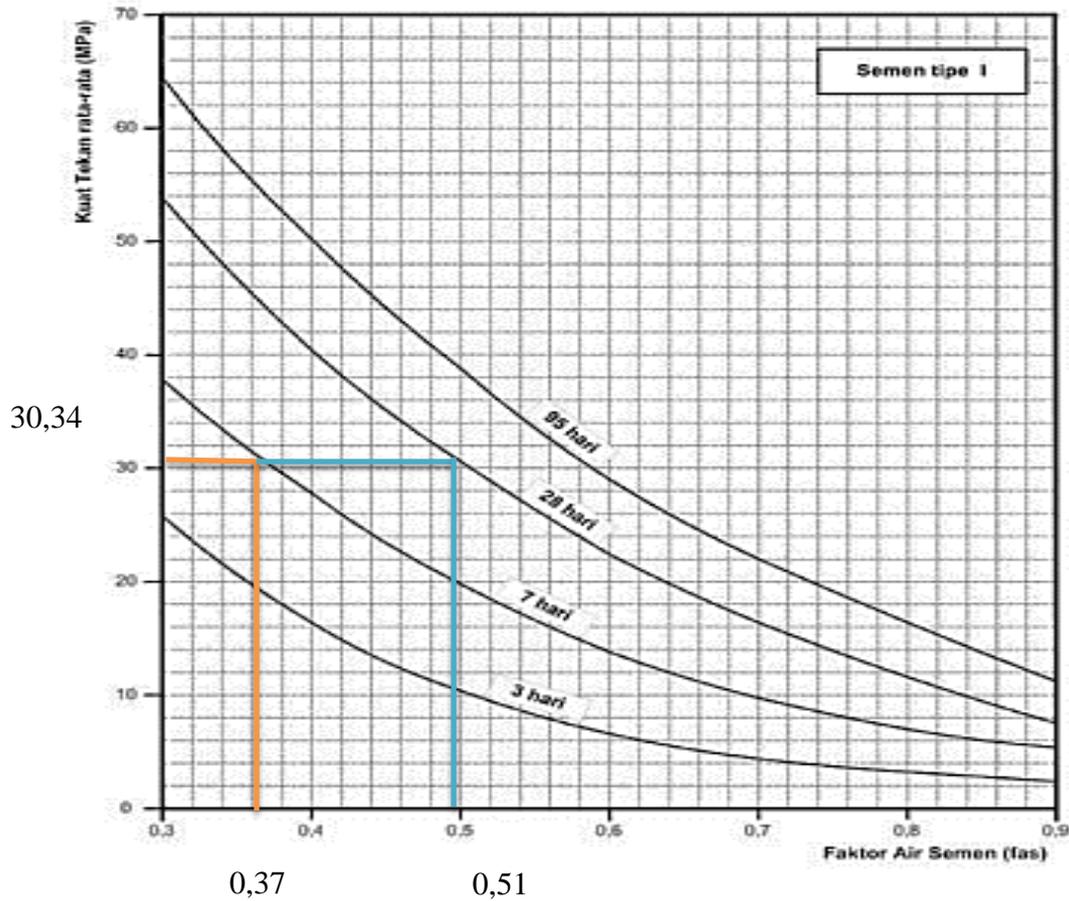
No	Data Tes Dasar	Nilai
1.	Berat jenis agregat kasar	2,716gr/cm ³
2.	Berat jenis agregat halus	2,571gr/cm ³

Lanjutan

3.	Kadar lumpur agregat kasar	0,767 %
4.	Kadar lumpur agregat halus	3,3 %
5.	Berat isi agregat kasar	1,511gr/cm ³
6.	Berat isi agregat halus	1,165gr/cm ³
7.	FM agregat kasar	7,086
8.	FM agregat halus	2,775
9.	Kadar air agregat kasar	0,604 %
10.	Kadar air agregat halus	2,145 %
11.	Penyerapan agregat kasar	0,75 %
12.	Penyerapan agregat halus	1,73 %
13.	Nilai slump rencana	30-60 mm
14.	Ukuran agregat maksimum	40 mm

1. Kuat tarik rencana ($f'c$) = 25 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 7 hari dan 28 hari.
2. Deviasi standar karena benda uji yang direncanakan sebanyak 16 buah, maka nilai yang diambil sebesar 1,14 MPa.
3. Nilai tambah margin (M) adalah 4,2 MPa.
4. Kuat tarik belah beton rata-rata yang ditargetkan (fct) :
$$fct = f'c + \text{Deviasi standar} + M$$
$$= 25 + 1,14 + 4,2$$
$$= 30,34 \text{ MPa}$$
5. Semen yang digunakan seharusnya semen Portland tipe I (ditetapkan)
6. Agregat yang digunakan berupa agregat halus pasir alami dari Binjai dan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm dari Binjai.
7. Faktor air semen (FAS), berdasarkan perhitungan pada Gambar 4.3 tentang grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen dengan perkiraan kekuatan tarik belah beton rata-rata 30,34 MPa, semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 7 hari dan 28

hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,37.



Gambar 4.3: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm.

8. Faktor air semen maksimum, berdasarkan Tabel 3.8 mengenai persyaratan faktor air maksimum karena beton berada dilokasi terlindung dari hujan dan terik matahari langsung, maka faktor air semen maksimum ditetapkan sebesar 0,60.
9. Nilai slump yang direncanakan pada penelitian ini menggunakan *slump* rencana sebesar 30-60 mm.
10. Ukuran maksimum yang digunakan sebesar 40 mm.

11. Kadar air bebas agregat campuran, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 40 mm dan nilai slump yang ditentukan adalah 30-60 mm sehingga dari Tabel 3.7 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (W_h) adalah 160 sedangkan untuk agregat kasar (W_k) adalah 190 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air Bebas} &= \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \\ &= \frac{2}{3} 160 + \frac{1}{3} 190 \\ &= 170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Kadar air semen}} &= \frac{\text{Faktor air bebas}}{\text{Faktor air semen}} \\ &= \frac{170}{0,36} &= \frac{170}{0,50} \\ &= 459,459 \text{ kg/m}^3 &= 333,333 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum untuk 7 hari sebesar $459,459 \text{ kg/m}^3$.

Kadar semen maksimum untuk 28 hari sebesar $333,333 \text{ kg/m}^3$.

14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan dan terik matahari langsung dari Tabel 3.8 mempunyai kadar semen minimum per- m^3 sebesar 275 kg.

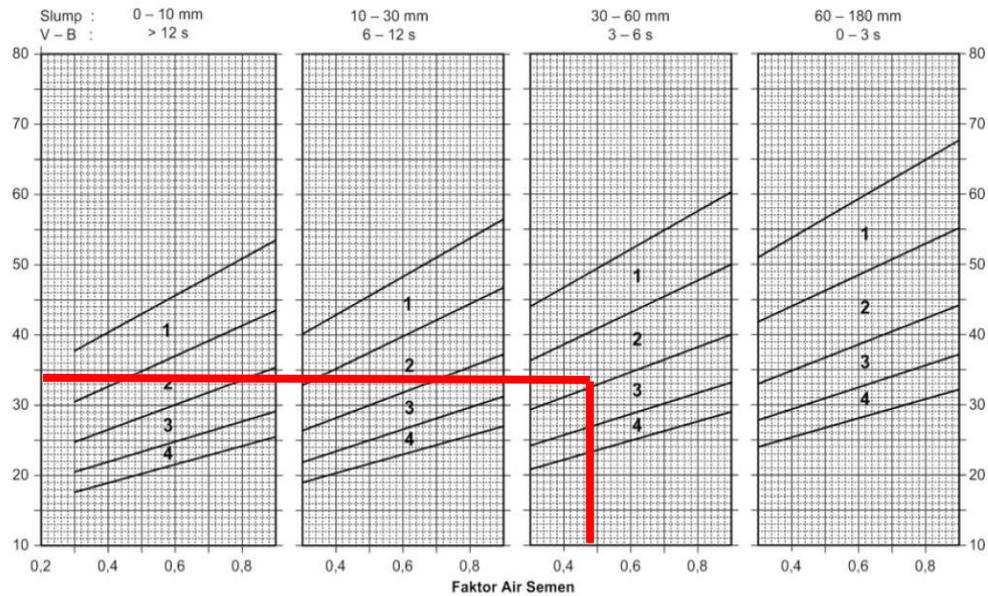
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu sebesar 0,37 dan 0,51.

16. Susunan butir agregat halus berdasarkan Gambar 4.1 yaitu batas gradasi pasir no.2.

17. Susunan butir agregat kasar berdasarkan Gambar 4.2 yaitu batas gradasi kerikil ukuran maksimum 40 mm.

18. Persentase agregat halus, dengan mengacu pada slump 30-60 mm, faktor air semen 0,37 dan ukuran butir maksimum 40 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai

pada Gambar 4.4. Sehingga diperoleh persentase halus batas bawah sebesar $38\% = 0,38\%$.

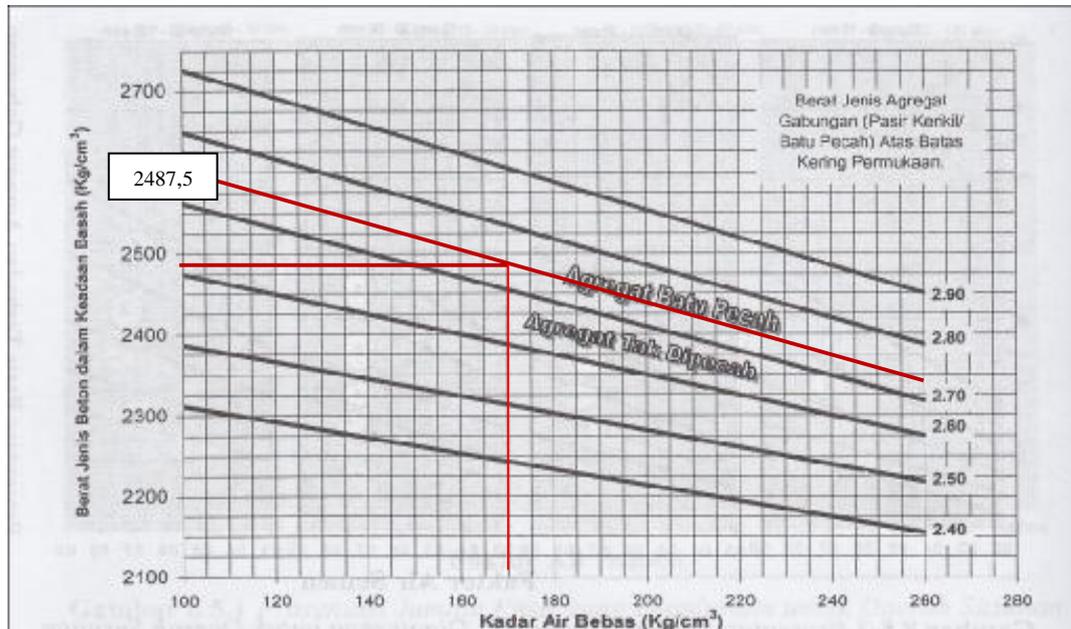


Gambar 4.4: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,37 (SNI 03-2834-2000).

19. Menghitung berat jenis relatif agregat (kering permukaan) SSD:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Relatif} &= (AH \times BJAH) + (AK \times BJAK) \\
 &= (0,38 \times 2,57) + (0,62 \times 2,72) \\
 &= 2,73
 \end{aligned}$$

20. Menentukan berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 170 dan berat jenis gabungan sebesar 2,73, maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar $2487,5 \text{ Kg/m}^3$.



Gambar 4.5: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).

21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - (\text{kadar semen} + \text{kadar air bebas}) \\
 &= 2487,5 - (459,459 + 170) \\
 &= 1858,041 \text{ kg/m}^3. \text{ (7 hari)} \\
 &= 2487,5 - (333,333 + 170) \\
 &= 1984,167 \text{ kg/m}^3. \text{ (28 hari)}
 \end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \times \% \text{ AH} \\
 &= 1858,041 \times 0,37\% \\
 &= 687,475 \text{ kg/m}^3. \text{ (7 hari)}
 \end{aligned}$$

$$= 1984,167 \times 0,37\%$$

$$= 734,141 \text{ kg/m}^3. (28 \text{ hari})$$

23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.

$$\text{Kadar agregat kasar} = \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus}$$

$$= 1858,041 - 687,475$$

$$= 1170,566 \text{ kg/m}^3. (7 \text{ hari})$$

$$= 1984,167 - 734,141$$

$$= 1250,026 \text{ kg/m}^3. (28 \text{ hari})$$

24. Proporsi Campuran

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka didapatkan susunan campuran proporsi untuk setiap 1 m³ beton.

Tabel 4.15: Proporsi campuran.

Umur (hari)	Semen (kg)	Air (kg/liter)	Agregat kondisi jenuh kering	
			Halus (kg)	Kasar (kg)
	Item no.12	Item no.11	Item no.22	Item no.23
7	459,459	170	687,475	1170,566
28	333,333	170	734,141	1250,026

25. Koreksi Proporsi Campuran

Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari.

Diketahui:

No	Jumlah air (B)	= 170 kg/m ³
1	Jumlah agregat halus (C)	= 687,475 kg/m ³ = 734,141 kg/m ³

Lanjutan

2	Jumlah agregat kasar (D)	= 1170,566 kg/m ³ = 1250,026 kg/m ³
3	Penyerapan agregat halus (Ca)	= 1,73
4	Penyerapan agregat kasar (Da)	= 0,75
5	Kadar air agregat halus (Ck)	= 2,145
6	Kadar air agregat kasar (Dk)	= 0,604

a. Air

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \\ &= 170 - (2,145 - 1,73) \times \frac{687,475}{100} - (0,604 - 0,75) \times \frac{1170,566}{100} \\ &= 168,856 \text{ kg/m}^3. (7 \text{ hari}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \\ &= 170 - (2,145 - 1,73) \times \frac{734,141}{100} - (0,604 - 0,75) \times \frac{1250,026}{100} \\ &= 168,778 \text{ kg/m}^3. (28 \text{ hari}) \end{aligned}$$

b. Agregat Halus

$$\begin{aligned} \text{Agregat Halus} &= C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \\ &= 687,475 + (2,145 - 1,73) \times \frac{687,475}{100} \\ &= 690,328 \text{ kg/m}^3. (7 \text{ hari}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \\ &= 734,141 + (2,145 - 1,73) \times \frac{734,141}{100} \\ &= 737,187 \text{ kg/m}^3. (28 \text{ hari}) \end{aligned}$$

c. Agregat Kasar

$$\text{Agregat Kasar} = D + (Dk - Da) \times \frac{D}{100}$$

$$= 1170,566 + (0,604 - 0,75) \times \frac{1170,566}{100}$$

$$= 1168,856 \text{ kg/m}^3. (7 \text{ hari})$$

$$= 1250,026 + (0,604 - 0,75) \times \frac{1250,026}{100}$$

$$= 1 \text{ kg/m}^3. (28 \text{ hari})$$

- Semen $= 459,459 : 459,459 = 1$
 $= 333,333 : 333,333 = 1$
- Air $= 168,85 : 459,459 = 0,36$
 $= 168,77 : 333,333 = 0,50$
- Agregat halus $= 690,328 : 459,459 = 1,59$
 $= 737,187 : 333,333 = 2,21$
- Agregat kasar $= 1170,566 : 459,459 = 2,54$
 $= 1250,026 : 333,333 = 3,75$

Tabel 4.16: Koreksi proporsi campuran.

Semen	Pasir	Batu pecah	Air
459,459	690,328	1170,566	168,856
1	1,59	2,54	0,36

Tabel 4.17: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-2000			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat tarik yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi Standar	-	1,14 MPa
3	Nilai tambah (margin)	-	4,2 MPa

Lanjutan

4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		30,34 MPa	
5	Jenis semen			Tipe I	
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
		Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas	-		0,36	
		-		0,50	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		60-180 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 4.7		170 kg/m ³	
12	Jumlah semen	11:7		459,459 kg/m ³	
		11:7		333,333 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan		459,459 kg/m ³	
		Ditetapkan		333,333 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-		0,36	
		-		0,50	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 3.2		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 3.3		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Gambar 4.2		29 %	
				31,5 %	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	-		2,69 2,69	
20	Berat isi beton	Gambar 4.3		2443 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)		1858,041 kg/m ³	
				1984,167 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	18 x 21		687,475 kg/m ³	
				734,141 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21-22		1170,566 kg/m ³	
				1250,026 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	459,459	170	525,92	1170,566
		333,33	170	610,99	1328,68
- Tiap campuran uji m ³	1	0,45	1,56	2,83	
	1	0,51	1,83	3,98	

Lanjutan

25	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,43	0,9	2,78	6,82
		1,76	0,901	3,23	7,04
	Koreksi proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	459,459	168,85	687,475	1285,72
		333,333	168,77	734,141	1250,02
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,36	1,59	2,79
		1	0,51	2,21	3,75
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,435	0,894	3,643	6,814
		1,766	0,894	3,890	6,625

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

Tabel 4.18: Hasil perbandingan campuran bahan beton tiap 1 benda uji dalam 1 m³.

Material	Umur (hari)	Semen	Pasir	Batu Pecah	Air
Berat (kg)	7	459,459	687,475	1285,72	168,85
	28	333,33	734,141	1250,02	168,77
Perbandingan	7	1	1,59	2,54	0,36
	28	1	2,21	3,75	0,50

4.6.1. Untuk Benda Uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

Tinggi Silinder = 30 cm = 0,30 m

$$\text{Diameter Silinder} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

Maka, Volume Silinder yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Volume silinder} &= \pi r^2 t \\ &= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30 \\ &= 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak semen x Volume 1 benda uji
= $459,459 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 2,435 kg (7 hari)
= $333,333 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 1,766 kg (28 hari)
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak pasir x Volume 1 benda uji
= $687,475 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 3,643 kg (7 hari)
= $734,141 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 3,890 kg (28 hari)
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
= $1285,72 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 6.814 kg (7 hari)
= $1250,026 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$

$$= 6,625 \text{ kg (28 hari)}$$

- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 - = Banyak air x Volume 1 benda uji
 - = $168,856 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 - = 0,894 kg (7 hari)
 - = $168,778 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
 - = 0,894 kg (28 Hari)

Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg.

Tabel 4.19: Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg.

Umur (Hari)	Semen	Pasir	Batu pecah	Air
7	2,435	3,643	6.814	0,894
28	1,766	3,890	6,625	0,894

- Menentukan agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Tabel 4.20: Banyak agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji 7 hari dan 28 hari.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		Jumlah berat tertahan X 100 Jumlah agregat kasar
1,5"	4,449	0,273
		0,273
¾"	40,890	2,509
		2,509

Lanjutan

3/8"	45,763	3,482
		3,297
No. 4	8,898	0,546
		0,546
Total		6,814
		6,625

Berdasarkan Tabel 4.21 menjelaskan bahwa jumlah yang berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji pada umur 7 hari dan 28 hari ialah saringan 1,5" sebesar 0,273 kg dan saringan 3/4" sebesar 2,509 kg, saringan 3/8" sebesar 3,482 dan 3,297 kg dan saringan No.4 sebesar 0,546 kg. Total keseluruhan dari agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji pada umur 7 hari 6,814 kg dan 28 hari sebesar 6,625 kg.

- b. Menentukan agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Tabel 4.21: Banyak agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji 7 hari dan 28 hari.

Nomor saringan	% berat tertahan	Berat tertahan (kg)
		$\frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Jumlah agregat halus}} \times 100$
No.4	0,740	0,028
		0,028

Lanjutan

No.8	6,610	0,250
		0,250
No.16	19,513	0,877
		0,846
No.30	24,405	0,923
		0,923
No.50	26,388	0,998
		0,998
No.100	19,804	0,749
		0,749
Pan	2,538	0,096
		0,096
Total		3,643
		3,890

Berdasarkan Tabel 4.22 menjelaskan bahwa jumlah berat yang tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji pada umur 7 dan 28 hari ialah saringan No.4 sebesar 0,028 kg, saringan No.8 sebesar 0,250 kg, saringan No.16 sebesar 0,877 dan 0,846 kg, saringan No.30 sebesar 0,923 kg, saringan No.50 sebesar 0,998 kg, saringan No.100 sebesar 0,749 kg, dan pan sebesar 0,096 kg. Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji pada umur 7 hari 3,643 kg dan 28 hari sebesar 3,890 kg.

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 16 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 16 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 16 benda uji
= Banyak semen 1 benda uji x 16 benda uji
= 19,480 kg + 14,128 kg
= 33,608 kg

- Pasir yang dibutuhkan untuk 16 benda uji
 = Banyak semen 1 benda uji x 16 benda uji
 = 29,144 kg + 31,12 kg
 = 60,264 kg
- Batu Pecah yang dibutuhkan untuk 16 benda uji
 = Banyak Batu Pecah 1 benda uji x 16 benda uji
 = 54,512 kg + 53 kg
 = 107,512 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 16 benda uji
 = Banyak Air 1 benda uji x 16 benda uji
 = 0,894 L x 16
 = 14,34 liter
- *Sikament-NN* (2%) yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 = Banyak *Sikament-NN* 1 benda uji x 12 benda uji
 = 292,2 gr + 211,92 gr
 = 504,12 gr \approx 0,504 kg

Tabel 4.22: Perbandingan untuk 16 benda uji dalam satuan kg.

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah	:	Air	:	<i>Sikament-NN</i> (2%)
33,608 kg	:	60,264 kg	:	107,512 kg	:	14,34 ml	:	0,504 kg

4.6.2. Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa

Penggunaan bahan tambah yang digunakan dalam penelitian menggunakan abu tempurung kelapa sebesar 2%, 4%, 6%, dari berat semen. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut:

- Abu tempurung kelapa 2% untuk 1 benda uji
 = 2% x Berat semen
 = 48,7 + 35,32
 = 84,02 gr

- Abu tempurung kelapa 4% untuk 1 benda uji
 $= 4\% \times \text{Berat semen}$
 $= 97,4 + 70,64$
 $= 168,04 \text{ gr}$
- Abu tempurung kelapa 6% untuk 1 benda uji
 $= 6\% \times \text{Berat semen}$
 $= 146,1 + 105,96$
 $= 252,06 \text{ gr}$

Bahan campuran abu tempurung kelapa untuk setiap variasi untuk tiap 2 benda uji sebagai bahan tambah. Berat masing-masing variasi diuraikan.

- Abu tempurung kelapa 2%
 $= \text{Banyak Abu tempurung kelapa 1 benda uji} \times 2 \text{ benda uji}$
 $= 97,4 + 70,64$
 $= 168,04 \text{ gr}$
 - Abu tempurung kelapa 4%
 $= \text{Banyak Abu tempurung kelapa 1 benda uji} \times 2 \text{ benda uji}$
 $= 194,8 + 141,28$
 $= 336,08 \text{ gr}$
 - Abu tempurung kelapa 6%
 $= \text{Banyak Abu tempurung kelapa 1 benda uji} \times 2 \text{ benda uji}$
 $= 292,2 + 211,92$
 $= 504,12 \text{ gr}$
- Jumlah Abu tempurung kelapa $= 168,04 + 336,08 + 504,12$
 $= 1008,24 \text{ gr} \approx 1,08 \text{ kg}$

Perbandingan untuk 16 benda uji dalam satuan kg.

Tabel 4.23: Banyak Abu tempurung kelapa yang dibutuhkan untuk 2 benda uji silinder.

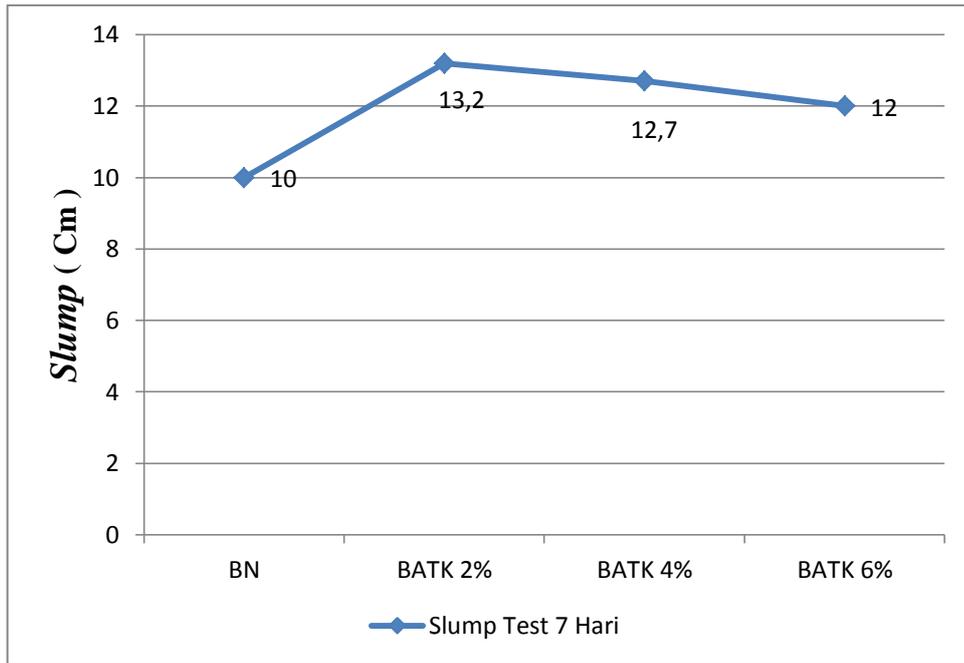
Persentase banyaknya Abu tempurung kelapa (%)	Banyaknya Abu tempurung kelapa dari berat semen (gr)
2	168,04
4	336,08
6	504,12
Banyak Abu tempurung kelapa untuk penelitian	1008,24

4.7. Slump Test

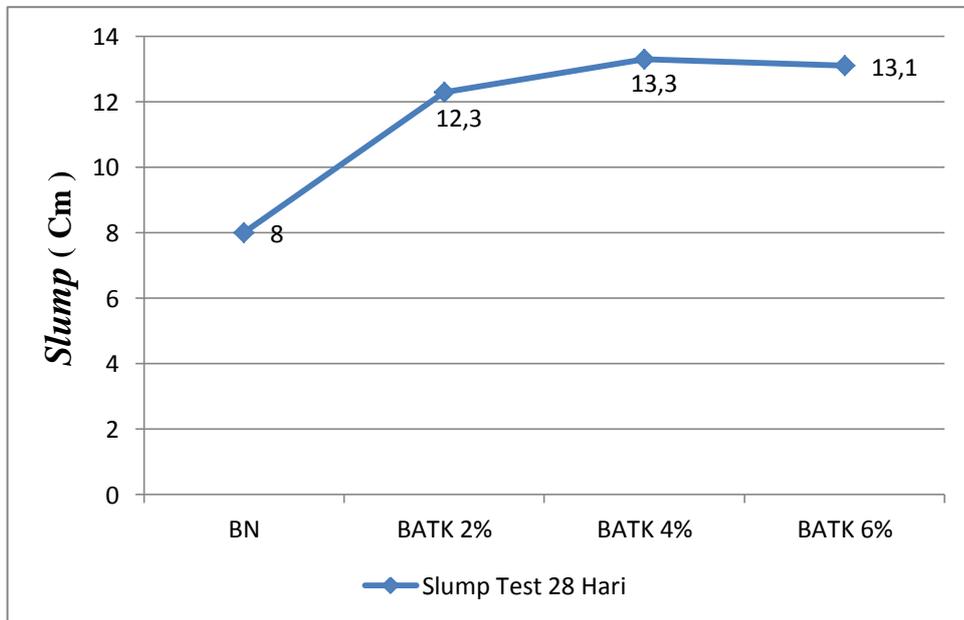
Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan/rojokan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah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

Tabel 4.24: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal		Beton dengan Abu tempurung kelapa 2% dan campuran Sika Sikamen-NN 2%		Beton dengan Abu tempurung kelapa 4% dan campuran Sika Sikamen-NN 2%		Beton dengan Abu tempurung kelapa 6% dan campuran Sika Sikamen-NN 2%	
	7	28	7	28	7	28	7	28
<i>Slump Test (cm)</i>	10	8	13,2	12,3	12,7	13,3	12	14



Gambar 4.6: Grafik perbandingan nilai *slump* 7 hari.



Gambar 4.7: Grafik perbandingan nilai *slump* 28 hari.

4.8. Hasil Dan Analisa Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 4.25: Hasil pengujian kuat tarik belah beton normal.

Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi.d.L}$ (Mpa)	Fct Rata – Rata (Mpa)
Umur 7 Hari					
1	12301	14137	24000	3,39	3,28
2	12403	14137	22500	3,18	
Umur 28 Hari					
1	12291	14137	24000	3,39	3,39
2	12488	14137	24000	3,39	

Tabel 4.26: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan Abu tempurung kelapa 2% dan *Sikament-NN* 2%.

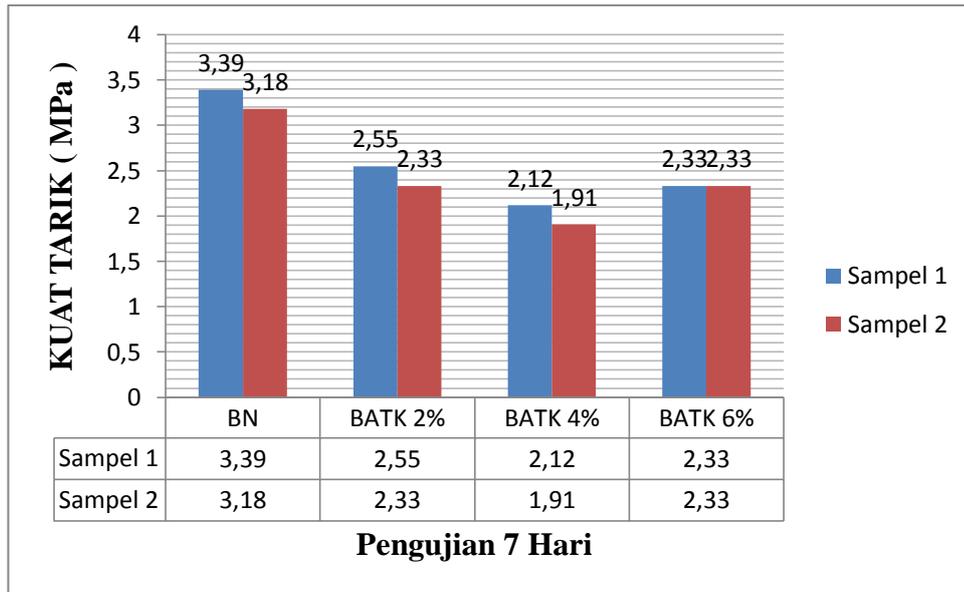
Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi.d.L}$ (Mpa)	Fct Rata – Rata (Mpa)
Umur 7 Hari					
1	12722	14137	18000	2,55	2,44
2	12667	14137	16500	2,33	
Umur 28 Hari					
1	12054	14137	15000	2,12	2,12
2	12178	14137	15000	2,12	

Tabel 4.27: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan Abu tempurung kelapa 4% dan *Sikament-NN* 2%.

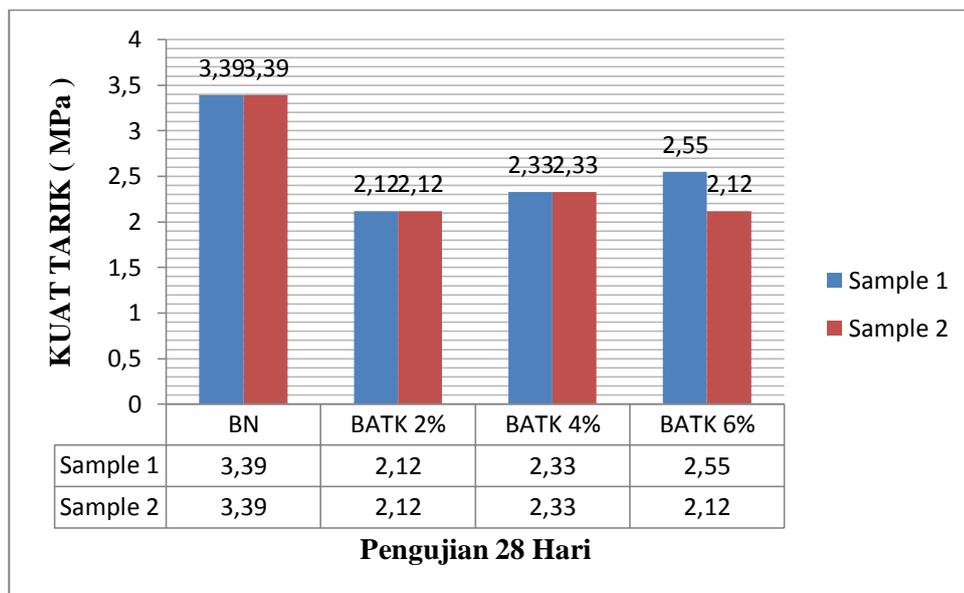
Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (Mpa)	Fct Rata – Rata (Mpa)
Umur 7 Hari					
1	11996	14137	15000	2,12	2,01
2	11121	14137	13500	1,91	
Umur 28 Hari					
1	11752	14137	16500	2,33	2,33
2	11541	14137	16500	2,33	

Tabel 4.28: Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan Abu tempurung kelapa 6% dan *Sikament-NN* 2%.

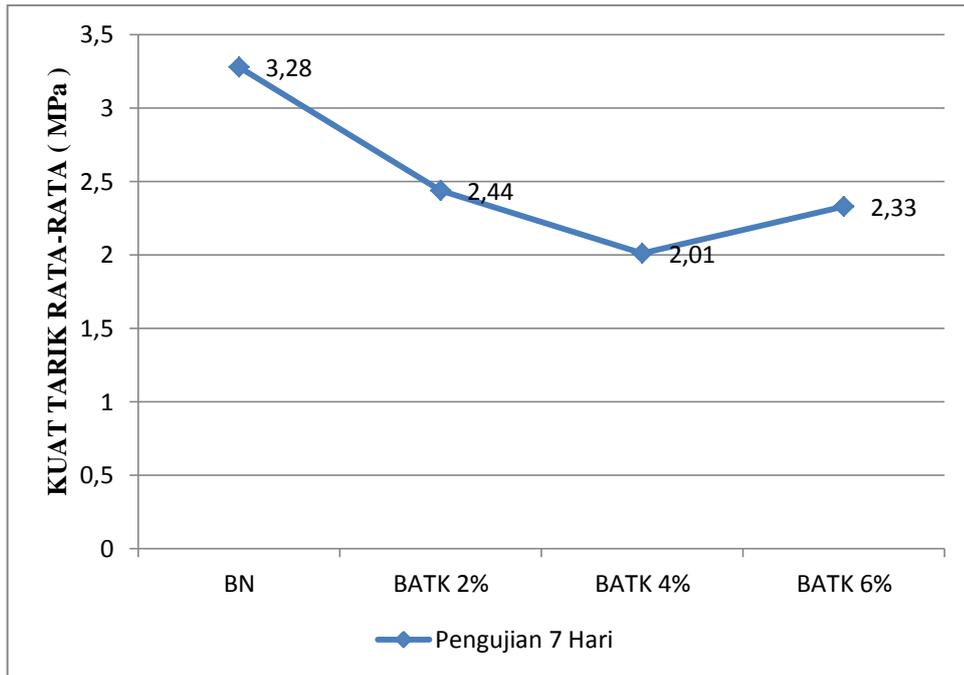
Sampel	Berat Benda Uji (Kg)	Luas (πLD) (cm^2)	Beban (P) (Kg)	$F_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L}$ (Mpa)	Fct Rata – Rata (Mpa)
Umur 7 Hari					
1	12337	14137	16500	2,33	2,33
2	12389	14137	16500	2,33	
Umur 28 Hari					
1	12516	14137	18000	2,55	2,33
2	12527	14137	15000	2,12	



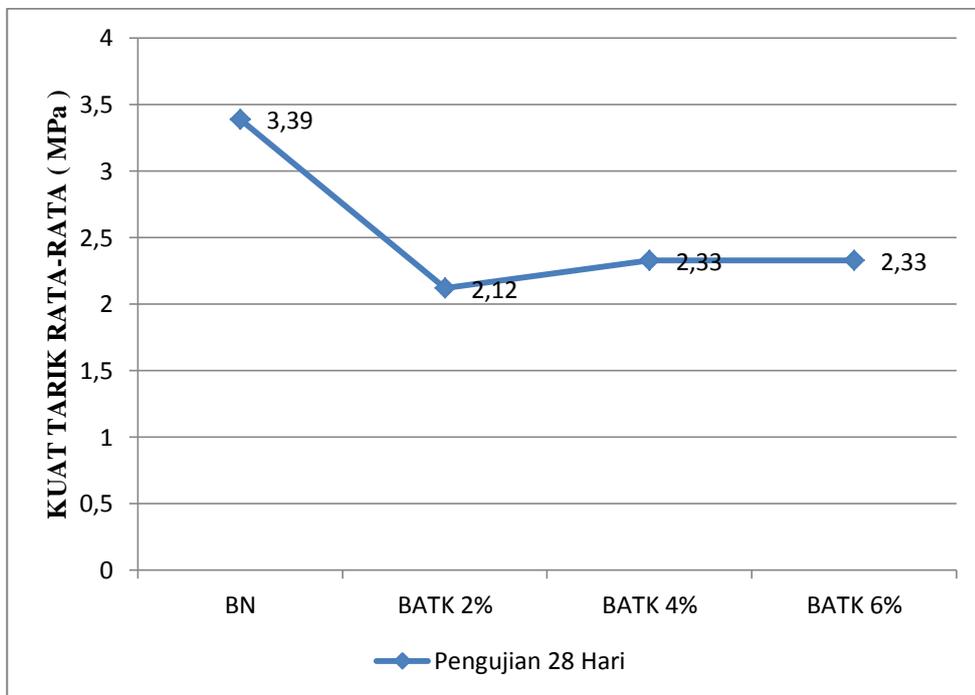
Gambar 4.8. Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 7 hari



Gambar 4.9 : Grafik persentase nilai kuat tarik belah beton pada umur 28 hari



Gambar 4.10: Grafik persentase nilai Fct rata-rata kuat tarik belah beton pada umur 7 hari



Gambar 4.11: Grafik persentase nilai Fct Rata-rata kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.

Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton 7 hari dengan variasi BATK 2%, 4%, 6% terjadinya penurunan kuat tarik belah yakni sebesar 2,44 MPa, 2,01 MPa, 2,33 MPa. Sedangkan beton normal 7 hari mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,28 MPa, maka beton BATK 2% memperoleh penurunan sebesar 0,84 MPa, beton BATK 4% 1,27 MPa, dan beton BATK 6% 0,95 MPa. Sedangkan untuk sampel 28 hari dengan variasi BATK 2%, 4%, 6% terjadinya penurunan kuat tarik belah yakni sebesar 2,12 MPa, 2,33 MPa, 2,33 MPa. Sedangkan beton normal 28 hari mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,39 MPa, maka beton BATK 2% memperoleh penurunan sebesar 1,27 MPa, beton BATK 4% 1,06 MPa, dan beton BATK 6% 1,06 MPa., ini dikarenakan pada saat akan pengujian beton tidak diangin-anginkan hingga kering permukaan selama satu hari dari sebelum pengujian.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Berdasarkan perencanaan beton umur 7 hari pada penambahan Abu Tempurung Kelapa dan *Sikament-NN* pada kuat tarik belah beton maka didapat nilai rata-rata pada setiap variasi:
 - a) (BN) = 3,28 MPa
 - b) (BATK 2%) = 2,44 MPa
 - c) (BATK 4%) = 2,01 MPa
 - d) (BATK 6%) = 2,33 MPa

Dan berdasarkan perencanaan beton umur 28 hari pada penambahan Abu Tempurung Kelapa dan *Sikament-NN* pada kuat tarik belah beton maka didapat nilai rata-rata pada setiap variasi:

- a) (BN) = 3,39 MPa
 - b) (BATK 2%) = 2,12 MPa
 - c) (BATK 4%) = 2,33 MPa
 - d) (BATK 6%) = 2,33 Mpa
2. Berdasarkan data hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton 7 hari dengan variasi BATK 2%, 4%, 6% terjadinya penurunan kuat tarik belah yakni sebesar 2,44 MPa, 2,01 MPa, 2,33 MPa. Sedangkan beton normal 7 hari mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,28 MPa, maka beton BATK 2% memperoleh penurunan sebesar

0,84 MPa, beton BATK 4% 1,27 MPa, dan beton BATK 6% 0,95 MPa. Sedangkan untuk sampel 28 hari dengan variasi BATK 2%, 4%, 6% terjadinya penurunan kuat tarik belah yakni sebesar 2,12 MPa, 2,33 MPa, 2,33 MPa. Sedangkan beton normal 28 hari mempunyai kuat tarik belah sebesar 3,39 MPa, maka beton BATK 2% memperoleh penurunan sebesar 1,27 MPa, beton BATK 4% 1,06 MPa, dan beton BATK 6% 1,06 MPa., ini dikarenakan pada saat akan pengujian beton tidak diangin-anginkan hingga kering permukaan selama satu hari dari sebelum pengujian.

3. Mengetahui beberapa pengaruh pemanfaatan tempurung kelapa sebagai material serat terhadap kuat tekan dan kuat tarik beberapa kesimpulan dari penelitian ini antara lain. Makin besar persentasi tempurung kelapa yang ditambahkan makin besar pula penurunannya.

5.2. Saran

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

1. Diperlukan adanya penelitian beton dengan penambahan Abu Tempurung Kelapa dan *Sikament-NN* lebih lanjut terhadap kuat tarik belah beton.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai Abu tempurung kelapa yang bervariasi, misalnya menggunakan penambahan Abu tempurung kelapa dan zat *addictif* yang berbeda.
3. Selama proses pencampuran beton, sebaiknya jangan terlalu cepat untuk mendapatkan campuran yang benar-benar menyatu/homogen.
4. Diusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F. &, Ariyanto, A. &, & Edison, B. (2014). Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100. *Jurnal Mahasiswa Teknik, 2014 - e-Journal.Upp.Ac.Id, 1(1)*, 1–11.
- Kurniawan, F., Rasidi, N., & Prawandha, A. (2017). Pengaruh Penambahan Tempurung Kelapa Pada Beton.
- Lisanton, A., & Kristino, F. Y. (2019). Studi Abu Tempurung Kelapa yang Dibakar pada Suhu 500 Derajat dan 700 Derajat Celcius sebagai Substitusi Semen pada Beton. *KoNTekS-13, 1(September)*, 338–344.
- Megasari, S. W., & Winayati, W. (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>
- Muwardin, S., Galuh, D. L. C., & Yasin, I. (2019). Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut , Air Tawar , Air Sungai Dan Air Kapur. 9.
- Regar, R. G., Sumajouw, M. D. J., & Dapas, S. O. (2014). Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Ukuran Dimensi Benda Uji. *Junal Sipil Statik, 2(5)*, 269–276.
- Siregar, S., & . N. (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>
- Tumbel, N., Makalalag, A. K., & Manurung, S. (2019). Proses Pengolahan Arang Tempurung Kelapa Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi. *Penelitian Teknologi Industri, 11(2)*, 83–92.
- Akbar, F. &, Ariyanto, A. &, & Edison, B. (2014). Penggunaan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton K-100. *Jurnal Mahasiswa Teknik, 2014 - e-Journal.Upp.Ac.Id, 1(1)*, 1–11.
- Alfaiz, A. A., & Hutahaean, J. (2015). Jurnal einstein. *Bioilmi Edisi Agustus, 1(1)*, 72–82. Retrieved from http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0263034606000267%0Ahttp://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JAI/article/view/2452/2063%0Ahttps://jurnal.farmasimalahayati.sch.id/index.php/jfm/article/download/7/3/
- Hartanto, K., Asroni, A., & Sdjatmiko, A. (2014). Pemanfaatan Limbah Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Bahan Baku

- Batako. *Eprints.Ums.Ac.Id*, (Februari), 1–4.
- Kurniawan, F., Rasidi, N., & Prawandha, A. (2017). Pengaruh Penambahan Tempurung Kelapa Pada Beton, 143–152.
- Lisanton, A., & Kristino, F. Y. (2019). Studi Abu Tempurung Kelapa yang Dibakar pada Suhu 500 Derajat dan 700 Derajat Celcius sebagai Substitusi Semen pada Beton. *KoNTekS-13*, 1(September), 338–344.
- Manurung, fira vidia br. (2018). Analisis Kuat Tarik Belah Beton Busa (Foam Concrete) Dengan Kombinasi Bahan Tambah Serat Serbuk Kelapa, Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Sebagian Menggunakan Metode Eksperimen Laboratorium.
- Marlina, P., & Prasetya, H. A. (2020). Pengaruh Maleated Natural Rubber (Mnr) Terhadap Sifat Mekanik Vulkanisat Karet Dengan Filler Arang Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 31(1), 8. <https://doi.org/10.28959/jdpi.v31i1.6016>
- Megasari, S. W., & Winayati, W. (2017). Analisis Pengaruh Penambahan Sikament-NN Terhadap Karakteristik Beton. *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 3(2), 117–128. <https://doi.org/10.31849/siklus.v3i2.398>
- Mukhlis Iwan Mustaqim, Juli Marliansyah, A. R. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Paving Block. *Jurnal Mahasiswa Teknik*, 3, 1–9.
- Mulyono, T. (2014). *Teknologi Beton*. Penerbit Andi.
- Muwardin, S., Galuh, D. L. C., & Yasin, I. (2019). Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut , Air Tawar , Air Sungai Dan Air Kapur, 9.
- Of, T., Shards, G., Shell, C., Partial, A. S. A., Of, S., Aggregate, C., & Concrete, O. F. (2019). Studi Eksperimental Kombinasi Gelas Dan Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Kuat T ekan Beton, 15(2), 135–142.
- 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>
- Rustendi, I. (2004). Pengaruh Pemanfaatan Tempurung Kelapa sebagai Material Serat terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 12(2), 13-22–22. <https://doi.org/10.14710/mkts.v12i2.1952>
- Siregar, S., & . N. (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>

- Widiyantoro, E. (2018). Pengaruh Penambahan Pozzolan Alami (Abu Cangkang Kerang) Terhadap Sifat Mekanik Dan Durabilitas Beton Self Compacting Concrete (SCC) Mutu Tinggi, 644.
- Agustiono, A. (2020). Pengaruh Abu Serbuk Kayu Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tarik Belah Belah Beton Yang Menggunakan Bahan Kimia. 1–75.
- Arami, R. (2020). Pengaruh Penambahan Serbuk Styrofoam Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tarik Beton. 1–99.
- Arifin, H. (2020). Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Sawit Sebagai Penguat Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah AM 78 Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton. 1–96.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Slump Badan Standarisasi Nasional. (1990). Metode Pengujian Slump. Badan Standarisasi Nasional. Badan Standarisasi Nasional.
- Chair, M. Y. (2020). Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Dengan Bahan Tambah Silica Gel Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder. 1–95.
- Fakhri, M. (2020). Pemanfaatan Serbuk kaca Sebagai Substitusi Sebagian Pasir Pada Campuran Beton Dan Bondcrete Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah Beton. 2(1), 1–107.
- Lubis, D. E. A. (2020). Pemanfaatan Serat Ijuk Dan Sikacim Concrete Additive Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tarik Belah. 2(1), 1–101.
- Lubis, T. R. H. (2020). Pemanfaatan Serat Ijuk Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Viscocrete 3115N Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah. 1–89.
- Palepy, M. R. (2020). Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik Pada Beton Dengan Bahan Tambah Superplasticizer.
- Riski, F. (2020). Pemanfaatan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Parsial Semen Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Bondcrete Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton Silinder. <https://doi.org/10.31227/osf.io/n4f68>
- SNI 03-2495-1991. (1991). SNI 03-2495-1991 tentang Spesifikasi bahan tambahan untuk beton. Yayasan LPMB Bandung.
- Universitas, M., Indonesia, K., Ot, J., & Talake, P. (2019). 1, 2, 3. 5(1), 3–8.

Wijaya, H. (2020). Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Superplasticizer Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Belah Beton. 1–102.

LAMPIRAN



Gambar Lampiran 1. Pencucian agregat



Gambar Lampiran 2. Penjemuran agregat



Gambar Lampiran 3. Analisa saringan



Gambar lampiran 4. Proses mix campuran



Gambar lampiran 5. Proses pengeluaran campuran beton dari mixer



Gambar lampiran 6. Proses pencetakan campuran beton



Gambar lampiran 7. Proses pengujian slump



Gambar lampiran 8. Hasil pengujian slump



Gambar lampiran 9. Proses pengisian campuran kedalam cetakan beton



Gambar lampiran 10. Perendaman beton



Gambar lampiran 11. Pengujian kuat tekan beton

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DAFTAR DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Ibnu Syina
Panggilan : Nu
Tempat/Tanggal Lahir : Pinggir Jati, Jum'at 13 Maret 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jln. Percut Sei Tuan
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : UMARULLAH
Ibu : SUPRIATI
No. HP : 0822-5881-7919
E-mail : *ibnussyina150@gmail.com*

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1607210219
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jln.Kaptan Muchtar Basri BA. No. 3 Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat
1.	Sekolah Dasar	SD SWASTA MUHAMMADIYAH-01 Aek Kanopan.
2.	SMP	SMP SWASTA MUHAMMADIYAH-24 Aek Kanopan.
3.	SMA	SMA SWASTA MUHAMMADIYAH-09 Kualuh Hulu.
4.	Melanjutkan Kuliah di UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (MEDAN) Tahun 2016	