

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KUAT LENTUR BETON DENGAN
PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA DAN
SIKACIM CONCRETE ADDITIVE
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD AL ARIDH ILYAS

1607210101



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

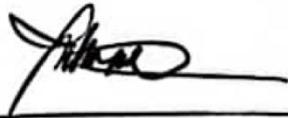
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Al Aridh Ilyas
Npm : 1607210101
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa Dan *Sikacim Concrete Additive* (Studi Penelitian)
Bidang Ilmu : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 24 Februari 2022

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Al Aridh Ilyas

NPM : 1607210101

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa Dan *Sikacim Concrete Additive* (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 24 Februari 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Fahrizal Zulkarnain

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faisal

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, ST, MT

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Al Aridh Ilyas

Tempat /Tanggal Lahir : Meudang Ara, 28 Maret 1998

NPM : 1607210101

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

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

“Analisis Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa Dan *Sikacim Concrete Additive* (Studi Penelitian)”.

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

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik.

Medan, 24 Februari 2022



Saya Yang Menyatakan

Muhammad Al Aridh Ilyas

ABSTRAK

ANALISIS KUAT LENTUR BETON DENGAN PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA DAN SIKACIM CONCRETE ADDITIVE (STUDI PENELITIAN)

Muhammad Al Aridh Ilyas

1607210101

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Beton adalah suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Beton merupakan barang primer bagi pembangunan konstruksi di kota-kota besar, terutama di Negara-negara maju. Pemilihan beton sebagai bahan utama pada konstruksi bangunan didasarkan oleh sifat-sifat beton itu sendiri yang sangat mendukung, diantaranya : harganya relatif murah, memiliki kekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan ataupun pembusukan oleh kondisi lingkungan. Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa yang sangat luas. Ketika produksi melimpah, akan menghasilkan limbah yang banyak pula. Pembuangan bahan limbah pertanian seperti sekam padi, kulit kacang tanah, tongkol jagung dan tempurung kelapa adalah suatu tantangan lingkungan, maka diperlukan usaha untuk mengubahnya menjadi bahan yang bermanfaat untuk meminimalkan efek negatif terhadap lingkungan. Sikacim Concrete Aditive, admixture ini merupakan produk dari PT. Sika Indonesia yang biasa digunakan untuk campuran pembuatan beton. Sikacim Concrete Aditive ini merupakan suatu zat aditif yang fungsinya untuk mempercepat pengerasan beton. Kuat lentur beton merupakan kemampuan beton dalam menahan lendutan hingga terjadi kegagalan. Untuk mengetahui kuat lentur suatu beton, peneliti mengkonversi hasil uji kuat Tarik belah ke dalam kuat lentur berdasarkan acuan Pd T-14-2003 yakni tentang perencanaan perkerasan jalan beton semen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuat lentur beton dengan penambahan abu tempurung kelapa dan sikacim concrete additive. Dengan variasi penambahan abu tempurung kelapa BN, 3%, 5%, 7% dari agregat halus lolos saringan 100 dan sikacim concrete additive sebesar 3% dari berat semen. Sampel pengujian beton yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15 x 30 cm sebanyak 12 benda uji. Pengujian dilakukan dengan menguji tentang analisis kuat lentur beton dengan penambahan abu tempurung kelapa dan sikacim concrete additive pada umur 28 hari. Nilai rata-rata kuat lentur beton yang diperoleh sesuai dengan variasi adalah BN (4,1 Mpa), BATK-3 (3,8 Mpa), BATK-5 (3,3 Mpa), dan BATK-7 (2,7 Mpa). Nilai rata-rata kuat lentur beton optimum diperoleh pada variasi abu tempurung kelapa 0% (BN) dan sikacim concrete additive 3% sebesar (4,1 MPa).

Kata Kunci: Abu Tempurung Kelapa, *Sikacim Concrete Additive*, Kuat Lentur Beton.

ABSTRACT

ANALYSIS OF FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE WITH THE ADDITION OF COCONUT SHELL ASH AND CONCRETE ADDITIVES (RESEARCH STUDY)

Muhammad Al Aridh Ilyas

1607210101

Dr. Fahrizal Zulkarnain

Concrete is a structural element consisting of aggregate particles attached by a paste made of portland cement and water. Concrete is a primary product for construction in big cities, especially in developed countries. The selection of concrete as the main material in building construction is based on the properties of the concrete itself which are very supportive, including: the price is relatively cheap, has high compressive strength, and is resistant to rust or decay by environmental conditions. Indonesia is a country that has a very large coconut plantation. When production is abundant, it will produce a lot of waste. Disposal of agricultural waste materials such as rice husks, peanut shells, corn cobs and coconut shells is an environmental challenge, so efforts are needed to convert them into useful materials to minimize negative effects on the environment. Sikacim Concrete Additive, this admixture is a product of PT. Sika Indonesia is commonly used for mixing concrete. Sikacim Concrete Additive is an additive whose function is to accelerate the hardening of concrete. The flexural strength of concrete is the ability of concrete to withstand deflection until failure occurs. To determine the flexural strength of a concrete, the researchers converted the results of the split tensile strength test into flexural strength based on the Pd T-14-2003 reference, which is about cement concrete road pavement planning. This study aims to analyze the flexural strength of concrete with the addition of coconut shell ash and sikacim concrete additive. With variations in the addition of BN coconut shell ash plastic, 3%, 5%, 7% of fine aggregate passed the 100 sieve and sikacim concrete additive of 3% by weight of cement. The concrete test sample used is a cylinder with a size of 15 x 30 cm a total of 12 test objects. The test was carried out by testing the flexural strength analysis of concrete with the addition of coconut shell ash and sikacim concrete additive at the age of 28 days. The average flexural strength of the concrete obtained according to the variation is BN (4,1 Mpa), BATK-3 (3,8 Mpa), BATK-5 (3,3 Mpa), and BATK-7 (2,7 Mpa). The average value of the optimum flexural strength of concrete was obtained at variations of 0% coconut shell ash (BN) and sikacim concrete additive 3% (4,1 MPa).

Keywords: Coconut Shell Ash, Sikacim Concrete Additive, Concrete Flexural Strength.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT berkat dan rahmatnya penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Judul dari skripsi ini adalah “Analisis Kuat Lentur Beton Dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa Dan *Sikacim Concrete Additive* (Studi Penelitian)”.

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

1. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, Selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Rizki Efrida, ST, MT, Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipil kepada penulis.
6. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Drs. Ilyas Idris dan Ibunda tercinta Dra. Sabariah yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
8. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Sipil terutama Arief Husein Pulungan, M. Toha Mahlis, Rio Prabowo, Ricko Abdul Malik, M. Andre Pohan, Takasi Deo Kandi dan lainnya yang tidak mungkin namanya di sebut satu persatu.

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

Medan, 24 Februari 20223

Penulis

Muhammad Al Aridh Ilyas
NPM.1607210101

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Semen	7
2.3 Agregat	9
2.3.1 Agregat Kasar	9
2.3.2 Agregat Halus	10
2.4 Air	10
2.5 Bahan Tambah	11

2.5.1	Abu Tempurung Kelapa	11
2.5.2	<i>Sikacim Concrete Additive</i>	11
2.6	Kuat Tarik Belah Beton	12
2.7	Kuat Lentur Beton	13
2.8	Penelitian Terdahulu	15
BAB 3	METODE PENELITIAN	16
3.1	Metode Penelitian	16
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	18
3.3	Bahan dan Peralatan	18
3.3.1	Bahan	18
3.3.2	Peralatan	18
3.3.3	Alat Pendukung	19
3.4	Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data	19
3.4.1	Data Primer	19
3.4.2	Data Sekunder	20
3.5	Instrumen Penelitian	20
3.5.1	Desain Benda Uji	20
3.6	Perencanaan Campuran Beton	21
3.7	Pembuatan Abu Tempurung Kelapa	31
3.8	Pembuatan Benda Uji	31
3.9	Pemeriksaan <i>Slump Test</i>	33
3.10	Perawatan (<i>curing</i>) Pada Benda Uji	33
3.11	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	34
3.12	Pengujian Kuat Lentur Beton	34
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1	Tinjauan Umum	36
4.2	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton	36
4.3	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	36

4.4	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	42
4.5	Perencanaan Campuran Beton	48
4.5.1	Untuk Benda Uji	57
4.5.2	Bahan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Halus	59
4.6	<i>Slump Test</i>	61
4.7	Hasil dan Analisa Pengujian Beton Normal dan Variasi Beton	62
4.7.1	Kuat Tarik Belah Beton	62
4.7.2	Konversi Menjadi Kuat Lentur Beton	64
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelas dan mutu beton.	6
Tabel 2.2	Daftar hasil penelitian terdahulu.	15
Tabel 3.1	Komposisi Campuran Benda Uji Dan Kode Benda Uji.	20
Tabel 3.2	Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia.	22
Tabel 3.3	Nilai tambah margin	23
Tabel 3.4	Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.	24
Tabel 3.5	Perkiraan kadar air bebas (Kg/m ³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.	26
Tabel 3.6	Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.	27
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus.	37
Tabel 4.2	Daerah Gradasi Agregat Halus.	38
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.	39
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.	40
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus.	41
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.	41
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar.	42
Tabel 4.8	Batas Gradasi Agregat Kasar.	43
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.	44
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.	46
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.	47
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.	47
Tabel 4.13	Data-data hasil tes dasar.	48
Tabel 4.14	Propersi campuran.	54
Tabel 4.15	Koreksi propersi campuran.	55
Tabel 4.16	Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).	56
Tabel 4.17	Lanjutan.	57
Tabel 4.18	Perbandingan campuran akhir untuk 1 benda uji (m ³).	57

Tabel 4.19	Perbandingan untuk 1 benda uji dalam satuan kg.	58
Tabel 4.20	Perbandingan untuk 12 benda uji dalam satuan kg.	59
Tabel 4.21	Banyak abu tempurung kelapa yang dibutuhkan untuk 3 benda uji silinder.	61
Tabel 4.22	Hasil pengujian <i>nilai slump</i> .	61
Tabel 4.23	Hasil pengujian kuat tarik belah beton rata-rata.	62
Tabel 4.24	Hasil konversi kuat lentur beton.	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Semen portland (semen baturaja).	8
Gambar 2.2	Agregat (agregat halus dan kasar).	9
Gambar 2.3	Bahan kimia (Sikacim Concrete Additive).	12
Gambar 2.4	Pengujian Kuat Tarik Belah.	13
Gambar 2.5	Pengujian kuat lentur.	14
Gambar 2.6	Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (Q).	14
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.	17
Gambar 3.2	Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder 15 x 30 cm).	25
Gambar 3.3	Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2.	28
Gambar 3.4	Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 mm.	28
Gambar 3.5	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.	29
Gambar 3.6	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton.	30
Gambar 3.7	Abu Tempurung Kelapa.	31
Gambar 4.1	Grafik Analisa Agregat Halus.	38
Gambar 4.2	Grafik Analisa Agregat Kasar.	44
Gambar 4.3	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).	50
Gambar 4.4	Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).	52
Gambar 4.5	Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,38 (SNI 03-2834-2000).	53
Gambar 4.6	Grafik perbandingan nilai slump test.	62
Gambar 4.7	Grafik kuat tarik belah beton rata-rata.	63
Gambar 4.8	Grafik kuat lentur beton.	64

DAFTAR NOTASI

f_c'	=	kuat lentur beton	(MPa)
f_c'	=	kuat tarik belah	(MPa)
x_i	=	kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji	(MPa)
\bar{x}	=	kuat tekan beton rata-rata	(MPa)
M	=	nilai tambah	(MPa)
Wh	=	perkiraan jumlah air untuk agregat halus	(kg/m ³)
Wk	=	perkiraan jumlah air untuk agregat kasar	(kg/m ³)
B	=	jumlah air	(kg/m ³).
C	=	agregat halus	(kg/m ³).
D	=	agregat kasar	(kg/m ³).
s	=	deviasi standar	
n	=	jumlah nilai hasil uji	
A	=	Berat contoh kering permukaan jenuh	
B	=	Berat contoh jenuh	
C	=	Berat contoh SSD kering oven 110OC sampai konstan	
cm	=	Centimeter	
mm	=	Milimeter	
kg	=	Kilogram	
Mpa	=	Megapascal	
M3	=	Meterkubik	
π^2t	=	Volume silinder	
P	=	Beban	
gr	=	Gram	
Ca	=	Penyerapan agregat halus	(%)
Da	=	Penyerapan agregat kasar	(%)
Ck	=	Kadar air agregat halus	(%)
Dk	=	Kadar air agregat kasar	(%)
P	=	Beban maksimum beban belah	(N)
L	=	Panjang benda uji silinder	(mm)
D	=	Diameter benda uji silinder	(mm)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Agregat Halus.	64
Lampiran 2	Agregat Kasar.	64
Lampiran 3	Semen.	64
Lampiran 4	Air.	65
Lampiran 5	Abu Tempurung Kelapa.	65
Lampiran 6	<i>Sikacim concrete additive.</i>	65
Lampiran 7	<i>Compressing Test Machine (CTM).</i>	66
Lampiran 8	Mixer Beton.	66
Lampiran 9	Saringan Agregat Kasar.	66
Lampiran 10	Saringan Agregat Halus.	67
Lampiran 11	Cetakan Silinder.	67
Lampiran 12	Tabung Ukur.	67
Lampiran 13	Oven.	68
Lampiran 14	Timbangan.	68
Lampiran 15	Tongkat Penumbuk.	68
Lampiran 16	Kerucut Abrams.	69
Lampiran 17	Triplek 2m x 1m.	69
Lampiran 18	Bak Perendaman.	69
Lampiran 19	Alat Tulis.	70
Lampiran 20	Plastik.	70
Lampiran 21	Ember.	70
Lampiran 22	Penggaris.	71
Lampiran 23	Sendok Semen.	71
Lampiran 24	Skrap.	71
Lampiran 25	Sekop tangan.	72
Lampiran 26	Sarung Tangan.	72
Lampiran 27	Masker.	72
Lampiran 28	Proses Pembuatan Adukan Beton.	73
Lampiran 29	Proses Pengujian <i>Slump Test</i> .	73
Lampiran 30	Proses Perojokan Adukan Beton Di Cetakan.	73

Lampiran 31	Perendaman Benda Uji.	74
Lampiran 32	BN.	74
Lampiran 33	BATK-3.	74
Lampiran 34	BATK-5	75
Lampiran 35	BATK-7.	75
Lampiran 36	Proses Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.	75

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi saat ini, pembangunan di Indonesia sudah sangat berkembang, sehingga mempengaruhi kemajuan bahan bangunan seperti beton. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya yang murah, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan (Fakhrunisa, Djatmika, & Karjanto, 2018).

Dalam hal ini perlunya menciptakan beton berkualitas dengan memanfaatkan sumber daya alam yang pemanfaatannya masih kurang maksimal. Selain itu dapat menggunakan limbah yang sudah tidak terpakai dan dapat diolah kembali menjadi bahan tambah pada campuran beton. Salah satu limbah yang belum termanfaatkan dengan baik adalah abu tempurung kelapa.

Beton adalah suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta itu mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar (fresh) dicorkan, ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air dan membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama (Ferguson, 1991) .

Beton merupakan barang primer bagi pembangunan konstruksi di kota-kota besar, terutama di Negara-negara maju. Pemilihan beton sebagai bahan utama pada konstruksi bangunan didasarkan oleh sifat-sifat beton itu sendiri yang sangat mendukung, di antaranya : harganya relatif murah, memiliki kekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan ataupun pembusukan oleh kondisi lingkungan. Kualitas beton bergantung pada bahan-bahan penyusunnya. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas beton adalah adanya beton setelah beton mengeras. Pada campuran beton normal ruang-ruang terisi oleh air yang terjebak oleh partikel-partikel semen, yang akhirnya membentuk rongga-rongga yang akan mengurangi kekuatan beton.

Untuk mengatasi masalah yang timbul akibat terjadinya rongga pada beton, maka dipakai material yang berfungsi sebagai filler dalam adukan beton. Oleh karena itu untuk mendapatkan komposisi yang baik dalam suatu campuran beton, perlu diadakan penelitian dengan bahan tambah abu tempurung kelapa. Pada umumnya masyarakat pedesaan, memanfaatkan tempurung kelapa untuk berbagai macam alat dapur disamping sebagai bahan bakar untuk memasak.

Menurut Child, 1974 (dalam Suhardiyono, 1995), tempurung kelapa mempunyai komposisi kimia, yang meliputi : selulose 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%.

Hal yang paling penting dalam pembuatan beton adalah beton harus mempunyai konsistensi yang baik, tetap kompak, tidak mengalami segregasi dan bleeding sehingga diperoleh beton dengan kualitas yang baik dan memadai. Kuat lentur beton selain dipengaruhi oleh gradasi agregat, kualitas, maupun sifat agregat dan cara pemadatan juga dipengaruhi oleh perbandingan antara air dan semen yang dipakai (faktor air semen). Semakin kecil faktor air semen yang digunakan maka akan menghasilkan kuat lentur yang semakin besar. Tetapi sedikitnya jumlah air yang 2 digunakan akan menyebabkan rendahnya kelecakan campuran yang berakibat sulit dikerjakan.

Abu tempurung kelapa berasal dari pengolahan limbah tempurung yang dibakar yang kemudian menjadi abu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai pengganti agregat halus. Penelitian ini akan menguji pengaruh abu tempurung kelapa yang dibakar pada suhu 500°C dan 700°C dan penambahan *Sikacim Concrete Additive*. Variasi substitusi abu tempurung kelapa yang digunakan sebesar 3%, 5% dan 7% dari berat agregat halus dan *Sikacim Concrete Additive* sebesar 3% dari berat semen. Benda uji yang dipakai berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tarik belah beton dan dikonversikan menjadi kuat lentur beton.

Bahan tambah atau bahan additive sebagai campuran pada adukan beton dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa selain meningkatkan mutu beton bahan tambah juga memperbaiki performance atau sifat pembawaan beton menurut tujuan pemakaiannya. Penggunaan bahan tambah berupa abu tempurung kelapa

diharapkan dapat menutup rongga-rongga di dalam beton, sehingga akan didapat mutu beton yang baik dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan abu tempurung kelapa sebagai bahan pengganti agregat halus terhadap kuat lentur beton?
2. Bagaimanakah dengan penambahan *Sikacim Concrete Additive* dapat menaikkan atau menurunkan kuat lentur pada beton?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

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

1. Karakteristik yang diteliti adalah kuat lentur beton.
2. Metode perencanaan campuran adukan beton menggunakan (SNI 03-2834-2000) "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal".
3. Semen yang digunakan adalah semen Portland type I.
4. Agregat kasar dan agregat halus berasal dari Binjai.
5. Melakukan pengujian kuat tarik belah beton normal dan beton dengan penggunaan abu tempurung kelapa dan *Sikacim Concrete Additive*, kemudian mengkonversikan menjadi kuat lentur dan memperbandingkan hasilnya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu tempurung kelapa sebagai bahan pengganti agregat halus terhadap kuat lentur beton.
2. Untuk mengetahui penambahan *Sikacim Concrete Additive* dapat menaikkan atau menurunkan kuat lentur pada beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kualitas kuat lentur beton normal dengan beton yang memakai abu tempurung kelapa dan *Sikacim Concret Additive*, dengan persentase yang telah ditentukan dan apabila penelitian ini berhasil, diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan pada tahap pelaksanaan di lapangan dan dapat dikembangkan pada penelitian yang lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB 1 Pendahuluan

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

BAB 2 Tinjauan Pustaka

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

BAB 3 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

Beton merupakan suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta itu mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar dicor, ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air sehingga membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama, (Ferguson, 1991, dalam Muhammad Ikhsan Saifuddin, 2012).

Mulyono (2004), mengungkapkan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah. Sedangkan Sagel, dkk, (1994), menguraikan bahwa beton adalah suatu komposit dari bahan batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Mutu beton dipengaruhi oleh bahan pembentukannya serta cara pengerjaannya. Semen mempengaruhi kecepatan pengerasan beton. Selanjutnya kadar lumpur, atas pengerjaan yang mencakup cara penuangan, pemadatan, dan perawatan, yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan beton.

Menurut Mulyono (2004) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

1. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton.

Kelas dan mutu beton ini, di bedakan menjadi 3 kelas, yaitu :

- a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan- bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan B_0 .
- b. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B_1 , K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B_1 , pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahan-

bahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.

- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas dan mutu beton ini, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1: Kelas dan mutu beton.

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bm} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	B ₀	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B ₁	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K > 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

2. Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

- a. Beton ringan

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

yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, residu *slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari antara 6,89 MPa sampai 17,24 MPa menurut SNI 08-1991-03.

b. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan split sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15– 40 MPa.

c. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m³. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang besar.

d. Beton massa (*mass concrete*)

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

e. *Ferro-Cement*

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

f. Beton serat (*fibre concrete*)

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

2.2 Semen

Semen merupakan serbuk yang halus yang digunakan sebagai perekat antara agregat kasar dengan agregat halus. Apabila bubuk halus ini dicampur dengan air selang beberapa waktu akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai pengikat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut

pasta semen, jika dicampur dengan agregat halus (pasir) dan air, maka akan terbentuk adukan yang disebut mortar, jika ditambah lagi dengan agregat kasar (kerikil) maka akan terbentuk adukan yang biasa disebut beton. Semen bersama air sebagai kelompok aktif sedangkan pasir dan kerikil sebagai kelompok pasif yang berfungsi sebagai pengisi. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland dibagi menjadi 5 (lima) tipe, yaitu:

Tipe I : Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.

Tipe II : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

Tipe III : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.

Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.

Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Fungsi semen ialah bereaksi dengan air menjadi pasta semen. Pasta semen berfungsi untuk melekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu kesatuan massa yang kompak/padat. Selain itu pasta semen mengisi rongga-rongga antara butir-butir agregat. Walaupun volume semen hanya kira-kira 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan perekat yang aktif dan mempunyai harga yang mahal dari pada bahan dasar beton yang lain perlu diperhatikan/dipelajari secara baik. (Tjokoridimulyo, 2004, dalam Muhammad Ikhsan Saifuddin, 2012).



Gambar 2.1: Semen portland (semen baturaja).

2.3 Agregat

Agregat merupakan material-material campuran beton yang saling diikat oleh perekat yaitu semen. Kandungan agregat dalam campuran beton sangat tinggi yaitu sekitar 60-70% dari volume beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar (Departemen dkk,.).



Gambar 2.2: Agregat (agregat halus dan kasar).

2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat berupa kerikil hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu kerikil. Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam campuran beton sebagai berikut:

1. Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
2. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
3. Kandungan lumpur harus $< 1\%$, jika melebihi maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Agregat kasar yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan. Kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan adalah sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan,

kerikil, pasir dan lain-lain), karena hal ini dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agregat kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan (Vitri dan Herman, 2019).

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran yang memiliki kehalusan 2 mm - 5 mm yang berbutir halus. Agregat halus mempunyai ukuran butir maksimum 4,75 mm sesuai dengan ketentuan SNI 02-6820- 2002. Agregat halus merupakan agregat yang besarnya tidak lebih dari 5 mm, sehingga pasir dapat berupa pasir alam atau berupa pasir dari pemecahan batu yang dihasilkan oleh pecahan batu. Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI 03-6821-2002 adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus berbentuk butir-butir tajam dan keras.
2. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

2.4 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya digunakan 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 menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Karena pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting, tetapi justru perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai faktor air semen atau water cement ratio. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah prose hidrasi selesai, sedangkan air

yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton (Darul, 2014).

2.5 Bahan Tambahan

Untuk keperluan tertentu terkadang campuran beton tersebut masih ditambahkan bahan tambah berupa zat-zat kimia tambahan Chemical Additive dan mineral atau material tambahan. Zat kimia tambahan tersebut biasanya berupa serbuk atau cairan yang secara kimiawi langsung mempengaruhi kondisi campuran beton. Sedangkan mineral atau material tambahan berupa agregat yang mempunyai karakteristik tertentu. Standar pemberian bahan tambahan beton ini pun sudah diatur dalam SK SNI S-18-1900-03 (Vitri dan Herman, 2019).

2.5.1 Abu Tempurung Kelapa

Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa yang sangat luas. Ketika produksi melimpah, akan menghasilkan limbah yang banyak pula. Pembuangan bahan limbah pertanian seperti sekam padi, kulit kacang tanah, tongkol jagung dan tempurung kelapa adalah suatu tantangan lingkungan, maka diperlukan usaha untuk mengubahnya menjadi bahan yang bermanfaat untuk meminimalkan efek negatif terhadap lingkungan.

Abu tempurung kelapa berasal dari pengolahan limbah tempurung yang dibakar yang kemudian menjadi abu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai pengganti semen. Perkembangan pembangunan di Indonesia saat ini semakin pesat, baik untuk infrastruktur maupun structural, sehingga membutuhkan semen yang banyak. Salah satunya dengan memanfaatkan limbah pertanian yang tidak terpakai yaitu tempurung kelapa. Abu tempurung kelapa memiliki sifat pozzolan dan silika.

2.5.2 Sikacim Concrete Additive

Sikacim ialah suatu zat kimia untuk mengurangi penggunaan air dan mempercepat pengerasan pada beton, yang berupa bubuk atau cairan yang ditambah

kedalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Atau untuk diperoleh beton dengan kuat tekan yang sama, tapi adukan dibuat menjadi lebih encer agar lebih mudah dalam penuangannya (Desmi & Muliadi, 2018).

Dewasa ini dalam praktek pembuatan beton bahan tambahan baik additive maupun admixture merupakan bahan yang dianggap penting. Penggunaan bahan tersebut dimaksud untuk memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan sifat yang diinginkan. Bahan tambahan tersebut ditambahkan kedalam campuran beton atau mortar, dan dengan adanya bahan tambahan ini diharapkan beton yang dihasilkan memiliki sifat yang lebih baik. Adapun zat aditif yang akan digunakan adalah Sikacim Concrete Aditive, admixture ini merupakan produk dari PT. Sika Indonesia yang biasa digunakan untuk campuran pembuatan beton. Sikacim Concrete Aditive ini merupakan suatu zat aditif yang fungsinya untuk mempercepat pengerasan beton (Novrianti & Respati, 2014).

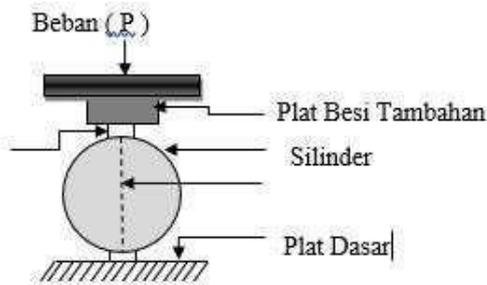


Gambar 2.3: Bahan kimia (*Sikacim Concrete Additive*).

2.6 Kuat Tarik Belah Beton

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 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 (Rahamudin dkk., 2016). Menurut (Yuhanah dkk., 2018) Menentukan tarik dalam beton dengan cara langsung lebih

sulit dilakukan, oleh karena itu dikembangkan cara pengujian kuat tarik tidak langsung.



Gambar 2.4: Pengujian Kuat Tarik Belah.

Besarnya tegangan tarik tidak langsung yang dialihkan saat beton itu belah, dapat dihitung menggunakan rumus:

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

Dimana:

P = Beban (N).

D = Diameter silinder (mm).

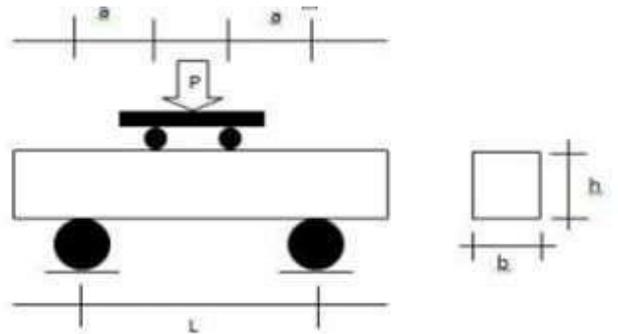
L = Panjang silinder (mm).

2.7 Kuat Lentur Beton

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

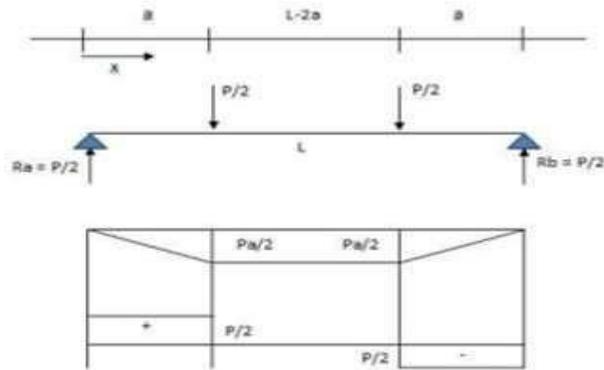
Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.

Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur, yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Pengujian kuat lentur.

Rumus kuat tarik lentur diperlihatkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6: Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (Q).

$$f_r = \frac{3Pa}{bh^2} \quad (2.2)$$

dimana:

f_r = Kuat Tarik Lentur [MPa].

P = Beban pada waktu lentur [kN].

a = Jarak dari perletakan ke gaya [mm].

b = Lebar penampang balok [mm].

h = Tinggi penampang balok [mm].

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2: Daftar hasil penelitian terdahulu.

No	Judul Penelitian	Kesimpulan
1	Pengaruh penggunaan limbah tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar pada beton normal (Partahi Lumbangaol dan Yusac Panjaitan).	Dari pengujian ini ditemukan bahwa beton normal lebih efisien dibandingkan dengan beton campuran limbah tempurung kelapa. Hal ini ditunjukkan dengan seiring bertambahnya jumlah limbah dalam campuran, kuat tekan beton yang dihasilkan juga semakin rendah diakibatkan karena keausan tempurung kelapa lebih tinggi daripada keausan agregat kasar.
2	Pemanfaatan abu batok kelapa sebagai substitusi pasir pada campuran beton dengan bahan tambah sikament nn di tinjau dari kuat tekan beton (studi penelitian). (Muhammad Mulyadhi).	Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa semakin banyak persentase abu batok kelapa yang dimasukkan pada campuran beton, maka semakin rendah nilai kuat tekan beton yang dihasilkan

BAB 3

METODE PENELITIAN

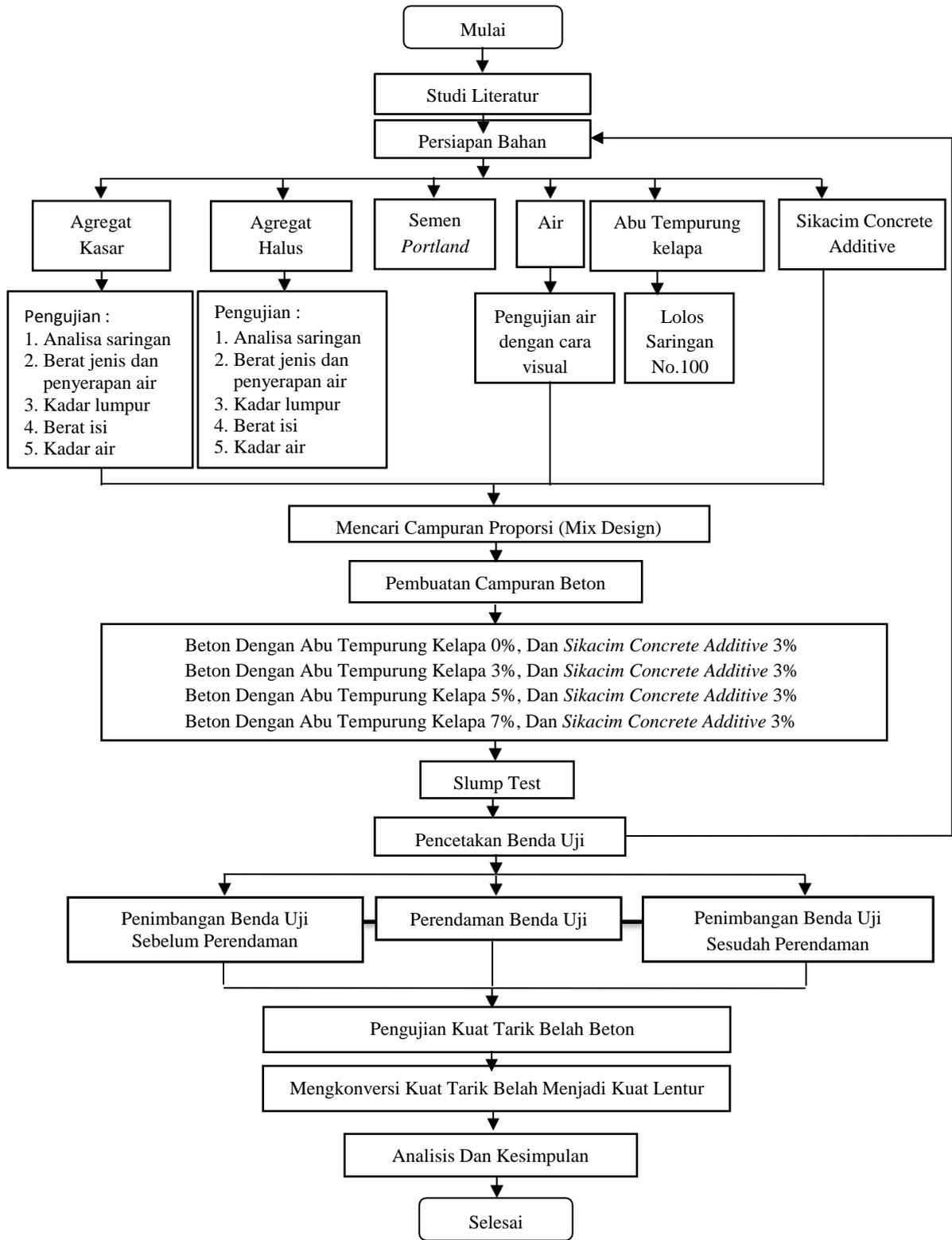
3.1 Metode Penelitian

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.

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

Selanjutnya mencari mix design untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Pada penelitian ini digunakan abu tempurung kelapa dan *Sikacim Concrete Additive*. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu beton normal menggunakan abu tempurung kelapa pengganti agregat halus sebesar 0% dan *Sikacim Concrete Additive* sebesar 3%, beton menggunakan abu tempurung kelapa pengganti agregat halus 3% dan *Sikacim Concrete Additive* sebesar 3%, beton menggunakan abu tempurung kelapa pengganti agregat halus 5% dan *Sikacim Concrete Additive* sebesar 3%, beton menggunakan abu tempurung kelapa pengganti agregat halus 7% dan *Sikacim Concrete Additive* sebesar 3%.

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



Gambar 3.1: Diagram Alir Penelitian.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di Laboratorium berupa Abu Tempurung Kelapa sebagai pengganti agregat halus dan bahan kimia Sika *Sikacim Concrete Additive* pada campuran beton. Waktu penelitian yang direncanakan kurang lebih 2 bulan.

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Bahan-bahan pembentuk beton yaitu:

- a. Semen.
- b. Agregat halus.
- c. Agregat kasar.
- d. Air.
- e. Abu Tempurung Kelapa.
- f. *Sikacim Concrete Additive*.

3.3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk membuat beton yaitu:

- a. *Compressing Test Machine (CTM)*.
- b. *Mixer* Beton.
- c. Saringan Agregat Kasar.
- d. Saringan Agregat Halus.
- e. Cetakan Silinder.
- f. Gelas Ukur.
- g. Oven
- h. Timbangan.
- i. Tongkat Penumbuk.
- j. Kerucut Abrams.
- k. Triplek 2m x 1m.

1. Bak Perendam.

3.3.3 Alat Pendukung

- a. Alat Tulis.
- b. Plastik.
- c. Ember.
- d. Penggaris
- e. Sendok Semen.
- f. Skrap.
- g. Sekop Tangan.
- h. Sarung Tangan.
- i. Masker.

3.4 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data

3.4.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

1. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 1990).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008).
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).
7. Perencanaan campuran beton (*Mix Design*) (SNI 03-2834-2000).
8. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011).

3.4.2 Data Sekunder

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

1. Peraturan SNI 03-2834-2000 tentang tata cara pembuatan rencana beton normal.
2. Peraturan SNI 03-2491:2012 tentang metode uji kekuatan tarik belah beton silinder.
3. Pada Pd T-14-2003 dijelaskan bahwa kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 2491:2014.

3.5 Intrumen Penelitian

3.5.1 Desain Benda uji

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan sampel 12 buah beton dengan 3 (empat) variasi yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Pengujian akan dilaksanakan pada umur 28 hari setelah perendaman beton. Komposisi campuran benda uji dan kode benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1: Komposisi Campuran Benda Uji Dan Kode Benda Uji.

NO	KODE BENDA UJI	AGREGAT KASAR	AGREGAT HALUS	ABU TEMPURUNG KELAPA	<i>SIKACIM CONCRETE ADDITIVE</i>	JUMLAH SAMPEL
1	BN	100%	100%	0%	3%	3
2	BATK-3	100%	97%	3%	3%	3
3	BATK-5	100%	95%	5%	3%	3
4	BATK-7	100%	93%	7%	3%	3
Jumlah						12

Keterangan:

BN : Beton dengan campuran abu tempurung kelapa 0% dan campuran *Sikacim Concrete Additive* 3%.

BATK-3 : Beton dengan campuran abu tempurung kelapa 3% sebagai bahan pengganti agregat halus dan campuran *Sikacim Concrete Additive* 3%.

BATK-5 : Beton dengan campuran abu tempurung kelapa 5% sebagai bahan pengganti agregat halus dan campuran *Sikacim Concrete Additive* 3%.

BATK-7 : Beton dengan campuran abu tempurung kelapa 7% sebagai bahan pengganti agregat halus dan campuran *Sikacim Concrete Additive* 3%.

3.6 Perencanaan Campuran Beton

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

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

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

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 :

$$\bar{x} = \sum^n x_i \quad (3.2)$$

$$\frac{i=1}{N}$$

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 pasal 4.2.3.1 butir 1), tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan factor pengali dari Tabel 3.2.

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

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

3. Menghitung nilai tambah.

Tabel 3.3: Nilai tambah margin.

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (Mpa)
Memuaskan	2,8
Hampir Memuaskan	3,5
Sangat Baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

M adalah nilai tambah 5,7 adalah tingkat mutu pekerjaan baik. (3.3)

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}). $f_{cr} = f^c + M$

$$f_{cr} = f^c + 5,7 \quad (3.4)$$

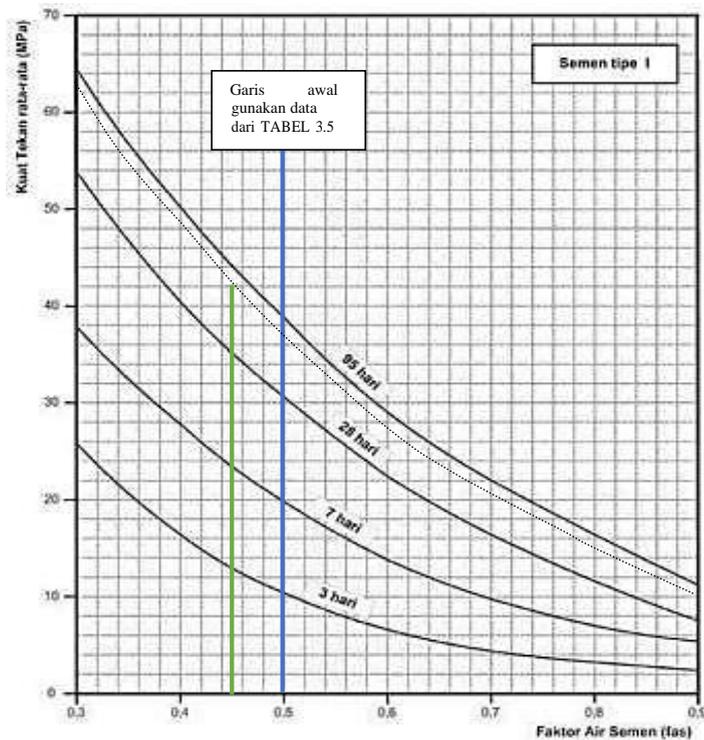
5. Menetapkan jenis semen.
6. Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.
7. Menentukan faktor air semen

Menghubungkan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 3.4. Bila dipergunakan gambar 3.2 ikuti langkah-langkah berikut :

- 1) Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 3.3, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai.
- 2) Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas.
- 3) Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 2 secara proporsional.
- 4) Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 3 di atas.
- 5) Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan factor air semen yang diperlukan.

Tabel 3.4: Perkiraan kekuatan tekan (Mpa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.

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



Gambar 3.2: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder 15 x 30 cm).

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

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

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

Dengan :

3) W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus.

W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

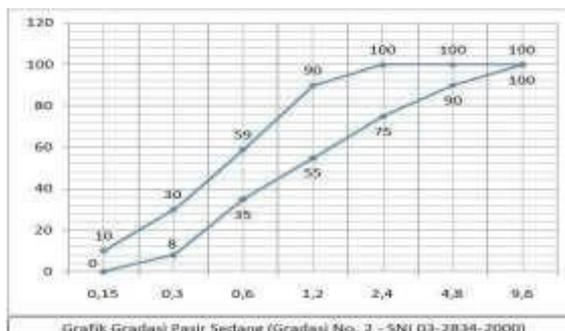
Catatan : Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°C , setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m^2 adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimumimum mungkin, Jika tidak lihat Tabel 3.6, jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan.

Tabel 3.6: Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus.

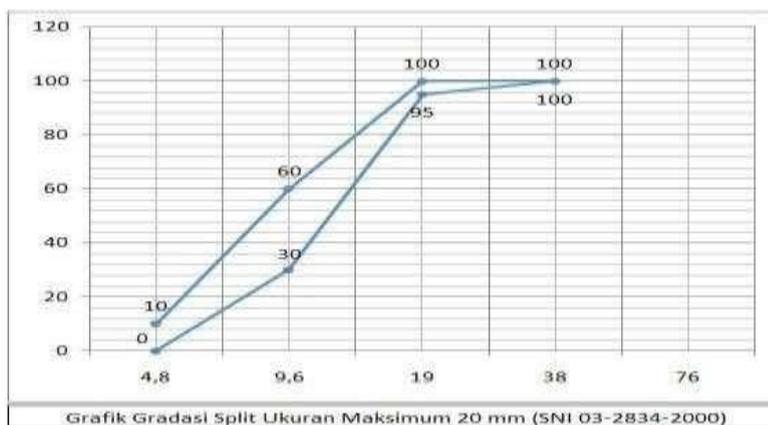
Lokasi ---	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air- Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan: a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan: a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah: a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah Beton yang kontinu berhubungan:		Lihat Tabel 5
a. air tawar		
b. air laut		Lihat Tabel 6

15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera dalam gambar 3.3 (ukuran mata ayakan (mm)).



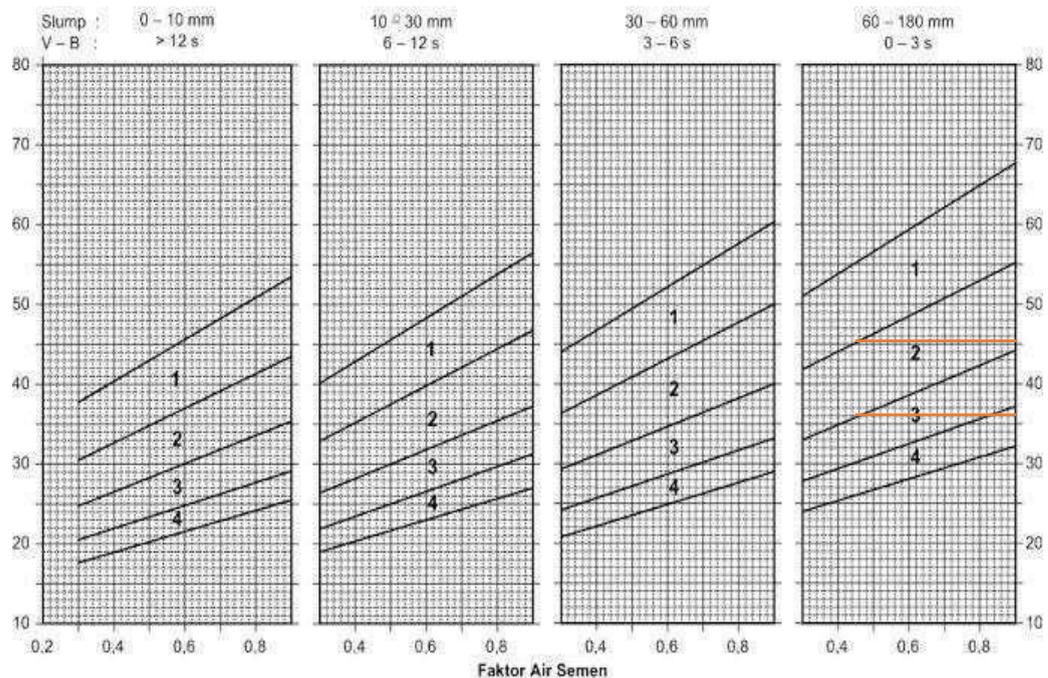
Gambar 3.3: Batas gradasi pasir (Sedang) No. 2.

17. Menentukan susunan agregat kasar menurut gambar 3.4.



Gambar 3.4: Batas gradasi kerikal atau koral ukuran maksimum 20 mm.

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



Gambar 3.5: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang di anjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.

19. Menghitung berat jenis relative agregat.

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

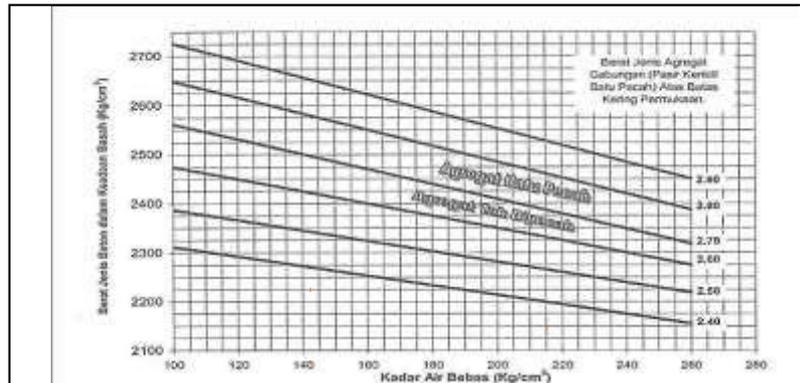
1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini :

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

2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

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

20. Menentukan berat isi beton menurut Gambar 3.6 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3.5 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18.



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

21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22 dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m³ beton.
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.
26. Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut :

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

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

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

Dengan:

B = jumlah air (kg/m³).

C = agregat halus (kg/m³).

D = agregat kasar (kg/m³).

- Ca = absorpsi air pada agregat halus (%).
Da = absorpsi agregat kasar (%).
Ck = kandungan air dalam agregat halus (%).
Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.7 Pembuatan Abu Tempurung Kelapa

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

1. Pengambilan limbah tempurung kelapa dari daerah Medan dan sekitarnya.
2. Limbah tempurung kelapa yang telah dikumpulkan, selanjutnya dibersihkan hingga bersih dari kotoran-kotoran yang menempel.
3. Selanjutnya siapkan tong besi sebagai tempat (media) pembakaran dan siapkan lumpung kayu (penumbuk) untuk menghancurkan batok kelapa yang sudah dibakar tadi.
4. Masukkan batok kelapa yang sudah di bakar tadi ke dalam lumpung kayu (penumbuk) hingga hancur menjadi abu.
5. Abu batok kelapa yg telah menjadi abu lalu diayak atau disaring terlebih dahulu sehingga didapat tekstur serbuk atau abu yang lolos saringan No. 100 untuk penelitian.



Gambar 3.7: Abu Tempurung Kelapa.

3.8 Pembuatan Benda Uji

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

1. Langkah-langkah pembuatan benda uji beton normal adalah sebagai berikut:
 - a. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian

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

dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.

k. Diamkan selama 24 jam.

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

3.9 Pemeriksaan *Slump Test*

Langkah-langkah pengujian *slump test* :

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

3.10 Perawatan (curing) Pada Benda Uji

Proses perawatan (curing) yang dilakukan untuk benda uji pada penelitian ini berdasarkan ketentuan SNI 2493:2011. Proses ini dilakukan dengan cara merendam benda uji kedalam bak perendam berisi air. Benda uji direndam setelah mencapai umur rencana (28 hari).

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perendaman benda uji ini adalah sebagai berikut :

1. Keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji tersebut sudah kering dengan sempurna.
3. Isi bak perendam dengan air bersih dari keran Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera

Utara.

4. Masukkan benda uji secara hati-hati ke dalam bak perendam.
5. Diamkan rendaman benda uji tersebut pada umur 27 hari, lalu angkat pada umur 28 hari.
6. Tunggu benda uji mengering lalu timbang benda uji tersebut.

3.11 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

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

1. Membuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, nilai slump, tanggal pembuatan benda uji dan tanggal pengujian.
2. Meletakkan benda uji pada sisinya diatas mesin dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji.
3. Lapisilah permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata, dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
4. Jalankan mesin desak dengan kecepatan penambahan beban yang konstan.
5. Mencatat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

3.12 Pengujian Kuat Lentur Beton

Nilai kuat lentur beton didapatkan dari hasil pengujian sampel beton. Sampel ini diuji dengan menggunakan mesin kuat lentur beton dengan cara memberikan beban secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu. Selanjutnya benda uji tersebut ditekan hingga menghasilkan retakan (crack).

Menurut (Yuhanah dkk., 2018) Kuat lentur beton merupakan kemampuan beton dalam menahan lendutan hingga terjadi kegagalan. Untuk mengetahui kuat lentur suatu beton, peneliti mengkonversi hasil uji kuat Tarik belah ke dalam kuat lentur berdasarkan acuan Pd T-14-2003 yakni tentang perencanaan perkerasan jalan beton semen. Dalam Pd T-14-2003 dijelaskan bahwa kuat tarik lentur dapat juga ditentukan dari hasil uji kuat tarik belah beton yang dilakukan menurut SNI 03-2491- 1991 sebagai berikut:

$f_{cf} = 1,37.f_{ct}$ dalam Mpa.

$$f_{cf} = 13,44 \cdot f_{ct} \text{ dalam } \text{kg/cm}^2.$$

Dimana:

f_{ct} = kuat tarik belah beton umur 28 hari.

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 berikut ini.

Tabel 4.1: Hasil Pengujian Analisa Agregat Halus.

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

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

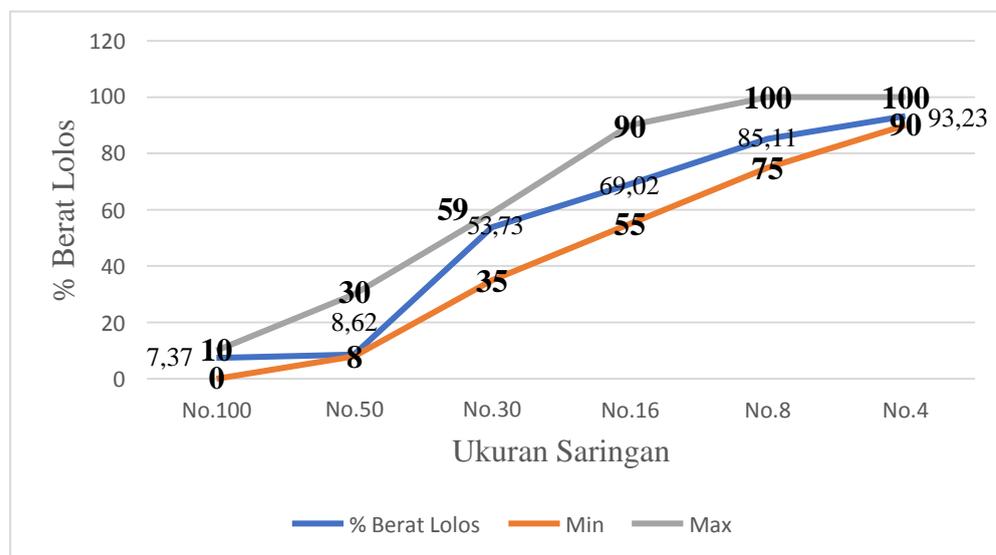
$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{282,92}{100} \\
 &= 2,83
 \end{aligned}$$

Menurut 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
30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
50	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Berdasarkan Tabel 4.2 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi daerah II dengan jenis pasir agak 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 berikut ini.

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

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

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh hasil berat jenis jenuh kering muka rata-rata sebesar 2,56 gram/cm³ dan penyerapan air rata-rata sebesar 2,68%. Sebuah berat jenis agregat normal berada diantara 2,4-2,7 (Tjokrodinuljo,2007). Hal ini menyatakan bahwa agregat halus yang digunakan termasuk berat jenis agregat normal karena berada diantara 2,4-2,7.

3. Pengujian Kadar Air

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

Tabel 4.4: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus.

Agregat Halus	1 (gr)	2 (gr)
Wt of SSD Sample & Mold (Berat contoh SSD dan berat wadah)	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%.

3. Pengujian Berat Isi

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

Tabel 4.5: Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus.

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

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

4. Pengujian Kadar Lumpur

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

Tabel 4.6: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.

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

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

4.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

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

1. Hasil Pengujian Analisa Saringan

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

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Analisa Agregat Kasar.

Nomor Saringan	Berat Tertahan				Komulatif	
	Sample I (gr)	Sample II (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 4.7 maka diperoleh nilai modulus halus butir (MHB) sebagai berikut :

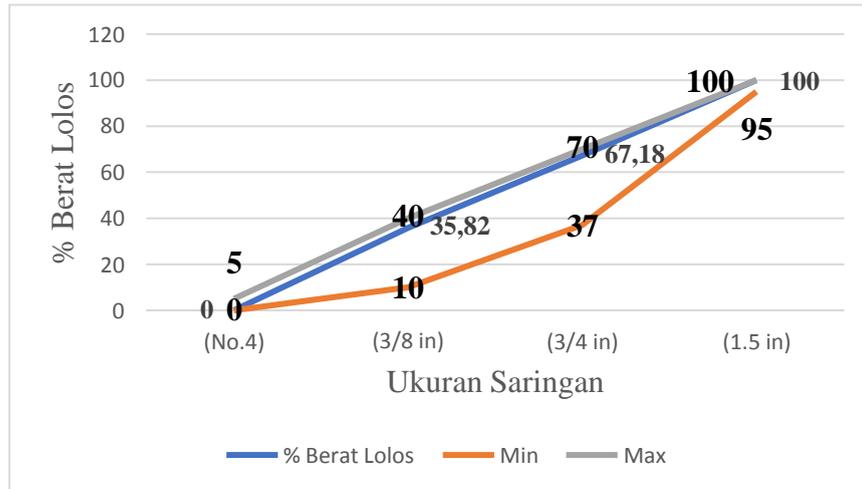
$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat tertinggal kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{664,18}{100} \\
 &= 6,64
 \end{aligned}$$

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

Tabel 4.8: Batas Gradasi Agregat Kasar.

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

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



Gambar 4.2: Grafik Analisa Agregat Kasar.

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

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

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

<i>COARSE AGGREGATE</i> (Agregat Kasar)	1 (gr)	2 (gr)	Rata-Rata (gr)
<i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)			
<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2800	2700	2750
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan) (C)	2776,5	2683	2741
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1591	1625	1608
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	1591	1625	1608

<i>Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering)</i> $C / (A - B)$	2.31	2.50	2.41
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD)</i> $A / (A - B)$	2.32	2.51	2.41
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) $C / (C - B)$	2.32	2.53	2.43
<i>Absorption (Penyerapan)</i> $[(A - C) / C] \times 100\%$	0.85	0.64	0.75

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 beradadiantara 2,4-2,7 gram/cm³ (Tjokrodimuljo,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 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10: Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.

Agregat Kasar	1 (gr)	2 (gr)
<i>Wt of SSD Sample & Mold</i> (Berat contoh SSD dan berat wadah) 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
<i>Kadar Air</i>	0.505	0.703
Rata-Rata	0.604	

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

4. Pengujian Berat Isi

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

Tabel 4.11 : Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.

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

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata berat isi sebesar 1,77 gr/cm³. Berat isi yang disyaratkan pada beton normal berkisar 1,5-1,8 gr/cm³ sehingga berat volume padat agregat halus yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

5. Pengujian Kadar Lumpur

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

Tabel 4.12: Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.

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

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

4.5 Perencanaan Campuran Beton

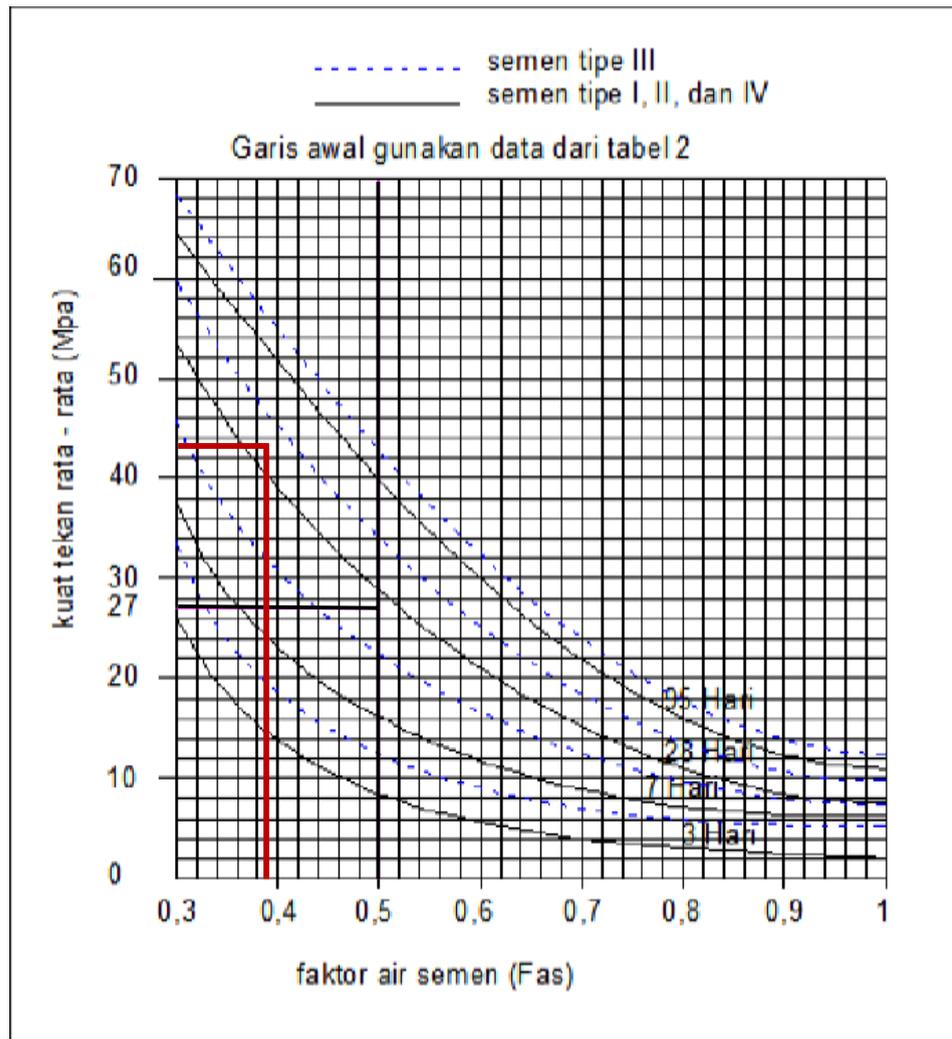
Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data Tabel 4.13 dibawah ini tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (Mix Design) dengan kuat tekan disyaratkan sebesar 26 MPa yang terlampir pada Tabel 4.16 berdasarkan SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton bertujuan untuk memperoleh proposi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana.

Pada perencanaan beton normal ini direncanakan memiliki nilai kuat tekan 26 Mpa yang perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 4.13: 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
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 m

1. Kuat tekan rencana (f_c') = 26 MPa dan benda uji akan dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari.
2. Deviasi standar deviasi karena benda uji yang direncanakan kurang dari 15 buah, maka nilai yang diambil sebesar 12 MPa.
3. Nilai tambah margin (M) adalah 5,7 MPa.
4. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}') :
$$\begin{aligned}f_{cr}' &= f_c' + \text{Deviasi standar} + M \\ &= 26 + 12 + 5,7 \\ &= 43,7 \text{ MPa}\end{aligned}$$
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 tekan beton rata-rata 43,7 MPa, semen yang digunakan semen Portland tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,39.



Gambar 4.3: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton silinder 15 x 30 cm (Mulyono, 2003).

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 3.5 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (Wh) adalah

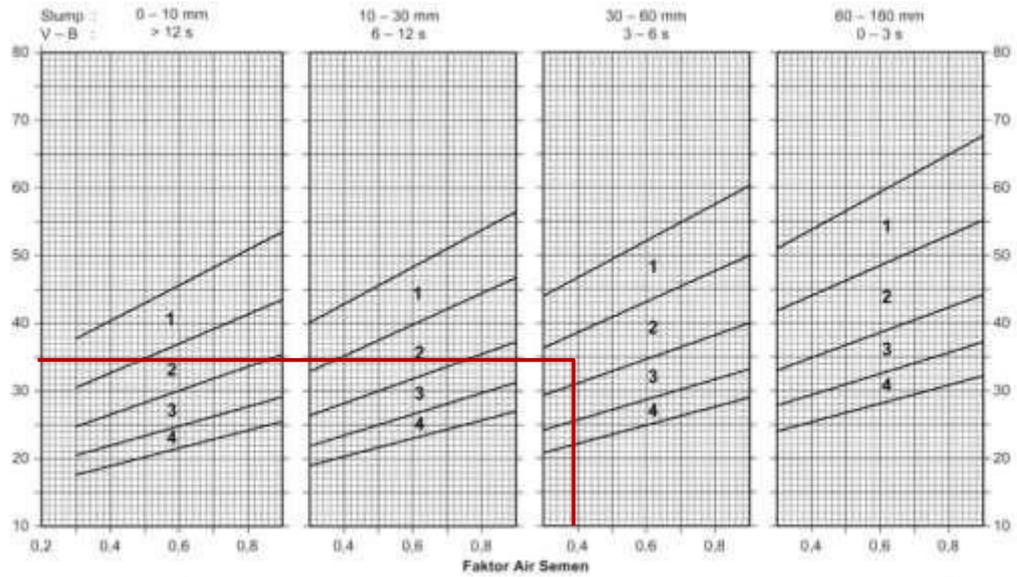
160 sedangkan untuk agregat kasar (W_k) adalah 190 sehingga nilai kadar air bebas yang digunakan sebagai berikut.

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

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

$$\begin{aligned}\text{Kadar semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} \\ &= \frac{170}{0,39} \\ &= 435,897 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

13. Kadar semen maksimum sebesar $435,897 \text{ kg/m}^3$.
14. Kadar semen minimum untuk beton yang direncanakan didalam ruangan dan terlindung dari hujan serta terik matahari langsung dari Tabel 3.6 mempunyai kadar semen minimum per- m^3 sebesar 275 kg.
15. Faktor air semen yang disesuaikan berdasarkan Gambar 4.3 yaitu sebesar 0,39.
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 0,38 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 $39\% = 0,39\%$.

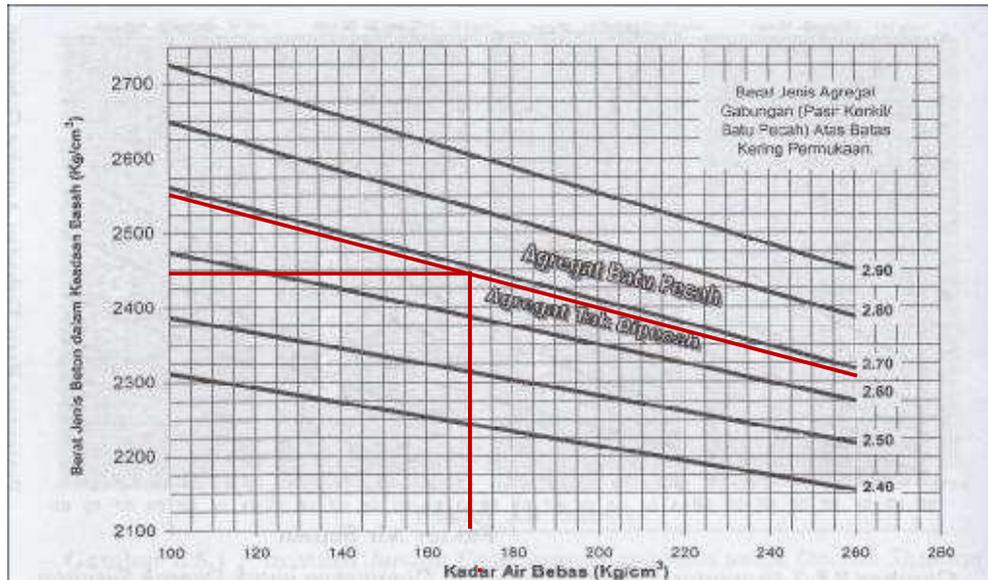


Gambar 4.4: Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm pada fas 0,39 (SNI 03-2834-2000).

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

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Relatif} &= (AH \times BJAH) + (AK \times BJAK) \\
 &= (0,39 \times 2,57) + (0,61 \times 2,72) \\
 &= 2,66
 \end{aligned}$$

20. Berat isi beton diperoleh dari Gambar 4.5 dengan nilai kadar air bebas yang digunakan sebesar 170 dan berat jenis gabungan sebesar 2,66. maka diperoleh nilai berat isi beton sebesar 2438 Kg/m^3 .



Gambar 4.5: Hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat isi beton pada fas 0,39 (SNI 03-2834-2000).

21. Kadar agregat gabungan diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{Berat isi beton} - (\text{kadar semen} + \text{kadar air bebas}) \\ &= 2438 - (435,897 + 170) \\ &= 1832,103 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

22. Kadar agregat halus diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat halus} &= \text{Kadar agregat gabungan} \times \% \text{AH} \\ &= 1832,103 \times 0,39\% \\ &= 714,520 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

23. Kadar agregat kasar diperoleh sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat kasar} &= \text{Kadar agregat gabungan} - \text{kadar agregat halus} \\ &= 1832,103 - 714,520 \\ &= 1117,583 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

24. Proporsi Campuran

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka didapatkan susunan campuran proporsi teoritis untuk setiap 1 m³ beton adalah sebagai berikut.

Tabel 4.14: Propersi campuran.

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
435,897	170	714,520	1117,583

25. Koreksi Proporsi Campuran

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

Diketahui:

-	Jumlah air (B)	= 170 kg/m ³
-	Jumlah agregat halus (C)	= 714,520 kg/m ³
-	Jumlah agregat kasar (D)	= 1117,583 kg/m ³
-	Penyerapan agregat halus (C _a)	= 1,73
-	Penyerapan agregat kasar (D _a)	= 0,75
-	Kadar air agregat halus (C _k)	= 2,145
-	Kadar air agregat kasar (D _k)	= 0,604

a. Air

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= B - (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{d}{100} \\
 &= 170 - (2,145 - 1,73) \times \frac{714,520}{100} - (0,604 - 0,75) \times \frac{1117,583}{100} \\
 &= 168,67 \text{ kg/m}^3.
 \end{aligned}$$

b. Agregat halus

$$\begin{aligned}
 \text{Agregat Halus} &= C + (C_k - C_a) \times \frac{c}{100} \\
 &= 714,520 + (2,145 - 1,73) \times \frac{714,520}{100} \\
 &= 717,48 \text{ kg/m}^3.
 \end{aligned}$$

c. Agregat kasar

$$\begin{aligned}\text{Agregat Kasar} &= D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \\ &= 1117,583 + (0,604 - 0,75) \times \frac{1117,583}{100} \\ &= 1115,95 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

- Semen = $435,897 : 435,897 = 1$
- Air = $168,67 : 435,897 = 0,39$
- Agregat halus = $717,48 : 435,897 = 1,64$
- Agregat kasar = $1115,95 : 435,897 = 2,56$

Tabel 4.15: Koreksi proporsi campuran.

Semen	Air	Pasir	Batu pecah
435,897	168,67	714,48	1115,95
1	0,39	1,64	2,56

Tabel 4.16: Perencanaan campuran beton (SNI 03-2834-2000).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-2000					
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder)	Ditetapkan		26 Mpa	
2	Deviasi Standar	Tabel 3.2		12 Mpa	
3	Nilai tambah (margin)	Tabel 3.3		5,7 Mpa	
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3		43,7 Mpa	
5	Jenis semen	Ditetapkan		Semen Portland Tipe I	
6	Jenis agregat: - kasar - halus	Ditetapkan		Batu pecah Binjai	
		Ditetapkan		Pasir alami Binjai	
7	Faktor air-semen bebas	Gambar 4.3		0,39	
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan		0,60	
9	Slump	Ditetapkan		30-60 mm	
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan		40 mm	
11	Kadar air bebas	Tabel 3.5		170 kg/m ³	
12	Jumlah semen	Item 12		435,897 kg/m ³	
13	Jumlah semen maksimum	Item 13		435,897 kg/m ³	
14	Jumlah semen minimum	Item 14		275 kg/m ³	
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	Item 7		0,39	
16	Susunan besar butir agregat halus	Gambar 4.1		Daerah gradasi zona 2	
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Gambar 4.2		Gradasi maksimum 40 mm	
18	Persen agregat halus	Item 18		39 %	
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Item 19		2,66	
20	Berat isi beton	Gambar 4.5		2438 kg/m ³	
21	Kadar agregat gabungan	20 - (12+11)		1832,103 kg/m ³	
22	Kadar agregat halus	21 x 18		714,520 kg/m ³	
23	Kadar agregat kasar	21 - 22		1117,583 kg/m ³	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	435,897	170	714,520	1117,583

Tabel 4.17: Lanjutan.

No.	Uraian	Tabel/Gambar		Nilai	
		Perhitungan			
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,31	0,900	3,79	5,92
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	435,897	168,67	717,48	1115,95
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,39	1,64	2,56
	- Tiap campuran uji 0,0053 m ³ (1 silinder)	2,31	0,900	3,80	5,91

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

Tabel 4.18: Perbandingan campuran akhir untuk 1 benda uji (m³).

Semen	Air	Pasir	Batu Pecah
435,897	168,67	717,48	1115,95
2,31	0,900	3,80	5,91

4.5.1 Untuk Benda Uji

Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran:

Tinggi Silinder = 30 cm

Diameter Silinder = 15 cm

Maka, volume silinder yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume silinder} &= \pi r^2 t \\
 &= \frac{22}{7} \times \left(\frac{0,15}{2}\right)^2 \times 0,30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3 \text{ Atau} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,15^2 \times 30 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka :

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak semen x Volume 1 benda uji
= $435,897 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 2,31 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak air x Volume 1 benda uji
= $168,67 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 900 ml
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak pasir x Volume 1 benda uji
= $717,48 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 3,80 kg
- Batu pecah yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Banyak batu pecah x Volume 1 benda uji
= $1115,95 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3$
= 5,91 ml
- *Sikacim Concrete Additive* yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
= Berat semen x 3%
= $2,31 \text{ kg} \times 3\% = 0,0693 \text{ kg}$
= $0,0693 : 1,17 \text{ (massa jenis)} = 59,23 \text{ ml}$

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

Semen	Air	Pasir	Batu Pecah	<i>Sikacim Concrete Additive</i>
2,31 kg	900 ml	3,80 kg	5,91 kg	59,23 ml

Dalam penelitian ini jumlah benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 12 benda uji, banyak bahan yang dibutuhkan untuk 12 benda uji adalah:

- Semen yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak semen 1 benda uji x 12 benda uji
 - = 2,31 kg x 12
 - = 27,72 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak air 1 benda uji x 12 benda uji
 - = 900 ml x 12
 - = 10,8 liter
- Pasir yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak pasir 1 benda uji x 12 benda uji
 - = 3,80 kg x 12
 - = 45,6 kg
- Batu Pecah yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak batu pecah 1 benda uji x 12 benda uji
 - = 5,91 x 12
 - = 70,92 kg
- *Sikacim Concrete Additive* yang dibutuhkan untuk 12 benda uji
 - = Banyak *Sikacim Concrete Additive* 1 benda uji x 12 benda uji
 - = 59,23 ml x 12
 - = 710,76 ml

Tabel 4.20: Perbandingan untuk 12 benda uji dalam satuan kg.

Semen	Air	Pasir	Batu Pecah	<i>Sikacim Concrete Additive</i>
27,72 kg	10,8 L	45,6 kg	70,92 kg	710,76 ml

4.5.2 Bahan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Halus

Penggunaan bahan substitusi yang digunakan dalam penelitian menggunakan abu tempurung kelapa sebesar 3%, 5%, dan 7% dari agregat halus. Berat masing-masing variasi untuk 1 benda uji diuraikan sebagai berikut:

- Abu tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus 3% untuk 1 benda uji
 - = 3% x berat agregat halus
 - = 3% x 3,80 kg
 - = 0,114 kg
- Abu tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus 5% untuk 1 benda uji
 - = 5% x agregat kasar tertahan saringan 3/8
 - = 5% x 3,80 kg
 - = 0,19 kg
- Abu tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus 7% untuk 1 benda uji
 - = 7% x agregat kasar tertahan saringan 3/8
 - = 7% x 3,80 kg
 - = 0,266 kg

Bahan campuran abu tempurung kelapa untuk setiap variasi untuk tiap 3 benda uji sebagai substitusi agregat halus. Berat masing-masing variasi diuraikan sebagai berikut:

- Abu tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus 3%
 - = Banyak Abu tempurung kelapa 1 benda uji x 3 benda uji
 - = 0,114 kg x 3
 - = 0,342 kg
 - Abu tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus 5%
 - = Banyak Abu tempurung kelapa 1 benda uji x 3 benda uji
 - = 0,19 kg x 3
 - = 0,57 kg
 - Abu tempurung kelapa sebagai substitusi agregat halus 7%
 - = Banyak Abu tempurung kelapa 1 benda uji x 3 benda uji
 - = 0,266 x 3
 - = 0,798 kg
- Jumlah Abu tempurung kelapa = 0,342 + 0,57 + 0,798
= 1,71 kg

Perbandingan untuk 12 benda uji dalam satuan kg adalah :

Tabel 4.21: Banyak abu tempurung kelapa yang dibutuhkan untuk 3 benda uji silinder.

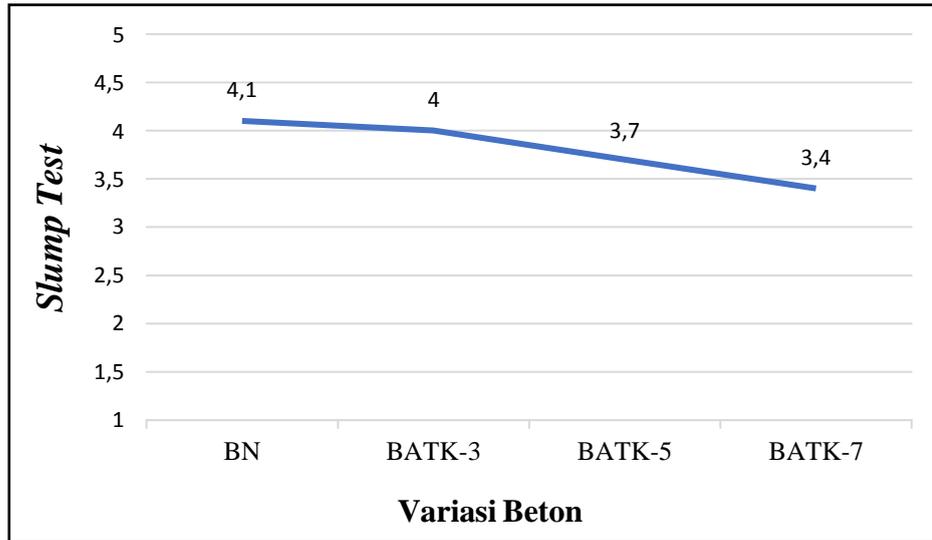
Persentase banyaknya abu tempurung kelapa (%)	Banyaknya serat dari agregat kasar (kg)
3	0,342
5	0,57
7	0,798
Banyak abu tempurung kelapa untuk penelitian	1,71

4.6 Slump Test

Berdasarkan tabel 4.24 dan grafik 4.6 terdapat perubahan disetiap variasi campuran beton. Pada beton normal didapatkan nilai *slump test* maksimum sebesar 4,1 cm. Nilai *slump test* minimum sebesar 3,4 cm pada BATK-7. Hal tersebut dapat diketahui bahwa *slump test* yang dicapai mulai dari beton normal, beton dengan substitusi abu tempurung kelapa sebagai pengganti agregat halus dan penambahan *Sikacim Concrete Additive* memenuhi slump yang diisyaratkan antara 3 - 6 cm.

Tabel 4.22: Hasil pengujian nilai *slump test*.

	BN	BATK-3	BATK-5	BATK-7
Hari	28	28	28	28
<i>Slump Test</i> (cm)	4,1	4	3,7	3,4



Gambar 4.6: Grafik perbandingan nilai *slump test*.

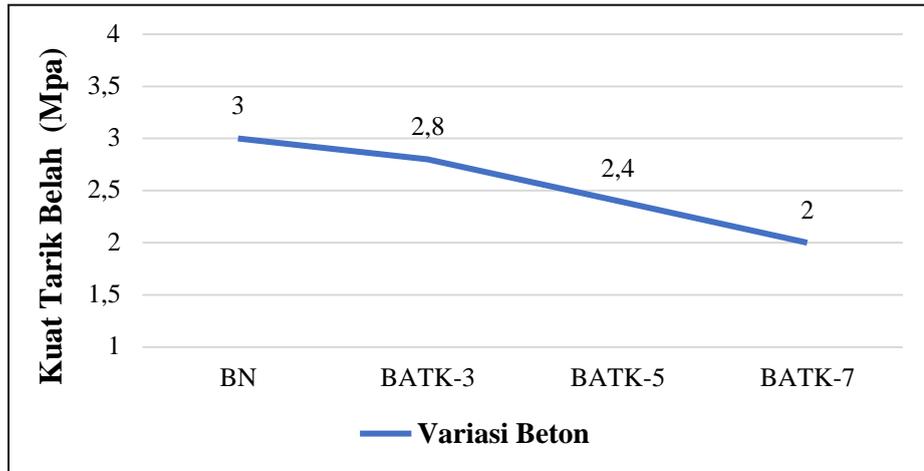
4.7 Hasil dan Analisa Pengujian Beton Normal dan Variasi Beton

4.7.1 Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilaksanakan setelah benda uji berumur 28 hari. Pengujian ini dengan memberikan beban yang mampu diterima oleh benda uji pada sisi beton yang diletakkan mendatar pada mesin uji. Pengujian ini menggunakan metode SNI 03-2491-2012 tentang pengujian kuat tarik belah beton. Diperoleh hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23: Hasil pengujian kuat tarik belah beton rata-rata.

Benda Uji	Umur (hari)	Beban (TON)			Kuat Tarik Belah (Mpa)			Kuat Tarik Belah rata-rata (Mpa)
		1	2	3	1	2	3	
BN	28	19,5	24	21	2,7	3,3	2,9	3
BATK-3	28	22,5	21	16,5	3,1	2,9	2,3	2,8
BATK-5	28	16,5	18	18	2,3	2,5	2,5	2,4
BATK-7	28	13,5	15	13,5	1,9	2,1	1,9	2



Gambar 4.7: Grafik kuat tarik belah beton rata-rata.

Berdasarkan tabel 4.25 dan grafik 4.7 terdapat perubahan disetiap variasi campuran beton. Pada Beton Normal didapatkan nilai kuat tarik belah rata-rata maksimum sebesar 2,9 Mpa. Sedangkan pada hasil kuat tarik belah rata-rata minimum sebesar 2 Mpa pada BATK-7.

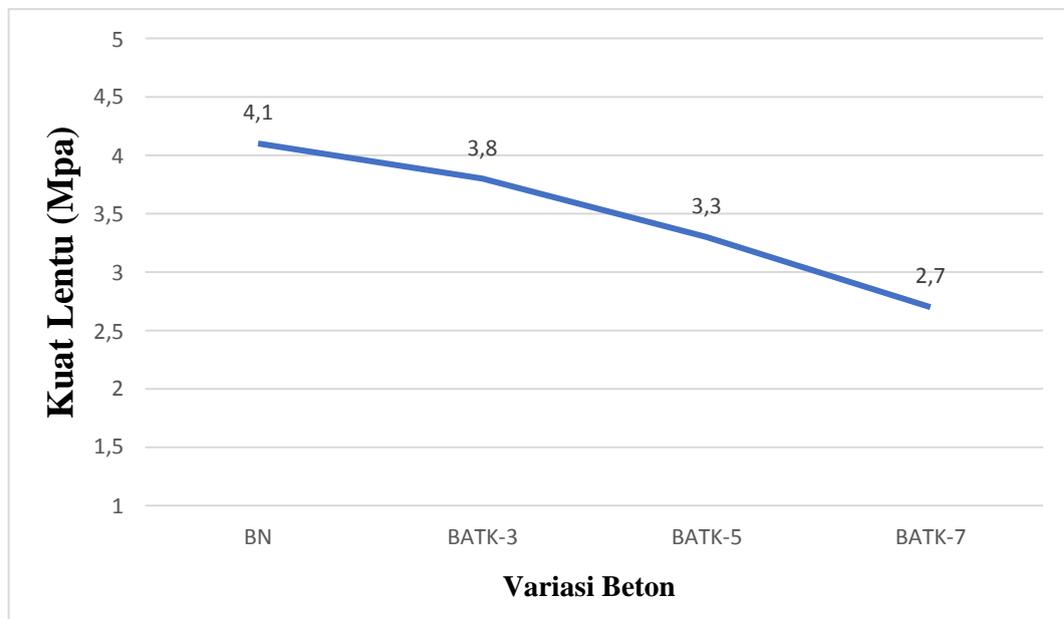
Pada penelitian yang dilakukan Lumbangaol & Panjaitan (2021), penelitian menggunakan tempurung kelapa dengan variasi campuran adalah 0%, 2,5%, 5% dan 7,5%, didapat nilai kuat tekan beton normal sebesar 27,689 MPa pada umur 28 hari dan masing-masing beton variasi tempurung kelapa 2,5%, 5%, dan 7,5% sebesar 26,514 MPa, 24,693 MPa dan 22,283 MPa pada umur 28 hari didapat hasil semakin besar variasi tempurung kelapa pada beton maka kuat tekan beton akan semakin menurun.

4.7.2 Konversi Menjadi Kuat Lentur Beton

Dalam nilai Kuat Lentur didapatkan dari konversi hasil nilai Kuat Tarik Belah ialah, sebagai berikut:

Tabel 4.24: Hasil konversi kuat lentur beton.

Benda Uji	Umur (hari)	Beban Rata-rata (TON)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)	Kuat Lentur rata-rata (MPa)
BN	28	21,5	3	4,1
BATK-3	28	20	2,8	3,8
BATK-5	28	17,5	2,4	3,3
BATK-7	28	14	2	2,7



Gambar 4.8: Grafik kuat lentur beton.

Berdasarkan data hasil pengujian kuat lentur beton dapat diketahui bahwa untuk sampel beton variasi BN mempunyai kuat lentur maksimum yaitu sebesar 4,1 Mpa. Sedangkan kuat lentur beton minimum yaitu sebesar 2,7 Mpa pada BATK-7.

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 penelitian lainnya.

Dari hasil penelitian beton dengan menggunakan Abu tempurung kelapa dan *Sikacim Concrete Additive*, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengaruh penambahan abu tempurung kelapa sebagai bahan pengganti agregat halus terhadap kuat lentur beton adalah sebagai berikut.
 - Hasil nilai rata-rata kuat lentur beton campuran BN, BATK-3, BATK-5, dan BATK-7 yaitu: 4.1 Mpa, 3.8 Mpa, 3.3 Mpa, dan 2.7 Mpa. Didapat bahwa nilai rata-rata kuat lentur beton menunjukkan penurunan seiring penambahan abu tempurung kelapa. Penurunan *workability* dari adukan beton diakibatkan karena abu tempurung kelapa cukup banyak menyerap air.
2. Hasil penambahan *Sikacim Concrete Additive* terhadap kuat lentur beton adalah sebagai berikut.
 - Penambahan *Sikacim Concrete Additive* 3% pada campuran beton abu tempurung kelapa 0% (BN) mampu meningkatkan kuat lentur beton sebesar 4,1 Mpa. Sedangkan beton variasi 3%, 5%, dan 7% terjadi penurunan kuat lentur beton di akibatkan terlalu banyak campuran abu batok kelapa dan *Sikacim Concrete Additive*.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh campuran abu tempurung kelapa dalam campuran beton terhadap *zat additive* yang lain.
2. Pada saat pembuatan campuran beton perlu diperhatikan kelecakan campuran, sesuai nilai slump yang direncanakan.
3. Untuk penelitian selanjutnya harus dibuat sampel dengan variasi yang lebih beragam dari penggunaan campuran abu tempurung kelapa terhadap substitusi agregat halus.

DAFTAR PUSTAKA

- Ala, Paulus, and Herman Arruan, 'Kuat Tekan Dan Lentur Beton Menggunakan Pasir Silika Dengan Bahan Tambah Sikacim', Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat, 2019 (2019), 56–66.
- Ali Samsudin, 'Beton Dengan Abu Tempurung Kelapa', 2011.
- Asrullah, 'kajian kuat lentur beton dengan menggunakan sika concrete repair mortar sebagai pengganti semen pada campuran beton k 300', 300 (2011), 13–17.
- Bayu, Swasta, 'Tinjauan Pustaka Tinjauan Pustaka', Convention Center Di Kota Tegal, 4.80 (2018), 4.
- Darmiyanti, Lydia, 'Kuat Tekan Beton', 21.1 (2018), 42–48.
- Ferguson Phill M, 'Dasar-Dasar Beton Bertulang', 1991.
- Handayani, Tri, 'Memprediksi Kuat Lentur Berdasarkan Kuat Tekan Beton Normal', Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi, 18.2 (2019), 197–211.
- Kristino, Febrian Yafet, Fakultas Teknik, Universitas Atma, and Jaya Yogyakarta, 'Studi Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Sifat Mekanik Beton Sebagai Substitusi Semen', November, 2017.
- Kushendrahayu, Kartika, Achmad Basuki, and Edy Purwanto, '383-1424-1-Pb', September, 2015, 688–94.
- Lumbangaol, P., & Panjaitan, Y. (2021). Pengaruh Penggunaan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai. 1(1), 25–31.
- Mukhlis Iwan Mustaqim, Juli Marliansyah, Alfi Rahmi, 'Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Paving Block', Jurnal Mahasiswa Teknik, 3 (2017), 1–9.
- Pane, Fanto Pardomuan, H. Tanudjaja, and R. S. Windah, 'Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton', Jurnal Sipil Statik, 3.5 (2015), 313–21.
- Pustaka, Tinjauan, 'pengaruh penggunaan *Sikacim Concrete Additive*', 2004.
- Suryani, Anggi, and Sri Hartati Dewi, 'Korelasi Kuat Lentur Beton Dengan Kuat Tekan Beton The Correlation Of Bending Strenght And Compressive Strength of Concrete', 18 (2018), 43–54.

Usman, A Gazali, Lihat M Idwar Saleh, Museum Negeri, Lambung Mangkurat, Propinsi Kalimantan, and A Gazali Usman, 'Bab i Pendahuluan a. Latar Belakang', 1998, 1–10.

Yanti, Gusneli, Z. Zainuri, and Shanti Wahyuni Megasari, 'Peningkatan Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Variasi Penambahan Serat Daun Nanas', Teknik, 40.1 (2019), 71.

Yuhanah, T., Mayasari, D., & Wicaksono, B. (2018). Pengaruh Penambahan Fly Ash, Dodol Plastik, Mille Scale Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Lentur Beton. Jurnal Forum Mekanika, 7(2), 1–10.

Analisa saringan agregat (SNI 03-1968, 1990).

Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2008).

Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2008).

Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 03-4804, 1998).

Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).

Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4141, 1996).

Perencanaan campuran beton (Mix Design) (SNI 03-2834-2000, 2000).

Uji kuat tarik belah beton (SNI 03-2491:2012).

Uji kuat tarik lentur beton (SNI 2491:2014).

LAMPIRAN



Lampiran 1: Agregat Halus.



Lampiran 2: Agregat Kasar.



Lampiran 3: Semen.



Lampiran 4: Air.



Lampiran 5: Abu Tempurung Kelapa.



Lampiran 6: *Sikacim concrete additive.*



Lampiran 7: *Compressing Test Machine (CTM).*



Lampiran 8: *Mixer Beton.*



Lampiran 9: *Saringan Agregat Kasar.*



Lampiran 10: Saringan Agregat Halus.



Lampiran 11: Cetakan Silinder.



Lampiran 12: Tabung Ukur.



Lampiran 13: Oven.



Lampiran 14: Timbangan.



Lampiran 15: Tongkat Penumbuk.



Lampiran 16: Kerucut Abrams.



Lampiran 17: Triplek 2m x 1m.



Lampiran 18: Bak Perendam.



Lampiran 19: Alat Tulis.



Lampiran 20: Plastik.



Lampiran 21: Ember.



Lampiran 22: Penggaris.



Lampiran 23: Sendok Semen.



Lampiran 24: Skrap.



Lampiran 25: Sekop tangan.



Lampiran 26: Sarung tangan.



Lampiran 27: Masker.



Lampiran 28: Proses Pembuatan Adukan Beton.



Lampiran 29: Proses Pengujian *Slump Test*.



Lampiran 30: Proses perojokan & pencetakan benda uji penelitian.



Lampiran 31: Perendaman Benda Uji.



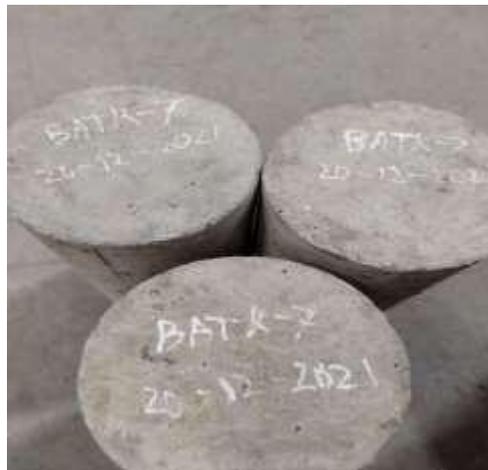
Lampiran 32: BN.



Lampiran 33: BATK-3.



Lampiran 34: BATK-5.



Lampiran 35: BATK-7.



Lampiran 36: Proses Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap : Muhammad Al Aridh Ilyas
Nama Panggilan : Aridh
Tempat, Tanggal Lahir : Meudang Ara, 28 Maret 1998
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Jalan Lukman, Maudang Ara Kec. Blangpidie
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Drs. Ilyas Idris
Ibu : Dra. Sabariah
No Hp : 082210169061
Email : alaridhilyas@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa : 1607210101
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Jenis Kelamin : Laki-laki
Peguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan
20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
Kelulusan		
Sekolah Dasar	MIN 2 ABDYA	2004 - 2010
Sekolah Menengah Pertama	SMP NEGERI TUNAS NUSA	2010 - 2013
Sekolah Menengah Atas	SMA NEGERI UNGGUL PERSADA	HARAPAN 2013 - 2016

ORGANISASI

Informasi	Tahun
Ketua Ikatan Pelajar Muhammadiyah (IPM) ABDYA	2015 - 2016