

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENGGUNAAN PECAHAN TEMPURUNG KELAPA DAN SIKAMENT-NN SEBAGAI PROPORSI CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT LENTUR BETON (*Studi Penelitian*)

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

Disusun Oleh:

FAUJI SAHPUTRA
1907210097



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fauji Sahputra

NPM : 1907210097

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Pecahan Tempurung Kelapa Dan
Sikament-NN Sebagai Proporsi Campuran Beton Terhadap Kuat
Lentur Beton

Bidang Ilmu : Struktur

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

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian

Dosen Pembimbing



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fauji Sahputra

NPM : 1907210097

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penggunaan Pecahan Tempurung Kelapa Dan
Sikament-NN Sebagai Proporsi Campuran Beton Terhadap Kuat
Lentur Beton

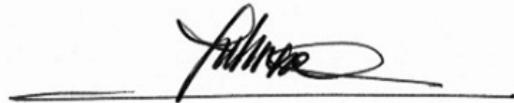
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 13 September 2023

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I

Dosen Pembanding II



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



Rizki Efrida, S.T., M.T.

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Fauji Sahputra
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 13 Maret 2001
NPM : 1907210097
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

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

“Pengaruh Penggunaan Pecahan Tempurung Kelapa Dan Sikament-NN Sebagai Proporsi Campuran Beton Terhadap Uji Kuat Lentur Beton.”

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 original dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ketidak sesuaian 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 diri dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 13 September 2023

Saya yang menyatakan,



Fauji Sahputra

ABSTRAK

PENGARUH PENGGUNAAN PECAHAN TEMPURUNG KELAPA DAN SIKAMENT-NN SEBAGAI PROPORSI CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT LENTUR BETON

Fauji Sahputra

1907210097

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

Beton merupakan bahan yang terdiri dari campuran agregat kasar dan agregat halus yang di campur air dan semen sebagai bahan pengikat, kemudian terjadi proses pemadatan dan perkerasan semen dengan agregat akibat proses senyawa kimia semen dengan air. Campuran beton dapat ditambahkan bahan tambah bersifat alami dan bersifat kimia. Pecahan tempurung kelapa yang bersifat alami ditambahkan pada campuran beton ini sebagai pengganti Sebagian agregat kasar. Penambahan zat kimia juga dilakukan untuk meningkatkan karakteristik dari campuran beton, campuran kimia yang digunakan adalah Sikament-NN. Sikament-NN berfungsi untuk meningkatkan kekuatan beton sebesar 40% dan meningkatkan kelecakan (workability) saat pengecoran beton dilakukan. Kelecakan atau tingkat kemudahan pengerjaan yang terdapat pada campuran beton segar normal atau beton dengan campuran tempurung kelapa dan dengan tambahan Sikament-NN sangat diperlukan dalam suatu adukan beton. Pengujian beton ini dilakukan dengan metode kuat lentur beton, pada beton yang dicampurkan tempurung kelapa dan beton campuran tempurung kelapa ditambah zat kimia Sikament-NN. Dari penelitian yang dilakukan didapat hasil dari pengujian kuat lentur beton pada beton dengan campuran tempurung kelapa, mengalami penurunan dari nilai kuat lentur beton normal. Namun pada nilai kuat lentur beton pada beton campuran tempurung kelapa yang ditambah zat kimia Sikament-NN mengalami peningkatan dari beton normal dan beton tempurung kelapa.

Kata Kunci : Workability, Tempurung kelapa, *Sikament-NN*, Kuat lentur beton

ABSTRACT

EFFECT OF USING COCONUT SHELL FRAGMENTS AND CYCAMENT-NN AS CONCRETE MIX PROPORTIONS ON THE FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE

Fauji Sahputra
1907210097

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

Concrete is a material that consists of a mixture of and fine aggregate mixed with water and cement as a binder. Cement as a binder, then the process of compaction and pavement of cement with aggregate occurs due to the chemical compounding of cement with water. Concrete mixtures can be added with natural and chemical additives. Fractured coconut shell is added to this concrete mix as a partial replacement for coarse aggregate. Coarse aggregate. The addition of chemicals is also done to improve the characteristics of the concrete mix, the chemical admixtures used are Sikament-NN. Sikament-NN serves to increase the strength of concrete by 40% and increase workability when casting concrete. Workability or the level of workability workability found in normal fresh concrete mixes or concrete with with coconut shell mixture and with Sikament-NN addition is very necessary in a concrete mix concrete. This concrete test is carried out by the concrete flexural strength method, in concrete that is mixed with coconut shell and Sikament-NN. Concrete mixed with coconut shell and concrete mixed with coconut shell plus Sikament-NN chemicals. Chemical Sikament-NN. From the research conducted, the results of the test the flexural strength of concrete in concrete with a mixture of coconut shell, experienced a decreased from the normal concrete flexural strength value. However, the flexural strength value of concrete in a mixture of coconut shell concrete added with Sikament-NN chemical substances has increased from normal concrete and coconut shell concrete.

Keywords: Workability, Coconut shell, Sikament-NN, Flexural strength of concrete

KATA PENGANTAR

Assalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Pengaruh Penggunaan Pecahan Tempurung Kelapa Dan Sikament-NN Sebagai Proporsi Campuran Beton Terhadap Kuat Lentur Beton (Studi Penelitian Beton)" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

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

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. PT. Sika Berkah Mandiri yang telah bersedia memberikan bantuan berupa *Sikament-NN* dalam penelitian ini.
9. Terimakasih yang teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Tunut Santoso dan Ibunda tercinta Setiawati yang telah bersusah payah mendidik dan membiayai saya serta menjadi penyemangat saya serta senantiasa mendoakan saya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini. Dan Terimakasih juga kepada abang saya Fajar Kurniawan dan adik saya Naurah Hasibah beserta keluarga besar saya yang telah terus mendukung saya dalam mengerjakan tugas akhir saya ini.
10. Sahabat-sahabat penulis dari kelas A1 dan kelas B1 pagi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan juga seluruh teman-teman yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Wassalamu'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 13 September 2023

Fauji Sahputra
NPM : 1907210097

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penulisan	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Beton	5
2.2 Pengertian Beton Campuran Tempurung Kelapa	5
2.3 Material Pembentuk Campuran Beton	6
2.3.1 Semen Portland	6
2.3.2 Agregat Kasar	7
2.3.3 Agregat Halus	8
2.3.4 Air	10
2.4 Tempurung Kelapa	11
2.5 Sikament-NN	12
2.6 Slump Test	13
2.7 Kuat Lentur Beton	13
2.8 Penelitian Terdahulu	15

BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Metode Penelitian	17
3.1.1. Data Primer	17
3.1.2. Data Sekunder	18
3.1.3 Tahapan Penelitian	18
3.2. Pelaksanaan Penelitian	22
3.2.1. Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2.2. Rencana Penelitian	22
3.3. Persiapan Bahan dan Alat	23
3.3.1. Bahan	23
3.3.2. Peralatan	23
3.4 Persiapan Penelitian	24
3.5 Pemeriksaan Agregat	24
3.5.1. Analisa Saringan	24
3.5.2. Kadar Air	26
3.5.3. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	27
3.5.4. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	28
3.5.5. Kadar Lumpur	29
3.5.6. Berat Isi	30
3.6 Pengolahan Tempurung Kelapa	33
3.7 Sikament-NN	34
3.8 Perencanaan Campuran Beton	34
3.9 Mix Design	34
3.10 Pembuatan Benda Uji	40
3.11 Pengujian Slump	41
3.12 Perawatan Benda Uji (Curring)	42
3.13 Pengujian Kuat Lentur (Flexural Test)	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Pemeriksaan Agregat Kasar	44
4.1.1 Pemeriksaan Analisa Gradasi Agregat Kasar	44
4.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	45
4.1.3 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	45

4.1.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	46
4.1.5 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	47
4.2 Pemeriksaan Agregat Halus	47
4.2.1 Pemeriksaan Analisa Gradasi Agregat Halus	47
4.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	48
4.2.3 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	49
4.2.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	50
4.2.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus	50
4.3 Perencanaan Campuran Beton	51
4.4 Kebutuhan Bahan	57
4.4.1 Benda Uji Balok	57
4.5 Pengujian Slump	58
4.6 Pengujian Kuat Lentur Beton	60
4.6.1 Pengujian Kuat Lentur Beton Normal	60
4.6.2 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,5%	61
4.6.3 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,7%	62
4.6.4 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,9%	63
4.6.5 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,5% dan Sikament-NN 2,3%	64
4.6.6 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,7% dan Sikament-NN 2,3%	65
4.6.7 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,9% dan Sikament-NN 2,3%	66
4.7 Pembahasan Kuat Lentur Beton	69
4.8 Estimasi Harga Beton	71
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000)	8
Tabel 2.2	Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000).	9
Tabel 2.3	Kandungan yang terdapat pada tempurung kelapa	11
Tabel 2.4	Karakteristik sikament-nn.	12
Tabel 3.1	Variasi Campuran beton	22
Tabel 3.2	Slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi	34
Tabel 3.3	Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.	35
Tabel 3.4	Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen $\{w/(c + p)\}$ dan kekuatan beton.	36
Tabel 3.5	Volume agregat kasar per satuan volume beton	37
Tabel 3.6	Perkiraan awal berat beton segar	38
Tabel 3.7	Jumlah variasi sampel yang direndam selama 28 hari	42
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Kasar Dengan Batas Zona 2	44
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	45
Tabel 4.3	Hasil pengujian kadar air agregat kasar	46
Tabel 4.4	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.	46
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	47
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona 2	48
Tabel 4.7	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus	48
Tabel 4.8	Hasil pengujian kadar air agregat halus	49
Tabel 4.9	Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	50
Tabel 4.10	Hasil Pemeriksaan Berat Isi	51
Tabel 4.11	Banyaknya air pencampur	52
Tabel 4.12	Hubungan antara rasio air semen dan kekuatan beton	53
Tabel 4.13	Volume berat kering agregat kasar persatuan volume beton	54
Tabel 4.14	Perkiraan awal berat beton segar	54
Tabel 4.15	Perbandingan berat agregat	56
Tabel 4.16	Variasi benda uji balok beton	57

Tabel 4.17 Nilai slump test	59
Tabel 4.18 Hasil pengujian kuat lentur beton normal umur 28 hari	60
Tabel 4.19 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,5%	61
Tabel 4.20 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,7%	62
Tabel 4.21 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,9%	63
Tabel 4.22 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,5% dan Sikament-NN 2,3%	64
Tabel 4.23 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,7% dan Sikament-NN 2,3%	65
Tabel 4.24 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,7% dan Sikament-NN 2,3%	66
Tabel 4.25 Tabel data hasil pengujian setiap variasi	67
Tabel 4.26 Data kuat lentur rata-rata variasi beton	68
Tabel 4.27 Estimasi harga untuk seluruh variasi persatuan benda uji	71
Tabel 4.28 Estimasi harga satuan beton normal	71
Tabel 4.29 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,5%	72
Tabel 4.30 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,7%	72
Tabel 4.31 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,9%	72
Tabel 4.32 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,5% + Sikament-NN 2,3%	73
Tabel 4.33 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,7% + Sikament-NN 2,3%	73
Tabel 4.34 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,9% + Sikament-NN 2,3%	73
Tabel 4.35 Estimasi harga satuan setiap variasi	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kerucut Abrams	13
Gambar 2.2	Daerah 1/3 Jarak Titik Perletakkan Bagian Tengah	14
Gambar 2.3	Daerah patah diluar pusat jarak antara titik pusat dan titik patah < 5% dari jarak antara titik perletakkan	14
Gambar 2.4	Daerah Patah Berada Di Luar 1/3 Bentang tengah dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah > 5	14
Gambar 2.5	Benda uji balok beton 15 x 15 x 60 cm (Pengujian lab)	15
Gambar 3.1	Tahapan penelitian yang dilaksanakan.	21
Gambar 3.2	Pengujian analisa saringan.	25
Gambar 3.3	Pengujian kadar air, memasukkan contoh uji ke oven.	26
Gambar 3.4	Pengujian berat jenis agregat halus, memanaskan piknometer.	28
Gambar 3.5	Pengujian berat jenis agregat kasar, menimbang agregat kasar dengan timbangan dunagan	29
Gambar 3.6	Pengujian berat jenis kadar lumpur, mencuci agregat	30
Gambar 3.7	Pengujian berat isi dengan cara merojok	32
Gambar 3.8	Pengujian berat isi dengan cara lepas	32
Gambar 3.9	Pengujian berat isi dengan cara penggoyangan	32
Gambar 3.10	Proses pemecahan tempurung kelapa	33
Gambar 3.11	Proses penjemuran tempurung kelapa	33
Gambar 3.12	Universal Testing Machine/UTM (Pengujian Laboratorium).	43
Gambar 3.13	Garis-garis perletakan dan pembebanan (SNI 03-4431-2011).	43
Gambar 3.14	Pengujian kuat lentur (Pengujian laboratorium).	43
Gambar 4.1	Grafik slump test benda uji balok	59
Gambar 4.2	Grafik hasil pengujian kuat lentur beton	67
Gambar 4.3	Grafik rata-rata kuat lentur beton	68
Gambar 4.4	Grafik estimasi harga setiap variasi beton	74

DAFTAR NOTASI

f_c'	= Kuat Tekan	(N/mm ²)
P	= Gaya Tekan Maksimum	(N)
A	= Luas Penampang Benda Uji	(mm ²)
E _c	= Modulus Elastisitas	(Mpa)
W _c	= Berat isi beton antara 1440 – 2560	(kg/m ³)
P	= Kadar air benda uji	(%)
W ₁	= Massa benda uji	(gr)
W ₂	= Massa benda uji kering oven	(gr)
A	= Berat benda uji kering oven	(gram)
B	= Berat piknometer berisi air	(gram)
C	= Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	(gram)
S	= Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	(gram)
γ	= Berat isi agregat	(kg/m ³)
W	= Berat agegat	(Kg)
V	= Volume wadah	(m ³)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan material yang terdiri dari campuran semen portland, air, agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) dan bahan tambahan jika dibutuhkan. Alasan mengapa beton banyak digunakan sebagai bahan utama pada konstruksi bangunan adalah sifat yang terdapat pada beton, seperti harga relatif murah, mudah dicetak, tahan terhadap cuaca dan mempunyai kekuatan yang sangat dibutuhkan dalam suatu konstruksi.

Pada Penelitian ini, Peneliti membahas penggunaan bahan tambah kimia *sikament-NN* dan pecahan tempurung kelapa untuk mengetahui seberapa besar kekuatan mekanisme beton terhadap kuat lentur beton. Kuat lentur beton dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kualitas bahan, rancangan campuran, dan cara pengerjaan pembuatan beton. Dilihat dari pengujian kuat lentur beton, digunakan bahan tambah pecahan tempurung kelapa untuk proporsi campuran beton sebesar 1,5% ; 1,7% dan 1,9% pada campuran beton yang akan di uji. Jika pemanfaatan batok kelapa ini bisa dibuktikan secara teknis sebagai bahan atau agregat untuk campuran beton. Maka campuran ini memiliki kualitas secara ekonomis dan mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian yang telah disampaikan maka dapat ditentukan rumusan masalah yang akan diteliti, yaitu :

1. Bagaimana hasil perbandingan uji slump test pada beton yang menggunakan campuran tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar dan penambahan zat kimia *Sikament-NN* terhadap nilai slump test beton normal?
2. Bagaimana pengaruh penambahan tempurung kelapa pada campuran beton terhadap beton normal dan penambahan bahan kimia *Sikament-NN* pada campuran beton terhadap nilai kuat lentur beton?

3. Bagaimana perbandingan nilai kuat lentur beton normal dengan kuat lentur beton campuran tempurung kelapa dan *Sikament-NN* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai slump test pada beton yang menggunakan campuran tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar dan penambahan zat kimia *Sikament-NN*.
2. Untuk mengetahui pengaruh nilai kuat lentur beton pada beton campuran tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar dan penambahan zat kimia *Sikament-NN*.
3. Untuk mengetahui perbandingan nilai kuat lentur beton normal terhadap beton yang menggunakan campuran tempurung kelapa dan *Sikament-NN*.

1.4 Manfaat Penulisan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan inovasi baru dalam pemanfaatan limbah alami seperti tempurung kelapa dibidang konstruksi.
2. Dapat memberikan informasi tentang nilai kuat lentur maksimal pada beton yang memiliki campuran pecahan tempurung kelapa sebagai bahan tambah agregat kasar dan *Sikament-NN*.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan untuk penelitian-penelitian selanjutnya dan dapat dikembangkan lagi dengan inovasi baru.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan dalam penelitian ini, maka perlu adanya batasan masalah. Adapun batasan masalah tersebut, antara lain:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
2. Metode untuk perencanaan campuran beton menggunakan standar nasional indonesia (SNI 7656:2012).
3. Semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe 1 dengan merk Padang.
4. Agregat kasar, agregat halus, dan air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Persentase tempurung kelapa yang digunakan pada penelitian ini adalah 1,5%, 1,7%, dan 1,9% dari berat agregat kasar yang digunakan dan benda uji masing-masing variasi sebanyak 3 buah.
6. Ukuran tempurung kelapa yang digunakan ialah lolos saringan no 3/4" dan tertahan pada saringan 1/2".
7. Persentase *Sikament-NN* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 2,3 % dari berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
8. Jumlah seluruh benda uji 21 buah.
9. Benda uji berupa balok beton dengan ukuran penampang 15 cm x 15 cm dan panjang 60 cm untuk pengujian kuat lentur beton.
10. Umur beton yang diuji adalah 28 hari.
11. Beton yang akan diteliti merupakan beton normal (25 MPa).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dilakukan dengan membagi tulisan menjadi beberapa bab, antara lain:

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berusaha menguraikan dan membahas bahan bacaan yang relevan dengan pokok bahasan studi, sebagai dasar untuk mengkaji permasalahan yang ada dan menyiapkan landasan teori.

BAB III : METODE PENELITIAN

Dalam bab ini menguraikan tentang tahapan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, peralatan penelitian, jenis data yang diperlukan, pengambilan data, dan analisa data.

BAB IV : ANALISA DATA

Bab ini membahas tentang proses pengolahan data yang berhubungan dengan hasil penelitian, langkah kerja yang digunakan dalam analisa data.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang berdasarkan atas hasil pengolahan data yang dilakukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Pembangunan dibidang struktur saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung diberbagai bidang seperti konstruksi gedung, jalan, jembatan, tower, dan lain sebagainya. Beton merupakan salah satu pilihan yang paling banyak digunakan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain mudah dibentuk (*workability*), mempunyai kekuatan yang baik (*strength*), tahan lama (*durability*), bahan baku penyusun mudah didapat, tahan terhadap serangan cuaca, tidak mengalami pembusukan (Pardomuan et al., 2015).

Beton terbentuk dari campuran agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir) sebagai bahan penyusun dan air, dengan semen portland atau semen hidrolik sebagai bahan pengikat dicampur sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan, pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air.

2.2 Pengertian Beton Campuran Tempurung Kelapa

Beton campuran tempurung kelapa merupakan beton yang terdiri dari air, semen, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (kerikil) yang akan dikombinasikan dengan bahan alami yaitu pecahan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan pada agregat kasar. Kekuatan beton dipengaruhi oleh bahan penyusun, perawatan dan cara pengerjaannya. Bahan penyusun beton memberikan dampak yang besar terhadap berat beton itu sendiri.

Tempurung kelapa merupakan limbah hasil pengelolaan rumah tangga atau industri dinegara berkembang berasal dari bahan alami, yang belum dikelola secara optimal dari sudut pandang konstruksi untuk bahan komposit pengisi atau bahan penyusun beton.

2.3 Material Pembentuk Campuran Beton

Material yang digunakan pada susunan campuran beton yaitu semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Apabila ingin menambahkan bahan tambahan seperti bahan alami dan bahan kimia dengan persentase penambahan tertentu. Pada penelitian ini, campuran beton akan ditambah dengan bahan alami yaitu tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar pada persentase tertentu. Juga akan ditambah dengan bahan kimia yaitu *Sikament-NN* pada campuran mortar beton (Fitra Eransyah et al., 2022).

Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus memiliki kualitas yang baik dan memenuhi syarat. Sehingga menghasilkan beton yang memiliki nilai kuat tekan yang memenuhi standar yang telah ditentukan, material yang akan digunakan antara lain:

2.3.1 Semen Portland

Suatu bahan material hidrolis yang berguna sebagai bahan perekat atau pengikat bahan lain nya adalah semen. Berdasarkan (BSN, 2004), semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen adalah material yang memiliki sifat adhesif dan kohesif sebagai bahan perekat. Perekat tersebut yang menimbulkan reaksi memadat dan membentuk massa yang keras. Semen dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis. Semen hidrolis adalah material pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air dan menghasilkan produk yang tahan air. Sedangkan semen non-hidrolis adalah material pengikat yang bila dicampur dengan air menghasilkan produk yang dapat mengeras setelah bereaksi dengan karbondioksida, bukan dengan air (Valentin et al., 2021).

Klasifikasi semen portland berdasarkan (BSN, 2004) semen portland dibedakan menjadi lima tipe semen yang sesuai dengan tujuannya, yaitu:

1. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

2. Jenis II, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

2.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan diayakan 4,75 mm. agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batu-batuan atau batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin. Agregat kasar adalah kerikil yang dihasilkan dari pecahan batuan yang dilakukan secara manual atau dengan mesin yang memiliki ukuran 5 mm – 40 mm, yang tertahan di diatas ayakan no.4,75 mm. Kekerasan agregat kasar dapat di uji dengan mesin pengaus Los Angeles dimana tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%. Dalam hal ini agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton memiliki karakteristik tersendiri (Rahmawati et al., 2021).

Menurut SNI agregat kasar untuk beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
3. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan ayakan harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm lebih kurang 0% berat total.
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm lebih kurang 90%-98% berat total.
 - c. Selisih antara sisa-sisa komulatif diatas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% berat total, minimum 10% berat total.

4. Berat butir agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 dari tebal plat atau 3/4 dari jarak besi minimum antara tulang-tulangan.

Menurut SNI 03-2834-2000 batas gradasi agregat kasar dengan diameter agregat maksimum 37,5 mm dapat dilihat dalam Tabel 2.6 dan dijelaskan melalui Gambar 2.5 agar lebih memudahkan pemahaman.

Tabel 2.1 : Batas gradasi agregat kasar (SNI 03-2834-2000)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Lewat Ayakan, Diameter Terbesar 37,5 mm	
	Minimum	Maksimum
37,5 (1,5 in)	0	5
25 (1 in)	0	10
12,5 (½ in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100
2,36 (No. 8)	100	100

2.3.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan material pengisi campuran beton berbentuk butiran pasir dari batuan-batuan pecah yang diperoleh dari hasil disintegrasi alami batuan atau pemecahan pabrik menggunakan mesin dan memiliki ukuran butiran sebesar 5 mm (Hudori et al., 2022). Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,75 mm yang biasanya disebut pasir. Jenis agregat ini dapat dibedakan lagi menjadi:

- a. Pasir halus: \emptyset 0 -1 mm
- b. Pasir kasar: \emptyset 1-5 mm

Agregat halus (pasir) mempengaruhi proses reaksi pada hidrasi semen dalam beton, fungsi agregat halus dalam mix design beton adalah sebagai pengisi. Dilihat dari berat jenis agregat halus maka tujuan penggunaan agregat halus pada sebuah adalah:

1. Menambah kekuatan beton
2. Menghemat pemakaian semen
3. Mengurangi penyusutan pada pengerasan beton.

Ukuran yang sesuai dengan SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zona (daerah)

seperti dalam Tabel 2.5 dan dijelaskan melalui Gambar 2.1 hingga Gambar 2.4 untuk mempermudah pemahaman.

Gradasi agregat halus memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Memiliki butiran yang keras dan tajam, karena bentuk pasir yang tajam akan mempererat kairan antar ageragat dan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras.
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir
3. Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
4. Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama).

Tabel 2.2 : Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834, 2000).

Lubang Ayakan (mm)	No.	Persen Berat Butir Yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No.4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No.8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No.16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No.30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No.50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No.100	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan :

- Daerah gradasi I = Pasir kasar
- Daerah gradasi II = Pasir agak kasar
- Daerah Gradasi III = Pasir agak halus
- Daerah gradasi IV = Pasir halus

2.3.4 Air

Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton, karena air adalah bahan yang sangat penting dalam proses pencampuran material beton. Dalam pembuatan beton air sangat dibutuhkan untuk terjadinya proses hidrasi atau reaksi kimia antara air dan semen, untuk mengikat material penyusun beton seperti agregat kasar dan agregat halus. Setelah beberapa jam kemudian adukan akan mengeras seperti batuan sehingga menghasilkan kemudahan pengerjaan (*workability*) dalam proses pembuatan beton (Nugraha & Saelan, 2019).

Dalam pelaksanaan pembuatan beton sangat bergantung pada air untuk mendapatkan beton yang mudah dilaksanakan tetapi dengan kekuatan yang tetap, harus dipertahankan jumlah air dengan semennya atau bisa disebut faktor air semen (*water cemen ratio*). Air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bebas dari bahan-bahan yang merugikan. Pengerasan semen atau hidrasi pada beton akan berjalan dengan baik jika menggunakan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Air harus bersih, tidak berbau, tidak mempunyai rasa, dan dapat dikonsumsi sebagai air minum.
2. Air yang digunakan harus bersih dan terhindar dari bahan yang mampu merusak kualitas beton, seperti garam, asam, alkali, oli, atau bahan lainnya.
3. Air tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda yang tidak tercampur dengan air hingga dapat dilihat secara visual lebih dari 2 gram/liter sebab mampu mengurangi kelekatan beton.
4. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/lt.
5. Air tidak mengandung ion klorida dalam jumlah lebih dari 0,5 gram/liter. Air yang tidak dapat diminum tidak dianjurkan untuk digunakan.
6. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat (SO_3) lebih dari 1 gram/liter

2.4 Tempurung Kelapa

Kelapa (*Cocos Nucifera L*) merupakan tumbuhan serbaguna yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Hampir Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia, karena hampir seluruh bagian pohon kelapa mulai dari akar, batang, buah, bunga, serta daunnya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia (Setyowati, 2017).

Tanaman kelapa merupakan tanaman yang banyak dijumpai di seluruh pelosok nusantara dan hasilnya sangat melimpah. Buah kelapa memiliki daging yang sering digunakan untuk bahan olahan dalam keperluan sehari-hari sedangkan tempurungnya diabaikan dan tidak diolah dengan optimal sehingga menjadi sampah pada lingkungan. Tempurung kelapa merupakan limbah dari buah kelapa yang memiliki material paling keras dengan karakteristik warna coklat dengan guratan, ketebalan permukaan yang tidak rata, kuat dan tahan air. Secara struktural, tempurung kelapa mengandung terutama selulosa, hemiselulosa, lignin dan kelembaban (Irawan & Khatulistiani, 2021).

Buah kelapa terdiri dari kulit luar, sabut, batok kelapa, kulit daging (testa), daging buah, air kelapa dan lembaga. Buah kelapa yang sudah tua memiliki bobot sabut 35%, tempurung 12%, endosperm 28% dan air 25%. Komposisi kimia tempurung kelapa seperti dibawah ini:

Tabel 2.3 : Kandungan yang terdapat pada tempurung kelapa

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

2.5 Sikament-NN

Sikament-NN merupakan superplasticizer yang sangat efektif dalam mengurangi jumlah air beton untuk membantu menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi. Namun untuk penggunaan dilapangan, pemilihan bahan tambah harus disesuaikan dengan situasi dan kondisi beton yang telah direncanakan. Pemakaian bahan tambah yang berlebihan juga akan mengakibatkan beton tidak ekonomis, mengingat harga dari suatu bahan tambah sangat mahal.

Sikament-NN memberikan keuntungan sebagai berikut :

a. Sebagai superplasticizer

- 1).Keleccakan (workability) meningkat tajam, memudahkan pengecoran untuk struktur ramping dengan penulangan yang rapat
- 2).Mengurangi jumlah getaran yang dibutuhkan, waktu pengerasan normal tanpa perlambatan (retardation)
- 3).Mengurangi resiko pemisahan (segregation) secara signifikan

b. Sebagai bahan pengurang air

- 1).Pengurangan air hingga 20% akan memberikan peningkatan 40% kuat tekan dalam 28 hari
- 2).Kekuatan tinggi selama 12 jam

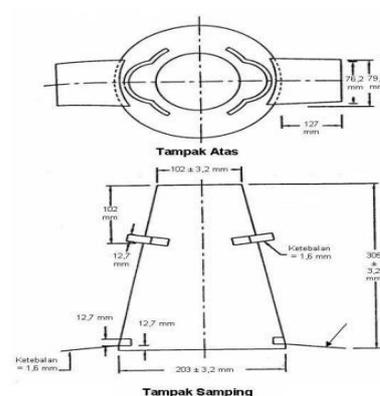
Sikament-NN dapat digunakan dengan dosis 0,30% - 2,30% dari berat semen tergantung pada keleccakan dan kuat tekan beton yang diperlukan. *Sikament-NN* dapat ditambahkan ke air adukan sebelum air tersebut dicampurkan dengan agregat atau dalam sebagian kasus ditambahkan langsung ke dalam beton yang baru di aduk.

Tabel 2.4 : Karakteristik *Sikament-NN*.

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

2.6 Slump Test

Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui nilai viscosity pada beton dengan mengukur penurunan benda uji terhadap tinggi kerucut. Berikut merupakan gambar kerucut Abrams. Pengujian slump test dilakukan pada beton segar dengan menggunakan kerucut Abrams dengan tinggi kerucut 305 mm. Benda uji akan dimasukkan kedalam 3 lapisan kemudian di isi kedalam kerucut 1/3 dari tinggi kerucut. Setiap lapisan kemudian dipadatkan dengan tongkat penusuk yg terbuat dari baja sebanyak 25 kali. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan slump dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat seperti yang di jelaskan pada (SNI 1972-2008).



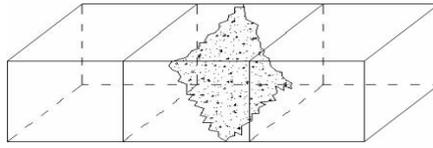
Gambar 2.1 : Kerucut Abrams

2.7 Kuat Lentur Beton

Menurut (SNI-4431, 2011) kuat lentur beton merupakan kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah, dinyatakan Mega Pascal (MPa) gaya per satuan luas.

Menurut (SNI 4431, 2011) untuk perhitungan kuat lentur pada beton di tinjau dari posisi keretakan yang terjadi pada balok.

1. Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakkan bagian tengah).

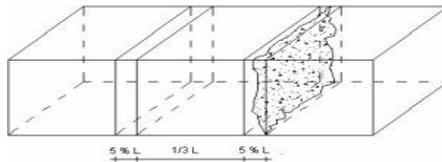


Gambar 2.2 : Daerah 1/3 Jarak Titik Perletakkan Bagian Tengah (SNI 03-4431-2011)

Maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_t = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

- Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (daerah 1/3 jarak titik perletakkan bagian tengah), dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari jarak antara titik perletakkan.

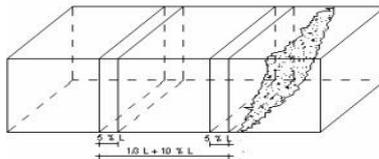


Gambar 2.3 : Daerah patah diluar pusat jarak antara titik pusat dsan titik patah < 5% dari jarak antara titik perletakkan.(SNI 03-4431-2011)

Maka kuat lentur beton maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan

$$\sigma_t = \frac{3 \cdot P \cdot a}{b \cdot h^2}$$

- Jika letak patah berada di luar 1/3 bentang tengah dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah > 5% dari bentangnya maka hasil pengujian tidak di gunakan



Gambar 2.4 : Daerah Patah Berada Di Luar 1/3 Bentang tengah dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah > 5 (SNI 03-4431-2011).

Dimana :

σ_t = kuat lentur benda uji (MPa)

P = adalah beban tertinggi yang terbaca pada mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma)

L = adalah jarak (bentang) antara dua garis perletakkan (mm)

b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = lebar tampang lintang arah vertikal (mm)

a = jarak rata – rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sudut dari bentang (mm)



Gambar 2.5 : Benda uji balok beton 15 x 15 x 60 cm (Pengujian lab)

2.8 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian beton mutu normal dengan variasi bahan tambah batok kelapa dan terak nikel pada agregat kasar. Pembuatan benda uji berupa silinder 150mm x 150mm x 300mm sebanyak 27 buah dan balok 150mm x 150mm x 600mm sebanyak 9 buah. Hasil penelitian menunjukkan penambahan batok kelapa dan terak nikel pada agregat kasar terhadap pengujian beton dengan komposisi campuran terak nikel 30% dan batok kelapa 20% diperoleh nilai berturut-turut untuk kuat tekan hari ke-28 yaitu 30,841 MPa, 31,124 MPa dan 31,690 MPa, kuat tarik belah berturut-turut yaitu 3,114 MPa, 3,468 MPa dan 3,255 MPa, nilai kuat lentur berturut-turut adalah 4,383 MPa, 4,018 MPa dan 3,930 Mpa (Aprilia et al., 2021).

Hasil penelitian mutu beton 30 Mpa dengan bahan tambah tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar dan asap silika sebagai pengganti sebagian semen dengan komposisi campuran tempurung kelapa 5%, 10%, 15% dan asap silika 5%, 10%, 15%. Nilai pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton pada umur beton 28 hari sebagai berikut. Nilai kuat tekan sebesar 39,72 Mpa, 40,38 Mpa, 36,72 MPa nilai pengujian meningkat 15% pada persentase campuran 10%. Pada nilai kuat lentur sebesar 5,68 N/mm², 5,43 N/mm², 5,38 N/mm² nilai pengujian kuat lentur naik sebesar 10% (Vidhyapayhi & Kandhan Mani KU, 2022).

Hasil percobaan dan pembahasan penelitian tentang tempurung kelapa menegaskan bahwa tempurung kelapa berpotensi sebagai agregat ringan dalam beton. Penelitian ini meninjau mutu beton 20 MPa dengan bahan tambah tempurung kelapa sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan persentase campuran 0%, 5%, 10%, 20% dan 30% dengan umur beton 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata nilai kuat tekan sebesar 22,10 % dan persentase penambahan yang baik yaitu pada 10%. Jika dilakukan pengujian kuat lentur beton maka akan meningkatkan kekuatan lentur secara substansial (Verma & Shrivastava, 2019).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode ialah suatu cara atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium.

3.1.1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti:

1. Analisa saringan agregat (ASTM C 136, 2012).
2. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969, 2016).
3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970, 2016).
4. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973, 2008).
5. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971, 2011).
6. Pemeriksaan kadar lumpur (SNI 03-4142, 1996).
7. Perencanaan campuran beton (*mix design*) (SNI 7656-2012).
8. Kekentalan adukan beton segar (*slump*) (SNI 1972:2008)
9. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011)
10. Uji kuat lentur beton (SNI 03-4431-2011).

3.1.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku atau artikel yang berhubungan dengan teknik beton. Beberapa referensi dalam pembuatan beton yaitu berdasarkan :

1. SNI (Standart Nasional Indonesia) 7656-2012, tentang tata cara pembuatan beton normal
2. Jurnal-jurnal ilmiah serta buku-buku, sebagai pendukung dalam acuan penelitian ini.
3. PBI (Peraturan Beton Indonesia), peraturan tata cara pembuatan beton yang ditetapkan secara tertulis.
4. SNI tentang pengujian kuat lentur beton (SNI 03-4431-2011) tentang Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan.
5. Laporan Praktikum Beton, sebagai referensi untuk menunjang dalam penelitian ini. Serta peneliti juga berkonsultasi langsung dengan kepala laboratorium beton di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.3 Tahapan Penelitian

Berikut penjelasan tentang langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan Material
Mempersiapkan material yang akan digunakan dalam penelitian beton seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air, serta bahan tambahan tempurung kelapa dan *Sikament-NN*.
2. Pemeriksaan Material
Pemeriksaan material dilakukan untuk mengetahui apakah material telah memenuhi syarat yang sudah ditentukan dalam pencampuran beton.

3. Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar didapat dari sisa-sisa industri dan rumah tangga disekitar lingkungan. Tempurung kelapa yang digunakan berbentuk pecahan-pecahan kecil yang tertahan pada saringan No.4.

4. Sikament-NN

Pada penelitian ini, *Sikament-NN* digunakan sebagai bahan tambah pada campuran mortar beton. *Sikament-NN* yang didapat secara komersial ditoko Material.

5. Mix Design

melakukan proporsi campuran beton dengan perhitungan campuran beton meliputi beton normal dan beton dengan tambahan pecahan tempurung kelapa dan *Sikament-NN*.

6. Pembuatan Benda Uji

Setelah melakukan pemeriksaan material dan melakukan perencanaan proporsi campuran beton, kemudian melakukan pecampuran semua material beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air dan bahan tambahan pecahan tempurung kelapa dan *Sikament-NN*. Semua material dicampur kedalam mesin mixer (mesin molen).

7. Slump Test (Pengujian Slump)

Adukan beton dimasukkan kedalam kerucut abrams untuk melakukan pengujian slump pada beton guna mengetahui nilai kekentalan dan plastisitas beton. Adukan beton dimasukkan kedalam kerucut abrams dan dirojak sebanyak 25 kali rojokan pada setiap 1/3 pengisian kedalam kerucut sebanyak 3 tahap pengisian.

8. Pencetakan Benda Uji

Dalam proses pencetakan, beton segar akan dimasukkan ke dalam cetakan balok untuk melakukan pengujian kuat lentur dengan ukuran cetakan panjang 600 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 150 mm.

9. Perawatan Benda Uji

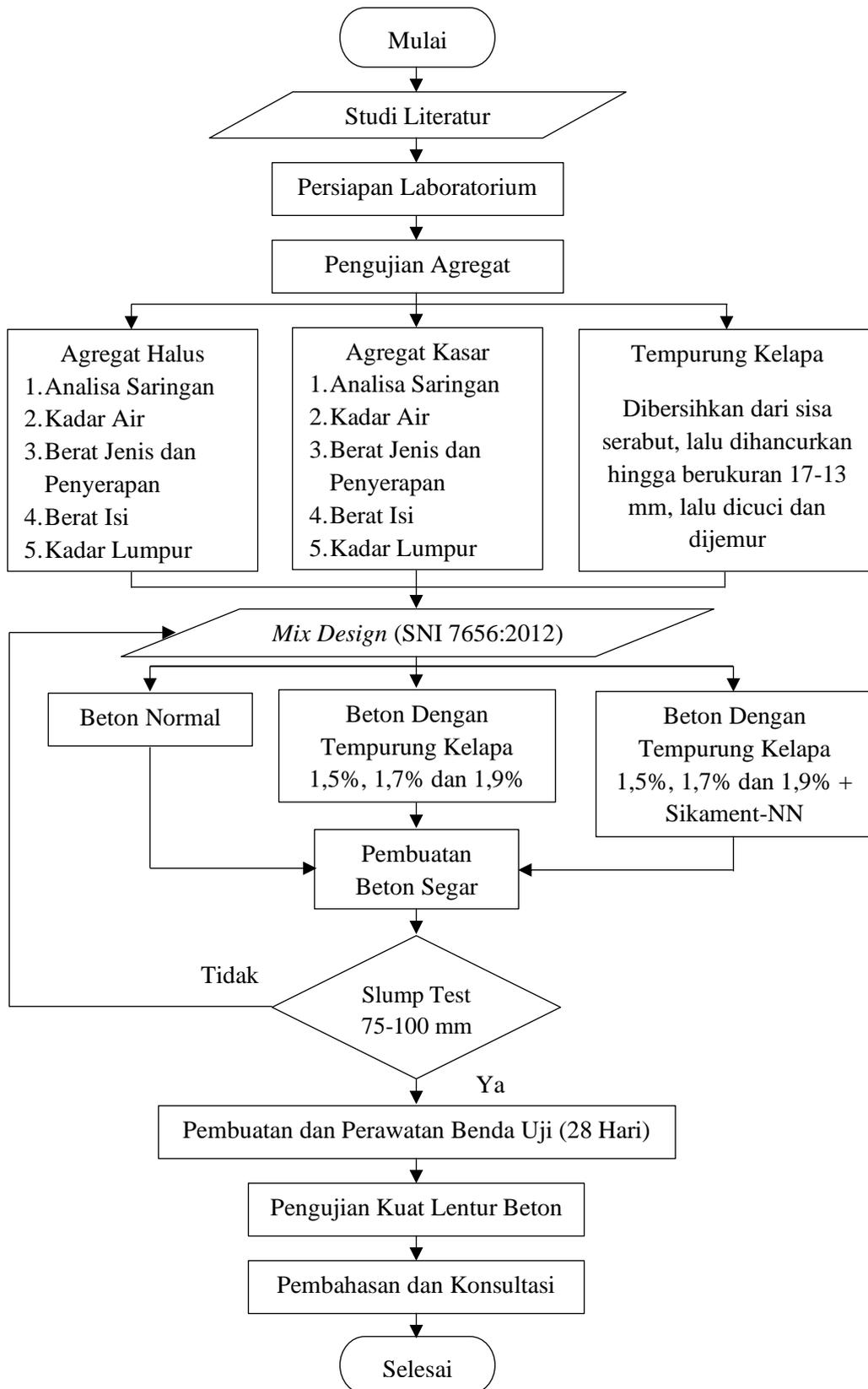
Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam beton di dalam bak perendam selama 28 hari. Setelah selesai perawatan selama 28 hari, beton diangkat dari bak dan dikeringkan.

10. Pengujian Kuat Lentur

Benda uji yang direndam, diangkat dari bak perendaman dan dikeringkan kembali selama 24 jam. Lalu pengujian kuat tekan dan kuat lentur dapat dilakukan.

11. Pembahasan Dan Konsultasi Laporan Akhir

Setelah pengujian selesai dilakukan kemudian dilakukan pengolahan dan mengevaluasi data dari hasil pengujian, kemudian melakukan penulisan dan bimbingan untuk laporan akhir tersebut.



Gambar 3.1 : Tahapan penelitian yang dilaksanakan.

3.2. Pelaksanaan Penelitian

3.2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian dimulai pada bulan Maret 2023 hingga Juli 2023.

3.2.2. Rencana Penelitian

Rencana penelitian yang digunakan adalah dengan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan campuran tempurung kelapa dengan persentase 1,5%, 1,7% dan 1,9% dan bahan tambah *Sikament-NN* dengan persentase 2,3%. Benda uji yang dibuat berbentuk balok berukuran 60cm x 15cm x 15cm untuk pengujian kuat lentur beton, jumlah benda ujia yang dibuat yaitu 21 buah benda uji dengan umur beton 28 hari dengan penjelasan sebagai berikut:

Tabel 3.1 : Variasi Campuran beton

No	Kode Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus	Pecahan Tempurung Kelapa	<i>Sikament-NN</i>	Jumlah Sampel
1.	BN	100%	100%	0%	0%	3
2.	BTK 1,5%	98,5%	100%	1,5%	0%	3
3.	BTK 1,7%	98,3%	100%	1,7%	0%	3
4.	BTK 1,9%	98,1%	100%	1,9%	0%	3
5.	BTKS 1,5%	98,5%	100%	1,5%	2,3%	3
6.	BTKS 1,7%	98,3%	100%	1,7%	2,3%	3
7.	BTKS 1,9%	98,1%	100%	1,9%	2,3%	3
JUMLAH						21

Keterangan:

BN : Beton normal berbentuk balok dengan campuran 0% tempurung kelapa dan 0% *Sikament-NN*.

BTK : Beton berbentuk balok dengan variasi campuran 1,5% ; 1,7% ; 1,9% tempurung kelapa dan 0% *Sikament-NN*.

BTKS : Beton berbentuk balok dengan variasi campuran 1,5% ; 1,7% ; 1,9% tempurung kelapa dan penambahan *Sikament-NN* 2,3% pada masing-masing campuran tempurung kelapa.

3.3. Persiapan Bahan dan Alat

3.3.1. Bahan

Komponen material pembentuk beton yang digunakan adalah :

a. Agregat Kasar

Agregat Kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil atau batu pecah yang diperoleh dari daerah Binjai

b. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari daerah Binjai.

c. Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen Andalas PPC (Portland Pozzolan Cement).

d. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang digunakan pada penelitian ini berbentuk pecahan kecil seperti kerikil sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar yang diperoleh dari sisa-sisa pengolahan industri atau rumah tangga disekitar lingkungan.

f. *Sikament-NN*

Sikament-NN digunakan sebagai bahan tambahan pada mortar atau pasta beton, yang diperoleh secara komersial ditoko material.

3.3.2. Peralatan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian beton ini yaitu :

1. Ayakan/Saringan Agregat

Saringan agregat yang digunakan antara lain saringan No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, dan No.100 untuk agregat halus sedangkan saringan 1^{1/2}" , 3/4" , 3/8" dan No.4 untuk agregat kasar.

2. Alat pendukung penguji material

3. Timbangan Digital

4. Alat Pengaduk Beton (Mixer)

5. Cetak benda uji untuk kuat lentur cetak dengan bentuk balok ukuran panjang 600 mm, lebar 150 mm dan tinggi 150 mm.
6. Universal Testing Machine (UTM)

3.4 Persiapan Penelitian

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

3.5 Pemeriksaan Agregat

Dalam penelitian ini pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dilakukan di Laboratorium menggunakan panduan SNI dan laporan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai tatacara dalam pembuatan beton.

3.5.1. Analisa Saringan

Analisa saringan adalah suatu pemeriksaan distribusi ukuran agregat kasar dan agregat halus menggunakan ukuran saringan standar tertentu. Analisa saringan juga berfungsi untuk menentukan persentase agregat kasar dan agregat halus dalam campuran.

Dari pemeriksaann analisa saringan akan didapat data-data batas gradasi agregat sehingga diketahui modulus kehalusannya. Pada pemeriksaan analisa saringan ini menggunakan panduan ASTM C 136-06 : 2012 untuk cara kerja pemeriksaan analisa saringan agregat halus sebagai berikut :

1. Langkah pertama benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang disyaratkan.
3. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar di bagian atas. Lalu pan diletakkan pada bagian bawah. Kemudian agregat

dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas ditutup dengan penutup saringan

4. Selanjutnya susunan saringan diletakkan dalam mesin penggetar saringan (sieve shaker). Lalu mesin penggetar saringan dijalankan selama ± 15 menit.
5. Kemudian menimbang berat agregat yang terdapat pada masing- masing saringan.

Untuk campuran agregat kasar dan agregat halus, bagian contoh uji yang lebih halus dari saringan 4,75 mm (No.4) dapat dikurangi dengan menggunakan pemisah contoh uji mekanis menurut metode ASTM C 702. Jika langkah kerja ini diikuti, massa setiap ukuran dari contoh uji awal dapat dihitung sebagai berikut :

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B \quad (3.1)$$

Keterangan :

A = massa setiap ukuran pada jumlah contoh uji total;

W1 = massa setiap fraksi yang lolos saringan 4,75 mm (No.4);

W2 = massa bagian yang berkurang pada contoh uji lolos saringan 4,75 mm (No.4) yang disaring,

B = jumlah massa agregat halus dari agregat gabungan.

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

$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Tertahan}}{100} \quad (3.2)$$



Gambar 3.2 : Pengujian analisa saringan.

3.5.2. Kadar Air

Kadar air dalam agregat dapat mempengaruhi faktor air semen (FAS) untuk campuran beton yang mempengaruhi kekuatan beton. Pemeriksaan dilakukan berdasarkan SNI 1971:2011, di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Perhitungan kadar air dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan :

P = Kadar air benda uji dalam satuan persen

W1 = Massa benda uji + berat wadah dalam satuan g (gram)

W2 = Massa benda uji kering oven + berat wadah dalam satuan g (gram)

Pada pemeriksaan kadar air ini menggunakan panduan SNI 1971:2011 untuk cara kerja pemeriksaan kadar air sebagai berikut :

1. Mengambil contoh bahan Sebagian untuk mewakili jumlah besar bahan yang akan digunakan.
2. Memasukkan contoh kedalam wadah lalu timbang
3. Mengeringkan contoh bahan sampai berat konstan kedalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $(105 \pm 5^\circ\text{C})$.
4. Mengeluarkan contoh bahan dari oven untuk didinginkan dalam suhu ruangan kemudian ditimbang.



Gambar 3.3 : Pengujian kadar air, memasukkan contoh uji ke oven.

3.5.3. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Berat jenis agregat adalah perbandingan baerat dari suatu volume yang sama pada temperature tertentu. Pada pemeriksaan berat jenis ini menggunakan panduan SNI 1970-2016 untuk hasil pengujian digunakan rumus sebagai berikut :

$$1. \text{ Berat jenis kering} = \frac{A}{(B+S-C)} \quad (3.4)$$

$$2. \text{ Berat jenis kondisi kering permukaan (SSD)} = \frac{S}{(B+ S-C)} \quad (3.5)$$

$$3. \text{ Berat jenis semu} = \frac{A}{(B+A-C)} \quad (3.6)$$

$$4. \text{ Penyerapan Air} = \left[\frac{S-A}{A} \right] \times 100\% \quad (3.7)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering oven (gram);

B = Berat piknometer yang berisi air (gram);

C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram);

S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

Cara kerja sesuai dengan SNI 1970:2016, Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan.
2. Mengeringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering permukaan (SSD).
3. Memasukkan contoh agregat halus kedalam cetakan kerucut pasir, lalu memadatkan dengan tongkat pemadat dengan memukul sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
4. Memasukkan air kedalam piknometer sampai penuh lalu menimbang dan mencatat hasilnya.
5. Membuang air dari piknometer.
6. Memasukkan contoh agregat sebanyak 500 gram kedalam piknometer, lalu mengisi piknometer dengan air sampai penuh.
7. Menggoyang piknometer sampai gelembung udara keluar.

8. Menambahkan air sampai setengah, kemudian memanaskan piknometer dengan spirtus selama ± 15 menit setiap 5 menit diguncang selama 1 menit, lakukan sampai 3 kali.
9. Merendam piknometer kedalam ember berisi air sealam ± 24 jam.
10. Setelah direndam, piknometer diangkat dan ditimbang beratnya.



Gambar 3.4 : Pengujian berat jenis agregat halus, memanaskan piknometer.

3.5.4. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Pada pemeriksaan kadar lumpur ini menggunakan panduan SNI 1969-2016 untuk cara kerja pemeriksaan agregat halus sebagai berikut :

$$1. \text{ Berat jenis kering} = \frac{A}{(B-C)} \quad (3.8)$$

$$2. \text{ Berat jenis kondisi kering permukaan (SSD)} = \frac{B}{(B-C)} \quad (3.9)$$

$$3. \text{ Berat jenis semu} = \frac{A}{(A-C)} \quad (3.10)$$

$$4. \text{ Penyerapan Air} = \left[\frac{B-A}{A} \right] \times 100\% \quad (3.11)$$

Keterangan :

A = Berat benda uji kering oven (gram);

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram).

Cara kerja sesuai dengan SNI 1970:2016, Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut:

1. Keringkan contoh uji tersebut pada temperature $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
2. Setelah itu rendam agregat tersebut didalam air pada temperature ruang selama 15 jam sampai dengan 19 jam.
3. Pindahkan contoh uji dari dalam air kedalam lembaran kain penyerap air dan digulung bolak balik sampai semua lapisan air permukaan hilang.
4. Tentukan berat contoh uji pada kondisi jenuh kering permukaan. Catat beratnya dengan ketelitian 1,0 gram atau 0,1% dari berat contoh uji, pilih nilai yang paling besar.
5. Setelah berat ditentukan, tempatkan contoh uji yang berada dalam kondisi jenuh kering permukaan tersebut didalam wadah lalu tentukan beratnya didalam air.
6. Keringkan contoh uji pada temperatur $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.



Gambar 3.5 : Pengujian berat jenis agregat kasar, menimbang agregat kasar dengan timbangan dunagan

3.5.5. Kadar Lumpur

Pada pemeriksaan kadar lumpur ini menggunakan panduan SNI 03-4141-1996 untuk cara rumus pemeriksaan kadar lumpur sebagai berikut :

$$P = \frac{(W-R)}{W} \times 100\% \quad (3.12)$$

Keterangan :

P = Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat

W = Berat benda uji (gram).

R = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram).

Cara kerja sesuai dengan SNI 03-4141-1996, Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Menyaring benda uji dengan saringan $\frac{3}{4}$ " dan tertahan di $\frac{1}{2}$ ".
3. Menimbang benda uji dengan berat yang ditentukan.
4. Mencuci contoh bahan dengan air bersih, lalu jemur hingga berat konstan kemudian menimbanginya kembali.
5. Memindahkan contoh bahan kedalam wadah kemudian memasukkannya kedalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
6. Mencatat berat kedalam tabel.



Gambar 3.6 : Pengujian berat jenis kadar lumpur, mencuci agregat

3.5.6. Berat Isi

Penujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. Pada pemeriksaan

berat isi ini menggunakan panduan SNI 1973-2008 untuk rumus pemeriksaan berat isi sebagai berikut :

$$\text{Berat isi (Y)} = \frac{W}{V} \quad (3.13)$$

Keterangan :

Y = Berat isi beton, kg/m³

W = Berat agregat, kg

V = Volume wadah ukur, m³

Cara kerja sesuai dengan SNI 1973:2008, Langkah-langkah pengujiannya sebagai berikut:

a. Berat isi dengan cara lepas

1. Memasukkan contoh bahan ke dalam wadah besi hingga penuh menggunakan sekop kecil (dengan cara jatuh bebas dari ketinggian 5 cm di atas permukaan wadah).
2. Setelah penuh kemudian meratakan permukaan wadah dengan mistar perata.
3. Kemudian menimbanginya (berat contoh + wadah) dan mencatatnya.

b. Berat isi dengan cara penusukan/perojokan

1. Memasukkan benda uji ke dalam wadah sebanyak 1/3 tinggi wadah kemudian menusuknya dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Lakukan hal yang sama untuk ketinggian 2/3 dan ketinggian penuh.
2. Menambahkan kembali benda uji ke dalam wadah hingga penuh kemudian meratakannya dengan metode perata.
3. Kemudian menimbanginya (benda uji + wadah) dan mencatat.

c. Berat isi dengan cara penggoyangan

1. Memasukkan benda uji ke dalam wadah sebanyak 1/3 tinggi wadah kemudian menggoyangkan dengan cara mengangkat salah satu sisi wadah secara bergantian sebanyak 25 kali lakukan hal yang sama untuk ketinggian 2/3 dan ketinggian penuh.
2. Menambah kembali bahan ke dalam wadah hingga penuh kemudian meratakannya dengan mistar perata.
3. Kemudian menimbang dan mencatatnya.



Gambar 3.7 : Pengujian berat isi dengan cara merojok



Gambar 3.8 : Pengujian berat isi dengan cara lepas



Gambar 3.9 : Pengujian berat isi dengan cara penggoyangan

3.6 Pengolahan Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa dalam penelitian ini didapat dari pedagang kelapa parut yang berada di pasar sekitaran medan, pecahan tempurung kelapa yang digunakan berukuran 13-17 mm. Persentase campuran tempurung kelapa yang digunakan adalah 1,5%, 1,7%, 1,9% sebagai pengganti Sebagian agregat kasar. Adapun proses pengolahan tempurung kelapa sebagai berikut :

1. Tempurung kelapa dibersihkan dari sabut dan sisa daging yang masih menempel dengan menggunakan pisau atau sendok, kemudian dipecahkan menggunakan palu hingga berukuran 13-17 mm.
2. Mencuci tempurung kelapa untuk menghilangkan kotoran dan lumpur yang masih menempel.
3. Tempurung kelapa yang telah dibersihkan dan dicuci selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari.



Gambar 3.10 : Proses pemecahan tempurung kelapa



Gambar 3.11 : Proses penjemuran tempurung kelapa

3.7 Sikament-NN

Bahan tambah yang digunakan pada penelitian ini adalah *Sikament-NN*, merupakan superplasticizer yang sangat efektif dalam mengurangi jumlah air beton untuk membantu menghasilkan kekuatan awal dan kekuatan akhir tinggi. *Sikament-NN* diperoleh dari PT. Sika Berkah Mandiri di Medan, Sumatera Utara. Persentase campuran *Sikament-NN* yang digunakan sebesar 2,3% dari berat semen, Sikament-NN ditambahkan langsung ke dalam adukan beton yang baru diaduk.

3.8 Perencanaan Campuran Beton

Tahap awal sebelum melakukan perencanaan campuran beton dilakukan pengujian terhadap komponen-komponen dasar pembentuk beton sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar serta air. Selanjutnya dilakukan perencanaan campuran beton berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.9 Mix Design

1. Pemilihan Slump

Tabel 3.2 : Slump yang dianjurkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi (SNI 7656-2012)

Tipe Konstruksi	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	75
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tanah.	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom Bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

2. Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum

Secara umum ukuran agregat maksimum harus yang terbesar dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi :

- a) 1/5 dari ukuran terkecil dimensi antara dinding-dinding cetakan/bekisting,
- b) 1/3 tebalnya pelat lantai,
- c) 3/4 jarak minimum antar masing-masing batang tulangan, berkas-berkas tulangan, atau tendon tulangan pra-tegang (pretensioning strands).

3. Perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Banyaknya air untuk tiap satuan isi beton yang dibutuhkan agar menghasilkan slump tertentu tergantung pada :

- a) Ukuran nominal maksimum, bentuk partikel dan gradasi agregat;
- b) Temperatur beton;
- c) Perkiraan kadar udara, dan;
- d) Penggunaan bahan tambahan kimia.

Tabel 3.3 : Perkiraan kebutuhan air pencampur dan kadar udara untuk berbagai slump dan ukuran nominal agregat maksimum batu pecah.

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm	12,7 mm	19 mm	25 mm	37,5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	193	181	169	145		124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	152	142	122	107
75-1000	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan perkiraan kebutuhan air, diantaranya adalah :

Bahan tambahan kimia, dipakai untuk mengubah sifat-sifat beton, membuat beton lebih mudah dikerjakan; awet; lebih ekonomis; menambah atau mengurangi waktu pengikatan; mempercepat kekuatan dan atau mengontrol panas hidrasi. Bahan tambahan kimia digunakan setelah dilakukan evaluasi secara cermat.

Bahan tambahan/aditif untuk mengurangi kadar air pencampur dan atau mengatur waktu pengikatan yang memenuhi syarat ASTM C 494, bila digunakan dengan atau tanpa campuran bahan tambahan kimia lainnya, akan banyak mengurangi jumlah air per satuan isi beton. Penggunaan sedikit bahan tambahan kimia, untuk slump yang sama, akan memperbaiki sifat beton seperti sifat pengerjaan, penyelesaian akhir (finishing), pemompaan, keawetan, dan kuat tekan serta kuat lenturnya.

4. Pemilihan rasio air-semen atau rasio air-bahan bersifat semen

Tabel 3.4 : Hubungan antara rasio air-semen (w/c) atau rasio air-bahan bersifat semen {w/(c + p)} dan kekuatan beton.

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air-semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Nilai kekuatan ini didasarkan pada benda uji balok (150 x 300 x 500) mm yang dipelihara dalam kondisi lembab pada temperatur (23 ± 17) °C sebelum diuji. Hubungan yang ditunjukkan pada tabel 3. Adalah untuk nominal agregat maksimum (19-25) mm.

5. Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam perkiraan kadar air pencampuran (langkah 3) dibagi rasio air-semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan,

campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak.

6. Perkiraan Kadar agregat kasar

Agregat dengan ukuran normal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per-satuan volume beton dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.5 : Volume agregat kasar per satuan volume beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

7. Perkiraan kadar air agregat halus

Seluruh komponen dari beton sudah dapat diperkirakan, kecuali agregat halus. Prosedur yang dapat digunakan untuk menentukan agregat halus adalah metoda berdasarkan berat per satuan volume beton atau metoda berdasarkan volume absolut.

a. Metode berdasarkan berat per satuan volume beton.

Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan-bahan lainnya. Umumnya, berat satuan dari beton telah diketahui dengan ketelitian cukup dari pengalaman sebelumnya yang

memakai bahan-bahanyang sama. Bila diinginkan perhitungan berat beton per m³, secara teoritis rumus berikut ini dapat digunakan.

$$U = 10 G_a(100 - A) + c(1 - G_a/G_c) - w(G_a - 1) \quad (3.19)$$

Keterangan :

U = adalah berat beton segar, kg/m³

G_a = adalah berat jenis rata-rata gabungan agregat halus dan kasar, kering permukaanjenuh (SSD adalah saturated surface dry)

G_c = adalah berat jenis semen (umumnya = 3,15)

A = adalah kadar udara (%)

W = adalah syarat banyaknya air pencampur, kg/m³

C = adalah syarat banyaknya semen, kg/m³

Tabel 3.6 : Perkiraan awal berat beton segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ^{3*}	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

b. Metode berdasarkan volume absolut

Untuk mendapatkan volume agregat halus yang disyaratkan, satuan volume beton dikurangi jumlah seluruh volume dari bahan-bahan yang diketahui, yaitu air, udara, bahan yang bersifat semen, dan agregat kasar. Volume beton adalah sama dengan berat beton dibagi densitas bahan.

8. Penyesuaian terhadap kelembaban agregat

Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembab, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke

dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

Dalam beberapa hal mungkin diperlukan untuk mencampur agregat dalam keadaan kering. Jika penyerapan air (biasanya setelah direndam selama satu hari) lebih besar dari 1%, dan bila struktur pori-pori dalam butiran agregat sedemikian rupa hingga bagian yang cukup berarti dari penyerapan berlangsung dalam waktu sebelum terjadinya pengikatan awal, ada kemungkinan terjadi kehilangan slump yang lebih besar sebagai akibat berkurangnya air pencampur. Juga rasio air-semen akan berkurang akibat adanya air yang terserap sebelum terjadinya pengikatan, dengan anggapan bahwa partikel semen tidak terbawa masuk ke dalam agregat.

Menurut SNI 03-2493-1991, prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium mengizinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1,0 % dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (unset concrete).

9. Pengaturan campuran percobaan

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 03-2493-1991 atau sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan slump yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut :

Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai slump yang sama seperti campuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam m³. Jika nilai slump campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak 2 kg/m³ untuk setiap pertambahan atau pengurangan nilai slump sebesar 10 mm.

Langkah penyesuaian karena jumlah kandungan udara yang tidak tepat pada beton adalah dengan penambahan atau pengurangan jumlah kandungan air pencampur dari sub pasal 5.3.1.9.1 sebanyak 3 kg/m³ untuk setiap 1% penambahan atau pengurangan kandungan udara.

Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam kg/m^3 dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan. Hitunglah campuran percobaan yang baru ini dimulai dengan langkah 4, jika perlu ubah volume agregat kasar dari Tabel 2, untuk menghasilkan sifat pengerjaan yang cocok.

3.10 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk balok dengan ukuran panjang 600 mm, lebar 150 mm, dan tinggi 150 mm yang berjumlah 21 buah untuk pengujian kuat lentur. Langkah-langkah pembuatan beton campuran pecahan tempurung kelapa dan *Sikament-NN* 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 kasar kedalam molen lalu masukkan campuran plastik HDPE yang telah lolos saringan no 3/4 dengan variasi yang telah ditentukan.
- d. Kemudian masukkan agregat halus dan abu sabut kelapa.
- e. Kemudian masukkan semen kedalam molen.
- f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
- g. Kemudian masukkan *Sikament-NN* sedikit demi sedikit dengan takaran yang telah ditentukan.
- h. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat workability adukan.
- i. Apabila nilai slump telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
- j. Diamkan selama 24 jam.
- k. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton.

3.11 Pengujian Slump

Pengukuran tinggi slump dilakukan untuk menentukan kondisi kekentalan dan plastisitas pada campuran beton segar (fresh concrete). Berikut langkah-langkah pengujian slump :

1. Basahi cetakan dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. Segera isi cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis sekira sepertiga dari volume cetakan.
2. Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat. Sebarkan penusukan secara merata di atas permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah ini akan membutuhkan penusukan secara miring dan membuat sekira setengah dari jumlah tusukan dekat ke batas pinggir cetakan, dan kemudian lanjutkan penusukan vertikal secara spiral pada seputar pusat permukaan.
3. Dalam pengisian dan pemadatan lapisan atas, lebihkan adukan beton di atas cetakan sebelum pemadatan dimulai. Bila pemadatan menghasilkan beton turun dibawah ujung atas cetakan, tambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan beton pada bagian atas dari cetakan. Ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati. Angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari 2 ½ menit.
4. Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera slump dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton.

3.12 Perawatan Benda Uji (Curing)

Perawatan beton dilakukan Setelah beton dikeluarkan dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan dengan cara perendaman dalam air sampai saat uji kuat lentur dilakukan, yaitu pada umur 28 hari. Jumlah sampel perendaman direncanakan sebanyak 21 buah dengan 3 variasi rendaman dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 : Jumlah variasi sampel yang direndam selama 28 hari

No	Kode Benda Uji	Pecahan Tempurung Kelapa	Sikament-NN	Jumlah Sampel
1.	BN	0%	0%	3
2.	BTK	1,5%	0%	3
3.	BTK	1,7%	0%	3
4.	BTK	1,9%	0%	3
5.	BTKS	1,5%	2,3%	3
6.	BTKS	1,7%	2,3%	3
7.	BTKS	1,9%	2,3%	3
JUMLAH				21

Keterangan:

BN = Beton Normal

BTK = Beton berbentuk balok dengan variasi campuran 1,5% ; 1,7% ; 1,9% tempurung kelapa dan 0% Sikament-NN.

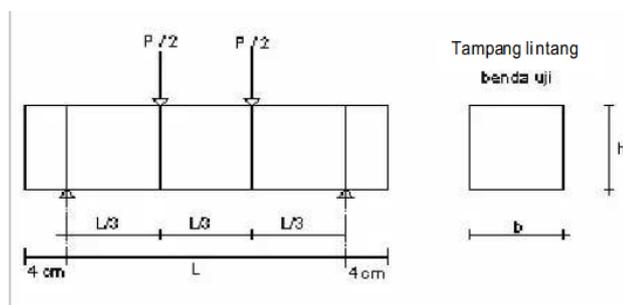
BTKS = Beton berbentuk balok dengan variasi campuran 1,5% ; 1,7% ; 1,9% tempurung kelapa dan penambahan Sikament-NN 2,3%.

3.13 Pengujian Kuat Lentur (Flexural Test)

Pengujian kuat lentur dilakukan berdasarkan standar yang telah ditetapkan oleh SNI 4431-2011. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji kuat lentur dengan kecepatannya 8 kg/cm²-10 kg/cm² tiap menit. Benda uji diletakkan pada arah memanjang di atas tumpuan alat penguji kemudian beban diatur untuk menghindari terjadinya benturan. Sebelum di uji benda uji ditimbang terlebih dahulu untuk dapat mengetahui berat jenis beton. Setelah di uji hitung lebar dan tinggi tampang lintang patah dari tumpuan. Kemudian menghitung nilai kuat lentur berdasarkan posisi patahnya. Jumlah sampel pengujian yang di rencanakan sebanyak 21 buah.



Gambar 3.12 : Universal Testing Machine/UTM (Penguian Laboratorium).



Gambar 3.13 : Garis-garis perletakan dan pembebanan (SNI 03-4431-2011).



Gambar 3.14 : Pengujian kuat lentur (Penguian laboratorium).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara. Pemeriksaan agregat kasar meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur dan pengujian berat isi.

4.1.1 Pemeriksaan Analisa Gradasi Agregat Kasar

Dari Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar dengan spesifikasi ukuran maksimal 40 mm. Dan berdasarkan Acuan (SNI ASTM C136-2012) tentang analisa saringan agregat kasar. Dari hasil penelitian ini di dapat nilai analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada tabel berikut :

Tabel 4.1 : Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Kasar Dengan Batas Zona 2

Saringan	Massa tertahan Gram (a)	Jumlah tertahan Gram (b)	Persentase kumulatif (%)		Spesifikasi
			Tertahan (c)	Lolos (d)	
25.4 mm (1 inci)			0,00	100,00	
19.1 mm (3/4 inci)	3341	3341	66,82	33,18	
12.7 mm (1/2 inci)	1125	4466	89,32	10,68	
9.52 mm (3/8 inci)	102	4568	91,36	8,64	
4.75 mm (No. 4)	72	4640	100,00	0,00	
2.36 mm (No. 8)	-		100,00	0,00	
1.18 mm (No. 16)	-		100,00	0,00	
0.6 mm (No. 30)	-		100,00	0,00	
0.3 mm (No. 50)	-		100,00	0,00	
0.15 mm (No. 100)	-		100,00	0,00	
0.075 mm (No. 200)	-		100,00	0,00	
Pan	360	5000	100,00	0,00	
Modulus Kehalusan :			848	8,48	

$$FM = \frac{66,82 + 89,32 + 91,36 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$= \frac{848}{100} = 8,48$$

Dari hasil pengujian didapat hasil FM sebesar 8,48%. Nilai ini melebihi batas yang diijinkan ASTM C33 – 93, yaitu 6 - 7% sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

4.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dapat dilihat Pada Tabel

Tabel 4.2 : Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	3877,00	3967,00	gram
Berat benda uji kering permukaan di udara	B	3888,00	3976,00	gram
Berat benda uji di dalam air	C	2140,00	2210,00	gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (Sd)	A/(B-C)	2,22	2,25	2,23
Berat jenis kering permukaan (Ss)	B/(B-C)	2,22	2,25	2,24
Berat jenis semu (Sa)	A/(A-C)	2,23	2,26	2,24
Penyerapan air (Sw)	((B-A)/A)*100%	0,28	0,23	0,26

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis diperoleh Berat jenis SSD (Saturated Surface Dry) rata-rata sebesar 2,23 dan diklasifikasikan sebagai agregat kasar normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (absorption) dari hasil pengujian yaitu sebesar 0,26%.

4.1.3 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 : Hasil pengujian kadar air agregat kasar

	Benda Uji Ke 1	Benda Uji Ke 2	Satuan
Massa Wadah + Benda Uji	4099	3778	gram
Massa Wadah	565	494	gram
Massa Benda Uji (W1)	3534	3284	gram
Massa Wadah+Benda Uji	4075	3748	gram
Massa wadah	565	494	gram
Massa Benda Uji Kering Oven (W2)	3510	3254	gram
Kadar Air Total (P) $((W1-W2)/W2)*100\%$	0,7	0,9	%
Kadar Air Total (P) Rata-rata	0,80		

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 0,80%. Dimana percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 0,7% dan percobaan kedua sebesar 0,9%.

4.1.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan agregat kasar di dapatkan kadar lumpur agregat sebagai berikut:

Tabel 4.4 : Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.

Agregat Halus Lolos Saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W1	2495	2570	gram
Berat wadah	W2	493	565	gram
Berat contoh kering + Wadah	W4	2478	2555	gram

	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W3)	W1-W2	2002	2005	2003,50
Berat kering contoh setelah dicuci (W5)	W4-W2	1985	1990	1987,50
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W6)	W3-W5	17	15	16,00
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$(W6/W3)*100$	0,85	0,75	0,80

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar didapatkan persentase rata-rata sebesar 0,80%. Nilai ini masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SNI 03 4142, 1996).

4.1.5 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Hasil pengujian berat isi agregat kasar dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Maka hasil pengujian berat isi agregat kasar pada percobaan ini tertera pada tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 : Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

Agregat Halus	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	6233	6437	6663	gram
Berat wadah	2	1763	1763	1763	gram
volume wadah	3	3315,84	3315,84	3315,84	cm ³

	Persamaan	I	II	III	Satuan
Berat contoh (4)	(1-2)	4470	4674	4900	gram
Berat isi	(3/4)	1,35	1,41	1,48	gram/cm ³
Rata-rata		1,41			gram/cm ³
		1411,81			kg/m ³

Dari pengujian berat isi agregat kasar pada penelitian ini di dapat nilai 1,41 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diizinkan sesuai (SNI 03 4804 1998).

4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai, Sumatera Utara. Pemeriksaan agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur dan pengujian berat isi.

4.2.1 Pemeriksaan Analisa Gradasi Agregat Halus

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan berdasarkan acuan (SNI ASTM C136-2012) tentang analisa saringan agregat halus. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 : Hasil Pengujian Analisa Gradasi Agregat Halus Dengan Batas Zona 2

Saringan mm (inci)	Massa tertahan	Jumlah tertahan	Persentase kumulatif (%)		Spesifikasi
	Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c)	Lolos (d)	
9.52 mm (3/8 inci)			0	100	
4.75 mm (No. 4)	11	11	2,2	97,8	
2.36 mm (No. 8)	23	34	6,8	93,2	
1.18 mm (No. 16)	32	66	13,2	86,8	
0.6 mm (No. 30)	42	108	21,6	78,4	
0.3 mm (No. 50)	378	486	97,2	2,8	
0.15 mm (No. 100)	8	494	98,8	1,2	
0.075 mm (No. 200)	4	498	99,6	0,4	
Pan	2	500	100	0	
Modulus Kehalusan :			240	2,40	

$$FM = \frac{0+2,2+6,8+13,2+21,6+97,2+98,8}{100}$$

$$= \frac{240}{100} = 2,40$$

Dari Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM (Modulus Kehalusan) sebesar 2,40%. Nilai tersebut masih diijinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana nilai yang diijinkan adalah 1,5% - 3,8% berada di zona 2.

4.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar pada tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4.7 : Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	500,00	500,00	gram
Berat benda uji kering oven	A	493,00	491,00	gram
Berat piknometer yang berisi air	B	672,00	672,00	gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	1003,00	1011,00	gram

Tabel 4.7 : Lanjutan

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (Sd)	$A/(B+S-C)$	2,92	3,05	2,98
Berat jenis jenuh kering permukaan (Ss)	$S/(B+S-C)$	2,96	3,11	3,03
Berat jenis semu (Sa)	$A/(B+A-C)$	3,04	3,23	3,14
Penyerapan air (Aw)	$((S-A)/A)*100\%$	1,42	1,83	1,63

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis penyerapan agregat halus dari 2 sampel dengan berat sampel SSD rata – rata 500 gr. Dari percobaan ini di dapat nilai rata – rata BJ bulk 2,98 gr, BJ SSD 3,03 gr dan BJ Semu 3,14 gr sehingga rata – rata nilai penyerapan yang di dapat pada percobaan ini sebesar 1,63 % dan dapat dikategorikan sebagai agregat halus normal.

4.2.3 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Hasil dari pengujian kadar air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 : Hasil pengujian kadar air agregat halus

	Benda Uji Ke 1	Benda Uji Ke 2	Satuan
Massa Wadah + Benda Uji	1958	2059	gram
Massa Wadah	506	493	gram
Massa Benda Uji (W1)	1452	1566	gram

	Benda Uji Ke 1	Benda Uji Ke 2	Satuan
Massa Wadah+Benda Uji	1915	2011	gram
Massa wadah	506	493	gram
Massa Benda Uji Kering Oven (W2)	1409	1518	gram
Kadar Air Total (P) $((W1-W2)/W2)*100\%$	3,05	3,16	%
Kadar Air Total (P) Rata-rata	3,11		

Dari hasil pengujian yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 3,11%. Dimana percobaan dilakukan sebanyak dua kali dengan percobaan pertama diperoleh hasil kadar air sebesar 3,05% dan percobaan kedua sebesar 3,16%.

4.2.4 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus didapatkan nilai kadar lumpur adalah sebagai berikut.

Tabel 4.9 : Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Agregat Halus Lolos Saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W1	1982	2502	gram
Berat wadah	W2	493	506	gram
Berat contoh kering + Wadah	W4	1946	2454	gram

	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W3)	W1-W2	1489	1996	1742,50
Berat kering contoh setelah dicuci (W5)	W4-W2	1453	1948	1700,50
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W6)	W3-W5	36	48	42,00
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$(W6/W3)*100$	2,42	2,40	2,41

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar didapatkan persentase rata-rata sebesar 2,41%. Nilai ini masih dalam batas nilai yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SNI 03 4142, 1996).

4.2.5 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi dilakukan dengan cara lepas, cara tusuk, dan cara penggoyangan. Pemeriksaan berat isi agregat halus didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.10 : Hasil Pemeriksaan Berat Isi

Agregat Halus	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	5110	5290	5360	gram
Berat wadah	2	1763	1763	1763	gram
volume wadah	3	3315,84	3315,84	3315,84	cm ³

	Persamaan	I	II	III	Satuan
Berat contoh (4)	(1-2)	3347	3527	3597	gram
Berat isi	(3/4)	1,01	1,06	1,08	gram/cm ³
Rata-rata		1,05			gram/cm ³
		1052,62			kg/m ³

Didapat berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,05 gr/cm³.

4.3 Perencanaan Campuran Beton

Dalam peneliti ini akan menganalisis data-data yang diperoleh pada saat penelitian sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Perencanaan campuran beton (Mix Design) pada penelitian ini sesuai dengan SNI-7656-2012.

Data perencanaan campuran beton:

1. Mutu Beton : 25 MPa
2. Slump : 75-100 mm
3. Ukuran agregat maksimum : 19 mm
4. Berat kering oven agregat kasar : 1345 kg/m³
5. Berat jenis semen tanpa tambahan udara : 3,15
6. Modulus Kehalusan Agregat halus : 2,40
7. Berat jenis (SSD) agregat halus : 3,03
8. Berat jenis (SSD) agregat kasar : 2,24
9. Penyerapan air agregat halus : 2,15%
10. Penyerapan air agregat Kasar : 0,26%

Pengujian dasar dilakuakn sesuai dengan metode uji SNI 7656-2012. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (Mix Design) yang diinginkan. Langkah perhitungan campuran beton adalah sebagai berikut.

1. Menentukan perkiraan air pencampur dan kandungan udara

Untuk menentukan perkiraan air pencampur beton untuk beberapa ukuran agregat dan target slump yang diinginkan dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4.11 : Banyaknya air pencampur

Air (kg/m³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 (mm)	12,7 (mm)	19 (mm)	25 (mm)	37,5 (mm)	50 (mm)	75 (mm)	150 (mm)
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut :								
ringan (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5**	1,0**
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5**	3,0**
berat	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5**	4,0**

Berdasarkan data diatas maka banyaknya air dalam pencampuran tersebut adalah : 205 kg/m³

2. Melakukan pemilihan Rasio air semen

Rasio air semen yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Menentukan pemilihan rasio air semen dapat dilihat pada tabel 4.12 sebagai berikut.

Tabel 4.12 : Hubungan antara rasio air semen dan kekuatan beton

Kekuatan beton umur 28 hari, MPa*	Rasio air semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

Berdasarkan tabel 4. Rasio air semen yang digunakan dalam campuran beton adalah 0,61.

3. Perhitungan kadar semen

Banyaknya semen untuk setiap satuan volume beton diperoleh dari data perkiraan kadar air pencampuran dan data rasio air semen yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Kebutuhan semen dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar semen} &= \frac{\text{Perkiraan kadar air}}{\text{Rasio air semen}} \\
 &= \frac{205}{0,61} \\
 &= 336,07 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, banyaknya kadar semen yang digunakan pada campuran beton tersebut sebanyak 336,07 kg.

4. Perkiraan berat kering agregat kasar

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila jumlah volume agregat dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar persatuan volume beton dapat dilihat pada tabel 4.13 sebagai berikut.

Tabel 4.13 : Volume berat kering agregat kasar persatuan volume beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* persatuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Berdasarkan data diatas data diambil : 0,66.

Sehingga berat kering yang didapat : $0,66 \times 1345 = 887,73$ kg

5. Perkiraan berat kering agregat halus

Bila berat persatuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan bahan lainnya. Tabel 4.14 Dapat digunakan untuk perkiraan awal berat beton segar.

Tabel 4.14 : Perkiraan awal berat beton segar

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Berdasarkan data diatas, maka perkiraan berat beton : 2345

Sehingga :	Air	:	205	kg
	Semen	:	336,07	kg
	Agregat kasar	:	887,73	kg
	Jumlah	:	1428,80	kg

Maka berat agregat halus = $2345 - 1428,80 = 916,20$ kg

Berdasarkan perhitungan diatas, maka berat kering agregat halus yang diperlukan dalam campuran beton sebesar 916,20 kg.

6. Volume absolute

Pemeriksaan volume absolute dihitung sebagai berikut :

- Volume air = $\frac{205}{1000}$
= $0,205 \text{ m}^3$
- Volume pada semen = $\frac{336,07}{(3,15 \times 1000)}$
= $0,107 \text{ m}^3$
- Volume absolute agregat kasar = $\frac{887,73}{(2,24 \times 1000)}$
= $0,397 \text{ m}^3$
- Volume udara tertangkap = $1\% \times 1$
= $0,010 \text{ m}^3$
- Jumlah volume padat selain agregat halus = $0,205 + 0,107 + 0,397 + 0,010$
= $0,718 \text{ m}^3$
- Volume agregat halus yang dibutuhkan = $1 - 0,718$
= $0,282 \text{ m}^3$
- Berat agregat halus kering yang dibutuhkan = $0,282 \times 3,03 \times 1000$
= $853,90 \text{ m}^3$

7. Perbandingan berat

Tabel 4.15 : Perbandingan berat agregat

	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolute (kg)
Air (berat bersih)	205	205
Semen	336,07	336,07
Ag. Kasar (kering)	887,73	887,73
Ag. Halus (kering)	916,20	853,90

8. Koreksi terhadap kandungan air

Berikut pada Pengujian menunjukkan kadar air seperti dibawah ini. Jika proporsi campuran percobaan dengan anggapan berat (massa) yang digunakan, maka berat (massa) penyesuaian dari agregat menjadi.

Kadar air didapat

- Agregat kasar = 0,35%
- Agregat halus = 3,11%
- Agregat kasar (Basah) = $887,73 \times (1 + 0,0035) = 890,84$ kg
- Agregat halus (Basah) = $916,20 \times (1 + 0,0311) = 944,67$ kg

Air yang diserap tidak menjadi bagian dari air pencampur dan harus dikeluarkan dari penyesuaian dalam air yang ditambahkan, maka :

- Air yang diberikan agregat kasar adalah $(0,35 - 0,26) = 0,09\%$
- Air yang diberikan agregat halus adalah $(3,11 - 1,63) = 1,48\%$

Dengan demikian kebutuhan air adalah sebagai berikut :

$$205 - (887,7333 \times 0,9\%) - (916,20 \times 1,48\%) = 190,59$$

Maka perkiraan 1m^3 beton adalah sebagai berikut :

Air (yang ditambahkan)	= 190,59 kg
Semen	= 336,07 kg
Agr. Kasar (Basah)	= 890,84 kg
Agr. Halus (Basah)	= 944, 67 kg
<hr/> Jumlah	<hr/> = 2362,17 kg

4.4 Kebutuhan Bahan

Berdasarkan hasil mix design maka kebutuhan bahan untuk 1 m³ sebagai berikut:

Semen	= 336,07 kg/m ³
Air	= 190,59 kg/m ³
Agregat kasar	= 890,84 kg/m ³
Agregat halus	= 944,67 kg/m ³

4.4.1 Benda Uji Balok

Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan balok sebagai berikut:

Panjang	= 60 cm	= 0,60 m
Lebar	= 15 cm	= 0,15 m
Tinggi	= 15 cm	= 0,15 m

$$\begin{aligned}\text{Volume balok} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 0,60 \times 0,15 \times 0,15 \\ &= 0,0135 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Sedangkan kebutuhan volume setiap variasi atau satu kali adukan mixer adalah 3 benda uji x 0,0135 m³ = 0.0405 m³ dan sebagai toleransi kehilangan saat pembuatan, maka kebutuhan bahan untuk jumlah setiap total variasi ditambah 10% dari total variasi, yaitu = 0,0135 m³ + (0,0135 m³ x 10%) = 0.01485 m³. Sehingga didapat seluruh kebutuhan bahan pada setiap variasi atau satu kali adukan mixer adalah sebagai berikut:

Tabel 4.16 : Variasi benda uji balok beton

No	Benda Uji Balok	Bahan Penyusun					
		Semen (Kg)	Air (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Tempurung Kelapa (Kg)	Sikament-NN (Kg)
1	BN	4,54	2,57	12,75	12,03	0,00	0,00
2	BTK 1.5%	4,54	2,57	12,75	11,85	0,18	0,00

Tabel 4.16 : Lanjutan

No	Benda Uji Balok	Bahan Penyusun					
		Semen (Kg)	Air (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Tempurung Kelapa (Kg)	Sikament-NN (Kg)
3	BTK 1.7%	4,54	2,57	12,75	11,82	0,20	0,00
4	BTK 1.9%	4,54	2,57	12,75	11,80	0,23	0,00
5	BTKS 1.5%	4,54	2,57	12,75	11,85	0,18	0,10
6	BTKS 1.7%	4,54	2,57	12,75	11,82	0,20	0,10
7	BTKS 1.9%	4,54	2,57	12,75	11,80	0,23	0,10
Total		31,78	17,99	89,25	82,97	1,22	0,30

Keterangan :

BN : Beton normal berbentuk balok dengan campuran 0% tempurung kelapa dan 0% *Sikament-NN*.

BTK : Beton berbentuk balok dengan variasi campuran 1,5% ; 1,7% ; 1,9% tempurung kelapa dan 0% *Sikament-NN*.

BTKS : Beton berbentuk balok dengan variasi campuran 1,5% ; 1,7% ; 1,9% tempurung kelapa dan penambahan *Sikament-NN* 2,3% pada masing-masing campuran tempurung kelapa.

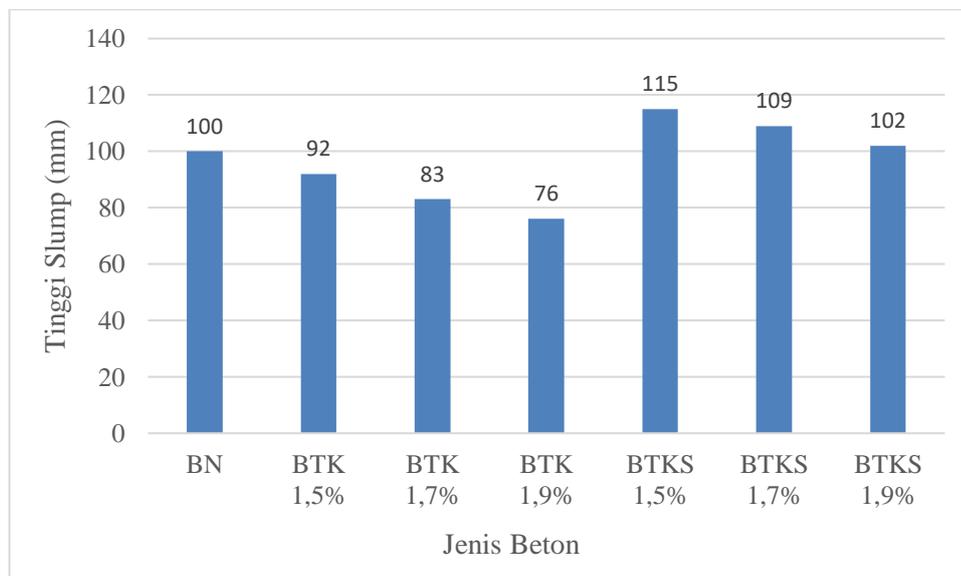
4.5 Pengujian Slump

Pengujian *slump* ini dilakukan untuk mengetahui *workability* (tingkat kemudahan pengerjaan) yang terdapat pada campuran beton segar normal atau beton dengan campuran tempurung kelapa. Pengujian *slump* dilakukan menggunakan kerucut Abrams dengan mengisi kerucut abrams dengan beton segar sebanyak 3 lapis dimana tiap lapis di perkirakan 1/3 dari isi kerucut kemudian di rojok dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali. Tongkat penusuk harus masuk hingga ke bagian bawah lapisan, setelah pengisi selesai kemudian beton segar diratakan permukaan kerucut lalu diamkan selama 10 detik. Kemudian kerucut

abrams diangkat ke atas secara tegak lurus dengan adonan beton segar agar terlepas dari cetakan. Kemudian ukur tinggi selisih adonan beton dengan kerucut abrams untuk mengetahui nilai slump. Dan pada penelitian ini di dapat nilai slump yang tertera pada tabel 4.17 berikut ini.

Tabel 4.17 : Nilai slump test

Jenis Beton	Nilai Slump (mm)
BN	100
BTK 1,5%	92
BTK 1,7%	83
BTK 1,9%	76
BTKS 1,5%	115
BTKS 1,7%	109
BTKS 1,9%	102



Gambar 4.1 : Grafik slump test benda uji balok

4.6 Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton ini dilakukan pada saat umur beton 28 hari dengan jumlah 3 sampel setiap variasi benda uji. Pengujian ini menggunakan sampel berbentuk balok beton dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Pengujian ini dilakukan mengikuti panduan SNI 03-4431-2011.

4.6.1 Pengujian Kuat Lentur Beton Normal

Hasil pengujian kuat lentur beton normal pada umur beton 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah dapat dilihat pada tabel 4.18 sebagai berikut.

Tabel 4.18 Hasil pengujian kuat lentur beton normal umur 28 hari

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Maks Agregat Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Rasio Air Semen	Volume Agregat Halus (%)
		19,1	10	0	0,61
	Air W (kg/m ³)	PC (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	190,59	336,07	944,07	890,84	0
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (mm)			31,70	31,55	31,67
Volume Benda Uji (mm)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			30000	29500	29700
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (Mpa)			4,00	3,93	3,96
Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)			3,96		

Berdasarkan Tabel 4.18 hasil pengujian kuat lentur pada beton normal didapat nilai tertinggi pada A1 sebesar 4,00 MPa. Sedangkan nilai rata-rata beton pada benda uji A1, A2 dan A3 adalah sebesar 3,96 MPa.

4.6.2 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,5%

Hasil pengujian kuat lentur beton tempurung kelapa dengan variasi campuran sebanyak 1,5% pada umur beton 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.19 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,5%

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Maks Agregat Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Rasio Air Semen	Volume Agregat Halus (%)
	19,1	9,2	0	0,61	0
	Air W (kg/m ³)	PC (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	190,59	336,07	944,07	890,84	0
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (mm)			31,65	31,48	31,53
Volume Benda Uji (mm)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			28000	26700	27800
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (Mpa)			3.73	3.56	3.71
Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)			3,67		

Berdasarkan Tabel 4.19 diatas, didapat hasil pengujian kuat lentur pada beton tempurung kelapa variasi campuran 1,5% didapat nilai tertinggi pada benda uji A1 sebesar 3,73 MPa. Sedangkan nilai rata-rata beton pada benda uji A1, A2 dan A3 adalah sebesar 3,67 MPa.

4.6.3 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,7%

Hasil pengujian kuat lentur beton tempurung kelapa dengan variasi campuran sebanyak 1,7% pada umur beton 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.20 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,7%

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Maks Agregat Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Rasio Air Semen	Volume Agregat Halus (%)
		19,1	8,3	0	0,61
	Air W (kg/m ³)	PC (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	190,59	336,07	944,07	890,84	0
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (mm)			31,70	31,65	31,50
Volume Benda Uji (mm)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			27500	26500	26000
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (Mpa)			3,67	3,53	3,47
Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)			3,56		

Berdasarkan Tabel 4.20 diatas, didapat hasil pengujian kuat lentur pada beton tempurung kelapa variasi campuran 1,7% didapat nilai tertinggi pada benda uji A1 sebesar 3,67 MPa. Sedangkan nilai rata-rata beton pada benda uji A1, A2 dan A3 adalah sebesar 3,56 MPa.

4.6.4 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,9%

Hasil pengujian kuat lentur beton tempurung kelapa dengan variasi campuran sebanyak 1,9% pada umur beton 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.21 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,9%

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Maks Agregat Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Rasio Air Semen	Volume Agregat Halus (%)
		19,1	7,6	0	0,61
	Air W (kg/m ³)	PC (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	190,59	336,07	944,07	890,84	0
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (mm)			31,68	31,50	31,60
Volume Benda Uji (mm)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			25700	23800	24200
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (Mpa)			3,43	3,17	3,23
Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)			3,28		

Berdasarkan Tabel 4.21 diatas, didapat hasil pengujian kuat lentur pada beton tempurung kelapa variasi campuran 1,9% didapat nilai tertinggi pada benda uji A1 sebesar 3,43 MPa. Sedangkan nilai rata-rata beton pada benda uji A1, A2 dan A3 adalah sebesar 3,28 MPa.

4.6.5 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,5% dan *Sikament-NN* 2,3%

Hasil pengujian kuat lentur beton tempurung kelapa dengan variasi campuran sebanyak 1,5% dan *Sikament-NN* 2,3% pada umur beton 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.22 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,5% dan *Sikament-NN* 2,3%

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Maks Agregat Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Rasio Air Semen	Volume Agregat Halus (%)
		19,1	11	0	0,61
	Air W (kg/m ³)	PC (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	190,59	336,07	944,07	890,84	0
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (mm)			31,43	31,58	31,70
Volume Benda Uji (mm)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			31400	31700	31800
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (Mpa)			4.19	4.23	4.24
Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)			4,22		

Berdasarkan Tabel 4.22 diatas, didapat hasil pengujian kuat lentur pada beton tempurung kelapa variasi campuran 1,5% dan *Sikament-NN* 2,3% didapat nilai tertinggi pada benda uji A3 sebesar 4,24 MPa. Sedangkan nilai rata-rata beton pada benda uji A1, A2 dan A3 adalah sebesar 4,22 MPa.

4.6.6 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,7% dan *Sikament-NN* 2,3%

Hasil pengujian kuat lentur beton tempurung kelapa dengan variasi campuran sebanyak 1,7% dan *Sikament-NN* 2,3% pada umur beton 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.23 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,7% dan *Sikament-NN* 2,3%

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Maks Agregat Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Rasio Air Semen	Volume Agregat Halus (%)
		19,1	10,7	0	0,61
	Air W (kg/m ³)	PC (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	190,59	336,07	944,07	890,84	0
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (mm)			31,57	31,70	31,62
Volume Benda Uji (mm)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			31200	31500	31600
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (Mpa)			4.16	4.20	4.21
Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)			4,19		

Berdasarkan Tabel 4.23 diatas, didapat hasil pengujian kuat lentur pada beton tempurung kelapa variasi campuran 1,7% dan *Sikament-NN* 2,3% didapat nilai tertinggi pada benda uji A3 sebesar 4,21 MPa. Sedangkan nilai rata-rata beton pada benda uji A1, A2 dan A3 adalah sebesar 4,19 MPa.

4.6.7 Pengujian Kuat Lentur Beton Tempurung Kelapa 1,9% dan *Sikament-NN* 2,3%

Hasil pengujian kuat lentur beton tempurung kelapa dengan variasi campuran sebanyak 1,9% dan *Sikament-NN* 2,3% pada umur beton 28 hari. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 3 buah dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut ini.

Tabel 4.24 Hasil pengujian kuat lentur beton tekmpurung kelapa 1,7% dan *Sikament-NN* 2,3%

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Maks Agregat Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Rasio Air Semen	Volume Agregat Halus (%)
		19,1	10	0	0,61
	Air W (kg/m ³)	PC (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Bahan Campuran (g/kg)
	190,59	336,07	944,07	890,84	0
Nomor Benda Uji			A1	A2	A3
Umur Benda Uji (hari)			28	28	28
Panjang Benda Uji (mm)			600	600	600
Lebar Benda Uji (mm)			150	150	150
Tinggi Benda Uji (mm)			150	150	150
Berat Benda Uji (mm)			31,42	31,73	31,60
Volume Benda Uji (mm)			13500000	13500000	13500000
Beban Maksimum (N)			31000	31500	31300
Jarak Bentang (mm)			450	450	450
Lebar Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150	150	150
Kuat Lentur Uji (Mpa)			4,13	4,20	4,17
Kuat Lentur Rata-rata (Mpa)			4,17		

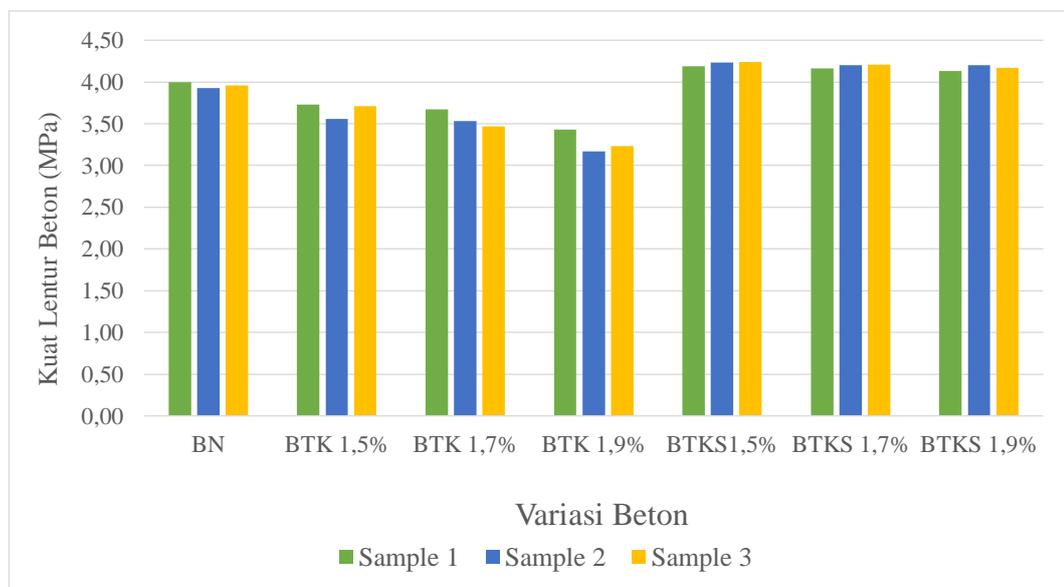
Berdasarkan Tabel 4.24 diatas, didapat hasil pengujian kuat lentur pada beton tempurung kelapa variasi campuran 1,9% dan *Sikament-NN* 2,3% didapat nilai tertinggi pada benda uji A2 sebesar 4,20 MPa. Sedangkan nilai rata-rata beton pada benda uji A1, A2 dan A3 adalah sebesar 4,17 MPa.

Dari data hasil pengujian diatas diperoleh nilai kuat lentur dari setiap variasi beton dengan menggunakan metode SNI 03-4431-2011, nilai kuat lentur tersebut ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut ini.

Tabel 4.25 Tabel data hasil pengujian setiap variasi

No	Benda Uji	Umur Beton (hari)	Beban Maksimum (KN)			Kuat Lentur (MPa)		
			1	2	3	1	2	3
1	BN	28	30,0	29,5	29,7	4,00	3,93	3,96
2	BTK 1,5%	28	28,0	26,7	27,8	3,73	3,56	3,71
3	BTK 1,7%	28	27,5	26,5	26,0	3,67	3,53	3,47
4	BTK 1,9%	28	25,7	23,8	24,2	3,43	3,17	3,23
5	BTKS1,5%	28	31,4	31,7	31,8	4,19	4,23	4,24
6	BTKS 1,7%	28	31,2	31,5	31,6	4,16	4,20	4,21
7	BTKS 1,9%	28	31,0	31,5	31,3	4,13	4,20	4,17

Hasil pengujian kuat lentur pada setiap variasi beton diperoleh bahwa nilai kuat lentur tertinggi diperoleh pada variasi campuran beton tempurung kelapa 1,5% dan Sikament-NN 2,3%. Nilai kuat lentur yang diperoleh dari data diatas ditampilkan dalam bentuk grafik dibawah ini.



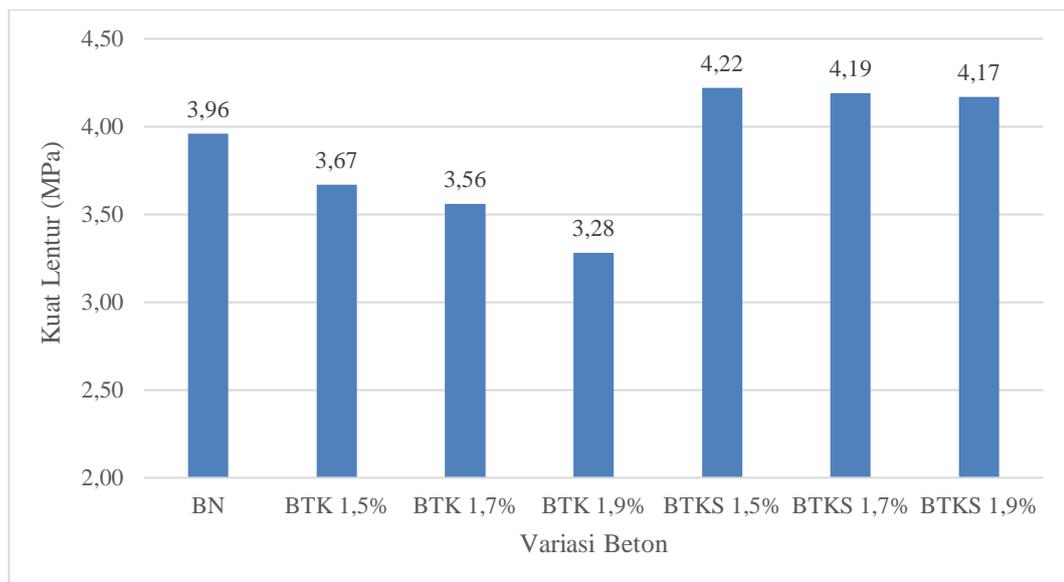
Gambar 4.2 Grafik hasil pengujian kuat lentur beton

Dan dari data perhitungan tersebut diperoleh nilai kuat lentur rata-rata dari setiap variasi dapat dilihat pada tabel 4.26 sebagai berikut.

Tabel 4.26 Data kuat lentur rata-rata variasi beton

No	Variasi Beton	Rata-rata Nilai Kuat Lentur (MPa)
1	BN	3,96
2	BTK 1,5%	3,67
3	BTK 1,7%	3,56
4	BTK 1,9%	3,28
5	BTKS 1,5%	4,22
6	BTKS 1,7%	4,19
7	BTKS 1,9%	4,17

Berdasarkan tabel 4.26 dalam pengujian kuat lentur beton diperoleh nilai tertinggi kuat lentur dengan metode SNI 03-4431-2011 didapatkan pada variasi campuran BTKS 1,5% yaitu sebesar 4,22 MPa. Hasil rata-rata pengujian kuat lentur beton ditampilkan dalam bentuk grafik sebagai berikut ini.



Gambar 4.3 Grafik rata-rata kuat lentur beton

4.7 Pembahasan Kuat Lentur Beton

Dari hasil pengujian kuat lentur beton normal dengan beton campuran tempurung kelapa (BTK) mengalami penurunan, penurunan terbesar terjadi pada variasi campuran tempurung kelapa 1,9%. Namun terjadi peningkatan pada beton dengan variasi campuran tempurung kelapa 1,5% yang ditambah *Sikament-NN* 2,3% (BTKS). Berdasarkan perbandingan dan persentase kenaikan kuat lentur dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini.

a. Campuran tempurung kelapa 1,5%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{3,67}{3,96} = 0,927$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan beton umur 28 hari} = \frac{3,67-3,96}{3,96} \times 100 = -7,32\%$$

b. Campuran tempurung kelapa 1,7%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{3,56}{3,96} = 0,899$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan beton umur 28 hari} = \frac{3,56-3,96}{3,96} \times 100 = -10,10\%$$

c. Campuran tempurung kelapa 1,9%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{3,28}{3,96} = 0,828$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan beton umur 28 hari} = \frac{3,28-3,96}{3,96} \times 100 = -17,17\%$$

d. Campuran tempurung kelapa 1,5% + *Sikament-NN* 2,3%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{4,22}{3,96} = 1,065$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan beton umur 28 hari} = \frac{4,22-3,96}{3,96} \times 100 = 6,56\%$$

e. Campuran tempurung kelapa 1,7% + *Sikament-NN* 2,3%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{4,19}{3,96} = 1,058$$

$$\text{Besarnya nilai kenaikan beton umur 28 hari} = \frac{4,19-3,96}{3,96} \times 100 = 5,80\%$$

f. Campuran tempurung kelapa 1,9% + *Sikament-NN* 2,3%

$$\text{Perbandingan beton umur 28 hari} = \frac{4,17}{3,96} = 1,053$$

$$\text{Besar nilai kenaikan beton umur 28 hari} = \frac{4,17-3,96}{3,96} \times 100 = 5,30\%$$

Berdasarkan perhitungan perbandingan dan persentase dengan penambahan tempurung kelapa dan *Sikamnet-NN* pada campuran beton. Dapat disimpulkan bahwa beton dengan campuran tempurung kelapa (BTK) sebesar 1,5%, 1,7%, 1,9% terjadi penurunan sebesar 7,32%, 10,10% dan 17,17% dari beton normal. Namun terjadi peningkatan pada beton dengan variasi campuran tempurung kelapa yang ditambah *Sikament-NN* 2,3% (BTKS) pada setiap variasi campuran 1,5%, 1,7%, 1,9% diperoleh kenaikan nilai kuat lentur sebesar 6,56%, 5,80%, 5,30% dari beton normal.

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan tempurung kelapa sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar mengalami penurunan pada nilai kuat lentur beton, namun penambahan zat kimia yaitu *Sikament-NN* 2,3% pada setiap variasi campuran tempurung kelapa memberikan peningkatan pada nilai kuat lentur beton tersebut.

4.8 Estimasi Harga Beton

Menghitung estimasi biaya secara keseluruhan setelah kebutuhan material dihitung dan dijumlahkan. Harga satuan material dapat diperoleh dengan survey lapangan dipasaran atau berkontribusi pada konsultan untuk mendapatkan harga yang tepat. Hal ini berguna untuk menentukan jenis beton seperti apa yang akan digunakan dalam sebuah konstruksi.

Berdasarkan pengujian kuat lentur ini diperoleh nilai tertinggi pada variasi campuran beton tempurung kelapa 1,5% + *Sikament-NN* 2,3% sebesar 4,22 MPa, berikut estimasi harga untuk seluruh variasi persatuan benda uji.

Tabel 4.27 Estimasi harga untuk seluruh variasi persatuan benda uji

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Per Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Air	Kg	17,99	0	0
2	Semen	Kg	31,78	1.250	39725
3	Agregat Kasar	Kg	84,21	450	37894,5
4	Agregat Halus	Kg	89,25	260	23205
5	Tempurung Kelapa	Kg	1,22	1.000	1220
6	<i>Sikament-NN</i>	Kg	0,30	38.250	11475
	total				113520

Tabel 4.28 Estimasi harga satuan beton normal

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Per Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Air	Kg	2,57	0	0
2	Semen	Kg	4,54	1.250	5675
3	Agregat Kasar	Kg	12,03	450	5413,5
4	Agregat Halus	Kg	12,75	260	3315
5	Tempurung Kelapa	Kg	0	1.000	0
6	<i>Sikament-NN</i>	Kg	0	38.250	0
	total				14403,5

Tabel 4.29 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,5%

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Per Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Air	Kg	2,57	0	0
2	Semen	Kg	4,54	1.250	5675
3	Agregat Kasar	Kg	11,85	450	5332,5
4	Agregat Halus	Kg	12,75	260	3315
5	Tempurung Kelapa	Kg	0,18	1.000	180
6	<i>Sikament-NN</i>	Kg	0	38.250	0
	total				14502,5

Tabel 4.30 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,7%

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Per Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Air	Kg	2,57	0	0
2	Semen	Kg	4,54	1.250	5675
3	Agregat Kasar	Kg	11,82	450	5319
4	Agregat Halus	Kg	12,75	260	3315
5	Tempurung Kelapa	Kg	0,20	1.000	200
6	<i>Sikament-NN</i>	Kg	0	38.250	0
	total				14509

Tabel 4.31 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,9%

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Per Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Air	Kg	2,57	0	0
2	Semen	Kg	4,54	1.250	5675
3	Agregat Kasar	Kg	11,8	450	5310
4	Agregat Halus	Kg	12,75	260	3315
5	Tempurung Kelapa	Kg	0,23	1.000	230
6	<i>Sikament-NN</i>	Kg	0	38.250	0
	total				14530

Tabel 4.32 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,5% + *Sikament-NN* 2,3%

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Per Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Air	Kg	2,57	0	0
2	Semen	Kg	4,54	1.250	5675
3	Agregat Kasar	Kg	11,85	450	5332,5
4	Agregat Halus	Kg	12,75	260	3315
5	Tempurung Kelapa	Kg	0,18	1.000	180
6	<i>Sikament-NN</i>	Kg	0,1	38.250	3825
	total				18327,5

Tabel 4.33 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,7% + *Sikament-NN* 2,3%

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Per Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Air	Kg	2,57	0	0
2	Semen	Kg	4,54	1.250	5675
3	Agregat Kasar	Kg	11,85	450	5332,5
4	Agregat Halus	Kg	12,75	260	3315
5	Tempurung Kelapa	Kg	0,20	1.000	200
6	<i>Sikament-NN</i>	Kg	0,1	38.250	3825
	total				18347,5

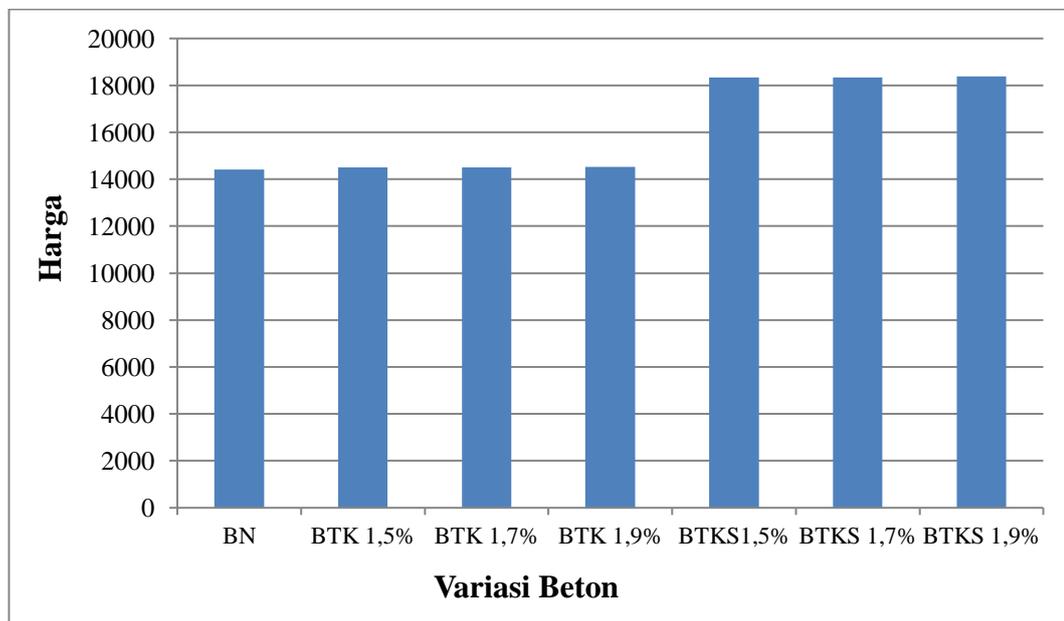
Tabel 4.34 Estimasi harga satuan beton tempurung kelapa 1,9% + *Sikament-NN* 2,3%

No	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Per Kg (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Air	Kg	2,57	0	0
2	Semen	Kg	4,54	1.250	5675
3	Agregat Kasar	Kg	11,85	450	5332,5
4	Agregat Halus	Kg	12,75	260	3315
5	Tempurung Kelapa	Kg	0,23	1.000	230
6	<i>Sikament-NN</i>	Kg	0,1	38.250	3825
	total				18377,5

Tabel 4.35 Estimasi harga satuan setiap variasi

No	Variasi Benda Uji	Harga (Rp)
1	BN	14.403,5
2	BTK 1,5%	14.502,5
3	BTK 1,7%	14.509
4	BTK 1,9%	14.530
5	BTKS1,5%	18.327,5
6	BTKS 1,7%	18.347,5
7	BTKS 1,9%	18.377,5

Berdasarkan tabel 4.34 diperoleh harga tertinggi yaitu pada campuran beton tempurung kelapa 1,9% + *Sikament-NN* 2,3% (BTKS 1,9%) sebesar Rp. 18.377,5 untuk satu benda uji. Dapat disimpulkan bahwa beton variasi (BTKS 1,9%) memiliki harga tertinggi dari seluruh variasi campuran beton, berikut ditampilkan kedalam grafik.



Gambar 4.4 Grafik estimasi harga setiap variasi beton

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian ini didapat beberapa kesimpulan dan saran yang dapat di kembangkan oleh pembaca untuk penelitian berikutnya tentang penggunaan tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar dan penambahan zat kimia yaitu *Sikament-NN* pada campuran beton.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian campuran beton tempurung kelapa (BTK) dan campuran beton tempurung kelapa yang ditambah *Sikament-NN* (BTKS) didapatlah kesimpulan sebagai berikut ini :

1. Penggunaan tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar dan penambahan zat kimia *Sikament-NN* pada campuran beton, berpengaruh pada nilai slump test beton. Nilai slump terendah diperoleh pada variasi tertinggi beton campuran tempurung kelapa (BTK 1,9%) yaitu 7,6 cm selisih 2,4 cm dari beton normal yaitu 10 cm. Sedangkan nilai slump tertinggi diperoleh pada beton campuran tempurung kelapa + *Sikament-NN* (BTKS 1,5%) sebesar 11,5 cm lebih tinggi dari slump beton normal yaitu 10 cm. Dimana semakin tinggi nilai slump test, maka tingkat workability akan semakin meningkat.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur beton, pada semua variasi beton campuran tempurung kelapa (BTK) mengalami penurunan nilai kuat lentur beton dari beton normal. Namun pada semua variasi beton campuran tempurung kelapa yang ditambah zat kimia *Sikament-NN* 2,3% (BTKS) mengalami peningkatan nilai kuat lentur dari beton normal maupun beton campuran tempurung kelapa (BTK). Penurunan pada beton campuran tempurung kelapa (BTK) diakibatkan karena keausan tempurung kelapa lebih tinggi daripada keausan agregat kasar, Penurunan juga dipengaruhi oleh ketebalan tempurung kelapa yang lebih kecil dari agregat kasar yaitu 3-5 mm. Peningkatan pada beton yang ditambah *Sikament-NN* (BTKS) disebabkan oleh

karakteristik dari campuran zat *Sikament-NN* tersebut yang memberikan peningkatan 40% kuat tekan dalam 28 hari dan kekuatan tinggi selama 12 jam.

3. Hasil dari pengujian kuat lentur beton yang dihasilkan, nilai kuat lentur pada beton normal sebesar 3,96 MPa. Untuk nilai kuat lentur pada beton variasi campuran tempurung kelapa mengalami penurunan, penurunan terbesar terjadi pada variasi beton tempurung kelapa (BTK 1,9%) sebesar 3,28 MPa dengan penurunan sebesar 17,17% dari beton normal. Namun pada beton variasi campuran tempurung kelapa yang ditambah zat kimia mengalami peningkatan, peningkatan terbesar terjadi pada variasi beton tempurung kelapa 1,5% ditambah *Sikament-NN* 2,3% (BTKS 1,5%) sebesar 4,22 MPa dengan peningkatan sebesar 6,56% dari beton normal. Dapat disimpulkan bahwa penambahan tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar tidak dapat meningkatkan kuat lentur beton dan penambahan bahan kimia *Sikament-NN* dapat meningkatkan nilai kuat lentur beton.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pemilihan variasi persentase penggunaan tempurung kelapa sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton untuk mengetahui mutu suatu beton yang dihasilkan. Dan memilih variasi persentase penggunaan zat kimia *Sikament-NN* pada campuran beton untuk mengetahui nilai peningkatan maksimum.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang penggunaan dan pemilihan persentase campuran zat kimia *Sikament-NN* pada campuran beton untuk mengetahui nilai peningkatan maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, T., Parung, H., & Kusuma, B. (2021). Paulus Civil Engineering Journal (Pcej) Studi Eksperimental Beton Mutu Tinggi Dengan Agregat Batok Kelapa Dan Terak Baja.
- Aprilia, P., Phengkarsa, F., & Kusuma, B. (2021). Studi Eksperimental Beton Mutu Normal Dengan Agregat Batok Kelapa Dan Terak Nikel. Paulus Civil Engineering Journal, 3(4), 655–664. <https://doi.org/10.52722/Pcej.V3i4.346>
- Aprizal, E., & Prapto, P. (2015). Pengaruh Partial Replacement Semen Portland Dengan Betonite Terhadap Kuat Tekan Beton Berdasarkan Variasi Umur. Inersia, 11(1), 67–78.
- Asrullah, A. (2020). Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Sika Concrete Refair Mortar Dan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton K 300. Jurnal Teknik Sipil, 9(1), 10–15. <https://doi.org/10.36546/Tekniksipil.V9i1.264>
- Bhanu Aribawa, B., Wijatmiko, I., & Martin Simatupang, R. (2019). Studi Evaluasi Pengaruh Variasi Mutu Beton Terhadap Kekuatan Struktur Beton Normal Menggunakan Metode Non-Destructive Test Dan Destructive Test. Rekayasa Sipil, 13(3), 184–192. <https://doi.org/10.21776/Ub.Rekayasasipil.2019.013.03.5>
- Bsn. (2004). Sni 15-2049-2004 Semen Portland. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1–128.
- Elnov, D., Debrinda Rama, A., & Fernando, R. (N.D.). Pengaruh Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dalam Campuran Beton Effect Of Coconut Shell Fragments As Substitute For Coarse Aggregate In Concrete Mixture.
- Fau, B. A., & Setiawan, A. A. (2019). Studi Eksperimental Kombinasi Gelas Dan Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. Dinamika Rekayasa, 15(2), 135. <https://doi.org/10.20884/1.Dr.2019.15.2.261>
- Febrianita, O., Ridwan, A., & Poernomo, Y. C. S. (2020). Penelitian Beton Dengan Penambahan Abu Sekam Padi Dan Limbah Keramik Sebagai Substitusi Semen. Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil, 3(2), 275. <https://doi.org/10.30737/Jurmateks.V3i2.1138>

- Fitra Eransyah, M., Paryati, N., Sylviana, R., Kunci, K., Arang, S., Kelapa, B., Beton, T., & Beton, M. (2022). Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Batok Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sains Dan Teknologi (Jsit)*, 2(1), 53.
- Hudori, M., Tandedi, M., Sentanu, A. T., Ferdinand, M. A., & Artikel, I. (2022). Kota Batam. 7(1), 96–103.
- Irawan, D., & Khatulistiani, U. (2021). Substitusi Agregat Kasar Menggunakan Pecahan Tempurung Kelapa Pada Campuran Beton Normal. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 9(1), 61–70.
- Khairul Miswar. (2021). Studi Eksperimental Penambahan Admixture Sikament-Nn Untuk Kekuatan Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.13, No(2), 44–49.
- Lumbangaol, P., & Panjaitan, Y. (2021). Pengaruh Penggunaan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol.1(No.1), 25–31.
- Megasari, S. W., & Winayati, W. (2017). Analisis Pengaruh Penambahan Sikament-Nn Terhadap Karakteristik Beton. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 117–128. <https://doi.org/10.31849/Siklus.V3i2.398>
- Nugraha, B., & Saelan, P. (2019). Studi Mengenai Pengaruh Gradasi Agregat Kasar Terhadap Kebutuhan Air Untuk Mencapai Suatu Keleccakan Campuran Beton Pada Cara Sni. (Hal. 73-82). *Rekaracana: Jurnal Teknil Sipil*, 5(2), 73. <https://doi.org/10.26760/Rekaracana.V5i2.73>
- Pardomuan, F., Tanudjaja, P. H., & Windah, R. S. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(5), 313–321.
- Pd T-14-2003. (N.D.).
- Rahim, H., & Darri, S. (N.D.). Bidang: Teknik Kimia Mineral Topik: Rekayasa Dan Perancangan Proses Teknik Kimia Pengaruh Penambahan Tempurung Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Sedang (30 Mpa). In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Ix* (Vol. 2022).
- Rahma, T., Putri, N., Fatmawati, S. T., & Huda, M. (2021). Pengaruh Tempurung Kelapa Dan Serat Ijuk Pada Kuat Tekan. In *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil* (Vol. 5, Issue 1).

- Rahmawati, N., Sunarno, D., Eng, M., Ali, I., Soeparlan, A., & Artikel, I. (2021). Pengaruh Pemakaian Fly Ash Dan Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil*, 5(1), 2–10.
- Setyowati, E. (2017). Rekayasa Pengolahan Limbah Batok Kelapa Sebagai Aksesoris Sanggul. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Kejuruan*, X(2), <https://jurnal.uns.ac.id/jptk>.
- Sni 03-2834-2000. (2000). Sni 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Sni 03-2834-2000, 1–34.
- Sni 03-4431-1997 Kuat Lentur. (N.D.).
- Sni 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa. *Badan Standarisasi Nasional*, 52.
- Valentin, R. C., Yani, M. I., & Gandi, S. (2021). Pengaruh Penambahan Semen Portland Dan Seruk Batu Bata Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah Gambut. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(1), 234. <https://doi.org/10.31602/jk.v4i1.5272>
- Verma, S. K., & Shrivastava, S. (2019). Use Of Coconut Shell As Partly Substitution Of Coarse Aggregate - An Experimental Analysis. *Aip Conference Proceedings*, 2158(September 2019). <https://doi.org/10.1063/1.5127145>
- Vidhyapayhi, R., & Kandhan Mani Ku. (2022). A Research On Concrete With Partial Replacement Of Coarse Aggregate With Coconut Shell And Cement With Silica Fume. *International Journal Of Research In Engineering And Science (Ijres) Issn*, 10(5), 41–51.
- Wijaya, H. S., Oktaviastuti, B., A, A. K., & Tunggadewi, U. T. (2022). Penambahan Limbah Cacahan Tempurung Kelapa Terhadap Uji Kuat Tekan Dan Lentur Beton P Ada Mutu Beton ($f_c' = 19,3 \text{ Mpa}$) The Addition Of Shredded Coconut Shell Waste To The Compressive Strength And Flexural Test Of Concrete On Concrete Quality ($f_c' = 19$). *Formosa Journal Of Applied Sciences (Fjas)*, 1(3), 269–284.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Data Hasil Pengujian Kuat Lentur

No	Kode	Umur Beton (hari)	Ukuran Bedna Uji (mm)			Beban Maksimum (N)	Bentang Perletakan L (mm)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
			l	b	h				
1	BN	28	600	150	150	30000	450	4,00	3,96
2	BN	28	600	150	150	29500	450	3,93	
3	BN	28	600	150	150	29700	450	3,96	
1	BTK 1,5%	28	600	150	150	28000	450	3,73	3,67
2	BTK 1,5%	28	600	150	150	26700	450	3,56	
3	BTK 1,5%	28	600	150	150	27800	450	3,71	
1	BTK 1,7%	28	600	150	150	27500	450	3,67	3,56
2	BTK 1,7%	28	600	150	150	26500	450	3,53	
3	BTK 1,7%	28	600	150	150	26000	450	3,47	
1	BTK 1,9%	28	600	150	150	25700	450	3,43	3,28
2	BTK 1,9%	28	600	150	150	23800	450	3,17	
3	BTK 1,9%	28	600	150	150	24200	450	3,23	
1	BTKS 1,5%	28	600	150	150	31400	450	4,19	4,22
2	BTKS 1,5%	28	600	150	150	31700	450	4,23	
3	BTKS 1,5%	28	600	150	150	31800	450	4,24	
1	BTKS 1,7%	28	600	150	150	31200	450	4,16	4,19
2	BTKS 1,7%	28	600	150	150	31500	450	4,20	
3	BTKS 1,7%	28	600	150	150	31600	450	4,21	
1	BTKS 1,9%	28	600	150	150	31000	450	4,13	4,17
2	BTKS 1,9%	28	600	150	150	31500	450	4,20	
3	BTKS 1,9%	28	600	150	150	31300	450	4,17	

Lampiran 2. Dokumentasi Bahan



Gambar L.1 : Semen



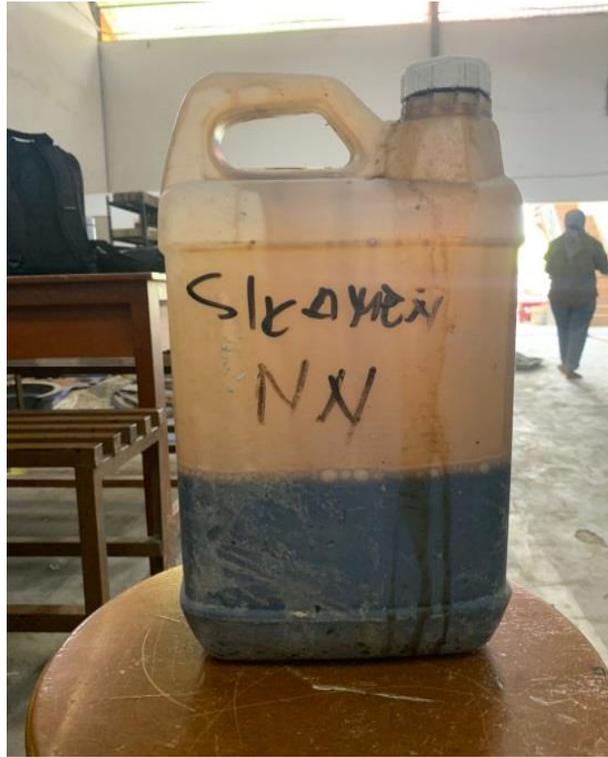
Gambar L.2 : Pasir



Gambar L.3 : Kerikil



Gambar L.4 : Air



Gambar L.5 : Sikament-NN



Gambar L.6 : Pecahan Tempurung Kelapa

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian Beton



Gambar L.7 : Pemecahan Tempurung Kelapa



Gambar L.8 : Pengujian Agregat



Gambar L.9 : Pengujian Agregat



Gambar L.10 : Penimbangan Bahan



Gambar L.11 : Pembuatan Benda Uji



Gambar L.12 : Penuangan Sikament-NN



Gambar L.13 : Pengujian Slump



Gambar L.14 : Hasil Slump Test



Gambar L.15 : Pencetakan Beton Balok



Gambar L.16 : Perendaman (Curing) Beton Balok

Lampiran 5. Dokumentasi Pengujian Beton



Gambar L.17 : Persiapan Pengujian



Gamba L.18 : Proses Pengujian Kuat Lentur



Gambar L.19 : Pengujian Kuat Lentur



Gambar L.20 : Hasil Pengujian



Gambar L.21 : Hasil Pengujian



Gambar L.22 : Hasil Pengujian

Daftar Riwayat Hidup



Informasi Pribadi

Nama Lengkap	: Fauji Sahputra
Nama Panggilan	: Fauji
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 13 Maret 2001
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Alamat	: Jl. Pematang Pasir Lk VII, Tanjung Mulia Hilir
Agama	: Islam
Nama Orang Tua	
Ayah	: Tunut Santoso
Ibu	: Setia Wati
No. Hp	: 0812 6041 8505
Email	: faujisahputra13@Gmail.Com

Riwayat Pendidikan

Nomor Induk Mahasiswa	: 1907210097
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Medan

Pendidikan Nasional

Tingkat Pendidikan	Nama Dan Tempat	Tahun
Sekolah Dasar	SD Swasta Bahagia, Medan	2013
Sekolah Menengah Pertama	SMP Swasta Lask.Martadinata, Medan	2016
Sekolah Menengah Atas	SMK N1 Percut Sei Tuan, Deli Serdang	2019