

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH KUAT TARIK BETON DENGAN
PENAMBAHAN TULANGAN DAN BAMBU DENGAN
VARIASI JENIS BAMBU
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh :

EDO ANDANA PUTRA

1907210002



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

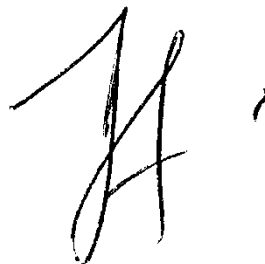
Nama : Edo Andana Putra
NPM : 1907210002
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Tulangan dan Bambu Dengan Variasi Jenis Bambu
Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 05 Februari 2024

Dosen Pembimbing



Sri Prafanti, S.T, M.T

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Edo Andana Putra
NPM : 1907210002
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Tulangan dan Bambu Dengan Variasi Jenis Bambu
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 05 Februari 2024

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



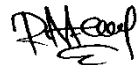
Sri Prafanti, S.T, M.T

Dosen Pembanding I



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

Dosen Pembanding II



Rizki Efrida, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Syarat yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Edo Andana Putra
Tempat/Tanggal Lahir : Secanggang, 14 Juni 2000
NPM : 1907210002
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul "Analisis Pengaruh Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Tulangan Dan Bambu Dengan Variasi Jenis Bambu" 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 hakikatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan autentik.

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara

Medan, 18 Mei 2024

Saya yang Menyatakan



Edo Andana Putra

ABSTRAK

**ANALISIS PENGARUH KUAT TARIK BETON DENGAN
PENAMBAHAN TULANGAN DAN BAMBU DENGAN
VARIASI JENIS BAMBU**

Edo andana putra
1907210002
Sri frapanti ST,MT

Peningkatan kebutuhan tulangan baja sebagai material konstruksi, membuat peningkatan penggunaan baja yang sebanding lurus dengan dengan tingginya harga baja dari waktu ke waktu. Sehingga hal ini yang mendasari penulis untuk melakukan penelitian dengan metode eksperimen untuk menjadikan bambu sebagai solusi alternatif tulangan beton dalam upaya peningkatan kuat tarik beton melalui uji kuat tarik lenturnya. Secara mekanis bambu memiliki kekuatan kuat tarik yang setara atau bahkan lebih tinggi dari pada baja. Pada penelitian ini digunakan dua jenis bambu yang umum dan sangat mudah didapat yaitu bambu Petung dan bambu Tali dengan dimensi $\varnothing 55$ mm serta tulangan besi utama dengan $\varnothing 8$ mm dan sengkang $\varnothing 6$ mm pada balok beton berdimensi 150 x 150 x 600 mm. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa penambahan tulangan besi serta bambu pada balok beton meningkatkan kuat lentur beton. Secara persentase, penambahan bambu petung pada beton bertulang besi meningkatkan kuat lentur beton hingga 230,49 % dan lebih tinggi dari penambahan bambu tali pada beton bertulang besi dengan kuat lentur 190,49 % serta selisih keduanya sebesar 40 %. penambahan bambu petung pada beton normal meningkatkan kuat lentur beton hingga 102,62 % namun lebih rendah dari penambahan bambu tali pada beton normal dengan kuat lentur 200,33 % serta selisih keduanya sebesar -97,71 %. Semua hasil pengujian sampel balok beton menunjukkan peningkatan pada kuat tarik lentur beton, sehingga penambahan bambu petung maupun tali pada beton cukup efektif sebagai material tambahan dalam mendukung serta meningkatkan kuat tarik lentur pada beton.

Kata Kunci : Beton, Bambu Petung, Bambu Tali, Tulangan besi, Kuat tarik lentur.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF CONCRETE TENSILE STRENGTH WITH ADDITION OF REINFORCEMENT AND BAMBOO WITH VARI- ATIONS OF BAMBOO TYPES

Edo Andana Putra
1907210002
Sri FraPanti ST, MT

The increasing need for steel reinforcement as a construction material, makes the increase in the use of steel directly proportional to the high price of steel from time to time. So, this underlies the author to conduct research with experimental methods to make bamboo as an alternative solution for concrete reinforcement in an effort to increase the tensile strength of concrete through flexural tensile strength tests. Mechanically, bamboo has a tensile strength equivalent to or even higher than steel. In this study, two types of bamboo were used that are common and very easy to obtain, namely Petung bamboo and Tali bamboo with dimensions of Ø55 mm and main iron reinforcement with Ø8 mm and Ø6 mm Sengkang on concrete blocks with dimensions of 150 x 150 x 600 mm. The results of this study stated that the addition of iron reinforcement and bamboo to concrete blocks increased the bending strength of concrete. In percentage terms, the addition of Petung bamboo to iron-reinforced concrete increases the bending strength of concrete by 230.49% and is higher than the addition of rope bamboo to iron-reinforced concrete with a bending strength of 190.49% and a difference of 40%. The addition of Petung bamboo to normal concrete increases the bending strength of concrete up to 102.62% but is lower than the addition of rope bamboo to normal concrete with a bending strength of 200.33% and the difference between the two is -97.71%. All test results of concrete block samples show an increase in the flexural tensile strength of concrete, so that the addition of Petung bamboo and rope to concrete is quite effective as an additional material in supporting and increasing the flexural tensile strength of concrete.

Keywords: Concrete, Bamboo Petung, Bamboo Rope, Iron reinforcement, Tensile flexural strength.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian dengan judul “Analisis Pengaruh Kuat Tarik Beton Dengan Penambahan Tulangan Dan Bambu Dengan Variasi Jenis Bambu”.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Skripsi di Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha keras dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini. Namun, skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam perencanaan skripsi ini terutama untuk:

1. Ibu Sri Prafanti, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Ibu Rizki Efrida, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
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 Wakil Dekan Satu Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Segenap Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada

penulis.

7. Bapak/Ibu staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teristimewa sekali kepada Ayahanda Muliamin dan Ibunda Salha atas ridho, dukungan, kasih sayang, pengorbanan dan doa dalam perjalanan hidup penulis.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa hasil penulisan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, maka dengan demikian penulis mengharapkan adanya saran dan kritikan yang bersifat konstruktif dan membangun dari para pembaca, sehingga menjadi bahan pembelajaran pada masa yang akan datang untuk mencapai hasil yang maksimal. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca atau bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Februari 2024



Edo Andana Putra

DAFTAR ISI

LEMBA PERSETUJUAN PEMBIMBING	I
LEMBAR PENGESAHAN	II
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ABSTRAK	IV
<i>ABSTRACT</i>	V
KATA PENGANTAR	VI
DAFTAR ISI	V
DAFTAR GAMBAR	IX
DAFTAR TABEL	XI
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN	2
1.4. MANFAAT PENELITIAN	3
1.4.1. Manfaat Teoritis	3
1.4.2. Manfaat Praktis	3
1.5. BATASAN PENELITIAN	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. BETON BERTULANG	5
2.2. BAHAN PENYUSUN BETON	7
2.2.1. Semen	7
2.2.2. Air	7
2.2.3. Agregat	8
2.2.3.1. Agregat Halus	9
2.2.3.2. Agregat Kasar	11
2.3. BESI TULANGAN	12
2.3.1. Jenis Besi Tulangan	13

2.4.	ABSORBSI	13
2.5.	KUAT TARIK LENTUR BETON	13
2.6.	BAMBU	15
2.6.1.	Bambu Petung	17
2.6.2.	Bambu Tali	17
2.6.3.	Keunggulan Bambu	18
2.6.4.	Kekurangan Bambu	19
2.7.	KADAR AIR BAMBU	20
2.8.	PENELITIAN TERDAHULU	21
BAB 3 METODE PENELITIAN		23
3.1.	METODELOGI PENELITIAN	23
3.2.	TAHAPAN PENELITIAN	23
3.3.	LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN	26
3.4.	SUMBER DATA DAN TEKNIK PENGAMBILAN DATA	26
3.4.1.	Data Primer	26
3.4.2.	Data Sekunder	26
3.5.	ALAT DAN BAHAN	27
3.5.1.	Alat	27
3.5.2.	Bahan	28
3.6.	DESAIN BENDA UJI	31
3.7.	LANGKAH LANGKAH PEMERIKSAAN AGREGAT	33
3.7.1.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	33
3.7.2.	Analisa Gradasi Agregat	33
3.7.3.	Kadar Lumpur Agregat	34
3.7.4.	Berat Isi Agregat	34
3.7.5.	Kadar Air Agregat	35
3.8.	KADAR AIR BAMBU	35
3.9.	MODIFIKASI KEKASARAN BAMBU	36
3.10.	PEMBUATAN TULANGAN BESI	36
3.11.	SLUMP TEST	36
3.12.	MIX DESIGN	37
3.13.	PERAWATAN (<i>CURRING</i>) PADA BENDA UJI	41

3.14.	UJI <i>ABSORBSI</i> BETON	42
3.15.	UJI KUAT TARIK LENTUR BETON	42
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL		44
4.1.	TINJAUAN UMUM	44
4.2.	PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS	44
4.3.	BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS	44
4.3.1.	Analisa Gradasi Agregat Halus	46
4.3.2.	Kadar Lumpur Agregat Halus	47
4.3.3.	Berat Isi Agregat Halus	48
4.3.4.	Kadar Air Agregat Halus	48
4.4.	PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR	49
4.4.1.	Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar	49
4.4.2.	Analisa Gradasi Agregat Kasar	50
4.4.3.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	52
4.4.4.	Berat Isi Agregat Kasar	53
4.4.5.	Kadar Air Agregat Kasar	53
4.5.	PERENCANAAN CAMPURAN DAN KEBUTUHAN BETON	54
4.5.1.	<i>Mix Design</i> Beton	54
4.5.2.	Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton	61
4.5.2.1.	Kebutuhan Volume Satu Benda Uji	61
4.6.	HASIL PENGUJIAN <i>SLUMP</i> (<i>SLUMP</i> RENCANA 60-180 MM)	61
4.7.	HASIL <i>ABSORBSI</i> PADA BETON	62
4.8.	HASIL UJI KADAR AIR BAMBUS	64
4.9.	HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON	66
1.	Beton Normal (BTN)	67
2.	Beton Bertulang Besi + Bambu Petung (BTBP 1)	68
3.	Beton Bertulang Besi + Bambu Petung (BTBP 2)	69
4.	Beton Bertulang Besi + Bambu Petung (BTBP 3)	70
5.	Beton Bertulang Besi + Bambu Tali (BTBT 1)	72
6.	Beton Bertulang Besi + Bambu Tali (BTBT 2)	73
7.	Beton Bertulang Besi + Bambu Tali (BTBT 3)	74
8.	Beton Normal + Bambu Petung (BTNP 1)	75

9. Beton Normal + Bambu Petung (BTNP 2)	76
10. Beton Normal + Bambu Petung (BTNP 3)	77
11. Beton Normal + Bambu Tali (BTNT 1)	79
12. Beton Normal + Bambu Tali (BTNT 2)	80
13. Beton Normal + Bambu Tali (BTNT 3)	81
4.10. PERSENTASE KUAT LENTUR BALOK BETON	83
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	86
5.1. KESIMPULAN	86
5.2. SARAN	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	90
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Batas gradasi pasir kasar No. 1	10
Gambar 2. 2	Batas gradasi pasir sedang No. 2	10
Gambar 2. 3	Batas gradasi pasir agak halus No. 3	10
Gambar 2. 4	Batas gradasi pasir halus No. 4	11
Gambar 2. 5	Batas gradasi agregat	12
Gambar 2. 6	Uji kuat tarik lentur beton.	14
Gambar 2. 7	Bambu Petung	17
Gambar 2. 8	Bambu Tali	18
Gambar 3. 1	Bagan alir	25
Gambar 3. 2	Semen Portland	28
Gambar 3. 3	Agregat Halus	29
Gambar 3. 4	Agregat Kasar	29
Gambar 3. 5	Air	29
Gambar 3. 6	Tulangan Besi	30
Gambar 3. 7	Sampel Bambu	30
Gambar 3. 8	Kawat Beton	31
Gambar 3. 9	Beton Bertulang dengan Bambu Petung/Tali	31
Gambar 3. 10	Beton Normal dengan Bambu Petung/Tali	32
Gambar 3. 11	Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen	38
Gambar 3. 12	Hubungan kandungan air dan berat isi beton	41
Gambar 4. 1	Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2).	47
Gambar 4. 2	Grafik Gradasi Agregat Kasar.	52
Gambar 4. 3	Hubungan faktor air semen dan kuat tekan.	55
Gambar 4. 4	Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat.	57
Gambar 4. 5	Penentuan berat isi beton basah.	58
Gambar 4. 6	Grafik slump test.	62
Gambar 4. 7	Grafik absorpsi beton.	64
Gambar 4. 8	Grafik rata-rata kadar air bambu Petung.	65
Gambar 4. 9	Grafik rata-rata kadar air bambu Tali.	66
Gambar 4. 10	Grafik gaya terhadap waktu beton normal.	68

Gambar 4. 11 Grafik gaya terhadap waktu beton (BTBP 1,2,3).	71
Gambar 4. 12 Grafik gaya terhadap waktu beton (BTBT 1,2,3).	75
Gambar 4. 13 Grafik gaya terhadap waktu beton (BTNP 1, 2, 3).	78
Gambar 4. 14 Grafik gaya terhadap waktu beton beton (BTNT 3).	82
Gambar 4. 15 Grafik kuat lentur seluruh sampel balok beton.	82
Gambar 4. 16 Grafik rata-rata kuat lentur sampel balok beton.	83
Gambar 4. 17 Grafik persentase perubahan dan selisih kuat lentur beton.	85
Gambar L. 1 Pengujian analisa saringan	90
Gambar L. 2 Pengujian berat isi agregat halus	90
Gambar L. 3 Pengujian berat isi agregat kasar	91
Gambar L. 4 Pengujian berat jenis agregat halus	91
Gambar L. 5 Pengujian berat jenis agregat kasar	92
Gambar L. 6 Pencucian agregat dari lumpur dan kotoran	92
Gambar L. 7 Penimbangan agregat sesuai takaran	93
Gambar L. 8 Pembuatan benda uji	93
Gambar L. 9 Penimbangan sampel bambu uji kadar air bambu	94
Gambar L. 10 Modifikasi kekasaran permukaan bambu dengan kawat	94
Gambar L. 11 slump test	95
Gambar L. 12 Pencetakan sampel beton	95
Gambar L. 13 Perendaman sampel beton	96
Gambar L. 14 Penimbangan sampel beton	96
Gambar L. 15 Pengujian kuat tarik lentur sampel beton	97
Gambar L. 16 Sampel beton setelah diuji	97
Gambar L. 17 Data hasil uji kuat tarik lentur	98
Gambar L. 18 Data hasil uji kuat tarik lentur	98
Gambar L. 19 Data hasil uji kuat tarik lentur	99
Gambar L. 20 Data hasil uji kuat tarik lentur	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000).	9
Tabel 2. 2	Batas gradasi agregat kasar (ASTM C – 33 (1986)).	11
Tabel 3. 1	Sumber data pengujian.	26
Tabel 3. 2	Alat-alat penelitian.	27
Tabel 3. 3	Desain benda uji.	32
Tabel 3. 4	Faktor pengali untuk deviasi standar (SNI 03-2834-2000).	37
Tabel 3. 5	Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000).	37
Tabel 3. 6	Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000).	38
Tabel 3. 7	Perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834-2000).	39
Tabel 3. 8	Persyaratan jumlah semen minimum (SNI 03-2834-2000).	40
Tabel 4. 1	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.	45
Tabel 4. 2	Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2.	46
Tabel 4. 3	Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.	47
Tabel 4. 4	Hasil pengujian berat isi.	48
Tabel 4. 5	Hasil pengujian kadar air agregat halus.	48
Tabel 4. 6	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.	49
Tabel 4. 7	Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar.	50
Tabel 4. 8	Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.	52
Tabel 4. 9	Hasil pengujian berat isi.	53
Tabel 4. 10	Hasil pengujian kadar air agregat kasar.	53
Tabel 4. 11	Rekapitulasi mix design beton mutu 18,68 Mpa.	60
Tabel 4. 12	Hasil pengujian slump.	61
Tabel 4. 13	Hasil pengujian penyerapan pada seluruh sampel beton.	63
Tabel 4. 14	Hasil uji kadar air bambu Petung.	64
Tabel 4. 15	Hasil uji kadar air bambu Tali.	65
Tabel 4. 16	Hasil Pengujian Kuat Lentur BTN.	67
Tabel 4. 17	Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBP 1.	68
Tabel 4. 18	Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBP 2.	69
Tabel 4. 19	Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBP 3.	70
Tabel 4. 20	Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBT 1.	72

Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBT 2.	73
Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBT 3.	74
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNP 1.	75
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNP 2.	76
Tabel 4. 25 Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNP 3.	77
Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNT 1.	79
Tabel 4. 27 Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNT 2.	80
Tabel 4. 28 Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNT 3.	81

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Dalam komponen material bangunan, beton merupakan material yang paling umum digunakan sebagai material pokok bangunan. Hal tersebut karena beton memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah kuat tekannya yang tinggi, tahan air dan api, serta dapat digunakan dengan segala macam bentuk. Menurut (Badan Standardisasi Nasional 2002) pengertian beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Dibalik kelebihan tersebut, beton juga memiliki kekurangan yaitu kuat tariknya yang rendah, sehingga pada umumnya beton ditambahkan baja sebagai tulangan beton yang diketahui memiliki kuat tarik yang tinggi. Namun, seiring perkembangan waktu serta meningkatnya kebutuhan material konstruksi khususnya tulangan baja, membuat peningkatan penggunaan baja yang sebanding lurus dengan dengan tingginya harga baja dari waktu ke waktu. Maka perlu adanya inovasi terbaru untuk mengatasi hal ini atau setidaknya meminimalisir penggunaan baja sebagai material tulangan pada beton, salah satu pilihan terbaik ialah bambu.

Bambu merupakan material alami yang sejak dulu sudah digunakan oleh masyarakat sebagai komponen bangunan, namun karena keterbatasan pengetahuan masyarakat akan sifat mekanik bambu, akhirnya penggunaan bambu sebagai material bangunan sangat terbatas dan masih bersifat sekunder, yaitu untuk kepentingan pembuatan perancah/bekisting, reng atap dan terbatas pada keperluan furniture. Padahal secara mekanis bambu memiliki kekuatan kuat tarik yang setara atau bahkan beberapa jenis bambu memiliki kuat tarik lebih tinggi dari pada baja (Fahrina and Gunawan 2014).

Selain masalah kelangkaan bahan baja sebagai tulangan beton serta peningkatan harganya yang terus naik dari waktu ke waktu, dalam beberapa kasus konstruksi sering kita jumpai suatu bangunan yang sudah selesai dibangun kemudian terjadi sebuah perubahan keperuntukan atau fungsi dari bangunan yang sudah jadi

tersebut. Hal ini terjadi karena struktur yang ada tidak mampu menahan beban yang lebih besar. Oleh sebab itu, perlu adanya penambahan material untuk menambah perkuatan strukturnya dan diharapkan pada penelitian ini akan terjadi penambahan kekuatan pada beton dengan penambahan bambu yang difokuskan pada nilai kuat tarik lenturnya. Berdasarkan masalah-masalah tersebut maka penelitian ini dibuat dan bertujuan untuk menganalisis kuat tarik lentur beton dengan kombinasi tulangan besi dan bambu sebagai penambahan perkuatan struktur beton dan dengan perbandingan variasi jenis bambu, yaitu bambu tali dan bambu petung.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah analisis kuat tarik lentur beton dengan penambahan tulangan baja dan bambu dengan variasi jenis bambu diantaranya:

1. Berapa nilai kuat tarik lentur beton dengan penambahan tulangan besi dan bambu dengan jenis bambu tali dan bambu petung?
2. Berapa nilai kuat tarik lentur beton normal dengan penambahan bambu tali dan bambu petung?
3. Bagaimana pengaruh penambahan bambu petung dengan bambu tali sebagai material perkuatan tambahan pada beton?
4. Berapa nilai kuat tarik lentur tertinggi yang dihasilkan diantara kedua jenis bambu?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dibahas pada pada tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui nilai kuat tarik lentur beton dengan penambahan tulangan besi dan bambu dengan jenis bambu tali dan bambu petung?
2. Mengetahui nilai kuat tarik lentur beton normal dengan penambahan bambu tali dan bambu petung?
3. Mengetahui nilai kuat tarik lentur yang tertinggi pada dua jenis bambu setelah diaplikasikan pada beton bertulang?

4. Mengetahui pengaruh perkuatan bambu tali dengan bambu petung sebagai komponen material perkuatan tambahan pada beton?

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini memberikan beberapa manfaat, diantaranya:

1. Meningkatkan pemahaman dan pengetahuan baik bagi diri sendiri maupun umum mengenai pemanfaatan bambu yang secara mekanis fungsinya sangat baik sebagai komponen material konstruksi.
2. Mengetahui dan dapat menganalisis secara langsung kuat tarik lentur pada beton bertulang.

1.4.2. Manfaat Praktis

Secara tidak langsung, dalam penelitian ini penulis ikut menyumbangkan ide sekaligus mengembangkan variabel penelitian mengenai beton bertulang dengan material tambahan bambu yang sebelumnya telah diteliti oleh beberapa peneliti dengan variabel yang sama.

1.5. Batasan Penelitian

Agar pembahasan penelitian tidak keluar dari masalah yang dibahas penulis, maka penulis membuat batasan masalah pada penelitian, diantaranya:

1. Sampel beton yang digunakan berbentuk balok dengan dimensi 15 x 15 x 60 cm.
2. Penelitian dilakukan dengan menggunakan beton bertulang dengan dimensi tulangan utama $\varnothing 8$ mm dan tulangan sengkang $\varnothing 6$ mm.
3. Penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi jenis bambu tali dan bambu petung.
4. Karakteristik pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik lentur beton, uji absorpsi, dan uji kadar air bambu.
5. Uji kuat tarik lentur dilakukan pada saat beton telah mencapai umur 28 hari.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini disusun dalam lima bab agar memudahkan pembahasan dalam penelitian, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas tentang dengan latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir ini dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini diuraikan mengenai tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, Teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan bagian membahas analisa perhitungan dan hasil dari data yang telah dilakukan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan logis berdasarkan hasil penelitian yang menjadi dasar untuk menyusun suatu saran sebagai suatu usulan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton Bertulang

Menurut (Badan Standardisasi Nasional 2002), beton didefinisikan sebagai campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture* atau *additive*). Seiring dengan penambahan umur, beton usia 28 hari. Beton disusun dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Seperti substansi-substansi mirip batuan lainnya, beton memiliki kuat tekan yang tinggi dan kuat tarik yang sangat rendah.

Beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja dimana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki beton. Beton kuat terhadap tekan, tetapi lemah terhadap tarik. Oleh karena itu, perlu tulangan untuk memikul beban-beban yang bekerja beton. Adanya tulangan ini sering kali digunakan untuk memperkuat daerah tekan pada penampang balok. Tulangan baja tersebut perlu untuk beban-beban berat dalam hal untuk mengurangi lendutan jangka panjang (Badan Standardisasi Nasional 2002). Balok beton bertulang akan melentur pada saat beban bekerja. lentur pada balok-balok adalah akibat regangan deformasi yang disebabkan oleh beban eksternal. Pada saat beban ditingkatkan, balok tersebut menahan regangan dan defleksi tambahan, mengakibatkan retak-retak lentur sepanjang bentang dari balok tersebut.

Penambahan yang terus-menerus terhadap tingkat beban mengakibatkan kegagalan elemen struktural ketika beban eksternal mencapai kapasitas elemen tersebut. Sukses besar beton bertulang sebagai bahan konstruksi yang universal cukup mudah dipahami jika dilihat dari banyaknya kelebihan yang dimilikinya. Kelebihan tersebut antara lain (McCormac, 2001) :

1. Beton memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan yang lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air.
3. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
4. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi (*serviceability*).
5. Dibandingkan dengan bahan lain, beton memiliki usia layan yang sangat panjang. Dalam kondisi-kondisi normal, struktur beton bertulang dapat digunakan sampai kapan pun tanpa kehilangan kemampuannya untuk menahan beban.
6. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi tapak, dinding, basement, tiang tumpuan jembatan, dan bangunan-bangunan lain semacam itu.
7. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk sangat beragam, mulai dari pelat, balok dan kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
8. Di sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.
9. Keahlian buruh untuk membangun konstruksi beton bertulang lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja struktur.

Di samping kelebihan-kelebihan beton bertulang sebagai suatu bahan struktur seperti yang telah disebutkan di atas, beton bertulang juga mempunyai berbagai kekurangan dan kelemahan. Kelemahan-kelemahan tersebut antara lain adalah:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan tulangan tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap di tempatnya sampai beton tersebut mengeras. Selain itu, penopang atau penyangga sementara mungkin diperlukan untuk menjaga agar bekisting tetap berada pada tempatnya, misalnya pada kolom, dinding, atap, dan struktur-struktur sejenis, sampai bagian-bagian beton ini cukup kuat untuk menahan beratnya sendiri.

3. Rendahnya kekuatan persatuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur-struktur bentang panjang di mana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.
4. Akibat rendahnya kekuatan persatuan berat, rendahnya kekuatan persatuan volume akan mengakibatkan beton akan berukuran relatif lebih besar.

2.2. Bahan Penyusun Beton

2.2.1. Semen

Semen adalah bahan perekat yang berbentuk halus, yang terdiri dari bahan anorganik yang mengeras pada pencampuran dengan air. Adapun syarat-syarat yang harus dipenuhi adalah semen yang digunakan pada pekerjaan konstruksi harus sesuai dengan semen yang digunakan pada perancangan proporsi campuran (Badan Standardisasi Nasional 2002). Susunan kimia semen portland terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi, maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semen.

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah PPC (*Portland Pozzolan Cement*) yaitu semen yang diproduksi dengan dua cara yaitu cara pertama menggiling klingker semen dan pozzolan dengan bahan tambah gips atau kalsium sulfat. Cara kedua dengan mencampur sampai rata gerusan semen dan pozzolan halus. Semen PPC menghasilkan panas hidrasi lebih sedikit dari pada semen biasa. Sifat ketahanan terhadap kotoran dalam air lebih baik, sehingga cocok sekali jika dipakai untuk bangunan di laut, bangunan pengairan, dan beton massa (Tjokrodimulyo, 1996).

2.2.2. Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Air diperlukan agar bereaksi dengan semen (proses pengikatan) serta sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Proses pengikatan berawal beberapa menit setelah pencampuran yang disebut *initial set* (pengikatan awal) dan berakhir setelah beberapa jam disebut *final set* (akhir

pengikatan). Waktu pengikatan adalah jangka waktu dari mulai mengikatnya semen setelah berhubungan dengan air sampai adukan semen menunjukkan kekentalan yang tidak memungkinkan lagi untuk dikerjakan lebih lanjut. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan kurang lebih 25% dari berat semen. Namun, dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang kurang dari 0,35 sulit dilaksanakan.. Penambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang. Selain itu, akan menimbulkan bleeding. Hasil *bleeding* ini berupa lapisan tipis yang mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton.

Kekuatan beton akan turun jika air yang ditambahkan ke dalam campuran semakin banyak. Karena itu penambahan air harus dilakukan sedikit demi sedikit sampai nilai maksimum yang tercantum dalam rencana tercapai. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas daari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan (Badan Standardisasi Nasional 2002). Fungsi air di dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Sebagai pelicin bagi agregat halus dan agregat kasar.
2. Bereaksi dengan semen untuk membentuk pasta semen.
3. Penting untuk mencairkan bahan / material semen ke seluruh permukaan agregat.
4. Membasahi agregat untuk melindungi agregat dari penyerapan air vital yang diperlukan pada reaksi kimia.
5. Memungkinkan campuran beton mengalir ke dalam cetakan.

2.2.3. Agregat

Agregat adalah material yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk pembentuk beton, yang di antaranya adalah pasir, kerikil, batu pecah, di mana agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dan jumlahnya sekitar 75 % volume beton. Dalam teknologi beton, agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar dan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus. Dalam campuran beton, agregat yang diperhitungkan adalah agregat dalam keadaan *Saturated Surface Dry (SSD)*/jenuh kering muka. Jenuh kering muka adalah keadaan dimana permukaan agregat tidak ada

airnya, tetapi bagian dalamnya terisi oleh air, sedangkan berat jenis agregat adalah berat jenis partikel agregat dalam keadaan jenuh kering muka.

2.2.3.1. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintregasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm/lolos saringan no. 4.

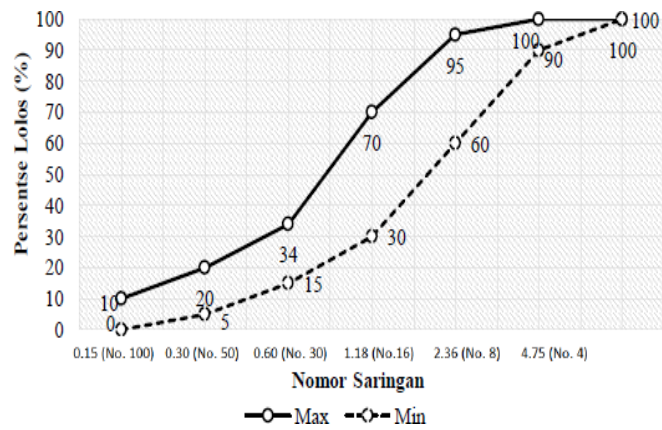
Menurut (SNI 03-2834-2000) tentang cara pembuatan rencana campuran beton normal, pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya. Pengelompokan tersebut dapat dilihat melalui Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2. 1: Batas gradasi agregat halus (SNI 03-2834-2000).

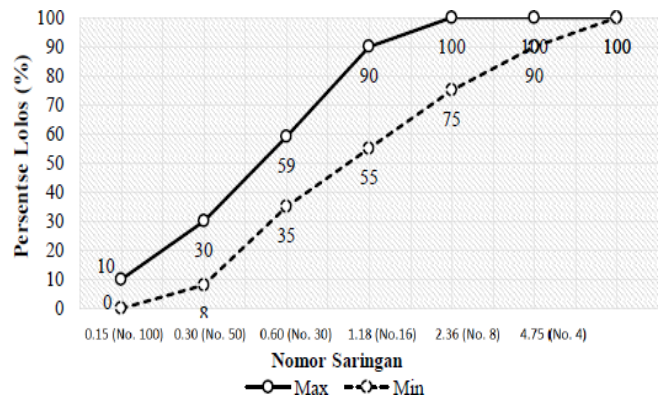
Lubang Ayakan (mm)	No	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
		I	II	III	IV
10	3/8 in	100	100	100	100
4,8	No. 4	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	No. 8	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	No. 16	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	No. 30	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	No. 50	5-20	8-30	12-40	15-50
0,25	No. 100	0-10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

Keterangan :

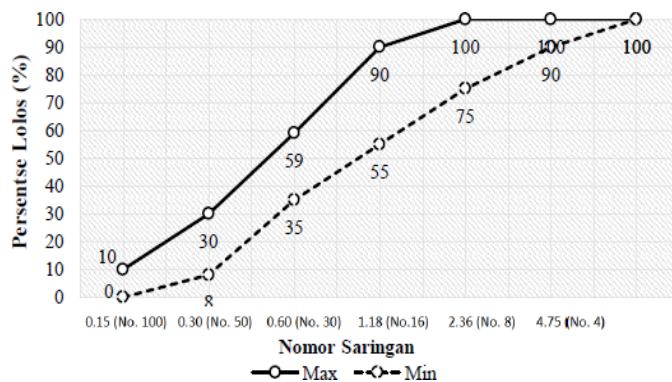
- Daerah gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah gradasi II = Pasir Agak Kasar
- Daerah gradasi III = Pasir Agak Halus
- Daerah gradasi IV = Pasir Halus



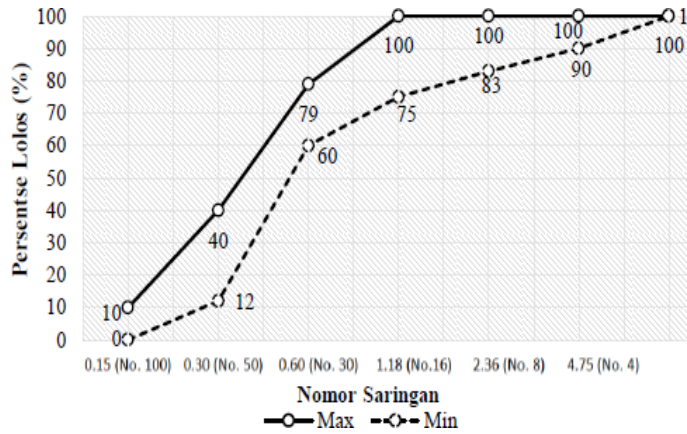
Gambar 2. 1: Batas gradasi pasir kasar No. 1 (SNI – 03 – 2834 – 2000)



Gambar 2. 2: Batas gradasi pasir sedang No. 2 (SNI – 03 – 2834 – 2000)



Gambar 2. 3: Batas gradasi pasir agak halus No. 3 (SNI – 03 – 2834 – 2000)



Gambar 2. 4: Batas gradasi pasir halus No. 4 (SNI – 03 – 2834 – 2000)

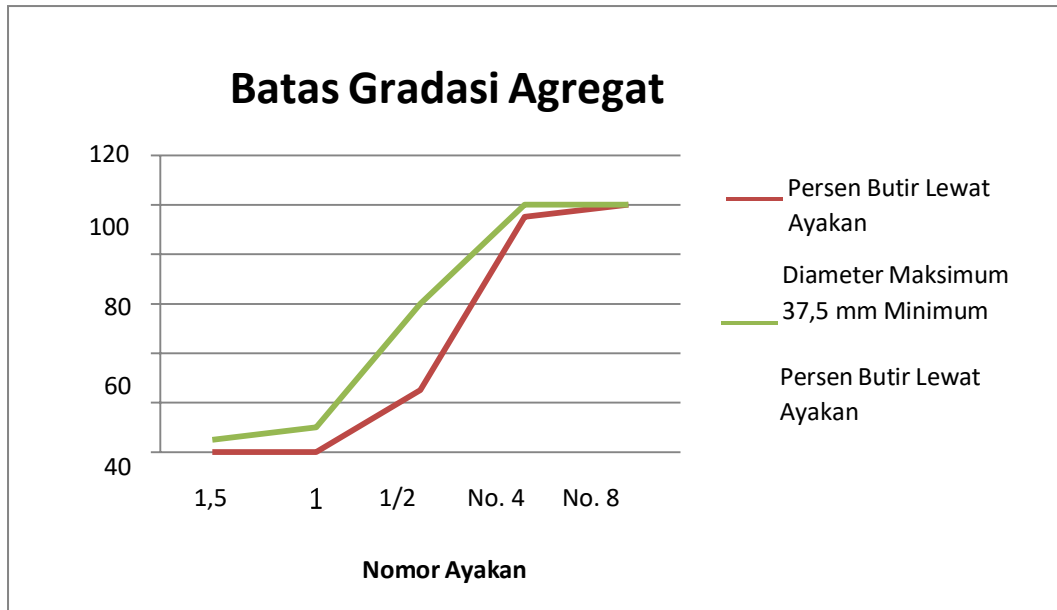
2.2.3.2. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (Badan Standardisasi Nasional 2002). Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras, permukaan yang kasar. agregat harus memenuhi syarat kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1 %, dan tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton.

Menurut (ASTM C 33, 1986) agregat kasar memiliki batas gradasi dengan diameter maksimum 37,5 yang dapat dilihat dalam Tabel 2.2 dan dijelaskan dengan rinci pada Gambar 2.2.

Tabel 2. 2: Batas gradasi agregat kasar (ASTM C – 33 (1986)).

Lubang Ayakan	Persen Lolos Ayakan Diameter Max. 37,5 mm	
	37,5 (1,5 in)	0
25 (1 in)	0	10
12,5 (1/2 in)	25	60
4,75 (No. 4)	95	100
12,5 (1/2 in)	25	60



Gambar 2. 5: Batas gradasi agregat (ASTM C 33, 1986)

2.3. Besi Tulangan

Besi beton adalah besi yang difungsikan pada penulangan kekuatan struktur konstruksi atau biasanya juga dikenal sebagai baja tulangan beton. Baja berbentuk batang bulat yang digunakan untuk pembesian beton, yang dihasilkan dari canai panas (hot rolling) dengan bahan dasar billet (SNI 2052:2017). Beton lemah dalam menahan gaya tarik tanpa retak-retak. Oleh karena itu, beton perlu diberi bantuan kekuatan penulangan untuk meningkatkan kekuatan gaya tarik akibat beban yang timbul dalam suatu system.

Besi beton akan mengalami perubahan dalam segi kekuatan, kondisi fisik dan kekakuan akibat dari aksi seperti pemanasan dan perubahan tersebut tidak sepenuhnya pulih setelah suhu kembali semula. Besi beton yang ditutup atau dilindungi oleh selimut beton, peningkatan suhu terjadi melalui transfer panas. Perlu diketahui bahwa suhu besi beton tidak selalu sama dengan suhu bagian luar yang terbakar. Besi yang terekspos ke sumber panas akan menerima panas lebih banyak dibandingkan besi yang tertutup (Eko et al. 2015).

2.3.1. Jenis Besi Tulangan

Berdasarkan bentuk, besi tulangan beton dibagikan menjadi 2 (dua) jenis yaitu, baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip.

1. Baja tulangan beton polos

Baja tulangan beton polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip, disingkat BjTP.

2. Baja tulangan beton sirip

Baja tulangan beton sirip adalah baja tulangan beton dengan bentuk dimana memiliki sirip melintang dan rusuk memanjang pada permukaan besi yang bertujuan untuk memberi daya lekat lebih dan fungsi menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton, disingkat BjTS.

2.4. Absorpsi

Absorpsi atau penyerapan adalah presentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Air yang terkandung di dalam agregat akan mempengaruhi jumlah air yang diperlukan di dalam campuran (*mix*). Agregat yang basah akan membuat campuran lebih basah dan meningkatkan faktor air semen, dan sebaliknya agregat yang kering akan menyerap air campuran dan menurunkan kelekakan beton. Bobot isi adalah perbandingan massa dalam keadaan kering dengan bobot dalam kondisi jenuh air (Hunggurami, Utomo, and Wadu 2014).

Absorpsi pada beton dapat dihitung dengan menggunakan pers. 2.1 sebagai berikut:

$$Absorpsi = \frac{B-A}{A} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

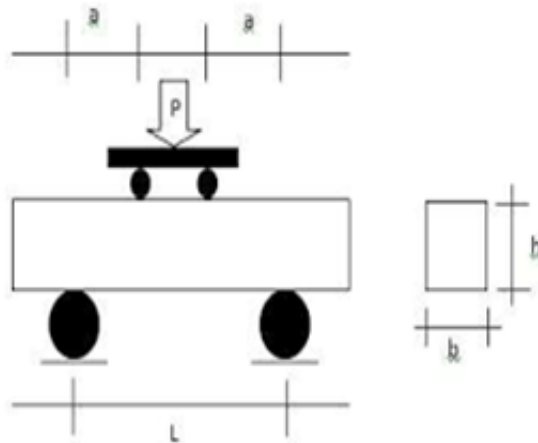
A = Berat benda uji kering (kg)

B = Berat benda uji setelah perndaman (kg)

2.5. Kuat Tarik Lentur Beton

Kuat lentur beton merupakan kemampuan balok yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal

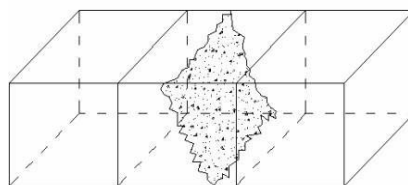
(MPa) gaya per satuan luas (SNI 2011). Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok. Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur, yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni.



Gambar 2. 6: Uji kuat tarik lentur beton.

Dalam (SNI 2011) dijelaskan bahwa besarnya kuat lentur beton dapat dihitung berdasarkan dari posisi keretakan yang terjadi pada balok, yaitu :

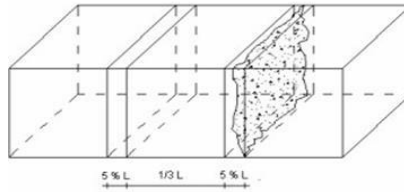
1. Patah pada 1/3 bentang tengah



Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di daerah pusat digunakan persamaan berikut :

$$\sigma_1 = \frac{p \times L}{B \times h^2} \quad (2.2)$$

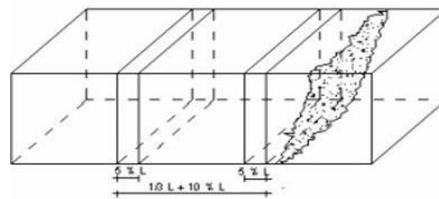
2. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada < 5% dari bentang



Untuk pengujian dimana bidang patah terletak di luar daerah pusat maka digunakan persamaan berikut :

$$\sigma_1 = \frac{p \times a}{B \times h^2} \quad (2.3)$$

3. Patah diluar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada > 5% dari bentang.



Untuk jarak patah diluar 1/3 bentang dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah > 5% maka hasil pengujian tidak digunakan.

Dimana :

σ_1 = Kuat lentur benda uji (MPa)

P = Beban tertinggi yang dibaca pada mesin uji (N)

L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

B = Tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h = Lebar tampang lintang arah vertical (mm)

a = Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat diukur pada 4 sudut dari bentang (mm)

2.6. Bambu

Bambu berdasarkan pertumbuhannya, dapat dibedakan dalam dua kelompok besar, yaitu bambu *sympodial* dan bambu *monopodial*. Bambu *sympodial* tumbuh dalam bentuk rumpun, setiap *rhizome* hanya akan menghasilkan satu batang bam-

bu, bambu muda tumbuh mengelilingi bambu yang tua. Bambu *sympodial* tumbuh di daerah tropis dan subtropis, sehingga hanya jenis ini saja yang dapat dijumpai di Indonesia. Bambu *monopodial* berkembang dengan *rhizome* yang menerobos ke berbagai arah di bawah tanah dan muncul ke permukaan tanah sebagai tegakan bambu yang individual (Fahrina and Gunawan 2014).

Menurut (Nurmayadi 2017), beberapa hal yang mempengaruhi sifat fisis pada bambu adalah umur, posisi ketinggian, diameter, tebal daging bambu, posisi beban (pada buku atau ruas), posisi radial dari luar sampai ke bagian dalam dan kadar air bambu. Titik jenuh serat bambu 20-30%. Bagian dalam bambu lebih banyak mengandung lengas (air bebas), daripada bagian luar. Bagian buku-buku (nodes) mengandung +10% lebih sedikit kadar airnya dari pada bagian ruasnya. Bambu kurang tahan jika dipergunakan sebagai tulang beton karena daya serap airnya bisa mencapai 300%. Hal ini karena bambu memiliki sifat *higroskopis* sehingga bambu mempunyai potensi kembang susut yang cukup besar. Maka dari itu, penggunaan bambu sebagai tulangan beton perlu dilakukan treatment khusus pada bambu seperti melapisi bambu dengan bahan kedap air seperti cat atau vernis dan pemilihan bambu yang memiliki usia yg sudah tua karena faktor daya serap dan kelembapannya kecil, serta bambu juga dapat dikurangi kadar airnya dengan cara di oven pada suhu $\pm 103^{\circ}\text{C}$ dengan uji kadar air bambu.

Bambu merupakan tanaman yang mampu tumbuh dimana – mana dan kapasitas produksi bambu pertahunnya cukup melimpah. Bambu dipilih sebagai tulangan alternatif beton karena merupakan produk hasil alam yang *renewable*, murah, mudah ditanam, pertumbuhan cepat, dapat mereduksi efek *global warming* serta memiliki kuat tarik sangat tinggi yang dapat dipersaingkan dengan baja. Bambu mempunyai kekuatan tarik yang cukup tinggi, antara 100 – 400 Mpa, setara dengan $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{1}{4}$ dari tegangan ultimate besi (Budi, 2010). Penelitian (Morisco, 1999) menunjukkan bahwa kuat tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm². Kekuatan tarik bambu sejajar serat antara 200 – 300 Mpa beberapa jenis bambu melampaui kuat tarik baja mutu sedang. Bambu mempunyai serat yang sejajar, sehingga kekuatan terhadap gaya normal cukup baik, bambu berbentuk pipa sehingga momen lembamnya cukup tinggi oleh karena itu bambu cukup baik untuk

memikul momen lentur dan berat bambu sekitar 1/9 dari berat besi (Nurmayadi 2017).

2.6.1. Bambu Petung

Bambu Betung (*D. asper*) memiliki nama daerah yaitu pring petung (Jawa) dan awi bitung (Sunda). Jenis bambu ini tumbuh dengan baik di tanah *alluvial* di daerah tropika yang lembab dan basah, tetapi bambu ini juga tumbuh di daerah yang kering di dataran rendah maupun dataran tinggi. Bambu betung memiliki bentuk rumpun *sympodial*, tegak dan padat. Rebung berwarna hitam keunguan, tertutup bulu berwarna coklat hingga kehitaman. Tinggi batang mencapai 20 m, lurus dengan ujung melengkung. Pelepah buluh mudah luruh tertutup buluh hitam hingga coklat tua (Wonlele, Dewi, and Nurlina 2013).

Bambu betung memiliki buluh yang tebal umumnya dianggap kuat dan awet; pada kadar air 8% kerapatan kayunya antara 0,7-0,8 g/cm³. Pada kadar air 15%, keteguhan patah bambu betung adalah 103 N/mm²; keteguhan tekan sejajar arah serat 31 N/mm²; dan keteguhan gesernya 7,3 N/mm². Pada penelitian ini bambu petung yang digunakan memiliki dimensi \varnothing 55 mm dengan ketebalan 6 mm serta panjang 520 mm.



Gambar 2. 7: Bambu Petung

2.6.2. Bambu Tali

Bambu Tali (*Gigantochloa apus*) Kurz memiliki nama daerah pring tali, pring apus (jawa), awi tali (Sunda). Tumbuh di daerah tropis yang lembab dan juga di

daerah yang kering. Rebung hijau tertutup bulu coklat dan hitam. Buluh tingginya mencapai 22 m dan lurus. Pelepah batang tidak mudah luruh, tertutup bulu hitam atau coklat. Salah satu kegunaannya adalah untuk bahan bangunan (Wonlele, Dewi, and Nurlina 2013).

Bambu Tali menyebar luas di wilayah Asia tropis: India, Indocina, dan Kawasan Malesia, asal usul bambu tali diperkirakan dari wilayah Burma (Tenasserim) dan Thailand selatan. Berat jenis bambu tali berkisar antara 0,50-0,67. Bilah bambu yang diambil dari buluh berusia 3 tahun yang dikeringkan di udara (kadar air 15,1%) memiliki sifat-sifat mekanis, berturut-turut untuk bilah dengan buku dan tanpa buku, sbb.: keteguhan patah 87,5 N/mm² dan 74,9 N/mm²; keteguhan tekan sejajar arah serat 37,5 N/mm² dan 33,9 N/mm²; keteguhan geser 7,47 N/mm² dan 7,65 N/mm²; serta keteguhan tarik sebesar 299 N/mm². Pada penelitian ini bambu tali yang digunakan memiliki dimensi Ø 55 mm dengan ketebalan 5 mm serta -panjang 520 mm.



Gambar 2. 8: Bambu Tali

2.6.3. Keunggulan Bambu

Keunggulan bambu menurut beberapa sumber adalah sebagai berikut:

- A. Menurut (Fakhruzzy 2018) beberapa keunggulan bambu antara lain:
 1. Bambu mudah ditanam dan tidak memerlukan pemeliharaan secara khusus. Oleh karena itu bambu dapat tumbuh dimana saja, baik di lahan kering maupun lahan basah.

2. Budidaya bambu tidak memerlukan investasi yang besar, karena setelah bambu tumbuh pada posisi yang cukup mantap maka akan sendirinya bambu tumbuh secara terus menerus tanpa harus menanam lagi.
 3. Pada masa pertumbuhan, bambu tertentu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam, atau 120 cm per hari. Berbeda dengan pohon kayu hutan yang 12 baru siap ditebang dengan kualitas baik setelah berumur 40-50 tahun. Sedangkan bambu dengan kualitas baik dapat diperoleh pada umur 3-5 tahun. Dengan sifat ini, bambu dapat berperan dalam menjaga kestabilan lingkungan.
 4. Tanaman bambu mempunyai ketahanan yang luar biasa. Rumpun bambu yang telah dibakar, masih dapat tumbuh lagi, bahkan pada saat Hiroshima dijatuhkan bom atom sampai rata dengan tanah, bambu adalah satu-satunya jenis tanaman yang masih dapat bertahan hidup.
 5. Bambu mempunyai kekuatan yang cukup tinggi, dimana kuat tariknya dapat dipersaingkan dengan baja, namun sangat ringan dimana berat jenisnya yang berkisar di bawah satu, sehingga relatif aman terhadap gempa.
 6. Bambu berbentuk pipa, sehingga momen kelembamannya tinggi, oleh karena itu bambu cukup baik untuk memikul momen tarik. Ditambah dengan sifat bambu yang elastis sehingga struktur bambu mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban gempa maupun angin.
 7. Dari segi ekonomi, bambu relatif lebih murah dibandingkan dengan material yang lain, selain itu bambu memiliki nilai estetika yang tinggi, sehingga bambu sudah banyak digunakan sebagai kerajinan tangan.
- B. Menurut (Fahrina and Gunawan 2014) kelebihan bambu antara lain:
1. Bambu bersifat kosmopolit, yaitu dapat bertahan hidup dalam segala cuaca, baik di daerah panas maupun dingin, di dataran rendah, tebing maupun pegunungan.
 2. Bambu memiliki sifat dasar kayu karena bisa digunakan untuk konstruksi rumah, jembatan, barang kerajinan, dll.

2.6.4. Kekurangan Bambu

Selain beberapa kelebihan yang dimiliki oleh bambu, bambu juga memiliki beberapa kelemahan antara lain:

A. Menurut (Fakhruzzy 2018) kelemahan bambu antara lain:

1. Bambu mempunyai durabilitas yang sangat rendah, bambu sangat potensial untuk diserang kumbang bubuk, sehingga bangunan atau perabot yang terbuat dari bambu tidak awet.
2. Kekuatan sambungan bambu pada umumnya sangat rendah karena perangkaian batang-batang struktur bambu sering kali dilakukan secara konvensional memakai paku, pasak, atau tali ijuk.
3. Kelangkaan buku petunjuk perancangan atau standar berkaitan dengan bangunan yang terbuat dari bambu.
4. Sifat bambu yang mudah terbakar. Sekalipun cara-cara untuk menjadikan bambu tahan terhadap api, namun biaya yang dikeluarkan relatif cukup mahal.
5. Bambu memiliki kuat geser yang rendah sehingga seringkali kelemahan konstruksi bambu ada pada kuat gesernya.
6. Bambu mempunyai tegangan yang tinggi meskipun itu terjadi pada kuat tarik yang tinggi, karena sifat ini, nilai modulus elastisitas bambu cukup rendah sehingga kurang cocok bila dijadikan tulangan pada beton. Hal tersebut juga mengakibatkan desain struktur bambu seringkali ditentukan oleh batasan defleksinya atau deformasinya daripada kekuatannya.
7. Kecenderungan opini yang berkembang di masyarakat yang sering menghubungkan bambu dengan kemiskinan, dimana masyarakat segan tinggal di rumah bambu karena takut dianggap miskin.

B. Menurut (Fahrina and Gunawan 2014) kelemahan bambu antara lain:

1. Bambu masih sedikit digunakan.
2. Ketidakseragaman panjang ruas.
3. Ketidakawetan terhadap organisme perusak.

2.7. Kadar Air Bambu

Kadar air pada bambu merupakan kandungan air yang terdapat di dalam bambu. Kadar air bambu sangat bergantung pada cuaca dan akan relatif tetap pada kondisi kering udara. Kadar air bambu dalam kondisi kering udara adalah maksimum 20%. Uji kadar air bambu dilakukan dengan cara memasukkan benda uji (bambu) ke dalam oven dengan suhu sebesar $\pm 103^{\circ}\text{C}$ (SNI 8020-2014).

Kadar air pada bambu dapat dihitung dengan pers. 2.3 berikut :

$$Ka (\%) = \frac{BA - BKT}{BKT} \times 100 \% \quad (2.4)$$

Keterangan :

Ka = kadar air bambu (%)

BA = benda uji sebelum di oven (gram)

BKT = benda uji kering oven (gram)

2.8. Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini dicantumkan beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya yang dianggap mempunyai keterkaitan sehingga dapat dijadikan sebagai studi 21eknik21. Beberapa penelitian tersebut yaitu :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Suci Indah Suryani pada Desember 2016 dengan judul Kuat Lentur Balok Beton Tulangan Bambu Petung Vertikal, menghasilkan kesimpulan :
 - a. P maksimum yang terjadi pada balok bertulangan bambu petung 21eknik2121 ukuran 10 x 5 mm adalah 6,58 kN dan balok bertulangan baja D 7,45 mm adalah 22,83 kN
 - b. Kuat lentur rerata balok bertulangan bambu ukuran 10 x 5 mm didapat sebesar 3,98 N/mm² dan balok bertulangan baja D 7,45 mm didapat sebesar 12,3693 N/mm² .
 - c. Kuat lentur rerata balok bertulangan bambu ukuran 10 x 5 mm setara 32,18 % dari balok bertulangan baja D 7,45 mm.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Abdul Rachmat Jumadi S. pada Januari 2022 dengan judul Studi Eksperimental Kombinasi Besi Dan Bambu Sebagai Tulangan Balok Beton Bertulang menghasilkan kesimpulan :
 - a. Kemampuan Bambu semua (B) menerima beban maksimum sebesar 1,1 KN dengan defleksi maksimum sebesar 36,9 mm. Dan kemampuan Besi semua (BS) menerima beban maksimum sebesar 2,3 KN dengan defleksi sebesar 19,3 mm. Sedangkan apabila bambu dan besi dikombinasikan kemampuan besi 1 bambu 2 (BSB2) menerima beban maksimum sebesar 1,1 KN dengan defleksi maksimum sebesar 18,1 mm dan kemampuan besi 2 bambu 1

(BS2B) menerima beban maksimum sebesar 1,9 KN dengan defleksi maksimum sebesar 24,2 mm.

- b. Pengaruh penggunaan bambu terhadap besi apabila bambu lebih banyak digunakan didalam tulangan, maka kemampuan menerima beban lebih kecil dan defleksi yang terjadi semakin besar. Tetapi, apabila besi lebih banyak yang digunakan didalam tulangan dan dikombinasikan bersma bambu maka, kemampuan menerima beban dan defleksi 22eknik mencapai tulangan yang menggunakan besi semua.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Reni Nuraeni dkk pada Agustus 2018 dengan judul kajian kapasitas lentur balok beton bertulangan bambu petung-menghasilkan kesimpulan : kuat lentur sampel balok bertulangan baja dan bambu, dapat disimpulkan bahwa sampel tipe TB4 dengan kombinasi bentuk tulangan bambu berpenampang $\frac{1}{4}O$ dengan takikan tidak sejajar berjarak 2 cm menghasilkan kuat lentur paling besar dibandingkan dengan balok beton bertulangan bambu tipe lainnya. Kuat lentur yang dihasilkan sampel balok tipe TB4 pada umur 28 hari sebesar 10,167 Mpa, selisih kuat lentur sebesar 1,833 Mpa jika dibandingkan dengan nilai kuat lentur balok tipe TP.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembuatan beton bertulang dengan penambahan bambu utuh berdiameter berbeda yakni bambu petung dan bambu tali adalah dengan menggunakan metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data.

3.2. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu :

1. Persiapan

Tahap ini berupa persiapan peralatan yang akan digunakan dan pengujian material utama pembuatan benda uji yaitu agregat kasar, agregat halus, semen dan air yang akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

2. Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

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

3. Perencanaan Campuran

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

4. Perakitan Tulangan Besi

Pada tahapan ini besi tulangan utama $\varnothing 8$ mm dan sengkang $\varnothing 6$ mm dirakit menjadi tulangan beton dengan jumlah tulangan utama sebanyak 4 buah dan Sengkang 3 buah dengan jarak sengkang per 10 cm.

5. Persiapan Bambu

Pada tahapan ini bambu petung dan bambu tali yang sudah disiapkan dengan Panjang 60 cm dengan kadar air maksimum 20%, selanjutnya dimodifikasi kekasarannya dengan lilitan kawat.

6. Pembuatan Benda Uji

Pada tahapan ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a. Pembuatan adonan beton.
- b. Pengujian slump test yang mengacu pada SNI 1972:2008.
- c. Memasukkan tulangan besi dan bambu ke cetakan balok.
- d. Pengecoran ke dalam cetakan balok.
- e. Pelepasan benda uji dari cetakan balok.

7. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam balok beton didalam bak selama 28 hari.

8. Pengujian Beton

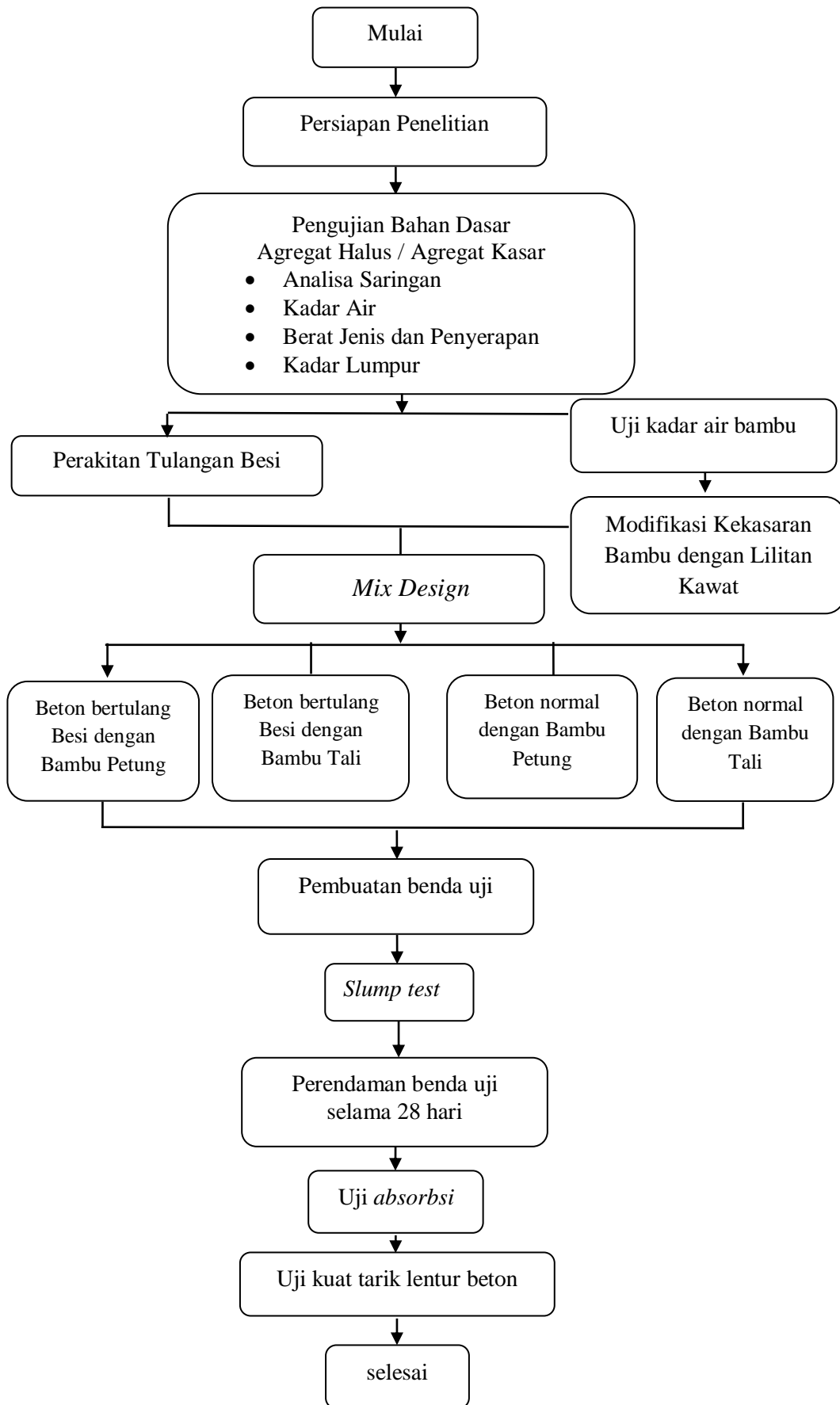
Pada tahapan ini beton yang telah berumur 28 hari selanjutnya dilakukan pengujian absorpsi dan kuat tarik lenturnya.

9. Analisis Data dan Pembahasan

Hasil dari pengujian kuat tarik lentur beton yang telah didapat selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan bantuan program Microsoft Excel, kemudian dilakukan pembahasan terkait hasil pengujian yang diperoleh.

10. Penarikan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan terakhir dari penelitian ini. Dalam tahapan ini data yang sudah dianalisis dibuat suatu kesimpulan penelitian yang berhubungan dengan tujuan penelitian, selain itu di buat juga saran-saran untuk penelitian selanjutnya. Secara keseluruhan tahapan penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3. 1: Bagan alir

3.3. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara untuk setiap uji yang dilakukan, mulai dari pembuatan beton, tulangan besi, perendaman beton, uji kadar air bambu, uji absorpsi, namun untuk uji kuat tarik lentur beton akan dilakukan di laboratorium Universitas Sumatera Utara. Waktu penelitian yang direncanakan adalah kurang lebih dua bulan.

3.4. Sumber Data Dan Teknik Pengambilan Data

3.4.1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu :

Tabel 3. 1: Sumber data pengujian.

No	Nama Pengujian	Sumber
1	Analisa saringan agregat	SNI 03-1968-1990
2	Berat jenis dan penyerapan agregat kasar	SNI 1969, 2008
3	Berat jenis dan penyerapan agregat halus	SNI 1970, 2008
4	Pemeriksaan berat isi agregat	SNI 03-4804, 1998
5	Pemeriksaan kadar air agregat	SNI 1971, 2011
6	Pemeriksaan kadar lumpur	SNI 03-4142, 1996
7	Perencanaan campuran beton (<i>Mix Design</i>)	SNI 03-2834-2000
8	<i>Slump test</i>	SNI 1972:2008
9	Pembuatan dan perawatan benda uji beton	SNI 2493:2011
10	Uji <i>absorpsi</i>	SNI 03-6433-2000
11	Uji kadar air bambu	SNI 8020-2014
12	Uji kuat tarik lentur beton	SNI 4431-2011

3.4.2. Data Sekunder

Data sekunder untuk penelitian ini diperoleh dari beberapa buku dan jurnal-jurnal yang berhubungan dengan teknik beton dan uji kuat tarik lentur beton, referensi pembuatan beton seperti buku SNI dan ASTM (*American Society For Testing And Materials*). Konsultasi dengan dosen pembimbing secara langsung serta

tim pengawas laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.5. Alat dan Bahan

3.5.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Alat-alat penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 2: Alat-alat penelitian.

No	Nama Alat	Kegunaan
1	<i>Flexural Machine</i>	Menguji kuat tarik lentur beton
2	Saringan Agregat Kasar	Memisahkan agregat kasar sesuai ukuran
3	Saringan Agregat Halus	Memisahkan agregat halus sesuai ukuran
4	Cetakan Balok	Mencetak benda uji
5	Oven	Mengeringkan agregat kasar, agregat halus dan bambu
6	<i>Kerucut Abrams</i>	Uji <i>slump test</i>
7	<i>Mixer Beton</i>	Membuat campuran beton
8	Timbangan	Untuk menimbang benda uji
9	Tongkat Penumbuk	Memadatkan benda uji
10	Triplek Ukuran 1 x 2 m	Alas dalam pengujian <i>slump test</i>
11	Bak Perendaman	Untuk merendam benda uji
12	Pan	Wadah saat menyaring agregat
13	Penggaris	Untuk mengukur benda uji dan <i>slump flow</i>
14	Spidol	Untuk memberikan tanda pada benda uji
15	Sekop tangan	Mengaduk dan memasukan agregat ke dalam cetakan
16	Sendok semen	Meratakan campuran beton saat diletakan Dicetakan

Lanjutan.

17	Skrap	Meratakan campuran beton
18	Masker	Untuk melindungi pernapasan dari debu
19	Sarung tangan	Melindungi tangan
20	Tang	Melilitkan kawat pada bambu

3.5.2. Bahan

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

1. Semen Portland

Semen Portland yang digunakan pada penelitian ini merupakan semen Portland tipe I. Pengamatan yang dilakukan terhadap semen berupa kondisi fisik keutuhan kemasan semen dan kehalusan butiran semen atau butiran berwarna abu-abu, halus, dan tidak terdapat yang menggumpal.



Gambar 3. 2: Semen Portland

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos saringan no. 4. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.



Gambar 3. 3: Agregat Halus

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini merupakan agregat yang lolos saringan no. 1,5. Agregat yang digunakan berasal dari Binjai, Sumatera Utara.



Gambar 3. 4: Agregat Kasar

4. Air

Pada pembuatan benda uji digunakan air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Air yang digunakan pada penelitian ini untuk membantu reaksi semen menjadi pasta semen sehingga dapat mengikat agregat dan perawatan pada beton setelah di cor.



Gambar 3. 5: Air

5. Tulangan Besi

Tulangan yang digunakan pada penelitian ini adalah besi dengan dimensi \varnothing 8 mm dengan panjang 30 cm untuk tulangan utama dan \varnothing 6 mm dengan panjang 65 cm untuk tulangan Sengkang. Satu sampel beton menggunakan 4 tulangan utama dan 3 tulangan Sengkang dengan total 8 sampel menjadi 32 tulangan utama dan 24 tulangan Sengkang.



Gambar 3. 6: Tulangan Besi

6. Bambu Petung dan Bambu Tali

Bambu yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis bambu petung dan bambu tali. Bambu petung yang digunakan memiliki dimensi \varnothing 55 mm dengan ketebalan 6 mm serta panjang 520 mm. Sementara bambu tali yang digunakan memiliki dimensi \varnothing 55 mm dengan ketebalan 5 mm serta panjang 520 mm.



Gambar 3. 7: Sampel Bambu

7. Kawat

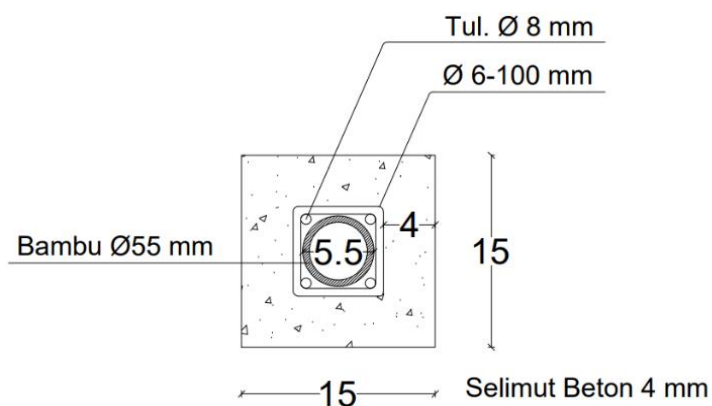
Kawat digunakan untuk dililitkan mengelilingi bagian luar bambu sebagai bentuk modifikasi kekasaran permukaan bambu agar beton tidak terjadi slip ketika mengeras karena permukaan bambu yang licin serta meningkatkan kuat lekat bambu dengan beton. Kawat yang digunakan adalah kawat beton.



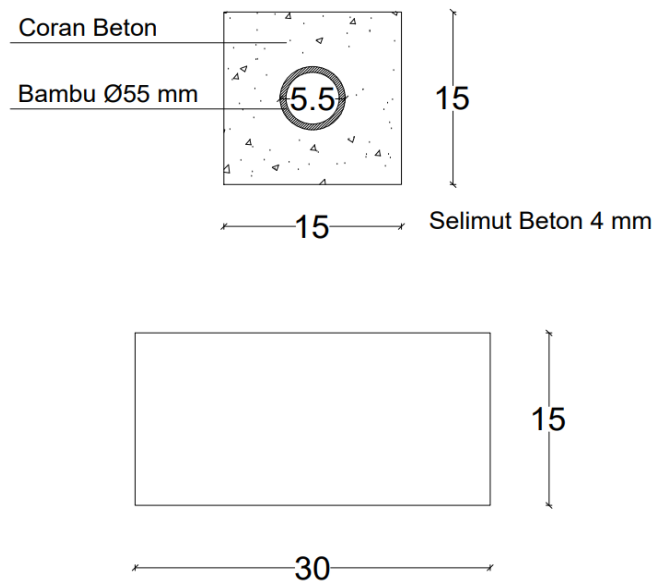
Gambar 3. 8: Kawat Beton

3.6. Desain Benda Uji

Penelitian menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm dan panjang 60 cm, dengan total 13 sampel beton bertulang dengan dua variasi bambu yang masing-masing variasi berjumlah 3 sampel. Desain benda uji dapat dilihat dalam bentuk Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 serta Tabel 3.3 berikut :



Gambar 3. 9 : Beton Bertulang dengan Bambu Petung/Tali



Gambar 3. 10: Beton Normal dengan Bambu Petung/Tali

Tabel 3. 3: Desain benda uji.

No	Kode Benda Uji	Besi Tulangan Utama	Besi Tulangan Sengkang	Bambu Petung	Bambu Tali	Jumlah Sampel
1	BTBP	Ø 8 mm	Ø 6 mm	Ø 55 mm	-	3
2	BTBT	Ø 8 mm	Ø 6 mm	-	Ø 55 mm	3
3	BTNP	Ø 8 mm	Ø 6 mm	Ø 55 mm	-	3
4	BTNT	Ø 8 mm	Ø 6 mm	-	Ø 55mm	3
5	BTN	-	-	-	-	1
Jumlah						13

3.7. Langkah Langkah Pemeriksaan Agregat

3.7.1. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan air pada agregat yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pengujian ini dilakukan berdasarkan (SNI 1969:2008).

Prosedur pengujian:

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

3.7.2. Analisa Gradasi Agregat

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

Prosedur pengujian :

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

4. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan.
5. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengayak selama 15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
6. Kemudian berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang.

3.7.3. Kadar Lumpur Agregat

Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat (SNI 03-4142-1996).

Prosedur pengujian :

1. Benda uji dimasukkan dengan berat 500 gram Kemudian ditimbang (W1).
2. Lalu benda uji dimasukkan ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Wadah diguncang-guncangkan hingga kotoran-kotoran pada benda uji hilang dan diulangi pekerjaan di atas sampai air cucian menjadi bersih.
4. Kemudian semua bahan dikembalikan ke dalam wadah, lalu seluruh bahan tersebut dimasukkan ke dalam talam yang telah diketahui beratnya (W2).
5. Lalu benda uji dikeringkan dalam oven sampai berat tetap.
6. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya (W3).
7. Kemudian dihitung berat bahan kering ($W4 = W3 - W2$).

3.7.4. Berat Isi Agregat

Penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton (SNI 03-4808-1998).

Prosedur percobaan berat isi lepas :

1. Langkah pertama adalah balok ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).

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

3.7.5. Kadar Air Agregat

Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan ini mencakup penentuan kadar air yang dapat menguap dari dalam contoh agregat dengan cara pengeringan (SNI 1971:2011).

Prosedur percobaan :

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

3.8. Kadar Air Bambu

Kadar air bambu dilakukan dengan cara menghitung kadar air bambu sebelum dan sesudah bambu dikeringkan dan mempersentasekannya (SNI 8020-2014).

Prosedur percobaan :

1. Timbang berat bambu dan catat (BA).
2. Bambu dimasukkan ke oven dengan suhu $\pm 130^{\circ}\text{C}$.
3. Timbang dan catat kembali berat bambu setelah dikeringkan (BKT).
4. Hitung persentase kadar air bambu ($Ka (\%) = \frac{BA - BKT}{BKT} \times 100\%$).

3.9. Modifikasi Kekasaran Bambu

Cara ini dilakukan untuk meningkatkan kekasaran pada permukaan bambu agar tidak terjadi slip antara beton dan bambu ketika proses pembuatan benda uji. Pada penelitian ini modifikasi kekasaran bambu menggunakan lilitan kawat pada sekeliling bambu.

Prosedur percobaan :

1. Siapkan kawat dan bambu yang telah dicat atau di vernis.
2. Lilitkan kawat ke sekeliling bambu.

3.10. Pembuatan Tulangan Besi

Pada penelitian menggunakan tulangan utama dengan $\varnothing 8$ mm dan Panjang 52 cm sementara tulangan Sengkang yang digunakan $\varnothing 6$ mm dan Panjang 65 cm. kedua besi tulangan dirakit sampai menjadi bentuk tulangan balok beton dengan jumlah 4 besi tulangan utama dan 4 besi tulangan sengkang.

3.11. Slump Test

Langkah-langkah pengujian *slump test* :

1. Basahi kerucut *Abrams* dan plat sebesar 1m x 1m.
2. Letakan plat pada bidang yang datar dan letakkan kerucut *Abrams* secara terbalik tepat di tengah plat.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut *Abrams* hingga penuh lalu ratakan menggunakan skrap dan diamkan selama 1 menit. Angkat kerucut *Abrams* secara tegak lurus secara perlahan-lahan sambil menghitung waktu persebaran adukan menggunakan stopwatch.
4. Mencatat waktu saat sebaran adukan mencapai ukuran diameter 500 mm dan hentikan stopwatch saat sebaran adukan berhenti serta mencatat waktunya.
5. Kemudian ukur lebar sebaran adukan beton menggunakan penggaris secara vertikal dan horizontal.
6. Besar diameter sebaran adukan menunjukkan tingkat kekentalan adukan tersebut, semakin besar diameter yang didapat maka semakin encer pula adukan tersebut.

3.12. Mix Design

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dalam penelitian ini menggunakan pedoman (SNI 03-2834-2000) dan berdasarkan kebutuhan pembuatan benda uji ditambah 10% dengan kemungkinan tercecernya bahan adukan beton selama proses pembuatan benda uji. Adapun langkah-langkah perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kuat tekan beton yang direncanakan ($f'c$) pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar.

Tabel 3. 4: Faktor pengali untuk deviasi standar (SNI 03-2834-2000).

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	$F'c + 12 \text{ Mpa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

3. Menentukan nilai tambah margin berdasarkan Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 5: Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000).

Tingkat Mutu Pekerjaan	M (MPa)
Memuaskan	2,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Buruk	7,0

4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata f_{cr} berdasarkan persamaan 3.5 berikut.

$$f_{cr} = f'c + S + M \quad (3.1)$$

Keterangan :

f_{cr} = kuat tekan rata-rata perlu (MPa)

$f'c$ = kuat tekan yang direncanakan (MPa)

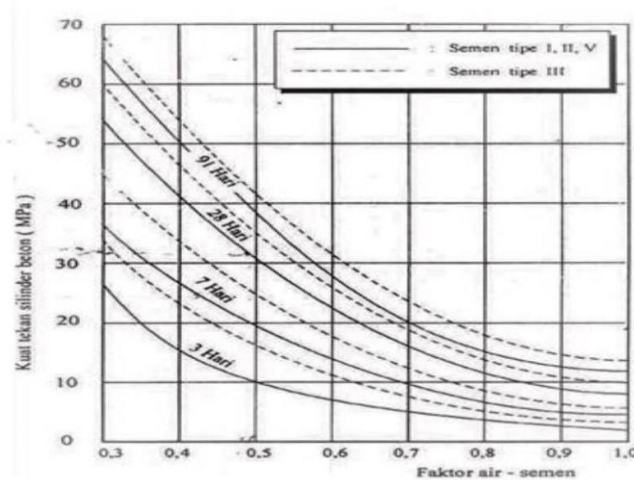
S = standar deviasi

M = nilai tambah margin

5. Menentukan jenis/tipe semen yang digunakan.
6. Penetapan jenis agregat.
7. Penetapan nilai faktor air semen bebas dengan menghubungkan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat menggunakan acuan pada Tabel 3.6 grafik serta pada gambar 3.11.

Tabel 3. 6: Nilai tambah margin (SNI 03-2834-2000).

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (Mpa)				Bentuk Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



Gambar 3. 11: Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (SNI 03-2834-2000)

8. Menentukan faktor air semen maksimum atau dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen digunakan apabila nilai yang diperoleh dari butir 7 diatas atau lebih dari batas maksimum.
9. Menetapkan nilai slump.
10. Menentukan ukuran besar butir agregat maksimum jika tidak ditetapkan.
11. Menentukan nilai kadar air bebas berdasarkan tabel 3.7 berikut.

Tabel 3. 7: Perkiraan kadar air bebas (SNI 03-2834-2000).

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

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen berdasarkan persamaan 3.5 berikut.

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \quad (3.2)$$

Keterangan :

W_{semen} = jumlah semen (kg/m³)

W_{air} = kadar air bebas

Fas = faktor air semen

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen minimum berdasarkan tabel 3.8 berikut.

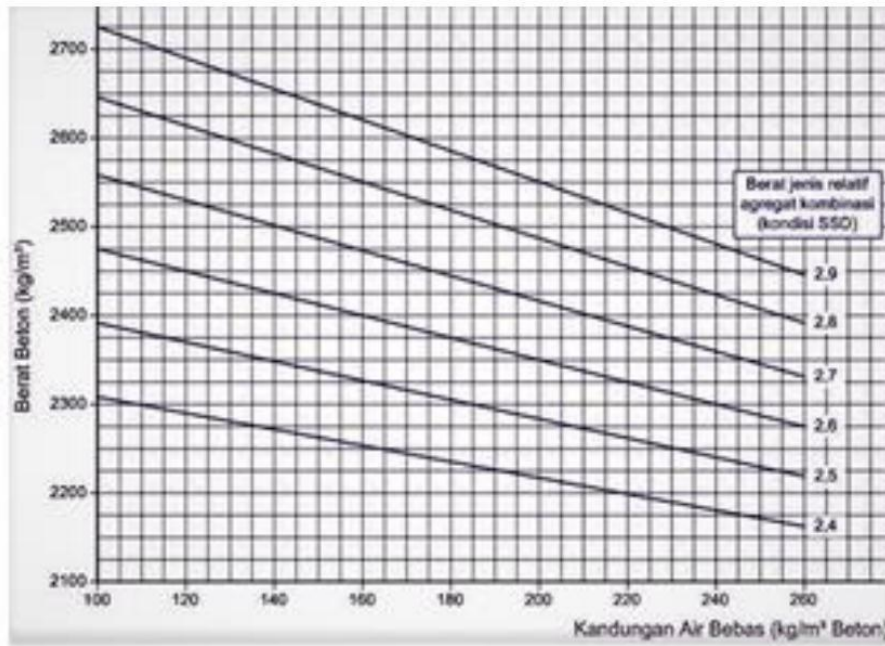
Tabel 3. 8: Persyaratan jumlah semen minimum (SNI 03-2834-2000).

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,62
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif.	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindungan dari hujan dan terik matahari	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti ganti.		
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali tanah.	325	0,55
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		
b. Air laut		

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

16. Menghitung berat jenis relative agregat dari data hasil uji laboratorium.

17. Perkiraan berat isi beton berdasarkan Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3. 12: Hubungan kandungan air dan berat isi beton (SNI 03-2834-2000)

18. Menghitung kadar agregat gabungan berdasarkan berat jenis beton yang dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
19. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir.
20. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan yang dikurangi kadar agregat halus.
21. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
22. Mengkoreksi proporsi campuran berdasarkan volume benda uji.

3.13. Perawatan (*Curing*) Pada Benda Uji

Proses perawatan (*curing*) yang dilakukan untuk benda uji pada penelitian ini berdasarkan ketentuan (SNI 2493:2011). Proses ini dilakukan dengan cara merendam benda uji kedalam bak perendam berisi air. Benda uji direndam setelah mencapai umur rencana (28 hari). Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perendaman benda uji ini adalah sebagai berikut :

1. Keluarkan benda uji dari cetakan.
2. Pastikan benda uji tersebut sudah kering dengan sempurna.
3. Isi bak perendam dengan air bersih dari keran Laboratorium Beton Program

Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

3.14. Uji Absorpsi Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan air untuk bergerak melalui rongga-rongga kapiler melalui permukaan hingga lapisan dalam pada beton ketika benda tersebut bersentuhan dengan air. Biasanya penelitian *absorpsi* diukur dengan menghitung presentase antara perbedaan massa dari kondisi kering dengan kondisi SSD (*saturated surface dry*). (SNI 03-6433-2000)

Prosedur dalam pengujian ini yaitu :

1. Benda uji di timbang terlebih dahulu.
2. Kemudian benda uji di rendam selama 28 hari.
3. Setelah perendaman 28 hari benda uji kemudian di timbang kembali.

3.15. Uji Kuat Tarik Lentur Beton

Pengujian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut (SNI 2493:2011):

1. Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
2. Atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
3. Atur pembebanannya sehingga tidak terjadi benturan.
4. Atur katub-katub pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanannya pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan, dan jaga kecepatannya 8-10 kg/cm² tiap menit.
5. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
6. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji, pada formulir uji sebagaimana lampiran contoh formulir

uji.

7. Ambil benda uji yang telah selesai di uji yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakkan benda uji atau menaikkan alat pembebannya.
8. Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm sedikitnya pada tiga tempat dan ambil harga rata-ratanya.
9. Ukur dan catat jarak rata-rata antara tampang lintang yang patah dari tumpuan luar terdekat pada 4 tempat dibagian tarik pada arah bentang dan ambil harga rata-ratanya.

BAB 4

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1. Tinjauan Umum

Material agregat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan agregat halus yang telah lolos saringan No.8 dan agregat kasar yang telah lolos saringan 1½". Kemudian material agregat dicuci untuk menghilangkan kandungan lumpur dan sampah lainnya, lalu dikeringkan pada lapangan terbuka.

Prosedur pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu terdiri dari tahap persiapan material, pembuatan benda uji dan percobaan pertama. Tahap persiapan pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan jenis agregat. Pemeriksaan dilakukan di laboratorium mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.2. Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari Binjai. Pemeriksaan fisik dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Dalam hal ini agregat halus memiliki peran yang sangat penting dan mempengaruhi kekuatan beton, agar mendapatkan kualitas yang baik maka perlu dilakukan pemeriksaan agregat. Pengujian agregat halus meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air, kadar air, kadar lumpur dan berat isi.

4.3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

<i>FINE AGGREGAT</i> (Agregat Halus) <i>Passing No.4</i> (Lolos Ayakan N0.4)	Sample 1 (gr)	Sample 2 (gr)	Rata- Rata (gr)
<i>Wt. Of SSD Sample in Air (Berat contoh (SSD)kering permukaan jenuh) (B)</i>	500	500	500
<i>Wt. Of Oven Dry Sample (Berat contoh (SSD) kering oven (110o C) Sampai Konstan) (E)</i>	485	487	486
<i>Wt. Of Flask + Water (Berat Piknometer penuh air) (D)</i>	690	694	692
<i>Wt. Of Flask + Water + Sample (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) (C)</i>	991	993	992
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh kering) $E / (B + D - C)$</i>	2.44	2.42	2.43
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD (Berat jenis contoh SSD) $B / (B + D - C)$</i>	2.51	2.49	2.50
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) $E / (E + D - C)$</i>	2.64	2.59	2.61
<i>Absorption $[(B - E) / E] x 100\%$ (%)</i>	3.09	2.67	2.88

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,50 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air

(*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 2,88 %. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 2,88 % dari berat kering agregat sendiri.

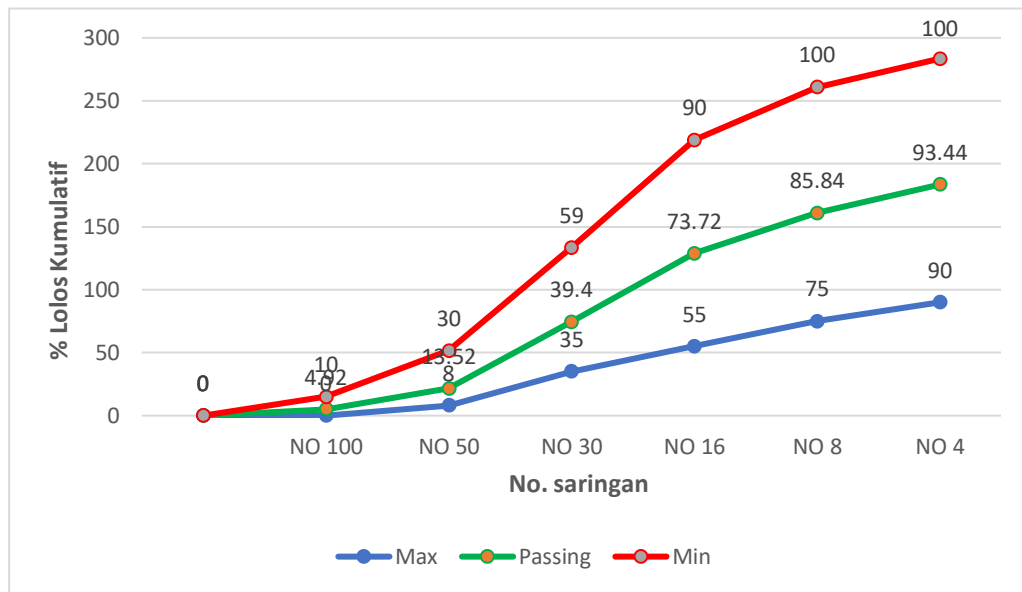
4.3.1. Analisa Gradasi Agregat Halus

Tabel 4. 2: Hasil pengujian analisa gradasi agregat halus dengan batas Zona 2.

	<i>Sample</i> I	<i>Sample</i> II	<i>Total</i> <i>Weight</i>	%			
	(gr)	(gr)	(gr)		<i>Re- tained</i>	<i>Pass- ing</i>	
4.75 (No.4)	79	85	164	6.56	6.56	93.44	90-100
2.36 (No. 8)	90	100	190	7.6	14.16	85.84	75-100
1.18(No.16)	144	159	303	12.12	26.28	73.72	55-90
0.60 (No.30)	446	412	858	34.32	60.6	39.4	35-59
0.30 (No.50)	327	320	647	25.88	86.48	13.52	8-30
0.15 (No.100)	105	110	215	8.6	95.08	4.92	0-10
Pan	59	64	123	4.92	100	0	0-5
Total	1250	1250	2500	50	289.16		

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 289,16 %

$$\begin{aligned}
 \text{FM (Modulus Kehausan)} &= \frac{\text{jumlah \% kumulatif tertahan}}{100} \\
 &= 2,89 \%
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 1: Grafik Gradasi Agregat Halus (Zona 2).

Dari Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM sebesar 2,89 %. Nilai tersebut termasuk sebagai *medium sand*, dimana nilai *fineness modulus range* adalah 2,6 % - 2,9 % berada di zona 2.

4.3.2. Kadar Lumpur Agregat Halus

Tabel 4. 3: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Pengujian	Satuan	sample 1	sample 2	Rata- rata
Berat SSD	gr	1000	1000	1000
Berat SSD setelah dicuci	gr	963	966	964.5
Berat kotoran	gr	37	34	35.5
Persentase kotoran	%	3.7	3.4	3.6

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 3,6%.

Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 5% (SK SNI S-04-1989-F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.3.3. Berat Isi Agregat Halus

Tabel 4. 4: Hasil pengujian berat isi.

Pengujian	Satuan	Cara Le-pas	Cara Tusuk	Cara Penggo-yangan	Rata-rata
Berat contoh	gr	20530	22465	22444	21813
Berat wadah	gr	6498	6498	6498	6498
Berat contoh & wadah	gr	27028	28963	28942	28311
Volume wadah	m ³	15451.15	15451.15	15451.15	15451.15
Berat isi	gr/cm ³	1.33	1.45	1.45	1.41

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,41 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.3.4. Kadar Air Agregat Halus

Tabel 4. 5: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Pengujian	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	1493	1498
Berat contoh SSD	gr	1000	1000

Lanjutan.

Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	1485	1495
Berat wadah	gr	493	498
Berat air	gr	8	3
Berat contoh kering	gr	992	1000
Kadar air	%	0.81	0.30
Rata-rata		0.55	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 0,55%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,81%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,30%.

4.4. Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang diperoleh dari Binjai, secara umum batu pecah ini menunjukkan bahwa mempunyai bentuk ukuran yang bervariasi dengan ukuran maksimal 40 mm. Pada agregat kasar dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan, analisa gradasi, kadar lumpur, berat isi dan kadar air.

4.4.1. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 4. 6: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

<i>COARSE</i> AGREGAT (AGREGAT KASAR)	sampel 1 (gr)	sampel 2 (gr)	Rata-Rata (gr)

Lanjutan.

<i>Wt. Of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	2490	2488	2489
<i>Wt. Of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) keringoven (110° C) Sampai Konstan)(C)	2483	2480	2481.5
<i>Wt. Of SSD Sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) di dalam air) (B)	1555	1550	1552.5
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh kering) $C / (A - B)$	2.67	2.64	2.65
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) $A / (A - B)$	2.66	2.65	2.66
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu) $C / (C - B)$	2.67	2.67	2.67
<i>Absorption</i> (Penyerapan) $[(A - C) / C] \times 100$ % (%)	0.28	0.32	0.30

Dari hasil uji berat jenis didapat Berat jenis SSD (*Saturated Surface Dry*) rata-rata sebesar 2,66 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara 2,2 – 2,7. Penyerapan air (*absorption*) yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,30%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering maka sebesar 0,30% dari berat kering agregat sendiri.

4.4.2. Analisa Gradasi Agregat Kasar

Tabel 4. 7: Hasil pengujian analisa gradasi agregat kasar.

<i>Sieve</i>	<i>Retained Fraction</i>	<i>Cumulative (%)</i>	<i>Limits Gradasi 20 mm</i>

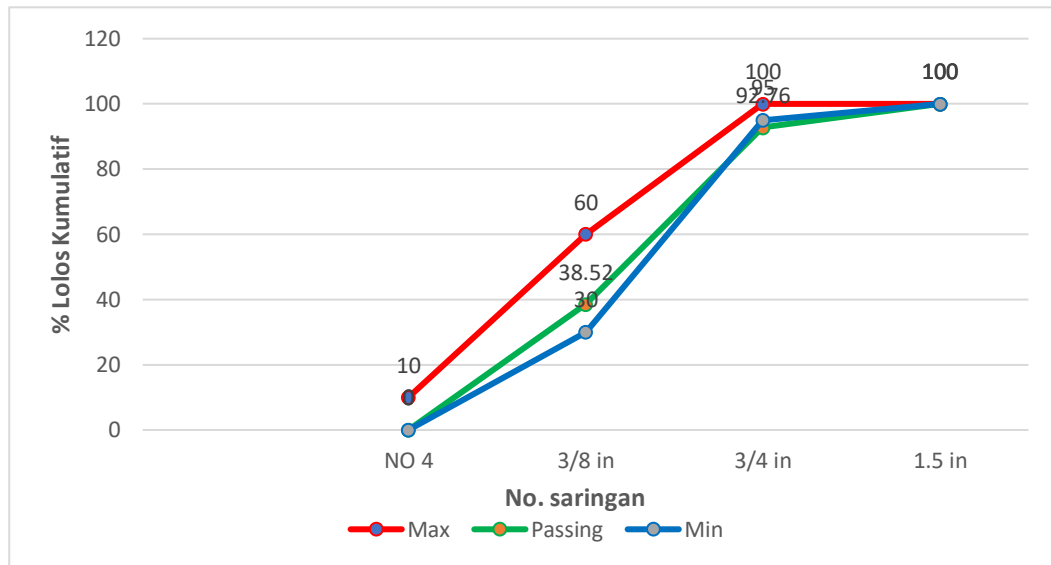
size (mm)	Sample I (gr)	Sample II (gr)	Total Weight (gr)	%			
					Retained	Passing	
38,1 (1.5 in)	0	0	0	0	0	100	100-100
19 (3/4 in)	93	88	181	7.24	7.24	92.76	95-100
9.52 (3/8 in)	699	657	1356	54.24	61.48	38.52	30-60
4.75 (No. 4)	458	505	963	38.52	100	0	0-10
2.36 (No. 8)	0	0	0	0	100	0	
1.18 (No.16)	0	0	0	0	100	0	
0.60 (No.30)	0	0	0	0	100	0	
0.30 (No.50)	0	0	0	0	100	0	
0.15 (No.100)	0	0	0	0	100	0	
Pan	0	0	0	0	100	0	
Total	1250	1250	2500	100			

Jumlah persentase kumulatif yang tertahan = 668,72 %

FM (Modulus Kehausan) = $\frac{\text{Jumlah \% kumulatif tertahan}}{\text{ }}$

100

= 6,69 %



Gambar 4. 2: Grafik Gradasi Agregat Kasar.

Dari Hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat FM sebesar 6,69%. Nilai tersebut memenuhi syarat yang diijinkan ASTM C33 – 93, yaitu 6 - 7% dan agregat kasar terdapat pada daerah gradasi 20 mm.

4.4.3. Kadar Lumpur Agregat Kasar

Tabel 4. 8: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Pengujian	Satuan	sample 1	sample 2	Rata-Rata
Berat SSD	gr	1500	1500	1500
Berat SSD setelah dicuci	gr	1492	1490	1491
Berat kotoran	gr	8	10	9
Persentase kotoran	%	0.53	0.67	0.6

Dari hasil uji Kadar Lumpur didapat persentase kadar lumpur rata-rata 0,6%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diijinkan yaitu maksimal 1% (SK SNI S – 04 – 1989– F), sehingga agregat tidak perlu harus dicuci sebelum pengadukan.

4.4.4. Berat Isi Agregat Kasar

Tabel 4. 9: Hasil pengujian berat isi.

Pengujian	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata-rata
Berat contoh	gr	18628	19721	20340	19563
Berat wadah	gr	6498	6498	6498	6498
Berat contoh & wadah	gr	25126	26219	26838	26061
Volume wadah	cm ³	15451.15	15451.15	15451.15	15451.15
Berat isi	gr/cm ³	1.21	1.28	1.32	1.27

Didapat Berat Isi rata-rata dari hasil pengujian diatas ialah 1,77 gr/cm³, nilai ini masih dalam batas yang diijinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52 – 1980).

4.4.5. Kadar Air Agregat Kasar

Tabel 4. 10: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

Pengujian	Satuan	Sample 1	Sample 2
Berat contoh SSD dan berat wadah	gr	2008	2001
Berat contoh SSD	gr	1500	1500

Lanjutan.

Berat contoh kering oven & berat wadah	gr	2004	1989
Berat wadah	gr	508	501
Berat air	gr	4	12
Berat contoh kering	gr	1496	1488
Kadar air	%	0.27	0.81
Rata-rata		0.54	

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan diperoleh rata-rata kadar air sebesar 0,54%. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali, dengan percobaan pertama didapat hasil kadar air sebesar 0,27%. Sedangkan percobaan kedua didapat hasil kadar air sebesar 0,81%.

4.5. Perencanaan Campuran Dan Kebutuhan Beton

4.5.1. Mix Design Beton

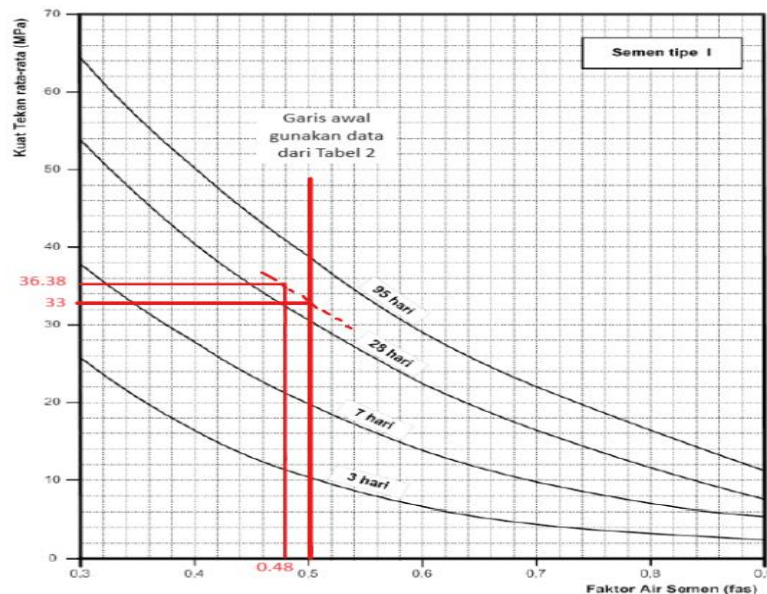
Pada penelitian ini perhitungan *mix design* mengacu pada (SNI 03-2834, 2000) dengan mutu yang direncanakan yaitu 18,68 MPa. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *mix design* :

1. Mutu beton yang digunakan $K= 225$ atau kuat tekan yang direncanakan =18,68 MPa.
2. Menentukan nilai tambah/margin (M)

Nilai tambah dapat dilihat pada SNI 03-2834, 2000, karena jumlah pengujian yang dibuat adalah 10 buah maka jumlah sata uji tersebut kurang dari 15 buah, oleh karena itu kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari $(f'_c + 12 \text{ MPa})$.

3. Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan (f_{cr}) = $f'_c + 12 \text{ MPa} + M$
 $f_{cr} = 18,68 + 12 + 5,7$
 $f_{cr} = 36,38 \text{ MPa}$
4. Jenis semen ditetapkan menggunakan semen Portland tipe 1.
5. Jenis agregat halus yang digunakan, yaitu alami, menggunakan pasir Binjai.
6. Agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah berasal dari *quarry* Binjai dengan ukuran maksimal 40 mm.
7. Penetapan Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen ditentukan berdasarkan kuat tekannya. Pada Tabel 2.1, jenis semen tipe 1, dengan jenis agregat kasar batu alami benda uji balok memiliki kuat tekan 36,38 MPa dan kuat lentur 7,78 MPa pada umur 28 hari dan FAS yang digunakan 0,48. Karena kuat tekan yang ditargetkan (f_{cr}) adalah 36,38 MPa. Maka penarikan garis tidak diperlukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3: Hubungan faktor air semen dan kuat tekan.
(SNI 03-2834, 2000)

8. Penetapan Kebutuhan Air
 Penentuan kebutuhan air dapat digunakan berdasarkan Tabel 3.6, berikut urutan penentuan kebutuhan air:
 - a. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah

sebesar 40 mm.

- b. Penetapan nilai slump, nilai slump berpengaruh terhadap workability, pada penelitian ini penetapan nilai slump sebesar 60-180 mm.
- c. Maka diperoleh:
Batu tak dipecah / alami = 175
Batu pecah (W_k) = 205
- d. Kebutuhan air = $\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$

$$\text{Kebutuhan air} = \frac{2}{3} 175 + \frac{1}{3} 205 = 185 \text{ kg/m}^3$$

9. Penetapan jumlah semen minimum.

Berdasarkan tabel 3.6 didapatkan jumlah semen minimum sebagai berikut:

$$\text{Jumlah semen} = \text{kebutuhan air} / \text{fas} \quad (4.1)$$

$$\text{Jumlah semen} = 185 / 0,48$$

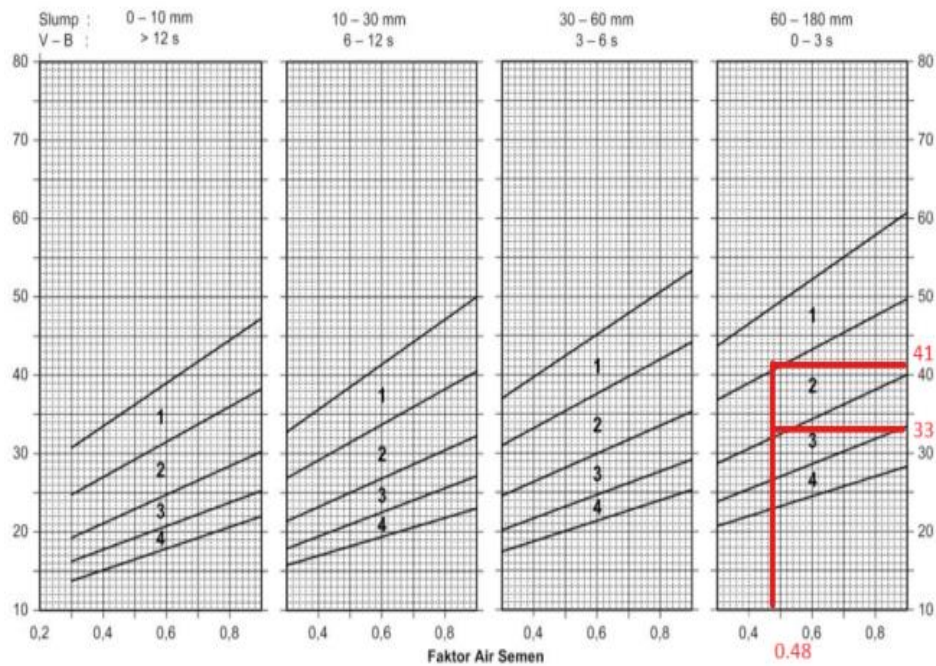
$$\text{Jumlah semen} = 385,4 \text{ kg/m}^3$$

Kadar semen minimum dengan jenis pembetonan beton didalam ruangan bangunan serta beton berada pada lingkungan tidak korosif adalah 275 kg/m^3 .

Berdasarkan perhitungan, jumlah semen lebih besar dibandingkan dengan kadar semen minimum maka digunakan jumlah semen $385,4 \text{ kg/m}^3$.

10. Penentuan Persentase Agregat

- a. Cara menentukan persentase agregat yang pertama yaitu kita harus dapat menentukan batas bawah dan batas atas terlebih dahulu pada gambar 4.4 dibawah. Pertama menentukan titik faktor air semen (FAS) yaitu 0,48 berdasarkan perhitungan sebelumnya.
- b. Setelah faktor air semen (FAS) sudah ditentukan lalu menarik garis lurus pada gradasi yang sudah ditentukan sebelumnya yaitu gradasi 2.



Gambar 4. 4: Penentuan persentase pasir terhadap kadar total agregat.

(SNI 03-2834, 2000).

- c. Setelah garis faktor air semen (FAS) sudah bersinggungan dengan garis tegak lurus kearah kanan, sehingga didapatkan batas dan arah batasnya.
- d. Dari gambar 4.4 maka didapatkan nilai batas atas dan batas bawah sebagai berikut:

Batas bawah : 33

Batas atas : 41

Persentase agregat halus : $\frac{33+41}{2} = 37\%$

Persentase agregat kasar : $100\% - 37\% = 63\%$

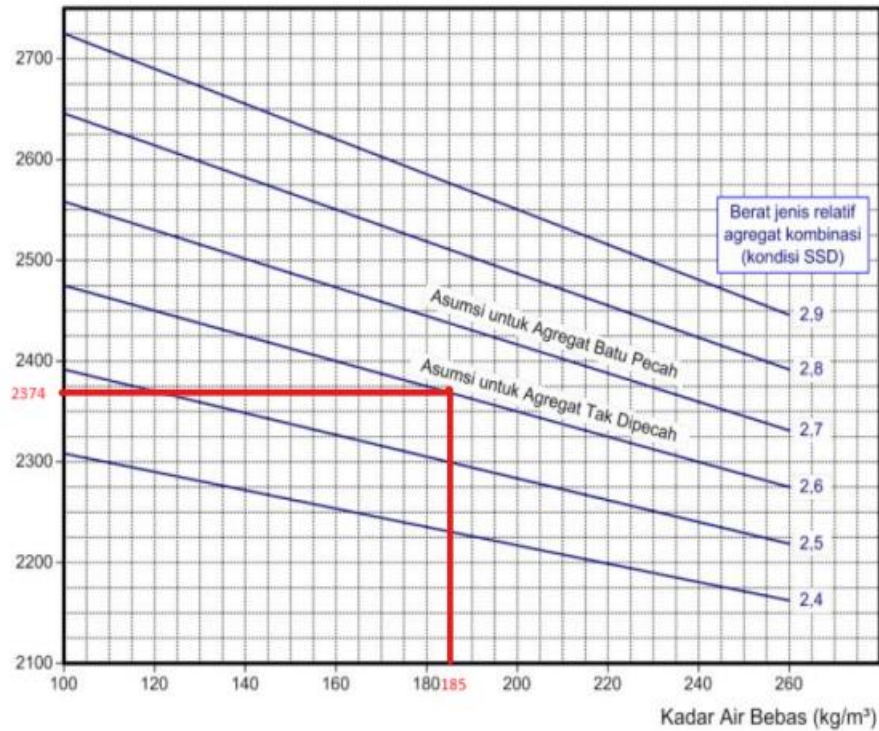
11. Berat jenis agregat

a. Berat jenis SSD pasir : 2,50

b. Berat jenis SSD kerikil : 2,66

c. Berat isi gabungan : $(\frac{37}{100} \times 2,50) + (\frac{63}{100} \times 2,66) = 2,60$

12. Penentuan Berat Isi Beton



Gambar 4. 5: Penentuan berat isi beton basah.

(SNI 03-2834, 2000)

Dari gambar diatas diperoleh berat isi beton adalah 2374 kg/m³.

13. Penentuan Berat Agregat Campuran

Berat agregat campuran = Berat isi beton – berat semen – berat air

$$\text{Berat agregat campuran} = 2374 - 385,4 - 185$$

$$\text{Berat agregat campuran} = 1803,6 \text{ kg/m}^3$$

14. Penentuan Berat Agregat Campuran

$$\text{Berat agregat halus} = \frac{37}{100} \times 1803,6 \text{ kg/m}^3 = 667,33 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat agregat kasar} = 1803,6 - 667,33 = 1136,27 \text{ kg/m}^3$$

15. Proporsi Campuran

Kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan, maka jumlah semen, air, agregat halus dan agregat kasar yang dibutuhkan per m³ adukan:

a. Semen = 385,4 kg/m³

b. Air = 185 kg/m³

- c. Pasir = 667,33 kg/m³
- d. Krikil = 1136,27 kg/m³

16. Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

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

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

Dimana:

B adalah jumlah air	= 185 kg/m ³
C adalah jumlah agregat halus	= 667,33 kg/m ³
D adalah jumlah agregat kasar	= 1136,27 kg/m ³
C _a adalah absorbs agregat halus	= 2,88%
D _a adalah absorbs agregat kasar	= 0,30%
C _k adalah kadar air agregat halus	= 0,55%
D _k adalah kadar air agregat kasar	= 0,54%

Maka proporsi terkoreksi yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 185 - (0,55 - 2,88) \times \frac{667,33}{100} - (0,54 - 0,30) \times \frac{1136,27}{100} \\ &= 197,83 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= 667,33 + (0,55 - 2,88) \times \frac{667,33}{100} \\ &= 651,78 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar} &= 1136,27 + (0,54 - 0,30) \times \frac{1136,27}{100} \\ &= 1138,99 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Rekapitulasi *mix design* beton dengan mutu 18,68 MPa menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut :

Tabel 4. 11: Rekapitulasi mix design beton mutu 18,68 Mpa.

No.	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan rencana ($f'c$)	18,68	Mpa
2	<i>Deviasi Standart</i>	12	MPa
3	Nilai tambah	5,7	MPa
4	Kuat tekan beton ditargetkan (fcr)	36,38	Mpa
5	Jenis semen	Tipe I	-
6	Faktor air semen (fas)	0,48	-
7	Ukuran agregat maksimum	40	mm
8	Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (Wh)	175	-
9	Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (Wk)	205	-
10	Jumlah air yang digunakan	185	kg/m ³
11	Bj agregat halus	2,50	-
12	Bj agregat kasar	2,66	-
13	Bj butiran agregat gabungan	2,60	-
14	Persen agregat halus	37	%
15	Persen agregat kasar	63	%
16	Berat isi beton	2374	kg/m ³
17	Kadar agregat gabungan	1803,6	kg/m ³
18	Kadar agregat halus	667,33	kg/m ³
19	Kadar agregat kasar	1136,27	kg/m ³
20	Jumlah semen yang digunakan	385,4	kg/m ³
21	Jumlah air terkorelasi	197,83	kg/m ³
22	Jumlah agregat halus terkorelasi	651,78	kg/m ³
23	Jumlah agregat kasar terkorelasi	1138,99	kg/m ³

4.5.2. Proporsi Kebutuhan Benda Uji Beton

4.5.2.1. Kebutuhan Volume Satu Benda Uji

Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan berat dan volume masing-masing agregat untuk setiap balok beton yang berukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm, maka didapat perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Volume balok} &= p \times l \times t \\ &= 60 \times 15 \times 15 = 13500 \text{ cm}^3 = 0,0135 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Maka volume tiap satu balok adalah 0,0135 m³, dengan hasil tersebut selanjutnya volume balok dapat dihitung dengan cara mengalikan tiap-tiap agregat dengan volume balok dan dikali 110% untuk *safety* dari *mix design* dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Agregat halus} &= 651,78 \times 0,0135 \times 110\% = 9,67 \text{ kg} \\ \text{Agregat kasar} &= 1138,99 \times 0,0135 \times 110\% = 16,91 \text{ kg} \\ \text{Semen} &= 385,4 \times 0,0135 \times 110\% = 5,72 \text{ kg} \\ \text{Air} &= 197,83 \times 0,0135 \times 110\% = 2,94 \text{ liter} \\ \text{Total} &= 35,24 \text{ kg}\end{aligned}$$

4.6. Hasil pengujian *slump* (*Slump* rencana 60-180 mm)

Uji *slump* adalah test yang dilakukan untuk menentukan *workability* pada beton segar agar diketahui apakah campuran tersebut dapat dikerjakan atau tidak. Pengujian *slump test* dilakukan dengan menggunakan kerucut *Abrams* dengan mengisi beton segar sebanyak $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{3}$, dengan tiap lapisan dirojoikk dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali. Nilai dari pengujian *slump test* dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut.

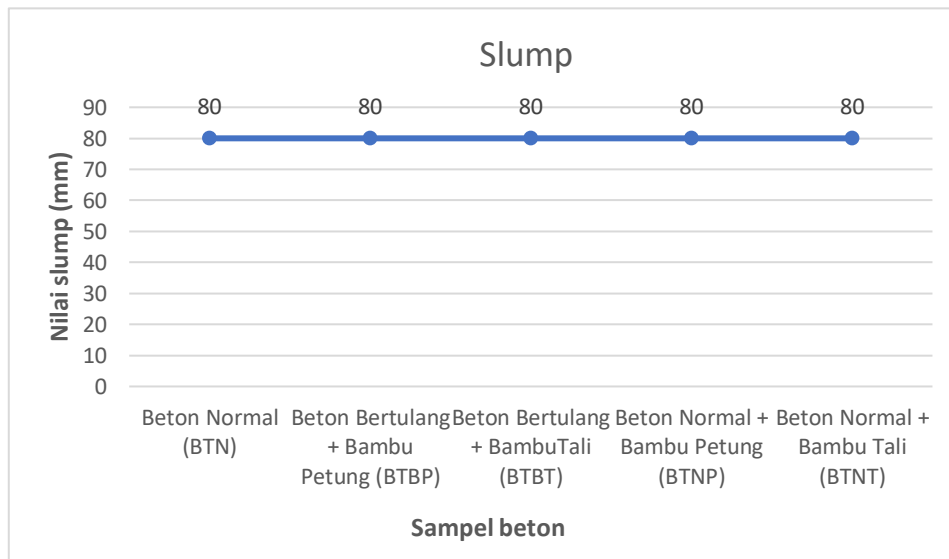
Tabel 4. 12: Hasil pengujian *slump*.

Variasi	<i>Slump</i> (mm)
Beton Normal (BTN)	80
Beton Bertulang + Bambu Petung (BTBP)	80

Lanjutan.

Beton Bertulang + Bambu Tali (BTBT)	80
Beton Normal + Bambu Petung (BTNP)	80
Beton Normal + Bambu Tali (BTNT)	80

Berdasarkan hasil *slump test* pada tabel 4.6, maka didapat bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 6: Grafik slump test.

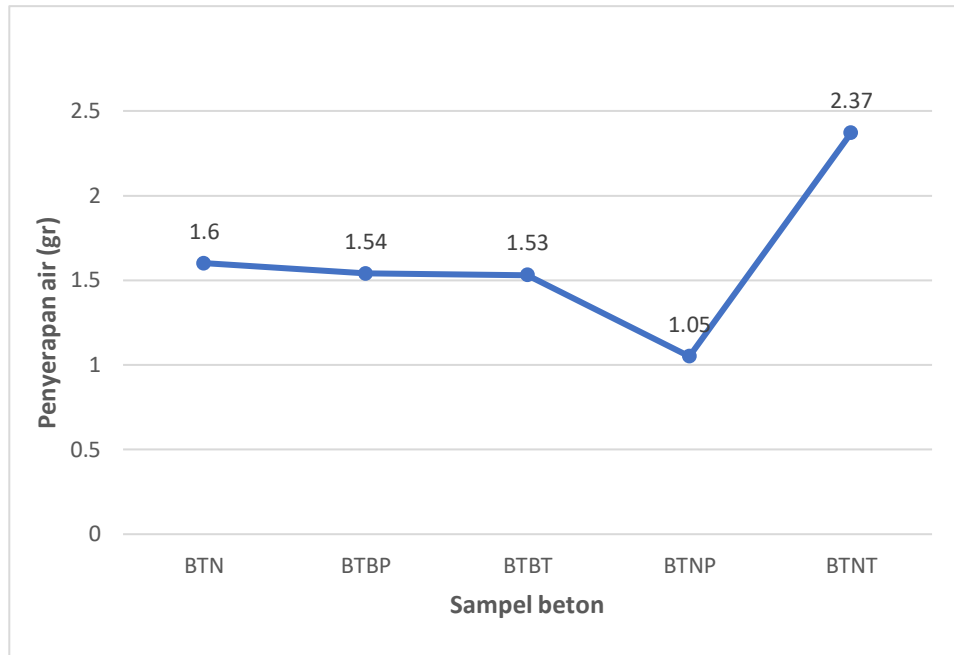
4.7. Hasil Absorpsi Pada Beton

Uji *absorpsi* dilakukan untuk mengetahui kemampuan air untuk bergerak melalui rongga-rongga kapiler melalui permukaan hingga lapisan dalam pada beton ketika benda tersebut bersentuhan dengan air. Nilai *absorpsi* pada beton diukur dengan menghitung presentase antara perbedaan massa dari kondisi beton sebelum direndam dan massa beton setelah direndam selama 28 hari perendaman. Hasil pada pengujian *absorpsi* penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah.

Tabel 4. 13: Hasil pengujian penyerapan pada seluruh sampel beton.

Sampel	Umur Beton	Berat Beton Pada Pe- rendaman		Penyerapan Air Pada Beton	Rata-rata Penyerapan Air Pada Beton
	(hari)	Sebelum (gr)	Sesudah (gr)	(gr)	(gr)
BTN	28	30.4	32	1.6	1.6
BTBP 1	28	31	33	2	1.54
BTBP 2	28	29.65	30	0.35	
BTBP 3	28	29.72	32	2.28	
BTBT 1	28	30.5	32.5	2	1.53
BTBT 2	28	30	31.5	1.5	
BTBT 3	28	29.9	31	1.1	
BTNP 1	28	29.9	30.5	0.6	1.05
BTNP 2	28	29.95	31.5	1.55	
BTNP 3	28	29	30	1	
BTNT 1	28	29.9	31.5	1.6	2.37
BTNT 2	28	29.25	31.5	2.25	
BTNT 3	28	29.75	33	3.25	

Berdasarkan hasil uji *absorpsi* diatas, maka dapat disimpulkan bahwa terjadi tingkat penurunan rata-rata penyerapan air pada beton yang berbeda dari beton normal (BTN) sebesar 1.6 gr, beton bertulang besi + bambu petung (BTBP) sebesar 1.54 gr, beton bertulang besi + bambu tali (BTBT) sebesar 1.53 gr, beton normal + bambu petung (BTNP) sebesar 1.05 gr, dan beton normal + bambu tali (BTNT) sebesar 2.37 gr. Maka dari hasil tersebut didapat grafik sebagai berikut.



Gambar 4. 7: Grafik absorpsi beton.

4.8. Hasil Uji Kadar Air Bambu

Pengujian kadar air bambu pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel bambu yang telah berusia 3-4 tahun atau bambu petung dan bambu tali yang sudah tua dan dianggap sudah memiliki kadar air yang sedikit atau dibawah 20%. Sampel bambu diambil dari tiga bagian bambu, yaitu bagian pangkal, bagian 64anjan, dan bagian ujung kedua jenis bambu dengan 64anjang sampel 50 mm. Pengujian dilakukan dengan cara menimbang berat awal bambu (BB) lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sampai kadar air kering tanur (BKT). Hasil pengujian kadar air bambu dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut:

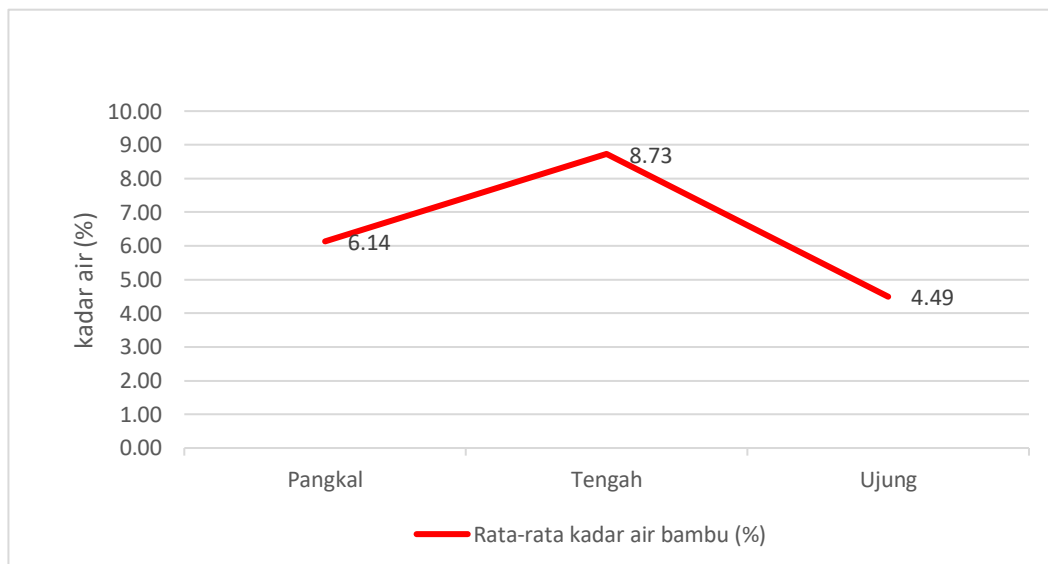
Tabel 4. 14: Hasil uji kadar air bambu Petung.

No	Bagian Bambu	BB (gr)	BKT (gr)	KA (%)	Rata-rata (%)
1	Pangkal 1	80	75.5	5.96	6.14
2	Pangkal 2	81.5	76	7.24	
3	Pangkal 3	80.8	76.8	5.21	
4	Tengah 1	61.5	56	9.82	8.73
5	Tengah 2	60	55.5	8.11	

Lanjutan.

6	Tengah 3	60.3	55.7	8.26	
7	Ujung 1	45	42.9	4.90	4.49
8	Ujung 2	45.7	43	6.28	
9	Ujung 3	44.5	43.5	2.30	
Jumlah					19.36

Berdasarkan hasil pengujian kadar air bambu petung diatas, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata kadar air yang terdapat pada bambu petung yang digunakan sebagai tulangan beton adalah 19,36 %. Kadar air bambu petung dapat dilihat juga pada grafik 4.8 berikut:



Gambar 4. 8: Grafik rata-rata kadar air bambu Petung.

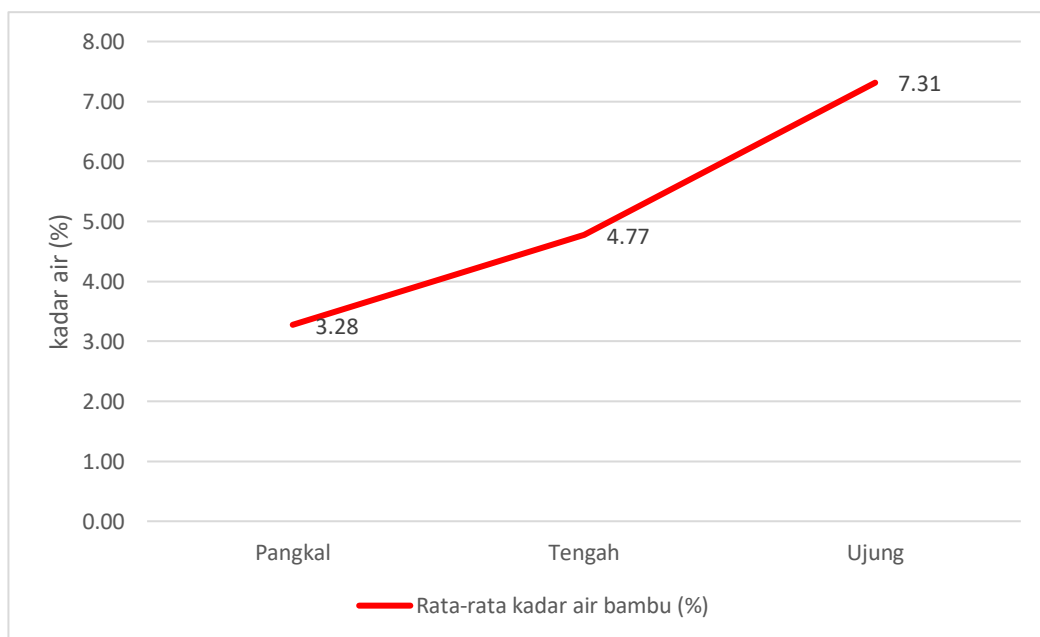
Tabel 4. 15: Hasil uji kadar air bambu Tali.

No	Bagian Bambu	BB (gr)	BKT (gr)	KA (%)	Rata-rata (%)
1	Pangkal 1	74	72	2.78	3.28
2	Pangka 2	73.5	71.7	2.51	
3	Pangkal 3	73.7	70.5	4.54	
4	Tengah 1	60.5	58	4.31	4.77

Lanjutan.

5	Tengah 2	61	57.8	5.54	
6	Tengah 3	60.8	58.2	4.47	
7	Ujung 1	45	42.5	5.88	7.31
8	Ujung 2	45.2	41	10.24	
9	Ujung 3	45.5	43	5.81	
Jumlah					15.36

Berdasarkan hasil pengujian kadar air bambu tali diatas, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata kadar air yang terdapat pada bambu tali yang digunakan sebagai tulangan beton adalah 15,36 %. Kadar air bambu tali dapat dilihat juga pada grafik 4.9 berikut:



Gambar 4. 9: Grafik rata-rata kadar air bambu Tali.

4.9. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

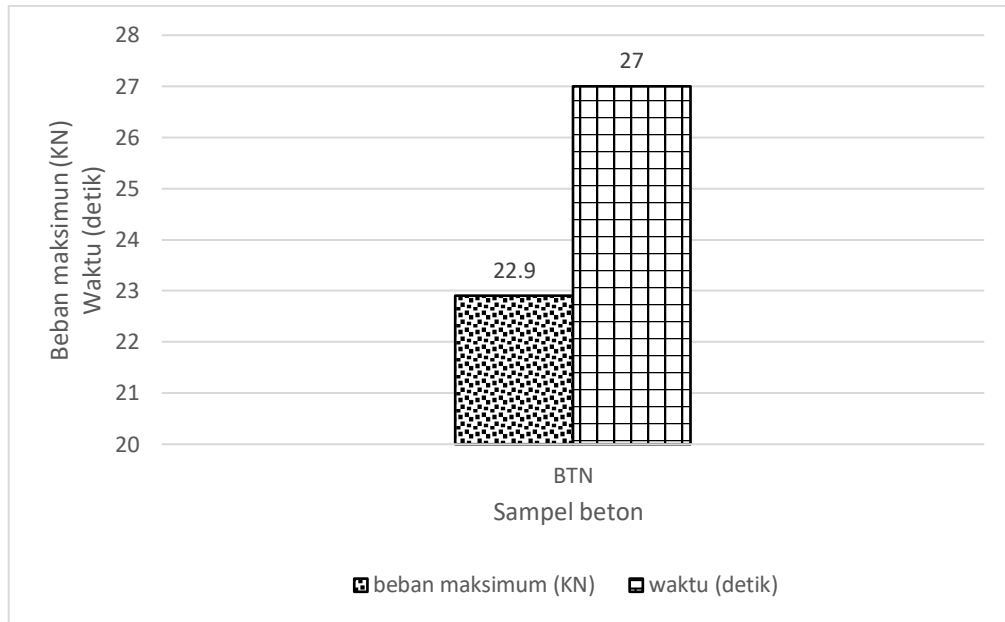
Pengujian kuat lentur pada penelitian ini dilakukan pada benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm pada saat umur beton 28 hari.

1. Beton Normal (BTN)

Tabel 4. 16: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTN.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
		40	8	1	0,48
Berat Volume	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bahan Campuran
	W (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	S (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32		
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000		
Beban Maksimum (N)			22800		
Beban Maksimum Kalibrasi (N)			22900		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			3.05		
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)			31.2		

Berdasarkan Tabel 4.16 didapat hasil pengujian kuat lentur pada beton normal sebesar 3,05 MPa dan pada Gambar 4.10 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan sebesar 22,9 kN dengan waktu 27 detik.



Gambar 4. 10: Grafik gaya terhadap waktu beton normal.

2. Beton Bertulang Besi + Bambu Petung (BTBP 1)

Tabel 4. 17: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBP 1.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
	40	8	1	0,48	-
Berat Volume	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bahan Campuran
	W (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	S (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		

Lanjutan.

Lebar Benda Uji (mm)	150
Tinggi Benda Uji (mm)	150
Berat Benda Uji (kg)	32
Volume Benda Uji (mm ³)	13500000
Beban Maksimum (N)	92800
Beban Maksimum Kalibrasi (N)	91600
Jarak Bentang (mm)	450
Lebar Tampak Lintang (mm)	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)	150
Kuat Lentur Uji (MPa)	12.21
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)	124.6

3. Beton Bertulang Besi + Bambu Petung (BTBP 2)

Tabel 4. 18: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBP 2.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
	40	8	1	0,48	-
Berat Volume	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bahan Campuran
	W (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	S (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		

Lanjutan.

Tinggi Benda Uji (mm)	150
Berat Benda Uji (kg)	32
Volume Benda Uji (mm ³)	13500000
Beban Maksimum (N)	68100
Beban Maksimum Kalibrasi (N)	68500
Jarak Bentang (mm)	450
Lebar Tampak Lintang (mm)	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)	150
Kuat Lentur Uji (MPa)	9.13
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)	93.1

4. Beton Bertulang Besi + Bambu Petung (BTBP 3)

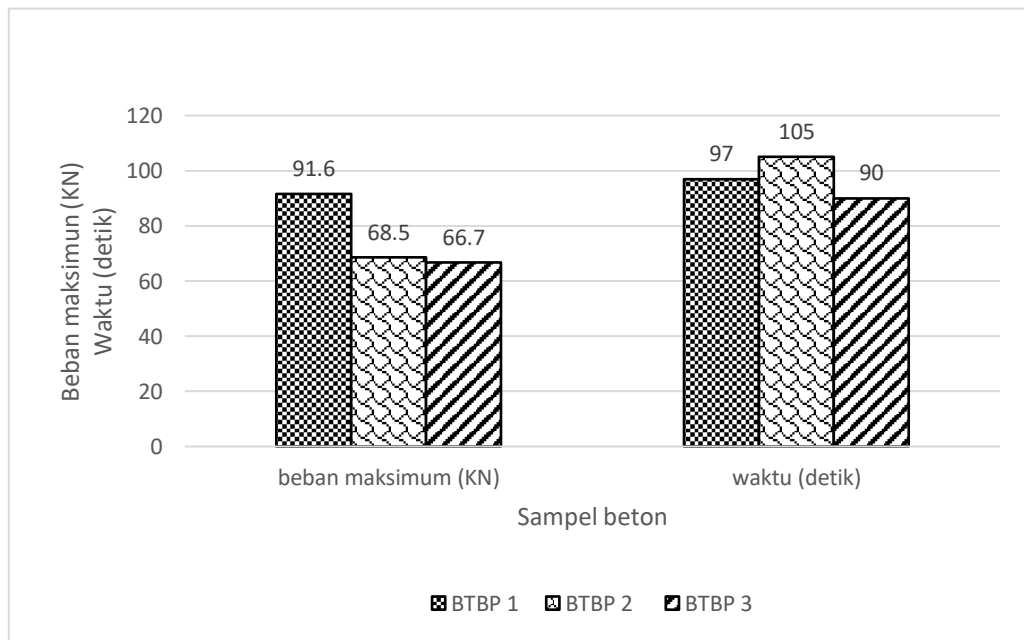
Tabel 4. 19: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBP 3.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
	40	8	1	0,48	-
Berat Volume	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bahan Campuran
	W (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	S (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		

Lanjutan.

Berat Benda Uji (kg)	32
Volume Benda Uji (mm ³)	13500000
Beban Maksimum (N)	66300
Beban Maksimum Kalibrasi (N)	66700
Jarak Bentang (mm)	450
Lebar Tampak Lintang (mm)	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)	150
Kuat Lentur Uji (MPa)	8.89
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)	90.7

Berdasarkan tabel 4.17, 4.18 dan 4.19 didapat kuat lentur beton bertulang besi + bambu petung (BTBP 1, BTBP 2, BTBP 3) sebesar 12,21 MPa, 9,13 MPa dan 8,89 MPa mengalami peningkatan nilai kuat lentur dari pada beton normal, dan pada Gambar 4.11 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan BTBP 1 sebesar 91,6 kN dengan waktu 97 detik, BTBP 2 sebesar 68,5 kN dengan waktu 105 detik dan BTBP 3 sebesar 66,7 kN dengan waktu 90 detik.



Gambar 4. 11: Grafik gaya terhadap waktu beton (BTBP 1,2,3).

5. Beton Bertulang Besi + Bambu Tali (BTBT 1)

Tabel 4. 20: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBT 1.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
		40	8	1	0,48
	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Berat Volume	W	C	S	C	Bahan Campuran
	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32		
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000		
Beban Maksimum (N)			67800		
Beban Maksimum Kalibrasi (N)			68200		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			9.09		
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)			92.7		

6. Beton Bertulang Besi + Bambu Tali (BTBT 2)

Tabel 4. 21 : Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBT 2.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
		40	8	1	0,48
Berat Volume	Air/W W (Kg/m ³)	PC/C C (Kg/m ³)	Agregat Halus S (Kg/m ³)	Agregat Kasar C (Kg/m ³)	Bahan Campuran
		197,83	385,4	651,78	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32		
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000		
Beban Maksimum (N)			60600		
Beban Maksimum Kalibrasi (N)			61000		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			8.13		
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)			82.9		

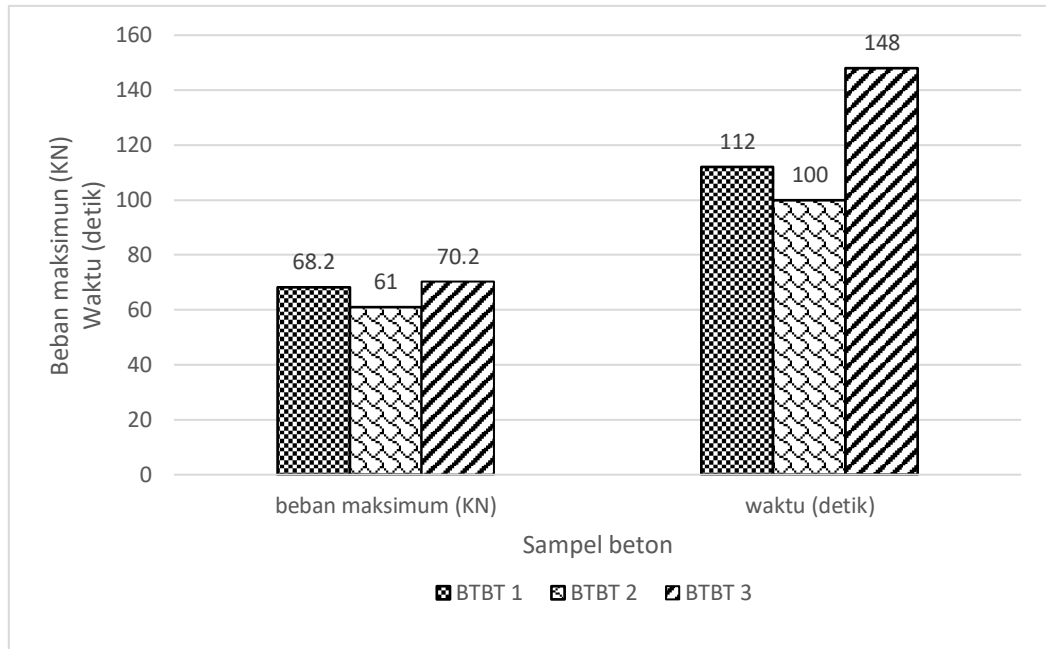
7. Beton Bertulang Besi + Bambu Tali (BTBT 3)

Tabel 4. 22: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTBT 3.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
		40	8	1	0,48
Berat Volume	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bahan Campuran
	W (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	S (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32		
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000		
Beban Maksimum (N)			69900		
Beban Maksimum Kalibrasi (N)			70200		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			9.36		
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)			95.5		

Berdasarkan tabel 4.20, 4.21 dan 4.22 didapat kuat lentur beton bertulang besi + bambu tali (BTBT 1, BTBT 2, BTBT 3) sebesar 9,09 MPa, 8,13 MPa dan 9,36 MPa mengalami peningkatan nilai kuat lentur dari pada beton normal, dan pada

Gambar 4.12 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan BTBT 1 sebesar 68,2 kN dengan waktu 112 detik, BTBP 2 sebesar 61 kN dengan waktu 100 detik dan BTBP 3 sebesar 70,2 kN dengan waktu 148 detik.



Gambar 4. 12: Grafik gaya terhadap waktu beton (BTBT 1,2,3).

8. Beton Normal + Bambu Petung (BTNP 1)

Tabel 4. 23: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNP 1.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
	40	8	1	0,48	-
	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Berat Volume	W	C	S	C	Bahan Campuran
	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	

Lanjutan.

	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)	28				
Panjang Benda Uji (mm)	600				
Lebar Benda Uji (mm)	150				
Tinggi Benda Uji (mm)	150				
Berat Benda Uji (kg)	32				
Volume Benda Uji (mm ³)	13500000				
Beban Maksimum (N)	49900				
Beban Maksimum Kalibrasi (N)	50200				
Jarak Bentang (mm)	450				
Lebar Tampak Lintang (mm)	150				
Tinggi Tampak Lintang (mm)	150				
Kuat Lentur Uji (MPa)	6.69				
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)	68.3				

9. Beton Normal + Bambu Petung (BTNP 2)

Tabel 4. 24: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNP 2.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar	Slump	Kadar Udara	Faktor Air Semen W/C	Volume Agregat Halus s/a
	(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)
	40	8	1	0,48	-
	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Berat Volume	W	C	S	C	Bahan Campuran
	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)	28				

Lanjutan.

Panjang Benda Uji (mm)	600
Lebar Benda Uji (mm)	150
Tinggi Benda Uji (mm)	150
Berat Benda Uji (kg)	32
Volume Benda Uji (mm ³)	13500000
Beban Maksimum (N)	40500
Beban Maksimum Kalibrasi (N)	40700
Jarak Bentang (mm)	450
Lebar Tampak Lintang (mm)	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)	150
Kuat Lentur Uji (MPa)	5.43
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)	55.4

10. Beton Normal + Bambu Petung (BTNP 3)

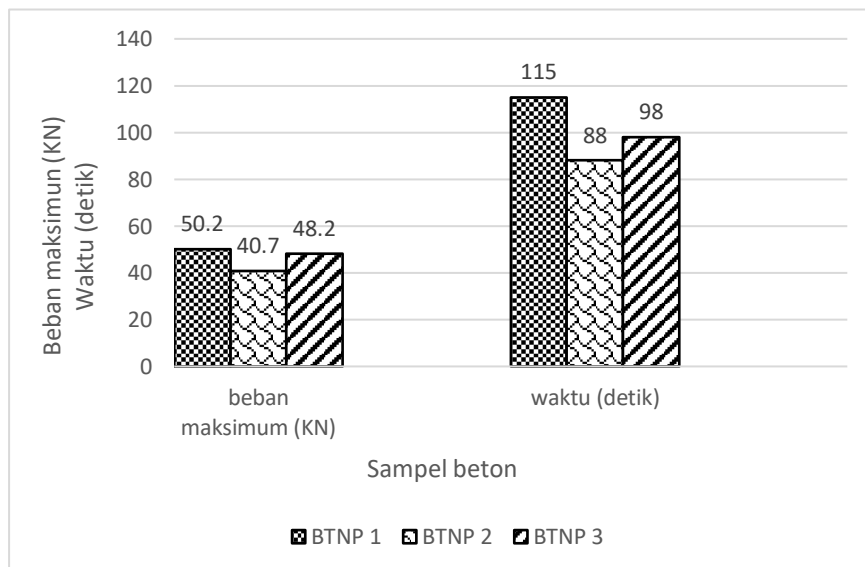
Tabel 4. 25: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNP 3.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
	40	8	1	0,48	-
	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Berat Volume	W	C	S	C	Bahan Campuran
	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		

Lanjutan.

Lebar Benda Uji (mm)	150
Tinggi Benda Uji (mm)	150
Berat Benda Uji (kg)	32
Volume Benda Uji (mm ³)	13500000
Beban Maksimum (N)	47900
Beban Maksimum Kalibrasi (N)	48200
Jarak Bentang (mm)	450
Lebar Tampak Lintang (mm)	150
Tinggi Tampak Lintang (mm)	150
Kuat Lentur Uji (MPa)	6.43
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)	65.552

Berdasarkan tabel 4.23, 4.24 dan 4.25 didapat kuat lentur beton normal + bambu petung (BTNP 1, BTNP 2, BTNP 3) sebesar 6,69 MPa, 5,43 MPa dan 6,43 MPa mengalami peningkatan nilai kuat lentur dari pada beton normal, dan pada Gambar 4.13 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan BTNP 1 sebesar 50,2 kN dengan waktu 115 detik, BTNP 2 sebesar 40,7 kN dengan waktu 88 detik dan BTNP 3 sebesar 48,2 kN dengan waktu 98 detik.



Gambar 4. 13: Grafik gaya terhadap waktu beton (BTNP 1, 2, 3).

11. Beton Normal + Bambu Tali (BTNT 1)

Tabel 4. 26: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNT 1.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
		40	8	1	0,48
Berat Volume	Air/W W (Kg/m ³)	PC/C C (Kg/m ³)	Agregat Halus S (Kg/m ³)	Agregat Kasar C (Kg/m ³)	Bahan Campuran
		197,83	385,4	651,78	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32		
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000		
Beban Maksimum (N)			68300		
Beban Maksimum Kalibrasi (N)			68700		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			9.16		
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)			93.4		

12. Beton Normal + Bambu Tali (BTNT 2)

Tabel 4. 27: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNT 2.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar	Slump	Kadar Udara	Faktor Air Semen W/C	Volume Agregat Halus s/a
	(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)
	40	8	1	0,48	-
Berat Volume	Air/W	PC/C	Agregat Halus	Agregat Kasar	Bahan Campuran
	W (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	S (Kg/m ³)	C (Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32		
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000		
Beban Maksimum (N)			69300		
Beban Maksimum Kalibrasi (N)			69600		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			9.28		
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)			94.6		

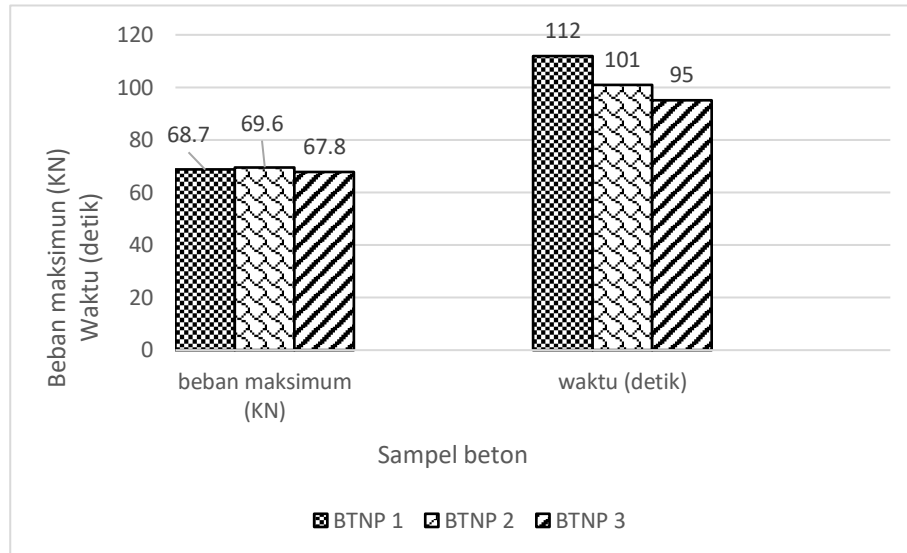
13. Beton Normal + Bambu Tali (BTNT 3)

Tabel 4. 28: Hasil Pengujian Kuat Lentur BTNT 3.

PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C (%)	Volume Agregat Halus s/a (%)
		40	8	1	0,48
Berat Volume	Air/W W	PC/C C	Agregat Halus S	Agregat Kasar C	Bahan Campuran
	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	(Kg/m ³)	
	197,83	385,4	651,78	1138,99	
Umur Benda Uji (hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			150		
Tinggi Benda Uji (mm)			150		
Berat Benda Uji (kg)			32		
Volume Benda Uji (mm ³)			13500000		
Beban Maksimum (N)			67400		
Beban Maksimum Kalibrasi (N)			67800		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (MPa)			9.04		
Kuat Lentur Uji (Kg/cm ²)			92.2		

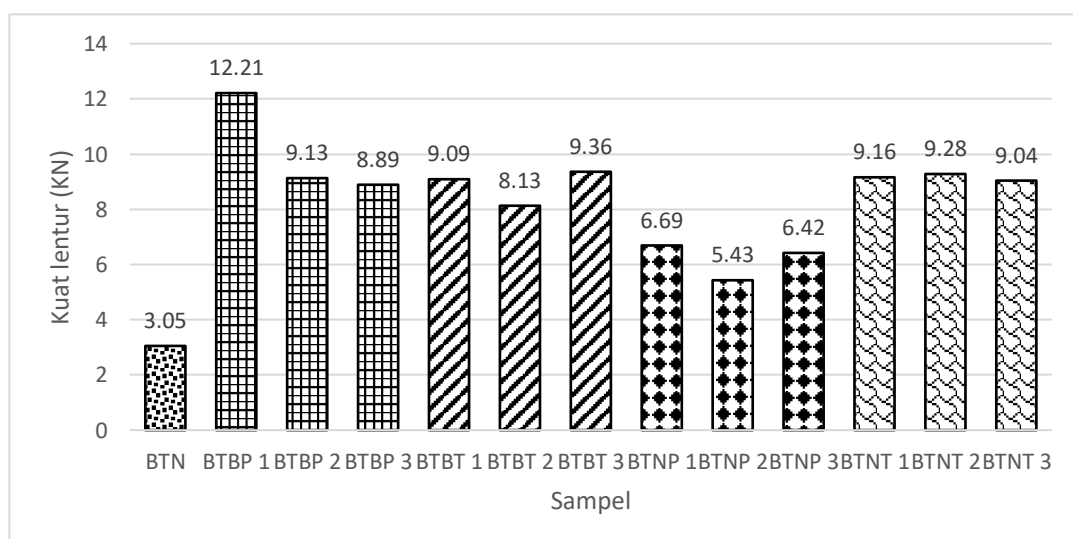
Berdasarkan tabel 4.26, 4.27 dan 4.28 didapat kuat lentur beton normal + bambu tali (BTNT 1, BTNT 2, BTNT 3) sebesar 9,16 MPa, 9,28 MPa dan 9,04 MPa mengalami peningkatan nilai kuat lentur dari pada beton normal, dan pada

Gambar 4.14 dapat dilihat gaya maksimal yang dihasilkan BTNT 1 sebesar 68,7 kN dengan waktu 112 detik, BTNT 2 sebesar 69,6 kN dengan waktu 101 detik dan BTNT 3 sebesar 67,8 kN dengan waktu 95 detik.



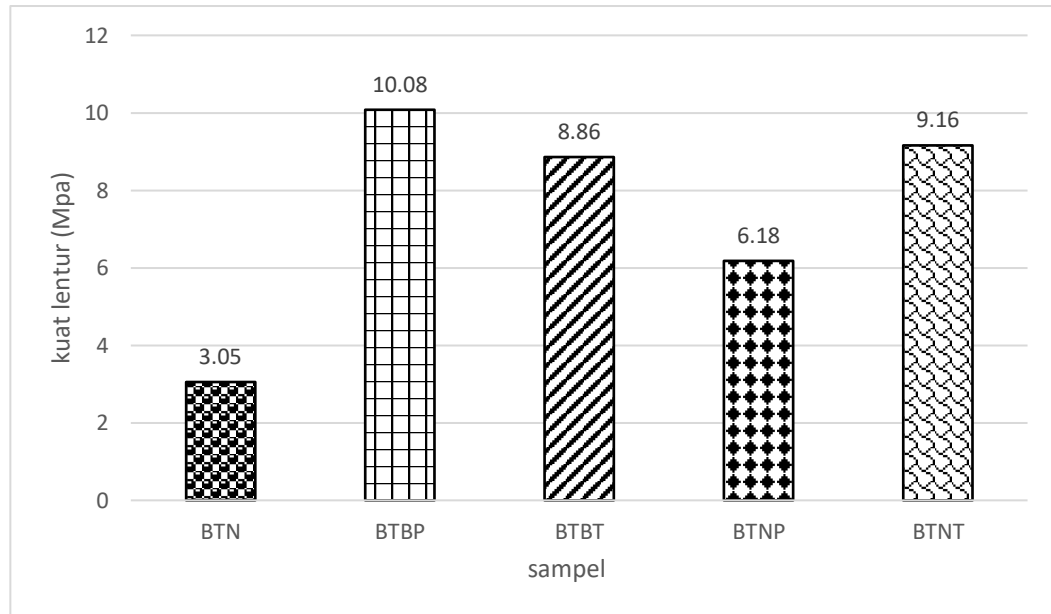
Gambar 4. 14: Grafik gaya terhadap waktu beton beton (BTNT 3).

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, rata-rata seluruh sampel balok beton mengalami peningkatan kuat lentur dari nilai kuat lentur beton normal, namun terdapat juga dua sampel balok beton yang mengalami penurunan kuat lentur dari nilai kuat lentur beton normal yaitu BTBT 2 dan BTNP 3. Grafik rekapitulasi hasil kuat lentur masing-masing sampel balok beton dapat dilihat pada gambar 4.15 dibawah:



Gambar 4. 15: Grafik kuat lentur seluruh sampel balok beton.

Adapun berdasarkan rekapitulasi nilai kuat lentur seluruh sampel balok beton yang telah diuji, maka didapat nilai rata-rata kuat lentur per jenis sampel balok beton. Rata-rata nilai kuat lentur yang dihasilkan dari sampel balok beton mengalami peningkatan nilai kuat lentur dari nilai kuat lentur beton normal. Nilai rata-rata kuat lentur yang dihasilkan dari kelima jenis sampel balok beton tersebut dapat dilihat pada grafik 4.16 dibawah ini:



Gambar 4. 16: Grafik rata-rata kuat lentur sampel balok beton.

4.10. Persentase Kuat Lentur Balok Beton

Berdasarkan pengujian balok beton berumur 28 hari, terdapat perbedaan kuat lentur antar kedua jenis balok dengan perbedaan penggunaan jenis bambu. Perbandingan tersebut dapat dilihat dalam bentuk perbandingan persentase kuat lentur dibawah ini:

a. Balok beton bertulang besi + bambu petung

- Perubahan kuat lentur beton = $10,08 - 3,05 = 7,03$ MPa
- Perbandingan kuat lentur beton = $\frac{10,08}{3,05} = 3,30$
- Persentase perubahan kuat lentur = $\frac{10,08 - 3,05}{3,05} = 230,49$ %

b. Balok beton bertulang besi + bambu tali

- Perubahan kuat lentur beton = $8,86 - 3,05 = 5,81$ MPa

- Perbandingan kuat lentur beton = $\frac{8,86}{3,05} = 2,90$
- Persentase perubahan kuat lentur = $\frac{8,86-3,05}{3,05} = 190,49 \%$

c. Balok beton normal + bambu petung

- Perubahan kuat lentur beton = $6,18-3,05 = 3,13$ MPa
- Perbandingan kuat lentur beton = $\frac{6,18}{3,05} = 2,03$
- Persentase perubahan kuat lentur = $\frac{6,18-3,05}{3,05} = 102,62 \%$

d. Balok beton normal + bambu tali

- Perubahan kuat lentur beton = $9,16-3,05 = 6,11$ MPa
- Perbandingan kuat lentur beton = $\frac{9,16}{3,05} = 3,00$
- Persentase perubahan kuat lentur = $\frac{9,16-3,05}{3,05} = 200,33 \%$

Dari perbandingan persentase kuat lentur balok beton dengan penambahan tulangan besi serta bambu petung dan bambu tali dengan beton normal diatas, maka didapat selisih perbandingan persentase kuat lentur dari kedua jenis bambu yaitu:

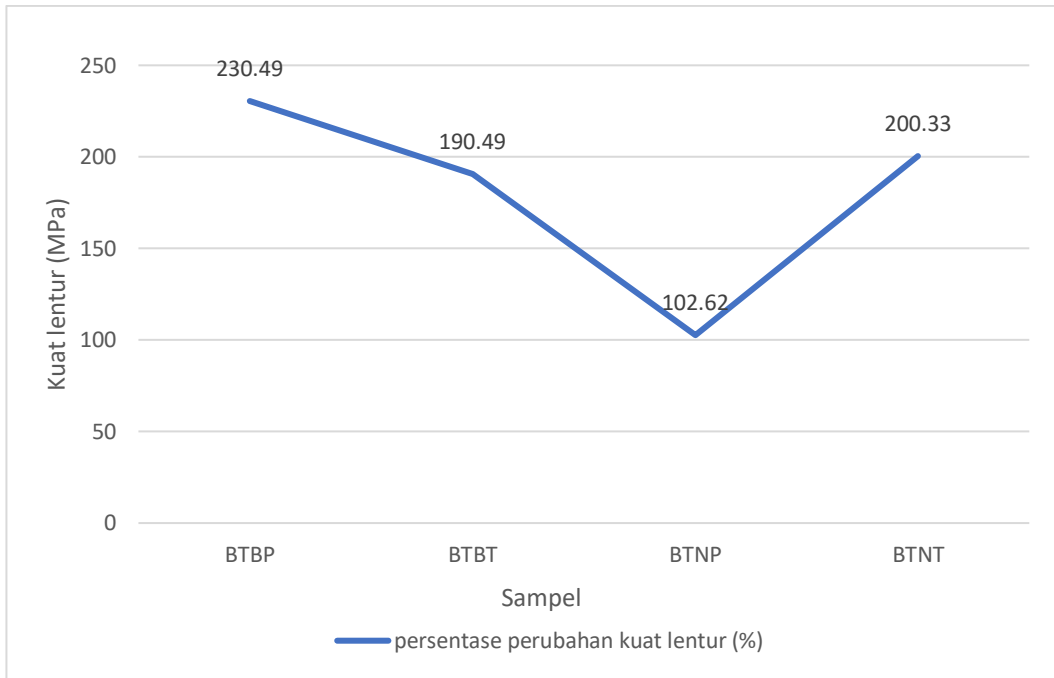
1. Balok beton bertulang besi + bambu petung dan bambu tali

$$\text{Persentase selisih kuat lentur} = 230,49 \% - 190,49 \% = 40 \%$$

2. Balok beton normal+ bambu petung dan bambu tali

$$\text{Persentase selisih kuat lentur} = 102,62 \% - 200,33 \% = -97,71 \%$$

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, maka didapat hasil bahwa penambahan tulangan besi serta bambu pada balok beton meningkatkan kuat lentur beton. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan beton normal dengan sampel beton lainnya. Serta didapat hasil penambahan bambu petung pada beton bertulang besi meningkatkan kuat lentur beton hingga 230,49 % dan lebih tinggi dari penambahan bambu tali pada beton bertulang besi dengan kuat lentur 190,49 % serta selisih keduanya sebesar 40 %. penambahan bambu petung pada beton normal meningkatkan kuat lentur beton hingga 102,62 % namun lebih rendah dari penambahan bambu tali pada beton normal dengan kuat lentur 200,33 % serta selisih keduanya sebesar -97,71 %.



Gambar 4. 17: Grafik persentase perubahan dan selisih kuat lentur beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian penambahan tulangan besi utama dengan $\varnothing 8$ mm dan sengkang $\varnothing 6$ mm serta bambu petung dan tali dengan $\varnothing 55$ mm pada balok beton berdimensi 150 x 150 x 600 mm terhadap kuat tarik lentur maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai kuat tarik lentur yang dihasilkan sampel balok beton bertulang besi dengan penambahan bambu petung berturut-turut adalah 12,21 MPa, 9,13 MPa, 8,89 MPa dan dengan rata-rata 10,08 MPa. Sedangkan kuat tarik lentur yang dihasilkan sampel balok beton bertulang besi dengan penambahan bambu tali berturut-turut adalah 9,09 MPa, 8,13 MPa, 9,36 MPa dan dengan rata-rata 8,86 MPa.
2. Nilai kuat tarik lentur yang dihasilkan sampel balok beton normal dengan penambahan bambu petung berturut-turut adalah 6,69 MPa, 5,43 MPa, 6,42 MPa dan dengan rata-rata 6,08 MPa. Sedangkan kuat tarik lentur yang dihasilkan sampel balok beton normal dengan penambahan bambu tali berturut-turut adalah 9,16 MPa, 9,28 MPa, 9,04 MPa dan dengan rata-rata 9,16 MPa.
3. Secara persentase, kuat tarik lentur beton dengan penambahan tulangan besi yang tertinggi adalah balok beton dengan penambahan bambu petung dengan nilai 230,49 % sedangkan untuk kuat tarik lentur beton normal dengan penambahan bambu tertinggi adalah balok beton dengan penambahan bambu tali dengan nilai 200,33 %.
4. Semua hasil pengujian sampel balok beton menunjukkan peningkatan pada kuat tarik lentur beton, sehingga penambahan bambu petung maupun tali pada beton cukup efektif sebagai material tambahan dalam mendukung serta meningkatkan kuat tarik lentur pada beton.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terdapat saran dari penulis yang perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Untuk penelitian dengan objek yang sama, perlu untuk menambah variasi jenis bambu yang lebih banyak lagi agar penggunaan serta pemanfaatan bambu sebagai material konstruksi dapat lebih beragam dan teruji.
2. Untuk peneliti selanjutnya dapat mengembangkan penelitian ini dengan meningkatkan mutu beton yang digunakan sebagai sampel penelitian serta menambah variasi pada umur beton.
3. Peneliti selanjutnya dapat menambah jenis pengujian pada beton sehingga nilai kekuatan pada beton dengan variasi penambahan bambu dapat lebih lengkap dan teruji.
4. Penelitian dengan pemanfaatan bambu pada beton masih sangat terbatas, sehingga hal ini menjadi peluang bagi peneliti selanjutnya agar dapat mengembangkan ide dalam pemanfaatan bambu sebagai material pendukung konstruksi khususnya pada beton.

DAFTAR PUSTAKA

- 03-4142-1996, SNI. 1996. "Sni 03-4142-1996." *Standardisasi Nasional Indonesia Nasional Indonesia*.
- 03-4808-1998, SNI. 1998. "Sni 03-4804-1998." *Metode Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. "SNI 03-2847-2002." *SNI 03-2847-2002*.
- Badan Standardisasi Nasional. 1990. "Sni 03-1968-1990." *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*.
- . 2011. "SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium." *Badan Standar Nasional Indonesia*, 23. www.bsn.go.id.
- Eko, Christian, Wior Steenie, E Wallah, and Ronny Pandaleke. 2015. "Kajian Kuat Tekan Beton Dan Kuat Tarik Baja Tulangan Gedung Teknik Arsitektur Dan Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado Pasca Kebakaran." *Jurnal Sipil Statik*.
- Fahrina, Ria, and Indra Gunawan. 2014. "Pemanfaatan Bambu Betung Bangka Sebagai Pengganti Tulangan Balok Beton Bertulangan Bambu." *Forum Profesional Teknik Sipil*.
- Fakhrusy. 2018. "BIOPELLET BAMBUN BETUNG (Dendrocalamus Asper) SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN." *Menara Ilmu*.
- Hunggurami, Elia, Sudiyo Utomo, and Amy Wadu. 2014. "The Effect of Curing by Using Sea Water Due to Compressive Strength and Concrete Absorption." *Jurnal Teknik Sipil 3 (2)*: 103–10.
- Khaira, Imanatul, Jurusan Teknik Sipil, and Universitas Syiah Kuala. 2023. "Diatomae Sebagai Substitusi Semen Dengan Penambahan" 5 (September): 309–15.
- Nurmayadi, Moh.Syarif Al-Huseiny. 2017. "PEMANFAATAN MATERIAL BAMBUN SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI BESI PADA KONSTRUKSI BETON BERTULANG." *Jurnal Teknik Sipil*.
- SNI 03-2834-2000. 2000a. "SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal." *Sni 03-2834-2000*, 1–34.
- . 2000b. "SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal." *Sni 03-2834-2000*.

SNI 1971:2011. 2011. "SNI 1971:2011 'Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan.'" *Badan Standarisasi Nasional*, 1–6.

SNI 2052:2017. 2017. "Baja Tulangan Beton SNI 2052:2017." *Badan Standarisasi Nasional*.

SNI, 4431-2011. 2011. "SNI 4431-2011 : Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan." *Badan Standar Nasional Indonesia*.

Wonlele, Tedy, Sri Murni Dewi, and Siti Nurlina. 2013. "Penerapan Bambu Sebagai Tulangan Dalam Struktur Rangka Batang Beton Bertulang." *Jurnal Rekayasa Sipil*.

LAMPIRAN



Gambar L. 1: Pengujian analisa saringan



Gambar L. 2: Pengujian berat isi agregat halus



Gambar L. 3: Pengujian berat isi agregat kasar



Gambar L. 4: Pengujian berat jenis agregat halus



Gambar L. 5: Pengujian berat jenis agregat kasar



Gambar L. 6: Pencucian agregat dari lumpur dan kotoran



Gambar L. 7: Penimbangan agregat sesuai takaran



Gambar L. 8: Pembuatan benda uji



Gambar L. 9 : Penimbangan sampel bambu uji kadar air bambu



Gambar L. 10: Modifikasi kekasaran permukaan bambu dengan kawat



Gambar L. 11: slump test



Gambar L. 12: Pencetakan sampel beton



Gambar L. 13: Perendaman sampel beton



Gambar L. 14: Penimbangan sampel beton



Gambar L. 15: Pengujian kuat tarik lentur sampel beton



Gambar L. 16: Sampel beton setelah diuji

**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN**
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Nomor : B / PLS/THM.02.00/2023

Pemohon : SHEKA WILJAYA DAN EDO ANDANA PUTRA
 Proyek : Penelitian Tugas Akhir
 Tanggal Uji : 27 October 2023
 Benda Uji : Balok Ukuran : 60 x 15 x 15 cm
 Nama Pengujian : Kuat Lentur Beton
 Mutu Rencana : -

Summary					
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	Berat Volume	Air W (kg/m ³)	PC C (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Agr. Ksr. C (kg/m ³)
Tanggal Cetak	17/09/2023	16/09/2023	16/09/2023	17/09/2023	
Nama Benda Uji	BT NP 1	BT NP 1	BT NP 1	BT NP 1	
Umur Benda uji (hari)	40	41	41	40	
Lebar benda uji (cm)	15	15	15	15	
Tinggi benda uji (cm)	15	15	15	15	
Panjang benda uji (cm)	60	60	60	60	
Berat Benda Uji (kg)	30,5	33	33	31,5	
Volume benda uji (cm ³)					
Berat Volume (kg/m ³)					
Beban Maksimum = P (N)	49,9	92,8	67,4	69,3	
Beban Maksimum Kalibrasi = P (N)	50,2	91,6	67,8	69,6	
Jarak Bentang = L (cm)	45	45	45	45	
Lebar tampuk lintang = B (cm)	15	15	15	15	
Tinggi tampuk lintang = h/d (cm)	15	15	15	15	
Kuat lentur uji (Kg/cm ²)	68,3	124,6	92,2	94,6	
Rumus : $\sigma_c = (P.L)/(B.b^2)$					
Kuat Lentur rata - rata (kg/cm ²)					

Medan, 27/Oct/23
Teknis Lab. Bahan
Ariani Habbig, S.T.

Gambar L. 17: Data hasil uji kuat tarik lentur

**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN**
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Nomor : B / PLS/THM.02.00/2023

Pemohon : SHEKA WILJAYA DAN EDO ANDANA PUTRA
 Proyek : Penelitian Tugas Akhir
 Tanggal Uji : 27 October 2023
 Benda Uji : Balok Ukuran : 60 x 15 x 15 cm
 Nama Pengujian : Kuat Lentur Beton
 Mutu Rencana : -

Summary					
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
	Berat Volume	Air W (kg/m ³)	PC C (kg/m ³)	Pasir S (kg/m ³)	Agr. Ksr. C (kg/m ³)
Tanggal Cetak	16/09/2023	16/09/2023	16/09/2023	16/09/2023	
Nama Benda Uji	BT NP 2	BT NP 2	BT NP 2	BT NP 2	
Umur Benda uji (hari)	41	41	41	41	
Lebar benda uji (cm)	15	15	15	15	
Tinggi benda uji (cm)	15	15	15	15	
Panjang benda uji (cm)	60	60	60	60	
Berat Benda Uji (kg)	30	32	30	31,5	
Volume benda uji (cm ³)					
Berat Volume (kg/m ³)					
Beban Maksimum = P (N)	68,1	66,3	47,9	40,5	
Beban Maksimum Kalibrasi = P (N)	68,5	66,7	48,2	40,7	
Jarak Bentang = L (cm)	45	45	45	45	
Lebar tampuk lintang = B (cm)	15	15	15	15	
Tinggi tampuk lintang = h/d (cm)	15	15	15	15	
Kuat lentur uji (Kg/cm ²)	93,1	90,7	65,5	55,4	
Rumus : $\sigma_c = (P.L)/(B.b^2)$					
Kuat Lentur rata - rata (kg/cm ²)					

Medan, 27/Oct/23
Teknis Lab. Bahan
Ariani Habbig, S.T.

Gambar L. 18: Data hasil uji kuat tarik lentur

**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN**
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Nomor : B/ /PL5/HM.02.00/2023

Pemohon : SHEKA WIJAYA DAN EDO ANDANA PUTRA
 Proyek : Penelitian Tugas Akhir
 Tanggal Uji : 27 October 2023
 Benda Uji : Balok Ukuran : 60 x 15 x 15 cm
 Nama Pengujian : Kuat Lentur Beton
 Mutu Rencana : -

Summary					
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
Tanggal Cetak		17/09/2023	16/09/2023	17/09/2023	17/09/2023
Nama Benda Uji		BTB 1	BTB	BT BT 3	BT BT 2
Umur Benda uji (hari)		40	41	40	40
Lebar benda uji (cm)		15	15	15	15
Tinggi benda uji (cm)		15	15	15	15
Panjang benda uji (cm)		60	60	60	60
Berat Benda Uji (kg)		34,5	32	31	31,5
Volume benda uji (cm ³)					
Berat Volume (kg/m ³)					
Beban Maksimum = P (N)		90,9	22,8	69,9	60,6
Beban Maksimum Kalibrasi = P (N)		91,3	22,9	70,2	61,0
Jarak Bontang = L (cm)		45	45	45	45
Lebar tampak lintang = B (cm)		15	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h/d (cm)		15	15	15	15
Kuat lentur uji (kg/cm ²)		124,2	31,2	95,5	82,9
Rumus : $\sigma_c = \frac{P}{(B \cdot h^2)}$					
Kuat Lentur rata - rata (kg/cm ²)					

Medan, 27/Oct/23
Teknis Lab. Bahan
A. Hubbig, S.T.

Gambar L. 19: Data hasil uji kuat tarik lentur

**LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI MEDAN**
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, MEDAN - 20155
Telp. Jurusan Teknik Sipil : (061) 77050264, Fax. 061-8219686

Nomor : B/ /PL5/HM.02.00/2023

Pemohon : SHEKA WIJAYA DAN EDO ANDANA PUTRA
 Proyek : Penelitian Tugas Akhir
 Tanggal Uji : 27 October 2023
 Benda Uji : Balok Ukuran : 60 x 15 x 15 cm
 Nama Pengujian : Kuat Lentur Beton
 Mutu Rencana : -

Summary					
PERBANDINGAN CAMPURAN					
Kondisi	Ukuran maks. Agregat kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor air semen W/C %	Volume agregat halus s/a (%)
Tanggal Cetak		15/09/2023	15/09/2023	19/09/2023	15/09/2023
Nama Benda Uji		BTB 1	BT BT 1	BTB 2	BT NP 1
Umur Benda uji (hari)		42	42	38	42
Lebar benda uji (cm)		15	15	15	15
Tinggi benda uji (cm)		15	15	15	15
Panjang benda uji (cm)		60	60	60	60
Berat Benda Uji (kg)		33	32,6	31,5	31,5
Volume benda uji (cm ³)					
Berat Volume (kg/m ³)					
Beban Maksimum = P (N)		77,1	67,8	71,2	68,3
Beban Maksimum Kalibrasi = P (N)		77,5	68,2	71,5	68,7
Jarak Bontang = L (cm)		45	45	45	45
Lebar tampak lintang = B (cm)		15	15	15	15
Tinggi tampak lintang = h/d (cm)		15	15	15	15
Kuat lentur uji (kg/cm ²)		105,3	92,7	97,2	93,4
Rumus : $\sigma_c = \frac{P}{(B \cdot h^2)}$					
Kuat Lentur rata - rata (kg/cm ²)					

Medan, 27/Oct/23
Teknis Lab. Bahan
A. Hubbig, S.T.

Gambar L. 20: Data hasil uji kuat tarik lentur

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI

Nama : Edo Andana Putra
Tempat, Tanggal Lahir : Secanggang, 14 Juni 2001
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Desa Secanggang, kecamatan Hinai Kiri
No.Hp : 0812-6345-3773
E-mail : edoandana1@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Muliamin
Ibu : Salha
No.Hp : 081263453773

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1907210002
Jurusan : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3 Medan
20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun
1.	SD	SD Negeri 050700 Secanggang	2013
2.	SMP	SMP Negeri 1 Secanggang	2016
3.	SMA	SMA Negeri 1 Secanggang	2019