

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI SISA
PENGGERGAJIAN MEBEL UNTUK MENINGKATKAN
KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON DENGAN
SUPERPLASTICIZER
(*UTILIZATION OF TEAK WOOD WASTE OF SAWN
FURNITURE TO INCREASE THE COMPRESSIVE
STRENGTH AND TENSILE STRENGTH OF CONCRETE
USING SUPERPLASTICIZER*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



DAFFA KAUTSAR SETIAWAN

19511259

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024**

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI SISA PENGGERGAJIAN MEBEL UNTUK MENINGKATKAN KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON DENGAN *SUPERPLASTICIZER* (*UTILIZATION OF TEAK WOOD WASTE OF SAWN FURNITURE TO INCREASE THE COMPRESSIVE STRENGTH AND TENSILE STRENGTH OF CONCRETE USING SUPERPLASTICIZER*)

Disusun oleh

Daffa Kautsar Setiawan
19511259

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat sarjana Teknik Sipil
Diuji pada tanggal : 12 Februari 2024

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing



13/02/2024

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
NIK:095110101

Penguji I



Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK:205111302

Penguji II



13.02.24.

Astriana Hardawati, S.T., M.Eng.
NIK:165111301

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



16/02/2024

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
NIK:095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 12 Februari 2024

Yang membuat pernyataan,



Dafña Kautsar Setiawan

(19511259)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullah wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sisa Penggergajian Mebel Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Dengan *Superplasticizer*” dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan akademik dalam menyelesaikan studi jenjang Strata Satu (S1) di Progam Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tentunya terdapat hambatan yang dilalui oleh penulis. Namun atas dukungan, semangat, motivasi, dan saran dari berbagai pihak sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat selama proses penyusunan hingga selesai Tugas Akhir ini.

1. Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, saran serta arahan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini dan selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Budi Harjono Setiawan dan Ibu Lulus Widiyanti selaku orang tua saya serta Rikza Maulana Setiawan selaku kakak saya, yang selalu memberikan do'a, nasihat, semangat dan biaya dalam proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Elvis Saputra, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I
4. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji II
5. Seluruh keluarga besar, yang telah memberikan dukungan semangat dan do'a.

6. Teman-teman yang terlibat selama proses penyusunan laporan dan penelitian Tugas Akhir ini.

7. Semua pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan sebagai referensi untuk sumber gagasan dan ide bagi penelitian selanjutnya.

Wassalamualaikum ' warahmatullah wabarakatuh.

Yogyakarta, 12 Februari 2024

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Daffa', is placed over a light purple rectangular background.

Daffa Kautsar Setiawan

(19511259)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu	9
2.3 Keaslian Penelitian	14
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Beton	15
3.2 Bahan Penyusun Beton	15
3.2.1 Agregat	15

3.2.2	Semen <i>Portland</i>	17
3.2.3	Air	18
3.3	Bahan Tambah	18
3.3.1	Serbuk kayu jati	18
3.3.2	<i>Superplasticizer</i>	19
3.4	Perencanaan Campuran Beton	21
3.5	Kuat Tekan Beton	28
3.6	Kuat Tarik Beton	29
BAB IV METODE PENELITIAN		31
4.1	Jenis Penelitian	31
4.2	Bahan-Bahan Penyusun Benda Uji	31
4.3	Peralatan	32
4.4	Lokasi Penelitian	33
4.5	Benda Uji	34
4.6	Tahapan Penelitian	35
4.7	Prosedur Penelitian	39
4.7.1	Pemeriksaan agregat	39
4.7.2	Perencanaan Campuran Beton (<i>mix design</i>)	45
4.8	Pengujian Benda Uji	45
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		47
5.1	Pengujian Agregat Halus	47
5.1.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	47
5.1.2	Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus	49
5.1.3	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	50
5.1.4	Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Halus	55
5.1.5	Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Halus	57
5.2	Pengujian Agregat Kasar	58
5.2.1	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	58
5.2.2	Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Kasar	60
5.2.3	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	61

5.2.4	Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Kasar	66
5.2.5	Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Kasar	67
5.3	Perencanaan Campuran Beton	68
5.4	Pengujian Beton	76
5.4.1	Pengujian <i>Slump</i>	76
5.4.2	Pengujian Kuat Tekan Beton	78
5.4.3	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	86
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		95
6.1	Kesimpulan	95
6.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN		100

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	10
Tabel 3. 1 Faktor Pengali Deviasi Standar	21
Tabel 3. 2 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	21
Tabel 3. 3 Pekiraan Kuat tekan Beton dengan FAS 0,5	22
Tabel 3. 4 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap m ³ Beton	24
Tabel 4. 1 Peralatan Pembuatan Benda Uji	33
Tabel 4. 2 Peralatan Pengujian Benda Uji	33
Tabel 4. 3 Rincian Benda Uji	34
Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	48
Tabel 5. 2 Hasil Analisis Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	49
Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat halus	49
Tabel 5. 4 Hasil Analisis Perhitungan Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus	50
Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1	51
Tabel 5. 6 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1	52
Tabel 5. 7 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2	52
Tabel 5. 8 Daerah Gradasi Pasir	54
Tabel 5. 9 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Halus	55
Tabel 5. 10 Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Halus	56

Tabel 5. 11 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Halus	57
Tabel 5. 12 Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Halus	58
Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	59
Tabel 5. 14 Hasil Analisis Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	60
Tabel 5. 15 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Kasar	60
Tabel 5. 16 Hasil Analisis Perhitungan Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Kasar	61
Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1	62
Tabel 5. 18 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1	63
Tabel 5. 19 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2	63
Tabel 5. 20 Spesifikasi Gradasi Kerikil dengan Besar Butir Maksimum 20 mm	65
Tabel 5. 21 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Kasar	66
Tabel 5. 22 Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Kasar	67
Tabel 5. 23 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Kasar	67
Tabel 5. 24 Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Kasar	68
Tabel 5. 25 Pekiraan Kuat tekan Beton dengan FAS 0,5	69
Tabel 5. 26 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap m ³ Beton	71
Tabel 5. 27 Rekapitulasi Kebutuhan Material	76
Tabel 5. 28 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	77
Tabel 5. 29 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0% dengan <i>Superplasticizer</i> 0%	79
Tabel 5. 30 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15 % dengan <i>Superplasticizer</i> 0,6%	80
Tabel 5. 31 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15 % dengan <i>Superplasticizer</i> 1%	80

Tabel 5. 32 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15 % dengan <i>Superplasticizer</i> 1,3%	81
Tabel 5. 33 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15 % dengan <i>Superplasticizer</i> 1,5%	81
Tabel 5. 34 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25 % dengan <i>Superplasticizer</i> 0,6%	82
Tabel 5. 35 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25 % dengan <i>Superplasticizer</i> 1%	82
Tabel 5. 36 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25 % dengan <i>Superplasticizer</i> 1,3%	83
Tabel 5. 37 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25 % dengan <i>Superplasticizer</i> 1,5%	83
Tabel 5. 38 Kuat Tekan Beton Rata-Rata	84
Tabel 5. 39 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0% dengan <i>Superplasticizer</i> 0%	87
Tabel 5. 40 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15% dengan <i>Superplasticizer</i> 0,6%	88
Tabel 5. 41 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15% dengan <i>Superplasticizer</i> 1%	88
Tabel 5. 42 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15% dengan <i>Superplasticizer</i> 1,3%	89
Tabel 5. 43 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15% dengan <i>Superplasticizer</i> 1,5%	89
Tabel 5. 44 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25% dengan <i>Superplasticizer</i> 0,6%	90
Tabel 5. 45 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25% dengan <i>Superplasticizer</i> 1%	90
Tabel 5. 46 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25% dengan <i>Superplasticizer</i> 1,3%	91

Tabel 5. 47 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25% dengan <i>Superplasticizer</i> 1,5%	91
Tabel 5. 48 Kuat Tarik Beton Rata-Rata	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Karakteristik Sikament LN	20
Gambar 3. 2 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen Untuk Benda Uji Silinder	23
Gambar 3. 3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 20 mm	25
Gambar 3. 4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 40 mm	25
Gambar 3. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Yang Telah Selesai Didapatkan	27
Gambar 3. 6 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton	28
Gambar 3. 7 Skema Pengujian Kuat Tarik Beton	29
Gambar 4. 1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	38
Gambar 5. 1 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1	54
Gambar 5. 2 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2	55
Gambar 5. 3 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1	65
Gambar 5. 4 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2	65
Gambar 5. 5 Penentuan Faktor Air Semen	70
Gambar 5. 6 Persentase Agregat Halus Terhadap Kadar Agregat Total	72
Gambar 5. 7 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Dipadatkan	73
Gambar 5. 8 Hubungan Nilai <i>Slump</i> dengan Penambahan Serbuk Kayu Jati dan <i>Superplasticizer</i>	77
Gambar 5. 9 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Penambahan Variasi Serbuk Kayu Jati dengan <i>Superplasticizer</i>	84
Gambar 5. 10 Hubungan Kuat Tarik Belah Beton dan Penambahan Variasi Serbuk Kayu Jati dengan <i>Superplasticizer</i>	92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Time Schedule</i>	101
Lampiran 2 Bahan yang Digunakan	102
Lampiran 3 Alat yang Digunakan	105
Lampiran 4 Proses Pengujian	111

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$f'c$	= Kuat tekan beton (MPa)
PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
MPa	= Megapascal
fas	= Faktor air semen
Sd	= Deviasi standar
SNI	= Standar Nasional Indonesia
M	= Nilai standar
$f'cr$	= Kuat tekan beton rencana
W	= Jumlah air yang dibutuhkan
Wh	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus (kg/m^3)
Wk	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (kg/m^3)
PBI	= Peraturan beton Indonesia
c	= Jumlah Semen (kg/m^3)
w	= Kadar air bebas
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
%AH	= Persentase agregat halus (%)
%AK	= Persentase agregat kasar (%)
BJ_{AK}	= Berat jenis agregat kasar
BJ_{AH}	= Berat jenis agregat halus
BJ_{AG}	= Berat jenis agregat gabungan
P	= Beban maksimum (N)
Bk	= Berat benda uji kering oven (gram)
B	= Berat piknometer berisi air (gram)
Bt	= Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)
A	= Luas penampang benda uji (mm^2)

T = Kuat tarik belah (MPa)
L = Panjang silinder (mm)
D = Diameter silinder (mm)
cm = Centimeter
mm = Milimeter
m = Meter
kg = Kilogram
°C = Derajat celcius
MHB = Modulus halus butir
V = Volume silinder (cm³)

ABSTRAK

Pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat menimbulkan ide-ide untuk menghasilkan sifat dan karakteristik beton menjadi lebih baik. Oleh karena itu, menimbulkan pemikiran untuk memanfaatkan limbah yang dapat meningkatkan kekuatan beton sebagai salah satu campuran beton. Salah satu limbah yang mudah dijumpai di kawasan industri mebel adalah limbah serbuk kayu. Pada penelitian ini serbuk kayu jati digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton untuk meningkatkan kekuatan beton. Serbuk kayu yang akan dicampurkan ke dalam campuran beton yaitu sebesar 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat, sedangkan *superplasticizer* Sikament LN yang ditambahkan ke dalam campuran beton menggunakan variasi 0,6%, 1%, 1,3%, dan 1,5% dari berat semen.

Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974-2011 dan kuat tarik belah beton berdasarkan SNI 2493-2014 dengan kuat tekan rencana beton sebesar 25 MPa. Pengujian dilakukan pada saat umur beton 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan beton normal sebesar 25,648 MPa dan nilai kuat tarik belah sebesar 1,905 MPa. Semua variasi penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton dibandingkan dengan beton normal. Variasi persentase penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,15% dari berat total agregat dengan kadar *superplasticizer* 1,3% dari berat semen menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik beton tertinggi. Pada variasi tersebut mengalami peningkatan kuat tekan beton sebesar 21,015% dengan nilai kuat tekan 31,038 MPa, serta mengalami peningkatan kuat tarik belah beton sebesar 36,451% dengan nilai kuat tarik belah 2,599 MPa.

Kata kunci: Beton, Serbuk kayu jati, *Superplasticizer* Sikament LN, Kuat tekan, Kuat tarik.

ABSTRACT

The rapid advancement of science and technology has sparked ideas to improve the properties and characteristics of concrete. Therefore, it raises the idea of utilizing waste that can enhance the strength of concrete as one of the concrete mixtures. One of the waste materials commonly found in the furniture industry is wood sawdust waste. In this study, teak sawdust is employed as an extra aggregate material in concrete, aiming to improve its strength and functionality. 0,15 % and 0,25% of the total aggregate of teak saw dust are mixed to the concrete mixture materials, yet the superplasticizer Sikament LN added to the concrete mixture materials use variety of 0,6%, 1%, 1,3%, and 1,5% of the cement weight.

A test employed in this study are concrete pressure based on SNI 1974-2011 and tensile strength tests based on SNI 2491-2011 with design compressive strength of 25 MPa. The tests were implemented after a curing period of 28 days. Based on the result of the test, the normal pressure strength of the concrete reaches 25,648 MPa and tensile strength is 1,905 MPa. All additional variation of teak saw dust and superplasticizer used in the study increase the pressure and design comprehensive strengths compared to that of the normal concrete. Variations of teak sawdust at 0,15% of the total aggregate, with 1,3% superplasticizer of cement weight, produced the highest pressure and comprehensive strength results. The pressure strength was 21,015% higher than that of standard concrete, with a value of 31,038 MPa. Likewise, the tensile strength by 36,451% compared to standard concrete, with a value of 2,599 MPa.

Keywords : Concrete, Teak Saw Dust, Superplasticizer Sikament LN, Compressive Strength, Tensile Strength.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan konstruksi utama yang sering digunakan dalam pembangunan konstruksi adalah beton. Beton adalah elemen struktur yang tersusun dari campuran antara agregat kasar dan agregat halus yang dilekatkan menggunakan pasta yang terbuat dari semen portland, air, dan tambahan lainnya dengan nilai perbandingan tertentu (Ferguson, 1991). Pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, banyak sekali ide-ide serta gagasan penelitian agar sifat dan karakteristik beton menjadi lebih baik terutama dari daya tahan, keawetan dan kekuatan menahan beban. Usaha dalam melakukan peningkatan mutu dan kekuatan beton misalnya dengan melakukan penambahan zat aditif yang berfungsi untuk meningkatkan daya lekat pada campuran beton. Hal ini menimbulkan pemikiran untuk menjadikan serbuk kayu sebagai bahan tambah untuk menambah kekuatan beton.

Pada setiap tempat pengolahan kayu sering didapatkan serbuk kayu sisa penggergajian yang merupakan limbah hasil pemotongan. Serbuk kayu mudah untuk didapatkan dan memiliki harga yang relatif murah. Limbah serbuk kayu menimbulkan masalah dalam penanganannya karena sampai saat ini pengolahan sisa serbuk kayu masih buruk. Pada setiap kawasan industri mebel limbah serbuk kayu mudah untuk didapatkan karena jarang digunakan. Hal tersebut dapat berdampak negatif pada lingkungan.

Serbuk kayu memiliki kandungan kadar selulosa dan hemiselulosa yang jika ditambahkan kedalam campuran semen dan agregat pembentuk beton, kandungan senyawa ini dapat terserap dalam permukaan partikel dan memperkuat daya ikat antar partikel karena sifat adhesi dan dispersinya, dan dapat menghambat difusi air pada material akibat sifat hidrofobnya. Sehingga dapat menghasilkan beton yang lebih kuat

dan relatif tidak tembus air, yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi dengan tujuan tertentu (Gargulak, 2001).

Menurut Susanto (1998), kayu mempunyai kadar selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 70%. Kayu memiliki kandungan kadar hemiselulosa dan lignin dalam sebesar 15 - 30% dari berat kering bahan. Kandungan yang terkandung dalam kayu jika ditambahkan dalam campuran beton akan menambah daya ikat antar partikel akibat sifat adhesinya, dapat menghambat difusi air pada material dengan sifat hidrofobik yang dimilikinya. Maka dari itu dapat menghasilkan beton yang relatif lebih tahan air dan lebih kuat.

Pada penelitian kali ini dilakukan pemanfaatan limbah serbuk kayu jati dan penambahan *superplasticizer* Sikament LN dalam komposisi campuran beton yang bertujuan untuk mengetahui hasil dari kuat tekan dan kuat tarik beton pada saat menerima beban. Serbuk kayu digunakan sebagai bahan tambah untuk menambah kekuatan beton dikarenakan beton memiliki kelemahan yaitu sulit kedap air, mengingat bahan serbuk kayu memiliki sifat dapat menyerap air yang cukup besar sehingga faktor air dapat diserap oleh serbuk kayu tersebut. *Superplasticizer* digunakan karena dapat meningkatkan kelecakan yang cukup dan dapat meningkatkan nilai *slump* pada campuran beton serta dapat meningkatkan mutu beton karena mengurangi pemakaian air sehingga faktor air semen menjadi lebih rendah.

Dalam penelitian Argo Irlando (2018) melakukan penambahan serbuk kayu jati dengan variasi sebesar 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1% dari berat total agregat, didapatkan kadar maksimal penggunaan serbuk kayu jati sebesar 0,25%. Pada penelitian ini melakukan penelitian lanjutan dengan persentase penambahan serbuk kayu yang lebih rapat untuk mengetahui kekuatan yang maksimal. Variasi penambahan serbuk kayu jati yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat. Pemakaian kadar *superplasticizer* Sikament LN sesuai dengan rekomendasi dari PT. Sika Indonesia yaitu sebesar 0,6% - 1,5% dari berat semen. Maka Sikament LN yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen.

Berdasarkan uraian di atas, penggunaan serbuk kayu jati sebagai bahan tambah pada campuran beton karena di Jepara banyak limbah serbuk kayu jati yang dibuang. Merujuk pada penelitian-penelitian tentang pengaruh penambahan serbuk kayu terhadap campuran beton yang pernah dilakukan, ternyata serbuk kayu memiliki kandungan kadar selulosa dan hemiselulosa yang dapat meningkatkan kekuatan beton, sehingga penelitian ini penting dilakukan agar dapat meningkatkan kekuatan beton serta memanfaatkan limbah serbuk kayu jati.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* Sikament LN terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton?
2. Bagaimana hasil dari perbandingan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal dibandingkan dengan menggunakan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* Sikament LN?
3. Bagaimana hasil kuat tekan dan kuat tarik belah maksimal yang diperoleh dari pengujian beton dengan menggunakan serbuk kayu jati dengan komposisi campuran 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat serta *superplasticizer* Sikament LN variasi 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan bahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* Sikament LN terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Mengetahui hasil perbandingan antara kuat tekan dan kuat tarik beton normal dengan beton yang menggunakan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* Sikament LN.

3. Mengetahui kuat tekan dan kuat tarik maksimal dengan penambahan bahan serbuk kayu jati dengan variasi 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat serta *superplasticizer* Sikament LN variasi 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memberikan informasi tentang cara pembuatan beton, pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton.
2. Mengembangkan ilmu pengetahuan dengan membuat inovasi penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* sebagai bahan tambah pembuatan beton.
3. Untuk memberi pengetahuan tentang pengaruh penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton.
4. Sebagai referensi untuk melakukan penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan penggunaan serbuk kayu sebagai bahan tambah terhadap pengaruh kuat tekan beton dan kuat tarik beton dengan menggunakan variasi penambahan serbuk kayu yang berbeda.

1.5 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Semen yang akan digunakan adalah semen *Portland* jenis I dengan merk Tiga Roda.
2. Variasi penambahan serbuk kayu yaitu 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat.
3. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Sikament LN dengan variasi 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen.
4. Kuat tekan rencana beton ($f'c$) adalah 25 MPa.
5. Perencanaan campuran beton menggunakan peraturan SNI 03-2834-2000.
6. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton dilakukan pada umur 28 hari.
7. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
8. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan (SNI 1974-2011) dan kuat tarik belah beton (SNI 2491-2014).

9. Benda uji tiap variasi sebanyak 5 buah.
10. Agregat halus didapatkan dari Progo, Kulon Progo.
11. Agregat kasar didapatkan dari Clereng, Kulon Progo.
12. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini dijabarkan penelitian-penelitian tentang serbuk kayu sebagai bahan tambah dalam campuran beton yang sudah dilakukan sebelumnya sebagai referensi untuk melakukan penelitian ini. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya berkaitan dengan penambahan serbuk kayu pada campuran beton agar dapat mengetahui komposisi campuran yang digunakan dan jenis kayu yang digunakan.

2.1 Penelitian Terdahulu

Ada beberapa penelitian tentang penggunaan serbuk kayu pada campuran beton yang pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian terkait penambahan serbuk kayu sebagai bahan tambah dalam lima tahun terakhir adalah sebagai berikut.

1). Argo Irlando (2018) melakukan penelitian tentang serbuk gergaji kayu jati sebagai bahan tambah pada campuran beton dengan *superplasticizer*. Menggunakan serbuk kayu jati dari Sleman dengan penambahan variasi sebesar 0,25%, 0,5%, 0,75% dan 1% dari berat total agregat. Menggunakan semen *Portland* tipe I merek Tiga Roda jenis PCC. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Sikament LN sebanyak 1% dari berat semen, kuat tekan rencananya $f'c$ 25 MPa. Pengujian dilakukan saat beton mencapai umur 28 hari. Pengaruh penambahan serbuk kayu yang optimal pada penelitian ini adalah variasi 0,25% meningkatkan kuat tekan sebesar 26,58% dengan nilai kuat tekan sebesar 26,030 MPa dibanding dengan kuat tekan beton normal dengan nilai kuat tekan beton sebesar 20,135 MPa dan modulus elastisitas meningkat sebesar 5,386% serta mengalami penurunan pada berat volume sebesar 1,62% sedangkan pada penambahan yang lain mengalami penurunan. Untuk kuat tarik beton semua mengalami penurunan namun pada variasi penambahan 0,25% mengalami penurunan terendah

dibandingkan dengan variasi yang lainnya, namun jika serbuk kayu ditambahkan lebih dari 1% memungkinkan kuat tarik beton akan meningkat karena pada variasi 0,75% - 1% kuat tarik mulai meningkat walaupun belum mencapai kuat tarik beton normal.

2). Nugroho Indra Wibowo (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh serbuk kayu sebagai substitusi sebagian semen dan bahan tambah 0,6% bestmittel terhadap karakteristik beton. Variasi serbuk kayu yang digunakan sebagai pengganti semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Bahan tambah Bestmittel yang digunakan sebesar 0,6% dari berat semen. Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 28 hari. Nilai kuat tekan beton normal yang didapat pada umur 14 hari dan 28 hari sebesar 22,832 MPa dan 25,344 MPa. Kuat tekan beton dengan bahan tambah Bestmittel 0,6% pada umur 28 hari mengalami peningkatan sebesar 2,23% dengan nilai kuat tekan 25,909 MPa. Pada penelitian ini variasi penambahan serbuk kayu 5% dan Bestmittel 0,6% mengalami peningkatan maksimal yaitu sebesar 24,262 MPa dan 27,668 MPa. Sedangkan pada variasi 10%, 15% dan 20% nilai kuat tekan mengalami penurunan dikarenakan terlalu besar penggantian semen dengan serbuk gergaji kayu.

3). Usmanul Hayadi Umar (2019) melakukan analisis kuat tekan beton dengan serbuk kayu jati. Serbuk kayu jati yang dipakai memiliki ukuran kurang dari 2 mm dengan variasi penambahan 10 kg/m^3 , 20 kg/m^3 , 30 kg/m^3 . Metode perencanaan campuran berdasarkan *ACI (American Concrete Institute)*. Menggunakan bahan tambah *SikaSet Accelerator* produksi *Sika Corporation USA* dengan variasi 20% dari jumlah air. Menggunakan semen tipe I produksi PT. Semen Gresik. Dari penambahan variasi serbuk kayu tersebut yang memiliki kuat tekan tertinggi adalah penambahan serbuk kayu 20 kg/m^3 yaitu mencapai $230,76 \text{ kg/cm}^2$, atau terjadi peningkatan sebesar 2,23% dibanding beton normal.

4). Mochamad Syarifudin (2020) melakukan penelitian tentang penambahan serbuk kayu sisa penggergajian terhadap kuat tekan beton dengan variasi penambahan 1 kg/m^3 dan 2 kg/m^3 dengan kuat tekan rencana $f'c$ 25 MPa. Melakukan pengujian beton pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Merencanakan komposisi beton menggunakan agregat dengan ukuran maksimum agregat kasar sebesar 10 – 20 mm faktor air semen

0,53, menggunakan semen *Portland* jenis I merk Gresik. Nilai kuat tekan rata-rata yang diperoleh dengan penambahan serbuk kayu 1 kg/m^3 di umur 7 hari sebesar 27,81 MPa, umur 14 hari sebesar 29,82 MPa dan umur 28 hari sebesar 35,20 MPa. Sedangkan dengan variasi penambahan 2 kg/m^3 pada umur 7 hari sebesar 27,87 MPa, umur 14 hari sebesar 27,08 MPa dan pada 28 hari sebesar 29,74 MPa. Kuat tekan rata-rata saat umur 7 hari sebesar 23,48 MPa, pada umur 14 hari sebesar 20,32 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 29,12 MPa. Dengan hasil penelitian diatas disimpulkan bahwa kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi penambahan serbuk kayu sebesar 1 kg/m^3 yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 35,54 MPa sedangkan kuat tekan beton normal memiliki kuat tekan beton sebesar 29,20 MPa yang berarti mengalami peningkatan sebesar 1,22%. Nilai slump meningkat pada beton yang menggunakan serbuk kayu karena sifat serbuk kayu yang mudah mengikat.

5). Ririn Nur Anisah, dkk (2022) melakukan penelitian analisis pengaruh penambahan Sikament LN dengan variasi persentase terhadap nilai *slump* dan kuat tekan beton berdasarkan metode perawatan beton. Pengujian beton dilakukan saat umur 28 hari. Dalam penelitian ini memakai *superplasticizer* Sikament LN sebesar 1% dan 2% dari berat semen. Menggunakan metode perawatan dengan merendam dalam air dan membungkus plastik. Hasil penelitian menghasilkan kuat tekan beton pada variasi Sikament LN 0%, 1%, dan 2% dengan metode perawatan merendam benda uji dalam air sebesar 19,63 MPa, 25,1 MPa, dan 26,16 MPa. Dengan menggunakan metode perawatan membungkus plastik nilai kuat tekan variasi Sikament LN 0%, 1%, dan 2% sebesar 23,43 MPa, 23,16 MPa, dan 27,80 MPa. Maka dapat diartikan bahwa kuat tekan beton tertinggi diperoleh pada penambahan Sikament LN 2% dan metode perawatan yang digunakan adalah dengan metode membungkus dengan plastik karena nilai kuat tekan beton yang lebih tinggi dibandingkan dengan merendam air.

2.2 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya sesuai dengan yang sudah dijelaskan di sub bab 2.1, maka kemudian dilakukan perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan, seperti yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Argo Irlando (2018)	Nugroho Indra Wibowo (2018)	Usmanul Hayadi Umar (2019)	Mochamad Syarifudin (2020)	Ririn Nur Anisah (2022)	Daffa Kautsar S (2024)
Judul Penelitian	Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Pada Campuran Beton Dengan <i>Superplasticizer</i>	Pengaruh Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Sebagian Semen Dan Bahan Tambah 0,6% Bestimittel Terhadap Karakteristik Beton	Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Serbuk Kayu Jati	Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa Penggergajian Terhadap Kuat Tekan Beton	Analisis Pengaruh Penambahan Sikament LN Dengan Variasi Persentase Terhadap Nilai <i>Slump</i> Dan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Metode Perawatan Beton	Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sisa Penggergajian Mebel Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Dengan <i>Superplasticizer</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Argo Irlando (2018)	Nugroho Indra Wibowo (2018)	Usmanul Hayadi Umar (2019)	Mochamad Syarifudin (2020)	Ririn Nur Anisah (2022)	Daffa Kautsar S (2024)
Konten	<ul style="list-style-type: none"> • Variasi serbuk kayu jati 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1% berat total agregat. • Mutu beton 25 MPa. • Pengujian pada umur 28 hari. • <i>Superplastizer</i> Sikament LN 1% berat semen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variasi substitusi sebagian semen serbuk kayu 0%, 5% , 10%, 15% dan 20% . • Kadar Bestmittel 0,6% dari berat semen. • Pengujian pada umur 14 dan 28 hari. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan tambah serbuk kayu jati 10 kg/m³, 20 kg/m³, 30 kg/m³. • Serbuk kayu jati yang digunakan berukuran kurang dari 2 mm. • Umur pengujian 28 hari. • Menggunakan <i>bahan tambah SikaSet Accelerator</i> produksi <i>Sika Corporation USA</i> dengan variasi 20% dari jumlah air. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan tambah serbuk kayu 1 kg/m³ dan 2 kg/m³. • Mutu beton 25 MPa. • Umur pengujian 7, 14, 28 hari. • Faktor air semen 0,53. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Superplastisizer</i> Sikament LN dengan presentase sebesar 1% dan 2% dari berat semen. • Perencanaan campuran dengan metode <i>ACI</i> • Umur pengujian 28 hari. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan tambah serbuk kayu jati 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat. • <i>Superplasticizer</i> Sikament LN 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen. • Mutu beton 25 MPa. • Umur pengujian 28 hari.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Argo Irlando (2018)	Nugroho Indra Wibowo (2018)	Usmanul Hayadi Umar (2019)	Mochamad Syarifudin (2020)	Ririn Nur Anisah (2022)	Daffa Kautsar S (2024)
Parameter uji	Kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas, penyerapan dan porositas.	Kuat tekan, modulus elastisitas, dan penyerapan air.	Kuat tekan beton	Kuat tekan beton	Kuat tekan beton	Kuat tekan dan kuat tarik beton
Hasil Penelitian	Variasi serbuk kayu pada yang optimal adalah variasi 0,25% meningkatkan kuat tekan sebesar 26,58% dan memiliki nilai kuat tekan sebesar 26,030 MPa dibanding dengan kuat tekan beton normal dengan	Nilai kuat tekan beton normal yang didapat pada umur 14 hari dan 28 hari sebesar 22,832 MPa dan 25,344 MPa. Kuat tekan beton dengan bahan tambah Bestmittel 0,6% pada umur 28 hari mengalami peningkatan sebesar 2,23% dengan nilai	Dari penambahan variasi serbuk kayu tersebut yang memiliki kuat tekan tertinggi adalah penambahan serbuk kayu 20 kg/m ³ yaitu mencapai 230,76 kg/cm ² , atau terjadi peningkatan sebesar 2,23%	Penambahan serbuk kayu sebesar 1 kg/m ³ saat umur 28 hari memiliki kuat tekan yang paling optimum dengan kuat tekan sebesar 35,54 MPa, sedangkan kuat tekan beton normal 29,20 MPa yang berarti mengalami	Variasi sikament LN 0%, 1%, dan 2% dengan metode perawatan merendam dalam air sebesar 19,63 MPa, 25,1 MPa, dan 26,16 MPa. Dengan menggunakan metode perawatan membungkus	Diharapkan mengetahui pengaruh penambahan serbuk kayu jati dan <i>superplasticizer</i> terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. Untuk Mengetahui hasil kuat tekan dan kuat tarik maksimal

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Peneliti	Argo Irlando (2018)	Nugroho Indra Wibowo (2018)	Usmanul Hayadi Umar (2019)	Mochamad Syarifudin (2020)	Ririn Nur Anisah (2022)	Daffa Kautsar S (2024)
Hasil Penelitian	nilai kuat tekan beton sebesar 20,135 MPa. Sedangkan nilai kuat tarik mengalami penurunan dibanding beton normal. Modulus elastisitas meningkat sebesar 5,386%.	kuat tekan 25,909 MPa. Variasi penambahan serbuk kayu 5% dan Bestmittel 0,6% mengalami peningkatan maksimal yaitu sebesar 24,262 MPa dan 27,668 MPa. Sedangkan variasi 10%, 15% dan 20% nilai kuat tekan mengalami penurunan karena penggantian semen dengan serbuk gergaji kayu terlalu besar	dari beton normal. Nilai slump mengalami penurunan pada beton campuran serbuk kayu jati.	peningkatan sebesar 1,22%. Nilai slump menurun pada campuran yang memakai serbuk kayu karena serbuk kayu memiliki sifat yang mudah mengikat.	plastik nilai kuat tekan variasi Sikament LN 0%, 1%, dan 2% sebesar 23,43 MPa, 23,16 MPa, dan 27,80 MPa. Maka dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton tertinggi diperoleh pada penambahan Sikament LN 2%.	dengan variasi penambahan serbuk kayu 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat serta <i>superplasticizer</i> Sikament LN variasi 0,6%. 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen.

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya seperti yang disajikan pada Tabel 2.1. Penelitian ini melanjutkan penelitian Argo Irlando (2018) dengan variasi serbuk kayu dan *superlasticizer* yang berbeda, dengan melakukan penambahan serbuk kayu jati variasi 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat dan *superplasticizer* Sikament LN dengan variasi 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen. Penelitian dengan variasi serbuk kayu jati dan *superplasticizer* tersebut belum pernah dilakukan, dengan demikian penelitian ini dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah elemen struktur yang terbentuk dari agregat yang dilekatkan dengan pasta yang terbentuk dari campuran semen portland dan air. Pasta berfungsi untuk mengisi rongga dan melekatkan antar agregat pada campuran beton. Beton akan mengeras karena terjadi reaksi kimia eksotermis dari semen dan air sehingga terbentuk bahan yang padat dan tahan lama (Ferguson, 1991).

Dalam membuat beton harus memperhitungkan komposisi campuran beton dengan baik dan benar agar memperoleh hasil campuran beton segar yang bagus dan menghasilkan beton yang keras karena dalam membuat beton harus memenuhi syarat - syarat yang wajib dipenuhi. Pada saat beton keras diharapkan dapat menahan beban yang diterimanya dengan begitu sifat utama yang beton adalah kekuatannya. Menurut Tjokrodimulyo (1996), terdapat faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan pada beton seperti kualitas semen yang digunakan, tipe dan gradasi agregat, perbandingan antara semen dan berat air serta perawatan beton (*curing*). Beton yang baik adalah beton yang kuat, kedap air, tahan lama dan tahan aus.

3.2 Bahan Penyusun Beton

Bahan penyusun beton tersusun dari bahan aktif dan bahan pasif. Bahan aktif yaitu semen dan air berfungsi pengikat, dan bahan pasif yaitu agregat kasar dan agregat halus sebagai bahan pengisi.

3.2.1 Agregat

Agregat merupakan butiran alami yang memiliki fungsi untuk bahan pengisi pada campuran beton. Volume beton yang diisi dengan agregat sekitar 70 – 85 %.

Agregat mempengaruhi sifat dan kekuatan beton sehingga pada saat pemilihan dalam menentukan agregat yang digunakan adalah bagian penting untuk pembuatan beton.

Agregat dapat digunakan pada campuran beton adalah agregat alam atau agregat buatan. Agregat dibedakan menjadi dua golongan yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah batuan yang memiliki ukuran butirnya lebih dari 4,80 mm (*British Standart*) atau 4,75 mm berdasarkan (Standar ASTM) dan agregat halus memiliki ukuran butir kurang dari 4,80 mm (4,75 mm).

1. Agregat halus

Agregat halus yaitu mempunyai ukuran butiran kurang dari 4,8 mm dengan lolos saringan No. 4 dan tertahan pada saringan No. 200. Agregat halus (pasir) yang akan dipakai harus memenuhi syarat yang telah ditentukan. Menurut PBI (1971), terdapat syarat-syarat agregat halus yang digunakan sebagai berikut.

- a. Agregat halus memiliki bentuk butiran yang kuat, memiliki sifat yang tidak mudah hancur karena cuaca hujan atau cuaca panas.
- b. Tidak boleh memiliki kandungan lumpur lebih dari 5% dari berat agregat kering. Jika memiliki kandungan lumpur lebih dari 5% maka harus dicuci.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung terlalu banyak bahan organik.

Adapun syarat-syarat yang harus dilihat apabila agregat halus memiliki butiran-butiran yang beragam yaitu dengan melakukan penyaringan dengan ayakan yang ditentukan, harus memenuhi ketentuan sebagai berikut.

- a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
- b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
- c. Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% - 90% berat.

2. Agregat kasar

Sifat agregat kasar dapat mempengaruhi daya tahan terhadap disintegrasi beton, cuaca dan kekuatan akhir pada beton serta efek-efek lainnya. Dapat dikatakan agregat kasar jika melebihi $\frac{1}{4}$ in (6 mm). Menurut PBI (1971), syarat-syarat agregat kasar yaitu sebagai berikut.

- a. Agregat kasar terdiri dari butiran yang keras dan tidak terdapat pori-pori lebih 20% dari berat agregat, serta harus memiliki ketahanan dalam pengaruh cuaca hujan ataupun panas matahari.
- b. Tidak boleh memiliki kandungan lumpur lebih dari 1% dari berat kering. Jika memiliki kandungan lumpur lebih dari 1% maka dicuci dahulu.
- c. Agregat kasar tidak memiliki kandungan yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.
- d. Agregat kasar terdiri dari butiran yang memiliki ukuran beraneka ragam.

3.2.2 Semen *Portland*

Semen *Portland* termasuk dalam jenis semen hidrolis karena dapat mengikat bahan lain dengan air sehingga menjadi satu kesatuan massa yang dapat mengeras dan memadat. Semen memiliki fungsi mengisi ruang yang kosong serta mengikat agregat sehingga menjadi beton yang padat. Komposisi jumlah semen yang dipakai sekitar 10% dari volume beton, tetapi peranan semen sebagai bahan pengikat sangat penting dalam pembuatan beton.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen *Portland* dibagi menjadi 5 kategori berdasarkan jenis dan penggunaannya adalah sebagai berikut.

1. Tipe I, semen *Portland* digunakan untuk campuran beton yang tidak membutuhkan syarat – syarat khusus seperti di jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen *Portland* digunakan untuk campuran beton yang membutuhkan ketahanan dengan sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen *Portland* digunakan untuk campuran beton yang membutuhkan kekuatan awal tinggi saat fase permulaan setelah terjadi pengikatan.
4. Tipe IV, semen *Portland* digunakan untuk campuran beton yang penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.
5. Tipe V, semen *Portland* digunakan untuk campuran beton yang membutuhkan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

3.2.3 Air

Air merupakan salah satu bahan penyusun cukup penting saat pembuatan beton karena faktor air pada beton mempengaruhi mutu pada campuran beton. Campuran air dengan semen menjadi pasta yang berfungsi untuk pengikat agregat sehingga perbandingan semen dengan air menentukan kekuatan serta mutu beton.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), syarat – syarat air yang dapat dipakai untuk campuran beton adalah air tawar, tidak berbau, tidak terdapat kandungan yang dapat merusak beton. Jika kelebihan penggunaan air terlalu banyak bisa menjadikan kekuatan beton turun dan beton keropos dan jika air yang digunakan kurang sehingga dapat menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai dan dapat mempengaruhi kekuatan beton.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982), syarat – syarat air yang dapat digunakan untuk campuran beton sebagai berikut:

1. Kandungan lumpur dalam air tidak boleh lebih dari 2 gr/lt.
2. Air tidak mengandung garam yang lebih dari 15 gr/lt karena dapat merusak beton.
3. Kandungan senyawa sulfat tidak lebih dari 1 gr/lt.
4. Kandungan *klorida* tidak lebih dari 0,5 gr/lt.

3.3 Bahan Tambah

Bahan tambah merupakan bahan yang ditambahkan pada campuran beton saat proses pencampuran. Bahan tambah berfungsi untuk mengubah sifat dan karakteristik dari beton agar menjadi lebih cocok dalam pekerjaan tertentu dan juga dapat memodifikasi karakteristik dan sifat pada beton misalnya, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan dan mutu beton, menghemat biaya, mudah saat melakukan pekerjaan atau untuk tujuan yang lainnya. Pada penelitian ini bahan yang dipakai untuk bahan tambah pada campuran beton adalah serbuk kayu jati dan *superplasticizer*.

3.3.1 Serbuk kayu jati

Serbuk kayu memiliki kandungan kadar selulosa dan hemiselulosa yang jika ditambahkan kedalam campuran semen dan agregat pembentuk beton, kandungan senyawa ini dapat terserap pada permukaan partikel dan memperkuat daya ikat antar

partikel karena sifat adhesi dan dispersinya, dan dapat menghambat difusi air pada material akibat sifat hidrofobnya. Sehingga dapat menghasilkan beton yang lebih kuat dan relatif tidak tembus air, yang dapat digunakan sebagai bahan konstruksi dengan tujuan tertentu (Gargulak, 2001). Menurut Susanto (1998), kayu mempunyai kadar selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 70%. Kayu memiliki kandungan kadar hemiselulosa dan lignin dalam sekitar 15 – 30% berat kering bahan. Kandungan yang terkandung dalam kayu ditambahkan dalam campuran beton akan memperkuat daya ikat antar partikel akibat sifat adhesinya, dapat menghambat difusi air pada material dengan sifat hidrofobik yang dimilikinya. Maka dari itu dapat menghasilkan beton yang relatif lebih tahan air dan lebih kuat.

3.3.2 *Superplasticizer*

Superplasticizer merupakan bahan tambah tipe F atau *High Range Water Reducer* (ASTM C494-82), merupakan bahan tambah yang dapat mengurangi air hingga 15% atau lebih. *Superplasticizer* tersusun atas sulfonat yang berfungsi untuk menghilangkan gaya permukaan pada semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen.

Pemakaian *superplasticizer* pada penelitian ini berfungsi untuk menjaga kelacakan pada campuran beton dan mengimbangi penurunan faktor air semen karena penyerapan serbuk kayu pada air sehingga campuran beton menjadi lebih kental. *Superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah Sikament LN yang dapat meningkatkan kelacakan pada campuran beton, mengurangi risiko pemisahan secara signifikan. Karakteristik dan informasi Sikament LN dapat dilihat pada Gambar 3.1.

BUILDING TRUST



PRODUCT DATA SHEET

Sikament® LN

HIGH RANGE WATER REDUCING

DESCRIPTION

A highly effective water reducing agent and superplasticizer for promoting accelerated hardening with high workability. Complies with A.S.T.M. C 494-92 Type F.

USES

Sikament® LN is a high range water reducing concrete admixture specially formulated for the precast concrete element industry; to meet the demand of early removal of formwork due to the early strength gain. Enables concrete placing equipment to be used to its full capacity. Effective throughout dosage range.

CHARACTERISTICS / ADVANTAGES

Sikament® LN provides the following properties :

- Up to 20 % reduction of water will produce 40 % increase in 28 days compressive strength.
- Increased watertightness.

PRODUCT INFORMATION

Chemical base	Modified Naphthalene Formaldehyde Sulfonate	
Packaging	240 kg drum Bulk delivery	
Appearance / Colour	Liquid / Dark brown	
Shelf life	12 months from date of production if stored properly in undamaged unopened, original sealed container.	
Storage conditions	Store in dry conditions at temperatures between +5 °C and +30 °C. Protect from direct sunlight and frost.	
Density	at +20 °C	1.22 ± 0.01 kg/L

TECHNICAL INFORMATION

Concreting Guidance	The standard rules of good concreting practice, concerning production and placing, are to be followed. Laboratory trials before concreting on site are strongly recommended when using a new mix design or producing new concrete components. Fresh concrete must be cured properly and as early as possible.
---------------------	---

Product Data Sheet
Sikament® LN
November 2016, Version 01.01
021302011000000116

1 / 3

Gambar 3. 1 Karakteristik Sikament LN

(Sumber : PT. Sika Indonesia)

3.4 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini pada saat proses perencanaan campuran beton yang akan dilakukan menggunakan peraturan SNI 03-2834-2000 sebagai acuan merencanakan campuran beton. Adapun tata acara dalam melakukan pembuatan campuran beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai deviasi standar (S_d) dapat ditentukan dengan melihat tingkat mutu pengendalian pada saat melakukan pencampuran beton. Semakin bagus pengendalian mutu maka nilai deviasi standar semakin kecil. Nilai deviasi standar pada tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali
< 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 3. 2 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu	S_d (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : SNI 03-2834-2000

2. Menentukan nilai tambah (M) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1) berikut.

$$M = 1.64 \times Sd \quad (3.1)$$

dengan:

M = Nilai tambah (MPa)

Sd = Deviasi standar (MPa)

3. Menentukan kuat tekan beton rata-rata rencana (f'_{cr}) dengan persamaan (3.2) berikut.

$$f'_{cr} = f'c + M \quad (3.2)$$

dengan:

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata rencana (MPa)

$f'c$ = Kuat tekan yang diisyaratkan (MPa)

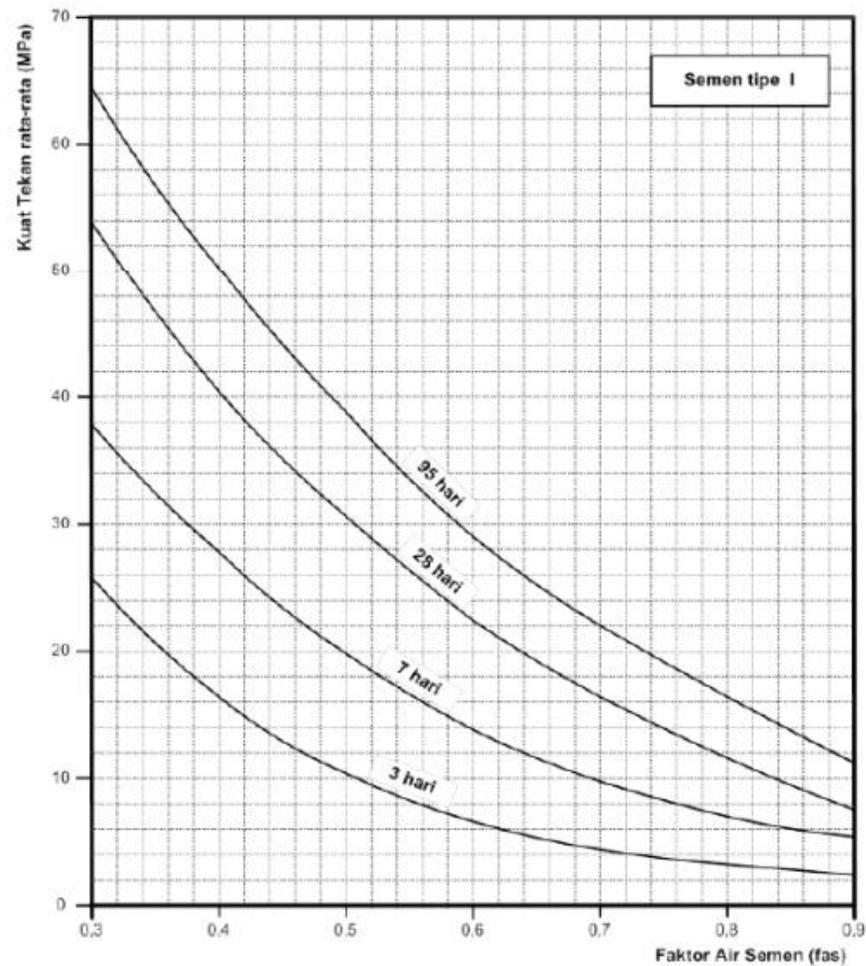
M = Nilai tambah (MPa)

4. Menentukan jenis semen yang akan digunakan.
 5. Menentukan jenis agregat yang akan digunakan.
 6. Menentukan nilai faktor air semen (fas) dengan melihat Tabel 3.3 dan grafik pada Gambar 3.2.

Tabel 3. 3 Pekiraan Kuat tekan Beton dengan FAS 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk benda uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	95	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland 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	

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 3. 2 Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen Untuk Benda Uji Silinder

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

7. Melakukan pengujian slump untuk mengetahui tingkat kelacakan adukan beton sebelum dilakukan pekerjaan pengecoran.
8. Menentukan besar butir agregat maksimum.
9. Menghitung kadar air bebas agregat campuran dengan persamaan (3.3).

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (3.3)$$

dengan:

W_h = Perkiraan jumlah agregat halus

W_k = Perkiraan jumlah agregat kasar

Nilai W_h dan W_k dapat didapatkan dengan melihat Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap m³ Beton

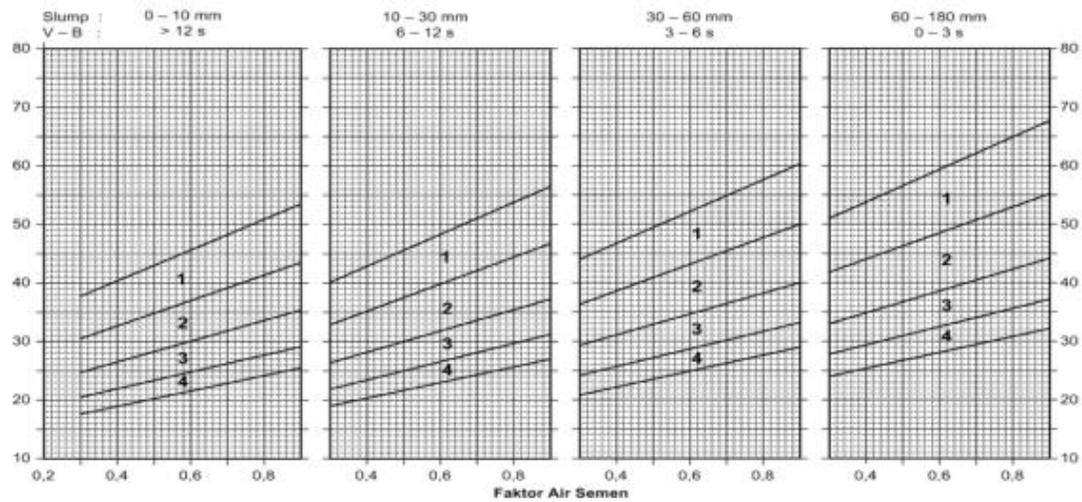
Ukuran maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Sumber: SNI-03-2834-2000

- a. Menentukan kadar semen yang digunakan per m³ beton dapat dihitung menggunakan persamaan (3.4) berikut.

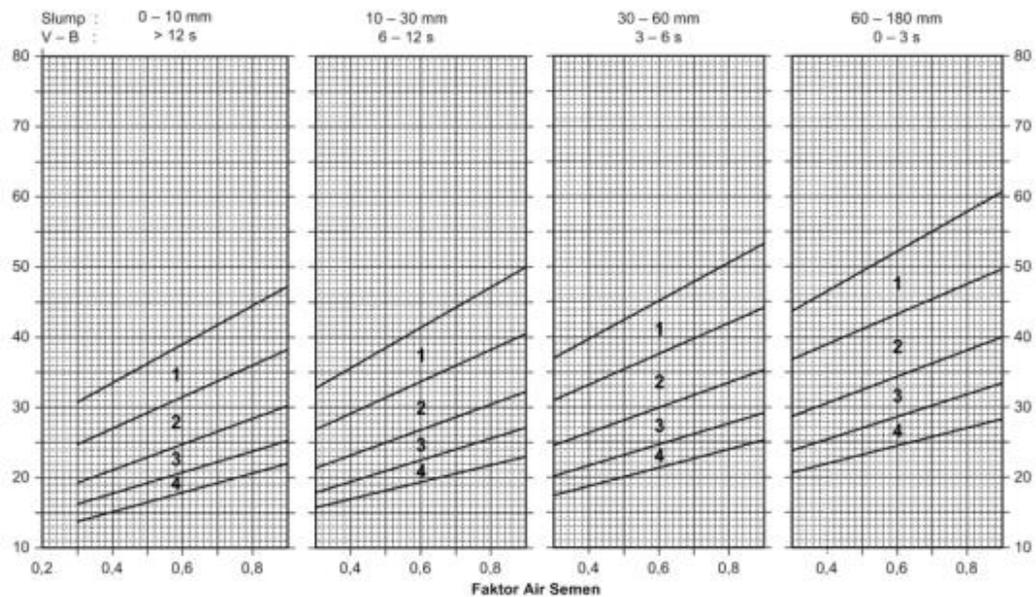
$$\text{Jumlah semen per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{FAS}} \quad (3.4)$$

- b. Menentukan persentase agregat kasar dan agregat halus dapat menggunakan grafik pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3. 3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 20 mm

(Sumber: SNI-03-2834-2000)



Gambar 3. 4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Max 40 mm

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

c. Adapun langkah-langkah dalam menentukan persentase dalam penggunaan agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 diuraikan sebagai berikut.

- 1). Pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4, tentukan grafik yang akan digunakan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai *slump* yang telah direncanakan.
- 2). Tarik garis vertikal ke atas sampai ke kurva yang teratas di antara kedua kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
- 3). Setelah itu, menarik garis horisontal ke kanan, pada kurva atas dan kurva bawah yang terletak di dalam daerah gradasi dan catat hasilnya.
- 4). Ambil nilai rerata dari kedua hasil tersebut.

Nilai presentase agregat kasar dapat dihitung menggunakan persamaan (3.5) berikut

$$\text{Persen agregat kasar} = 100\% - \text{Persen agregat halus} \quad (3.5)$$

10. Menghitung berat jenis relatif agregat dengan mengambil data dari hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dapat dihitung dengan persamaan (3.6) berikut.

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.6)$$

dengan :

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan

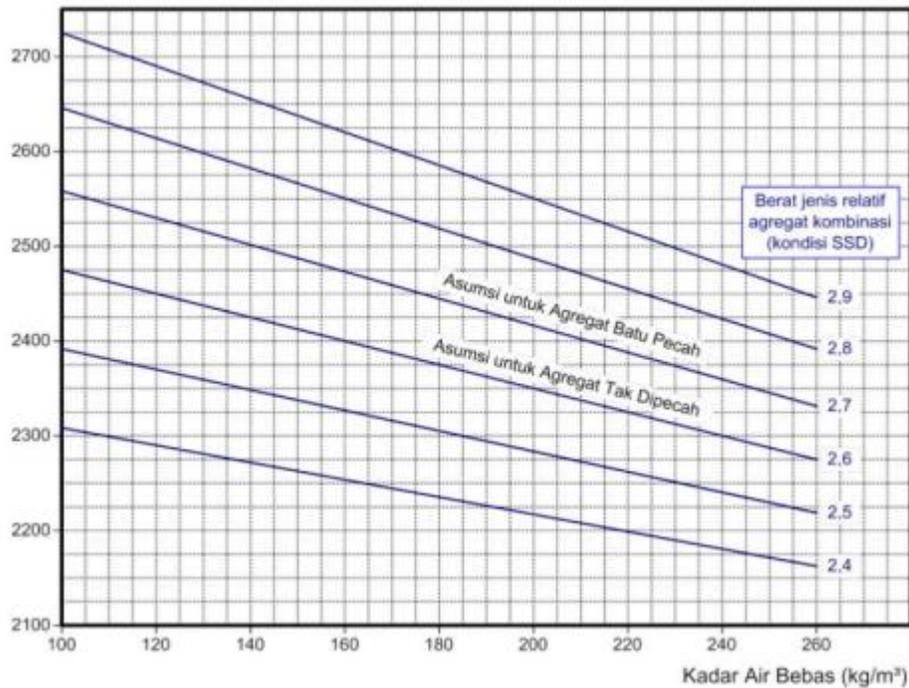
BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus

BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar

$\%AH$ = Persentase agregat halus

$\%AK$ = Persentase agregat kasar

11. Mencari nilai berat isi beton dapat dilihat dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Grafik Perkiraan Berat Beton Yang Telah Selesai Didapatkan

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Langkah – langkah untuk mendapatkan nilai berat isi beton dengan melihat grafik di atas adalah sebagai berikut.

- a. Pada Gambar 3.5 di atas, tarik garis dari nilai berat jenis agregat gabungan yang sejajar sama garis linier yang terdapat di grafik.
 - b. Kemudian tarik garis vertikal ke atas hingga memotong garis yang sudah dibuat tadi sesuai dengan nilai kadar air bebas. Lalu tarik garis horisontal ke kiri sampai perpotongan kedua garis di atas dan catat hasilnya.
12. Menghitung kadar agregat gabungan menggunakan persamaan (3.7) berikut.

$$\text{Kadar agregat gabungan} = \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \quad (3.7)$$

13. Menghitung kadar agregat kasar menggunakan persamaan (3.8) berikut.

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{ agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.8)$$

14. Menghitung kadar agregat halus menggunakan persamaan (3.9) berikut.

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{ agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.9)$$

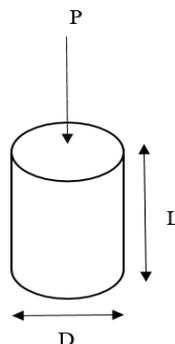
15. Menghitung proporsi campuran (agregat dalam kondisi SSD) untuk mengetahui proporsi campuran beton setiap 1 m³ beton.

16. Menghitung kadar serbuk kayu jati dari berat total agregat.

17. Menghitung kadar *superplasticizer* Sikament LN dari berat semen.

3.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton keras dalam menahan gaya aksial persatuan luas. Kuat tekan beton dapat ditentukan dengan dengan pengaturan komposisi semen, air, agregat kasar, agregat halus dan jenis campuran lainnya. Menurut Mulyono (2004), terdapat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan beton seperti campuran bahan-bahan penyusunnya, metode perancangannya, proses perawatan dan keadaan saat melakukan percobaan. Prosedur pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji beton silinder yang diletakan di mesin tekan secara sentris, kuat tekan dapat didefinisikan untuk ketahanan maksimum diukur pada saat menerima beban aksial yang diberikan. Pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



Keterangan :

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

Gambar 3. 6 Skema Pengujian Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 1974-2011 nilai kuat tekan beton dihitung menggunakan persamaan (3.10) berikut.

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.10)$$

dengan :

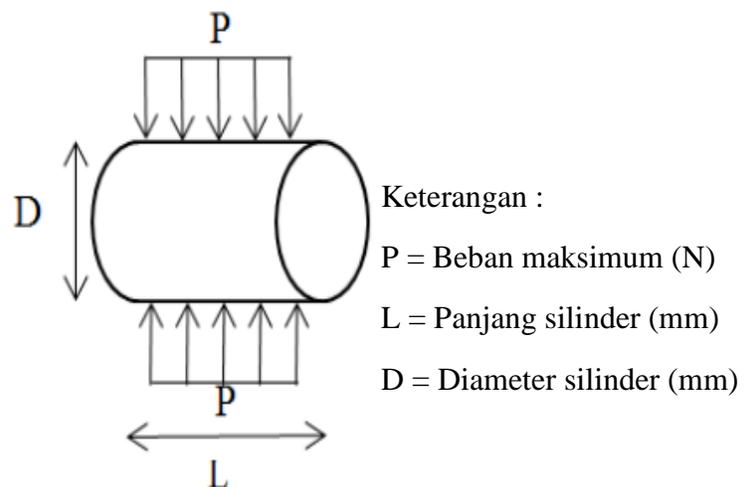
$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm^2)

3.6 Kuat Tarik Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kekuatan tarik pada beton dengan menggunakan benda uji silinder. Pada pengujian ini, benda uji direbahkan lalu ditekan sampai terbelah menjadi dua bagian akibat tegangan tarik. Berdasarkan SNI 2491 (2014), uji tarik belah dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan struktur komponen beton yang menggunakan agregat terkait ketahanan geser. Pengujian kuat tarik belah dilakukan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian kuat tarik beton dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3. 7 Skema Pengujian Kuat Tarik Beton

Kuat Tarik beton dihitung dengan menggunakan persamaan (3.11).

$$T = \frac{2P}{\pi L D} \quad (3.11)$$

dengan :

T = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Panjang silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah penelitian yang bersifat eksperimental. Penelitian eksperimen merupakan penelitian yang melakukan pembuatan variasi beton terhadap satu atau lebih variabel yang diolah sehingga akan menghasilkan hubungan sebab akibat. Pada penelitian ini membandingkan beton normal dengan beton variasi dengan bahan tambah serbuk kayu jati dengan persentase 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat dan *superplasticizer* dengan persentase 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen. Pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Dari hasil penelitian ini akan diketahui pengaruh penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* ke dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton.

4.2 Bahan-Bahan Penyusun Benda Uji

Bahan-bahan yang digunakan untuk penyusun benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen *Portland*

Semen yang dipakai dalam penelitian ini adalah semen *Portland* tipe I merk Tiga Roda jenis *Portland Composite Cement*. Kemasan semen dan fisik semen harus dalam keadaan baik.

2. Agregat

Agregat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus merupakan pasir yang lolos di saringan 4,80 mm dan agregat kasar memiliki ukuran maksimal 20 mm. Agregat halus digunakan berasal dari

Progo, Kulon Progo dan agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng, Kulon Progo.

3. Air

Air yang digunakan pada penelitian berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Air yang digunakan adalah air yang bersih, tidak berbau, dan jernih karena air yang kotor dapat mempengaruhi campuran beton. Air diperlukan untuk pencucian agregat, campuran beton dan perawatan beton.

4. Serbuk Kayu Jati

Pada penelitian ini serbuk kayu yang digunakan berasal dari kayu jati. Serbuk kayu jati digunakan sebagai bahan tambah agregat dengan variasi penambahan 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat. Penggunaan berdasarkan total agregat diharapkan serbuk kayu jati yang berbentuk halus dapat berfungsi juga sebagai pengisi rongga antar agregat pada campuran beton.

5. *Superplasticizer*

Pada penelitian ini *Superplasticizer* yang digunakan adalah Sikament LN dengan variasi 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia.

4.3 Peralatan

Pada penelitian ini peralatan yang digunakan dikelompokkan menjadi dua, yaitu peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji dan peralatan yang digunakan untuk pengujian benda uji.

4.3.1 Peralatan Pembuatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Peralatan Pembuatan Benda Uji

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Ayakan Agregat Kasar	Mengayak agregat kasar
2	Ayakan Agregat Halus	Mengayak agregat halus
3	Gelas Ukur	Mengukur banyaknya air
4	Timbangan	Menimbang material
5	Sekop	Memasukan campuran kedalam cetakan
6	Kerucut <i>Abrams</i>	Melakukan pengujian Slump
7	<i>Mixer</i> Beton	Mencampur adonan beton
8	Tongkat Penumbuk	Memadatkan campuran beton
9	Cetakan Silinder	Mencetak benda uji
10	Gerobak Dorong	Mengangkut material
11	Ember	Menampung agregat dan air
12	Oven	Mengeringkan material
13	Mesin Penggetar Saringan	Memisahkan agregat sesuai ukuran

4.3.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan untuk pengujian benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Peralatan Pengujian Benda Uji

No	Nama Alat	Kegunaan
1	<i>Compressing Test Machine (CTM)</i>	Menguji kuat tekan beton
2	Jangka Sorong	Mengukur dimensi benda uji
3	Timbangan	Menimbang benda uji

4.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.5 Benda Uji

Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik beton. Jumlah benda uji yang diperlukan adalah 90 buah dengan rincian tabel seperti pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Rincian Benda Uji

Kode Benda Uji	Kadar Serbuk kayu jati dari berat total agregat	Kadar Sikament LN dari berat semen	Jumlah benda uji kuat tekan	Jumlah benda uji kuat tarik
BN	0%	0%	5	5
A1	0,15%	0,6%	5	5
A2	0,15%	1%	5	5
A3	0,15%	1,3%	5	5
A4	0,15%	1,5%	5	5
B1	0,25%	0,6%	5	5
B2	0,25%	1%	5	5
B3	0,25%	1,3%	5	5
B4	0,25%	1,5%	5	5
Total			45	45

Keterangan :

BN = Beton Normal.

A = Serbuk Kayu Jati 0,15%.

B = Serbuk Kayu Jati 0,25%.

4.6 Tahapan Penelitian

Adapun langkah-langkah dalam melakukan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Persiapan

Persiapan untuk melakukan penelitian ini berupa persiapan studi pustaka, alat dan bahan yang digunakan dan persiapan laboratorium.

2. Pengujian Agregat

Pengujian agregat berfungsi agar dapat mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang digunakan memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan dalam pencampuran beton (*mix design*). Adapun macam macam pengujian agregat halus dan kasar dapat dilihat seperti berikut ini.

- a Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus mengacu pada SNI 1970-1990.

- b Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar mengacu pada SNI 1969-1990.

- c Pengujian analisa saringan agregat halus mengacu pada SNI 1968-1990.

- d Pengujian analisa saringan agregat kasar mengacu pada SNI 1968-1990.

- e Pengujian berat volume padat dan gembur agregat halus mengacu pada SNI 4804-1998.

- f Pengujian berat volume padat dan gembur agregat kasar mengacu pada SNI 4804-1998.

- g Pengujian lolos saringan No.200 mengacu pada SNI 4142-1996.

3. Perencanaan Pembuatan Campuran

Perencanaan campuran (*mix design*) berfungsi untuk menentukan komposisi dan memilih bahan-bahan yang akan digunakan agar mengetahui perbandingan antara bahan campuran beton seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air yang digunakan dalam pembuatan benda uji. Kemudian setelah didapatkan proporsi campuran beton lalu menentukan variasi penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer*.

4. Pembuatan Benda Uji

Tahapan yang dilakukan setelah mendapatkan perencanaan campuran beton (*mix desain*) adalah pembuatan benda uji. Adapun tahapan dalam pembuatan benda uji sebagai berikut.

- a. Membuat campuran beton uji,
- b. Pengecoran adonan beton uji ke dalam cetakan silinder,
- c. Melepaskan beton uji dari cetakan silinder,
- d. Melakukan perawatan beton sampai umur rencana.

5. Pengujian Benda Uji

Pada tahapan ini melakukan pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik beton pada setiap variasi campuran beton sesuai dengan prosedur kemudian mencatat semua hasilnya.

6. Analisis dan Pembahasan

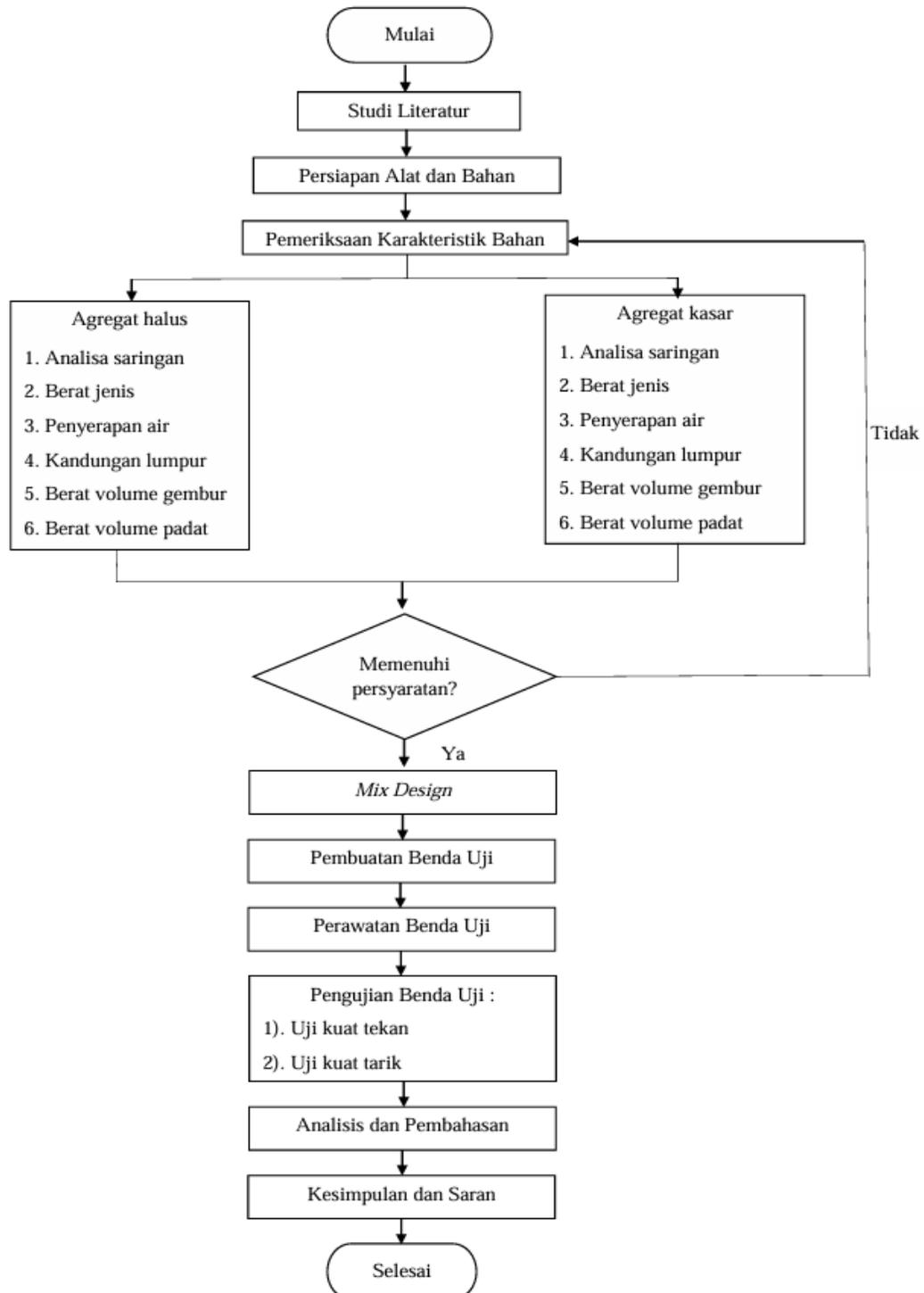
Pada tahapan ini menganalisis data hasil dari pengujian yang telah dilakukan untuk mendeskripsikan atau memberikan gambaran terhadap objek yang diteliti. Hal ini bertujuan agar mengetahui hubungan dari penambahan variabel yang diperoleh dari perhitungan hasil dari pengujian yang dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* pada campuran beton. Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton dan kuat tarik beton sehingga dilakukan pengujian. Hasil dari kuat tekan beton dan kuat tarik beton dibuat dengan bentuk grafik atau kurva sehingga dapat terlihat hubungan dan pengaruh dari variasi penambahan variabel variabel tersebut. Dari hasil itu maka dapat memberikan kesimpulan sehingga dapat menjawab rumusan masalah dari penelitian ini.

7. Penarikan Kesimpulan

Dari data yang telah didapatkan dan telah dibuat dalam bentuk kurva atau grafik hubungan antara penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton dan kurva hubungan terhadap kuat Tarik beton. Dari kurva yang telah

didapatkan tersebut dapat dilihat perubahan kuat tekan beton dan kuat Tarik beton akibat penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer*. Sehingga dapat menarik kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian ini.

Tahapan penelitian dapat dilihat dalam *flowchart* pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

4.7 Prosedur Penelitian

4.7.1 Pemeriksaan agregat

Melakukan pemeriksaan berfungsi agar mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang dipakai telah memenuhi syarat yang telah ditentukan atau tidak jika digunakan dalam pencampuran beton.

1. Pemeriksaan Agregat Halus

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Melakukan pengujian ini untuk mengetahui berat jenis curah, berat jenis semu, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), dan angka penyerapan air dalam agregat halus.

1) Prosedur pengujian

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

- a) Siapkan benda uji pasir yang telah lolos saringan No.4 (4,75 mm) sebanyak 500 gram.
- b) Keringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat benda uji tetap yaitu dengan keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan di dalam oven dengan waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari 0,1%. Setelah itu dinginkan benda uji dan rendam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- c) Buang air bekas rendaman dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, kemudian agregat dikeringkan. Pengeringan dilakukan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh (SSD).
- d) Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan cara memasukan benda uji ke dalam kerucut terpancung, lalu padatkan menggunakan penumbuk sebanyak 25 kali, setelah itu angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh sudah tercapai jika benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.

- e) Jika sudah keadaan SSD, benda uji dimasukan sebanyak 500 gram kedalam piknometer, setelah itu air suling dimasukan, Kemudian diguncang-guncang hingga tidak terdapat gelembung udara didalamnya.
- f) Piknometer direndam di dalam air dan ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan dengan suhu standar 25°C.
- g) Timbang piknometer yang berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 (Bt)
- h) Keluarkan benda uji dari piknometer dan masukan kedalam oven dengan suhu (110 ± 5) °C, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
- i) Timbang benda uji (Bk).
- j) Timbang piknometer penuh berisi air (B), kemudian ukur suhu air untuk penyesuaian dengan suhu standar 25°C.

2) Perhitungan

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \quad (4.1)$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \quad (4.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (4.3)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (4.4)$$

dengan:

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda duji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan SSD

b. Analisis saringan agregat halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan ukuran butir atau gradasi agregat menggunakan saringan.

1) Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

- a) Menyiapkan benda uji pasir yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) saat keadaan kering oven 2000 gram.
- b) Susun saringan berdasarkan urutannya dari yang paling besar di atas dan pan ditaruh paling bawah.
- c) Masukkan benda uji dalam saringan paling atas kemudian saringan ditutup menggunakan penutup saringan. Lakukan pengayakan dengan memakai mesin pengguncang selama 10-15 menit agar hasil ayakan merata sesuai dengan ukurannya.
- d) Kemudian timbang benda uji yang terdapat di masing-masing saringan dan catat beratnya.

2) Perhitungan

$$MHB = \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif total}}{100} \quad (4.5)$$

dengan:

MHB = Modulus halus butir

c. Pemeriksaan berat isi agregat halus

Pemeriksaan berat isi padat agregat halus dikelompokkan menjadi berat isi gembur dan berat isi padat.

1) Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

- a) Siapkan benda uji agregat halus yang sudah dikeringkan hingga berat tetap.
- b) Timbang silinder kosong dan catat dimensinya.
- c) Pada berat isi padat, masukan benda uji kedalam silinder per 1/3 bagian lalu padatkan menggunakan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali secara merata. Untuk berat isi gembur, masukan benda uji kedalam silinder hingga penuh tanpa dipadatkan.

- d) Ratakan permukaan benda uji menggunakan mistar perata, setelah itu timbang silinder beserta isinya dan catat hasilnya.
- e) Kemudian hitung berat benda uji dan volume silinder.

2) Perhitungan

$$\text{Berat Isi} = \frac{W_3}{V} \quad (4.6)$$

Dengan:

W_3 = Berat benda uji (gram)

V = Volume silinder (cm^3)

a) Pengujian kandungan lumpur agregat halus

Pengujian ini bertujuan agar mengetahui nilai kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus.

1) Prosedur Pengujian

- a) Siapkan benda uji agregat halus yang telah lolos pada saringan No.4 (4,75 mm) dalam keadaan kering oven sebesar 500 gram.
- b) Saringan digoyangkan dengan posisi air mengalir sehingga bagian yang halus akan keluar dari saringan No. 200 dan yang bagian yang kasar akan tertinggal.
- c) Lakukan pekerjaan tersebut berulang kali sampai air pencucian jernih.
- d) Lalu benda uji ditaruh kedalam cawan dan dikeringkan dalam oven hingga berat tetap. Setelah kering ditimbang dan catat hasilnya.

2) Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \quad (4.7)$$

dengan:

W_1 = Berat benda uji kering oven (gram)

W_2 = Berat benda uji kering oven setelah dicuci (gram)

2. Pemeriksaan Agregat Kasar

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Tujuan pengujian ini agar mengetahui berat jenis curah, berat jenis semu, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), dan angka penyerapan air dalam agregat kasar.

1) Prosedur pengujian

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

- a) Siapkan benda uji berupa agregat yang tertahan di saringan No.4 (4,75 mm) sebanyak 5000 gram.
- b) Keringkan benda uji dengan oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga berat benda uji tetap di dalam oven dengan selang waktu 2 jam. Kemudian dinginkan benda uji selama 1-3 jam. Setelah itu rendam benda uji dalam air selama (24 ± 4) jam.
- c) Keluarkan benda uji dari air dan dilap hingga air yang ada di permukaan hilang (jenuh kering permukaan atau SSD).
- d) Timbang benda uji dalam keadaan SSD.
- e) Lalu letakkan benda uji ke dalam keranjang air dan guncangkan benda uji agar udara yang tersekap keluar dan tentukan beratnya di dalam air. Ukur suhu air agar menyesuaikan pada suhu standar 25°C .
- f) Rendam piknometer di dalam air dan ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan dengan suhu standar 25°C .
- g) Masukkan benda uji ke dalam pan dan masukkan ke dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama (24 ± 4) jam, setelah kering timbang dan catat hasilnya

2) Perhitungan

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (4.8)$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (4.9)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (4.10)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (4.11)$$

dengan:

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

B_j = Berat benda uji SSD (gram)

B_a = Berat benda uji SSD di dalam air (gram)

b. Analisis saringan agregat kasar

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat menggunakan saringan.

1) Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

- a) Menyiapkan benda uji agregat kasar saat keadaan kering oven sebanyak 5000 gram.
- b) Susun saringan berdasarkan urutannya dari yang paling besar diletakkan pada bagian atas dan pan ditaruh paling bawah.
- c) Masukkan benda uji ke dalam saringan paling atas kemudian saringan ditutup menggunakan penutup saringan. Lakukan pengayakan dengan memakai mesin pengguncang dengan waktu 10-15 menit supaya hasil ayakan merata sesuai dengan ukurannya.
- d) Kemudian timbang benda uji yang terdapat di masing-masing saringan dan catat beratnya.

2) Perhitungan

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif total}}{100} \quad (4.12)$$

dengan:

MHB = Modulus halus butir

c. Pemeriksaan berat isi agregat kasar

Pemeriksaan berat isi untuk agregat kasar dikelompokkan menjadi berat isi gembur dan berat isi padat.

1) Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut.

- a) Siapkan benda uji agregat kasar yang sudah dikeringkan hingga berat tetap.
- b) Timbang silinder kosong dan catat dimensinya.
- c) Pada pemeriksaan berat isi padat, masukan benda uji ke dalam silinder per 1/3 bagian lalu padatkan menggunakan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali secara merata. Untuk berat isi gembur, masukan benda uji ke dalam silinder hingga penuh tanpa dipadatkan
- d) Ratakan permukaan benda uji menggunakan mistar perata, setelah itu timbang silinder serta isinya dan catat hasilnya.
- e) Kemudian hitung berat benda uji dan volume silinder.

2) Perhitungan

$$\text{Berat Isi} = \frac{W_3}{V} \quad (4.13)$$

Dengan:

W_3 = Berat benda uji (gram)

V = Volume silinder (cm³)

4.7.2 Perencanaan Campuran Beton (*mix design*)

Pada penelitian ini melakukan perencanaan campuran beton berdasarkan data hasil pengujian dari bahan-bahan yang akan digunakan dalam adukan beton dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000.

4.8 Pengujian Benda Uji

Setelah benda uji sudah mencapai umur yang telah direncanakan, maka pengujian dapat dilakukan. Pengujian yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah pengujian kuat tekan beton dan pengujian kuat tarik beton yang proses pelaksanaannya sebagai berikut.

1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Langkah-langkah pengujian kuat tekan benda uji adalah sebagai berikut.

- a. Siapkan benda uji terlebih dahulu untuk pengujian kuat tekan dari tempat perawatan, diamkan selama 24 jam dan bersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel.
- b. Ukur dimensi dan timbang benda uji.
- c. Lapsi permukaan benda uji dengan capping belerang supaya permukaan rata, agar saat melakukan pengujian kuat tekan seluruh permukaan dapat menerima gaya desak yang sama besar.
- d. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
- e. Jalankan mesin tekan.
- f. Lakukan pembebanan hingga beban maksimal pada saat jarum petunjuk berhenti atau turun, catat hasil beban maksimum yang diberikan dalam pengujian benda uji.
- g. Matikan mesin tekan dan ambil benda uji.

2. Pengujian Kuat Tarik Beton

Langkah-langkah pengujian kuat tarik benda uji adalah sebagai berikut.

- a. Siapkan benda uji terlebih dahulu untuk pengujian kuat tarik dari tempat perawatan, diamkan selama 24 jam dan bersihkan dari kotoran yang menempel.
- b. Ukur dimensi dan timbang benda uji.
- c. Letakan benda uji dengan posisi tertidur pada mesin *compressing test machine*.
- d. Jalankan mesin uji tekan dengan penambahan beban uji yang konstan.
- e. Pembebanan dilakukan hingga beban maksimal sampai benda uji terbelah/hancur.
- f. Catat beban uji maksimum.
- g. Matikan mesin dan ambil benda uji.

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh variasi campuran serbuk kayu jati sebesar 0,15% dan 0,25% dari berat total agregat dan *superplasticizer* Sikament LN sebesar 0,6%, 1%, 1,3% dan 1,5% dari berat semen terhadap karakteristik beton. Hasil yang didapatkan dari pengujian pada penelitian ini yaitu berupa data material yang digunakan meliputi berat jenis, penyerapan air, kandungan lumpur, modulus halus butir agregat, berat isi gembur, berat isi padat, hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik beton. Setelah didapatkan data-data dari pengujian kuat tekan dan kuat tarik lalu dilakukan analisis data agar dapat mengetahui pengaruh dari penambahan campuran serbuk kayu dan *superplasticizer* pada setiap variasi.

5.1 Pengujian Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui karakteristik agregat yang akan digunakan dan untuk mengetahui campuran beton yang akan dibuat. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis, penyerapan air, kandungan lumpur, berat isi gembur, berat isi padat, dan analisa saringan agregat halus.

5.1.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Berdasarkan SNI 1970-1990 pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis curah, berat jenis semu, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan penyerapan air dari agregat. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Berat (gram)	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat pasir kering mutlak (Bk)	489	487
Berat pasir kondisi jenuh kering permukaan (SSD)	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air (Bt)	983	969
Berat piknometer berisi air (B)	674	658

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk sampel 1.

a. Berat jenis curah

$$= \frac{Bk}{B+500-Bt}$$

$$= \frac{489}{674+500-983}$$

$$= 2,560$$

b. Berat jenis semu

$$= \frac{Bk}{B+Bk-Bt}$$

$$= \frac{489}{674+489-983}$$

$$= 2,717$$

c. Berat jenis kering permukaan

$$= \frac{500}{B+500-Bt}$$

$$= \frac{500}{674+500-983}$$

$$= 2,618$$

d. Penyerapan air

$$= \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\%$$

$$= \frac{500-489}{489} \times 100\%$$

$$= 2,249\%$$

Hasil analisis perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Hasil Analisis Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak (Bk), gram	489	487	488
Berat pasir SSD, gram	500	500	500
Berat piknometer isi pasir + air (Bt), gram	983	969	976
Berat piknometer berisi air (B), gram	674	658	666
Berat jenis curah	2,560	2,577	2,568
Berat jenis semu	2,717	2,767	2,741
Berat jenis SSD	2,618	2,646	2,6317
Penyerapan air (%)	2,249	2,669	2,46

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus mendapatkan nilai berat jenis kering permukaan (SSD) rata-rata sebesar 2,6317. Hasil tersebut telah memenuhi syarat karena berat jenis agregat normal pada SK SNI T-15 (1990) yaitu 2,5-2,7. Didapatkan hasil penyerapan air pada agregat halus sebesar 2,46%. Hasil tersebut memenuhi kriteria karena persyaratan penyerapan air agregat maksimal sebesar 3%.

5.1.2 Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Halus

Tujuan melakukan pengujian ini untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat didalam agregat halus. Pengujian ini mengacu pada SNI 4142-1996. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat halus

Uraian	Berat (gram)	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1)	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2)	489	490

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk sampel 1.

a. Berat agregat lolos saringan No. 200 $= W_2 - W_1$
 $= 500 - 489$
 $= 11 \text{ gram}$

b. Persentase kandungan lumpur $= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$
 $= \frac{500 - 489}{500} \times 100\%$
 $= 2,2\%$

Hasil dari analisis perhitungan pengujian kandungan lumpur dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Hasil Analisis Perhitungan Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	500	500	500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	489	490	489,5
Berat agregat lolos saringan No. 200, gram	11	10	10,5
Persentase lolos ayakan No. 200, (%)	2,20	2,00	2,1

Hasil pengujian kandungan lumpur rata-rata pada agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 2,1%. Berdasarkan PBI (1971) syarat kandungan lumpur dalam agregat halus tidak lebih dari 5%.

5.1.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian analisa saringan agregat halus dilakukan berdasarkan SNI 1968-1990. Tujuan pengujian ini untuk menentukan pembagian gradasi pada agregat halus menggunakan saringan. Hasil dari pengujian pada sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
40	0
20	0
10	0
4,8	11
2,4	119
1,2	217
0,6	425
0,3	714
0,15	423
Pan	91
Jumlah	2000

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk lubang ayakan 4,8 mm.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Persen berat tertinggal} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat total}} \times 100\% \\
 &= \frac{11}{2000} \times 100\% \\
 &= 0,55\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Persen berat tertinggal kumulatif} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat tertinggal} \\
 &\quad \text{lubang sebelumnya} \\
 &= 0,55\% + 0\% \\
 &= 0,55\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Persen lolos kumulatif} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\
 &= 100\% - 0,55\% \\
 &= 99,45\%
 \end{aligned}$$

Lakukan perhitungan hingga lubang ayakan yang terakhir. Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel 2. Hasil analisis perhitungan analisa saringan agregat halus sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7.

Tabel 5. 6 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100
4,8	11	0,55	0,55	99,45
2,4	119	5,95	6,50	93,50
1,2	217	10,85	17,35	82,65
0,6	425	21,25	38,60	61,40
0,3	714	35,70	74,30	25,70
0,15	423	21,15	95,45	4,55
Pan	91	4,550	100,000	0
Jumlah	2000	100	232,750	367,250

Tabel 5. 7 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	0	0	0	100
10	0	0	0	100

Lanjutan Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,8	11	0,55	0,55	99,45
2,4	131	6,55	7,10	92,90
1,2	229	11,45	18,55	81,45
0,6	427	21,35	39,90	60,10
0,3	688	34,40	74,30	25,70
0,15	425	21,25	95,55	4,45
Pan	89	4,450	100,000	0
Jumlah	2000	100	232,950	367,050

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif total}}{100}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB sampel 1} &= \frac{232,750}{100} \\ &= 2,3275 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB sampel 2} &= \frac{232,950}{100} \\ &= 2,3295 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB rata-rata} &= \frac{\text{MHB sampel 1} + \text{MHB sampel 2}}{2} \\ &= 2,3285 \end{aligned}$$

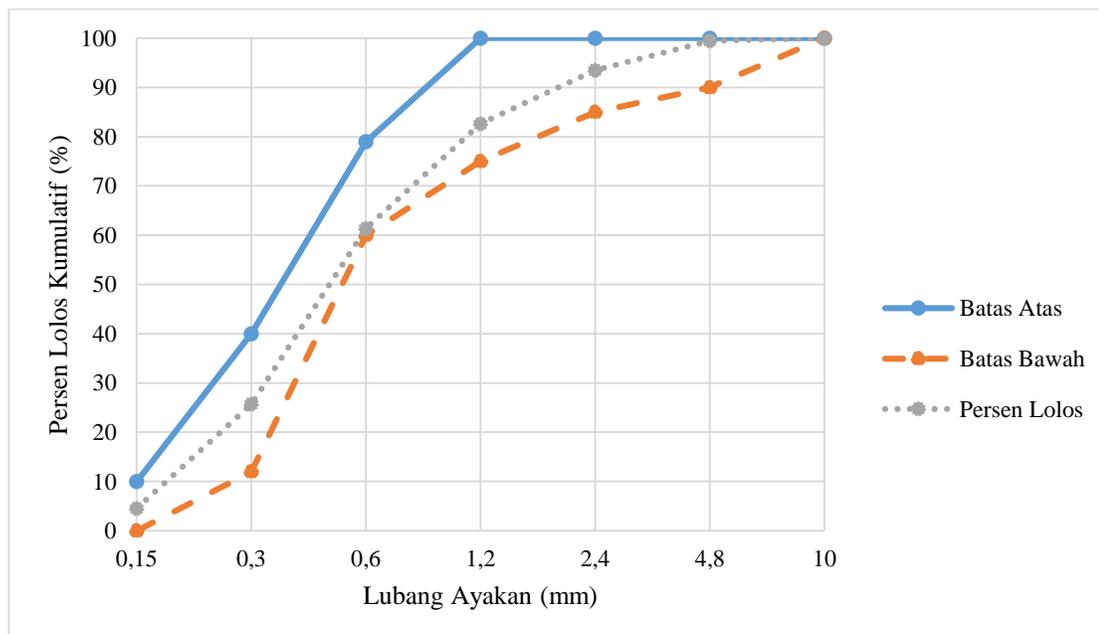
Dari hasil pengujian didapatkan nilai modulus halus butir rata-rata sebesar 2,3285. Pada dasarnya agregat halus memiliki modulus halus butir pada rentang 1,5-3,8 (Tjokrodimuljo, 2007). Maka pasir yang digunakan cukup baik dan telah memenuhi syarat. Setelah itu menentukan gradasi agregat halus dari nilai persen lolos kumulatif yang dapat dilihat pada Tabel 5.8.

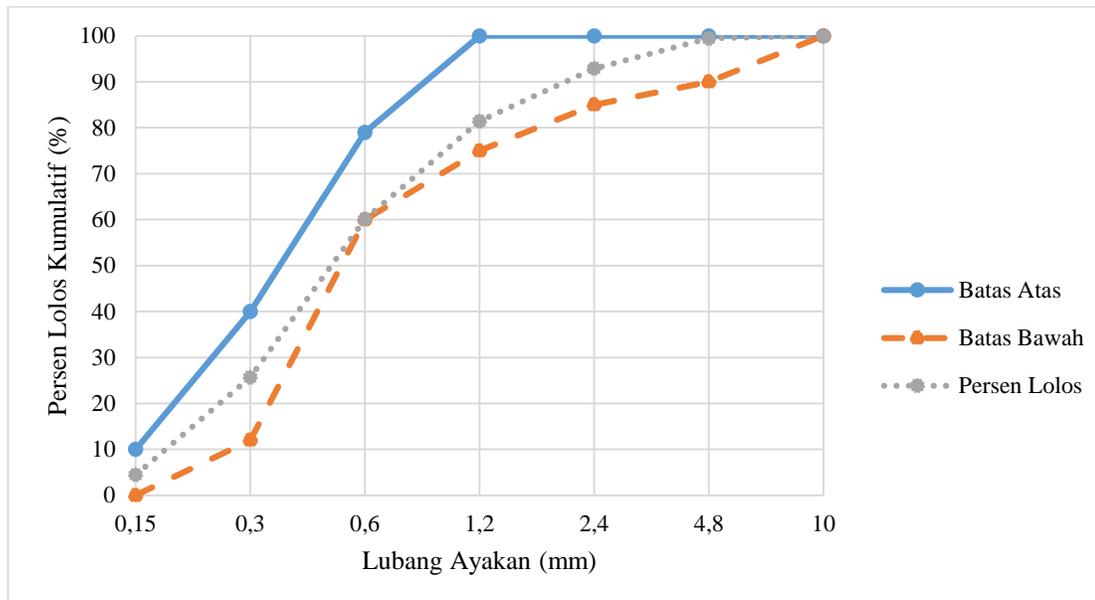
Tabel 5. 8 Daerah Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan (%)			
	Gradasi I	Gradasi II	Gradasi III	Gradasi IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-1970-2008)

Dari data yang didapatkan pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 maka selanjutnya dapat dibuat grafik untuk mengetahui jenis gradasi agregat halus yang digunakan dengan melihat ketentuan pada Tabel 5.8. Grafik gradasi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2.

**Gambar 5. 1 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 1**



Gambar 5. 2 Analisa Saringan Agregat Halus Sampel 2

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan pada penelitian ini memenuhi spesifikasi pada Tabel 5.8 dan masuk ke dalam jenis pasir gradasi III yang merupakan kategori pasir agak halus.

5.1.4 Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 4804-1998 dan bertujuan untuk mengetahui berat volume agregat halus dalam kondisi gembur. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	11189	10692
Berat tabung + Agregat halus (W2), gram	17858	17227
Diameter tabung (d), cm	14,95	14,95
Tinggi tabung (t), cm	30,1	30,1

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk sampel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 17858 - 11189 \\
 &= 6669 \text{ gram} \\
 \text{b. Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\
 &= 5283,7074 \text{ cm}^3 \\
 \text{c. Berat volume} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{6669}{5283,7074} \\
 &= 1,2622 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan pemeriksaan berat volume gembur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	11189	10692
Berat tabung + Agregat halus (W2), gram	17858	17227
Berat agregat (W3), gram	6669	6535
Diameter tabung (d), cm	14,95	14,95
Tinggi tabung (t), cm	30,1	30,1
Volume tabung (V), cm ³	5283,7074	5283,7074
Berat volume gembur, gram/cm ³	1,2622	1,2368
Berat volume gembur rata-rata, gram/cm ³	1,2495	

Dari data yang didapat pada Tabel 5.10 maka didapat berat volume gembur agregat halus rata-rata sebesar 1,2495 gr/cm³.

5.1.5 Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 4804-1998 dan bertujuan untuk mengetahui berat volume padat agregat halus dalam kondisi padat. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	11189	10692
Berat tabung + Agregat halus (W2), gram	17858	17227
Diameter tabung (d)	14,95	14,95
Tinggi tabung (t)	30,1	30,1

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk sampel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 17858 - 11189 \\
 &= 7801 \text{ gram} \\
 \text{b. Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\
 &= 5283,7074 \text{ cm}^3 \\
 \text{c. Berat volume} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7801}{5283,7074} \\
 &= 1,4764 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan pemeriksaan berat volume padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5. 12 Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	11189	10692
Berat tabung + Agregat halus (W2), gram	17858	17227
Berat agregat (W3)	7801	7840
Diameter tabung (d)	14,95	14,95
Tinggi tabung (t)	30,1	30,1
Volume tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat volume padat	1,4764	1,4838
Berat volume padat rata-rata	1,4801	

Dari data yang didapat pada Tabel 5.12 maka didapat rata-rata berat volume padat agregat halus rata-rata sebesar 1,4801 gr/cm³.

5.2 Pengujian Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui karakteristik agregat yang akan digunakan dalam campuran beton. Karakteristik dari agregat yang akan digunakan dapat mempengaruhi mutu beton. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis, penyerapan air, kandungan lumpur, berat isi gembur, berat isi padat, dan analisa saringan agregat kasar.

5.2.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dilakukan berdasarkan SNI 1969-1990 dengan tujuan untuk mengetahui nilai berat jenis curah, berat jenis semu, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan penyerapan air dari agregat. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Hasil Pengujian Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Berat (gram)	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat kerikil kering mutlak (Bk), gram	4794	4796
Berat kerikil kondisi jenuh kering permukaan (SSD) (Bj), gram	5000	5000
Berat kerikil dalam air (Ba), gram	3076	3063

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk sampel 1.

a. Berat jenis curah

$$= \frac{Bk}{Bj-Ba}$$

$$= \frac{4794}{5000+3076}$$

$$= 2,492$$

b. Berat jenis semu

$$= \frac{Bk}{Bk-Ba}$$

$$= \frac{4794}{4794-3076}$$

$$= 2,790$$

c. Berat jenis kering permukaan

$$= \frac{Bj}{Bj-Ba}$$

$$= \frac{5000}{5000-3076}$$

$$= 2,618 \text{ 2,599}$$

d. Penyerapan air

$$= \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$$

$$= \frac{5000-4794}{4794} \times 100\%$$

$$= 4,3\%$$

Hasil analisis perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Hasil Analisis Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak (Bk), gram	4794	4796	4795
Berat kerikil kondisi jenuh kering permukaan (SSD) (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air (Ba), gram	3076	3063	3069,5
Berat jenis curah	2,492	2,476	2,4838
Berat jenis semu	2,790	2,767	2,779
Berat jenis SSD	2,599	2,581	2,59
Penyerapan air (%)	4,30	4,30	4,30

Dari hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar mendapatkan nilai berat jenis kering permukaan (SSD) rata-rata sebesar 2,59. Hasil tersebut telah memenuhi syarat karena berat jenis agregat normal pada SK SNI T-15 (1990) yaitu 2,5-2,7.

5.2.2 Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Kasar

Tujuan melakukan pengujian ini untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat didalam agregat kasar. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5. 15 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur Agregat Kasar

Uraian	Berat (gram)	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat kering oven (W1)	1500	1500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2)	1491	1489

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk sampel 1.

a. Berat agregat lolos saringan No. 200 = $W2 - W1$

$$\begin{aligned}
 &= 1500 - 1491 \\
 &= 9 \text{ gram} \\
 \text{b. Persentase kandungan lumpur} &= \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\% \\
 &= \frac{1500 - 1491}{1500} \times 100\% \\
 &= 0,6 \%
 \end{aligned}$$

Hasil dari analisis perhitungan pengujian kandungan lumpur dapat dilihat pada tabel 5.16.

Tabel 5. 16 Hasil Analisis Perhitungan Pemeriksaan Kandungan Lumpur Agregat Kasar

Uraian	Hasil		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kering oven (W1), gram	1500	1500	1500
Berat agregat kering oven setelah dicuci (W2), gram	1491	1489	1490
Berat agregat lolos saringan No. 200, gram	9	11	10
Persentase lolos ayakan No. 200, (%)	0,6	0,733	0,667

Hasil pengujian kandungan lumpur rata-rata pada agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 0,667%. Berdasarkan PBI (1971) syarat kandungan lumpur dalam agregat kasar tidak lebih dari 1%.

5.2.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisa saringan agregat kasar dilaksanakan sesuai dengan SNI 1968-1990. Tujuan pengujian ini untuk menentukan pembagian gradasi pada agregat kasar menggunakan saringan. Hasil dari pengujian pada sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)
40	0
20	11
10	3628
4,8	1193
2,4	13
1,2	9
0,6	0
0,3	0
0,15	0
Pan	146
Jumlah	5000

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk lubang ayakan 20 mm.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Porsen berat tertinggal} &= \frac{\text{Berat tertinggal}}{\text{Berat total}} \times 100\% \\
 &= \frac{11}{5000} \times 100\% \\
 &= 0,22\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Porsen berat tertinggal kumulatif} &= \% \text{ berat tertinggal} + \% \text{ berat tertinggal} \\
 &\quad \text{lubang sebelumnya} \\
 &= 0,22\% + 0\% \\
 &= 0,22\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Porsen lolos kumulatif} &= 100\% - \% \text{ berat tertinggal} \\
 &= 100\% - 0,22\% \\
 &= 99,78\%
 \end{aligned}$$

Lakukan perhitungan hingga lubang ayakan yang terakhir. Perhitungan yang sama juga dilakukan pada sampel 2. Hasil analisis perhitungan analisa saringan agregat kasar sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan Tabel 5.19.

Tabel 5. 18 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	11	0,22	0,22	99,78
10	3628	72,56	72,78	27,22
4,8	1193	23,86	96,64	3,36
2,4	13	0,26	96,9	3,10
1,2	9	0,18	97,08	2,92
0,6	0	0	97,08	2,92
0,3	0	0	97,08	2,92
0,15	0	0	97,08	2,92
Pan	146	2,92	100	0,00
Jumlah	5000	100	654,86	245,14

Tabel 5. 19 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	8	0,16	0,16	99,84
10	3524	70,48	70,64	29,36

Lanjutan Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,8	12	26,18	96,82	3,18
2,4	6	0,24	97,06	2,94
1,2	0	0,12	97,18	2,82
0,6	0	0	97,18	2,82
0,3	0	0	97,18	2,82
0,15	0	0	97,18	2,82
Pan	141	2,82	100	0,00
Jumlah	5000	100	653,4	246,60

$$\text{Modulus halus butir} = \frac{\% \text{ Berat tertinggal kumulatif total}}{100}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB sampel 1} &= \frac{654,86}{100} \\ &= 6,5486 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB sampel 2} &= \frac{653,4}{100} \\ &= 6,534 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHB rata-rata} &= \frac{\text{MHB sampel 1} + \text{MHB sampel 2}}{2} \\ &= 6,5143 \end{aligned}$$

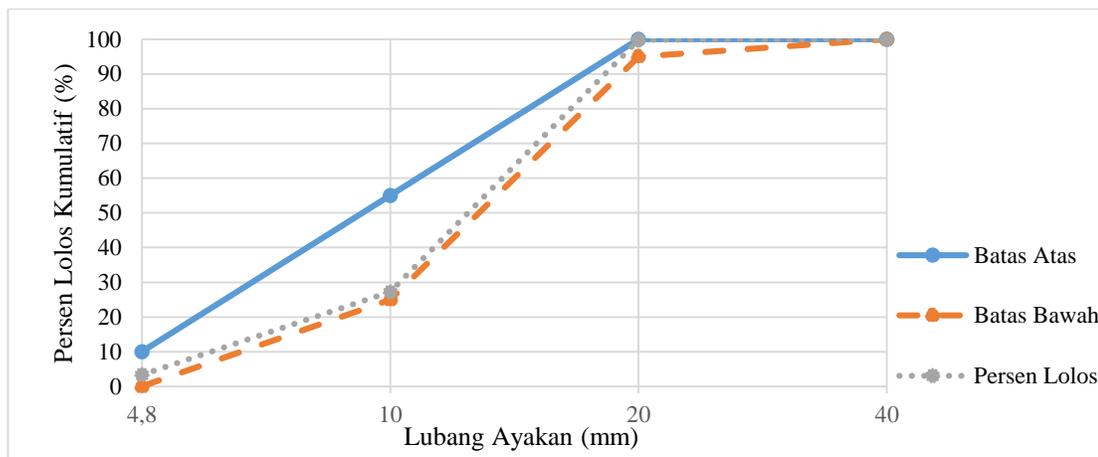
Dari hasil pengujian didapatkan nilai modulus halus butir rata-rata sebesar 6,5413. Menurut Tjokrodinuljo (2007), agregat kasar pada dasarnya memiliki modulus halus butir yang berkisar antara 5-8. Maka modulus halus butir pada agregat yang digunakan memenuhi persyaratan tersebut. Hasil penentuan ukuran maksimum agregat kasar mengindikasikan bahwa ukuran maksimum berada disekitar 20 mm. Spesifikasi

gradasi kasar dapat dilihat pada Tabel 5.20 serta grafik analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4.

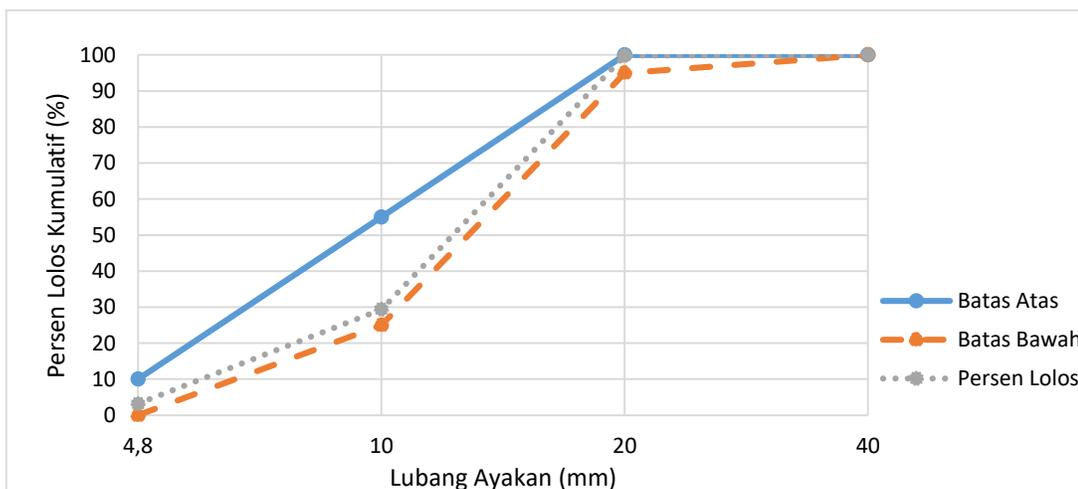
Tabel 5. 20 Spesifikasi Gradasi Kerikil dengan Besar Butir Maksimum 20 mm

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif (%)	
	Batas Atas	Batas Bawah
40	100	100
20	100	95
10	55	25
4,8	10	0

Sumber : SNI 03-1969-2008



Gambar 5. 3 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 1



Gambar 5. 4 Analisa Saringan Agregat Kasar Sampel 2

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 dapat diketahui bahwa agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi pada Tabel 5.20 dengan ukuran butir maksimum 20 mm.

5.2.4 Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 4804-1998 dan bertujuan untuk mengetahui berat volume agregat kasar dalam kondisi gembur. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5. 21 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	11189	10692
Berat tabung + Agregat kasar (W2), gram	18374	17838
Diameter tabung (d), cm	14,95	14,95
Tinggi tabung (t), cm	30,1	30,1

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk sampel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 18374 - 11189 \\
 &= 7185 \text{ gram} \\
 \text{b. Volume tabung (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1 \\
 &= 5283,7074 \text{ cm}^3 \\
 \text{c. Berat volume} &= \frac{W3}{V} \\
 &= \frac{7185}{5283,7074} \\
 &= 1,3594 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan pemeriksaan berat volume gembur agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5. 22 Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Volume Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	11189	10692
Berat tabung + Agregat Kasar (W2), gram	18374	17838
Berat agregat (W3), gram	7185	7146
Diameter tabung (d), cm	14,95	14,95
Tinggi tabung (t), cm	30,1	30,1
Volume tabung (V), cm ³	5283,7074	5283,7074
Berat volume gembur, gram/cm ³	1,3594	1,3520
Berat volume gembur rata-rata, gram/cm ³	1,3557	

Dari data yang didapat pada Tabel 5.22 maka didapat berat volume gembur agregat kasar rata-rata sebesar 1,3557 gr/cm³.

5.2.5 Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 4804-1998 dan bertujuan untuk mengetahui berat volume padat agregat kasar dalam kondisi padat. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5. 23 Hasil Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	11189	10692
Berat tabung + Agregat kasar (W2), gram	19253	18890
Diameter tabung (d)	14,95	14,95
Tinggi tabung (t)	30,1	30,1

1. Analisis Perhitungan

Contoh perhitungan untuk sampel 1.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat agregat (W3)} &= W2 - W1 \\
 &= 19253 - 11189
 \end{aligned}$$

$$= 8064 \text{ gram}$$

b. Volume tabung (V) $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 14,95^2 \times 30,1$$

$$= 5283,7074 \text{ cm}^3$$

c. Berat volume $= \frac{W3}{V}$

$$= \frac{8064}{5283,7074}$$

$$= 1,5257 \text{ gram/cm}^3$$

Hasil dari perhitungan pemeriksaan berat volume padat agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5. 24 Hasil Analisis Pemeriksaan Berat Volume Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat tabung (W1), gram	11189	10692
Berat tabung + Agregat halus (W2), gram	19253	18890
Berat agregat (W3)	8064	8198
Diameter tabung (d)	14,95	14,95
Tinggi tabung (t)	30,1	30,1
Volume tabung (V)	5283,7074	5283,7074
Berat volume gembur	1,5257	1,551
Berat volume gembur rata-rata	1,538	

Dari data yang didapat pada Tabel 5.24 maka didapat rata-rata berat volume padat agregat kasar rata-rata sebesar $1,538 \text{ gr/cm}^3$.

5.3 Perencanaan Campuran Beton

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton mengacu pada SNI 03-2834-2000 dengan mutu beton rencana 25 MPa. Adapun langkah-langkah dalam perancangan campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Kuat tekan rencana ($f'c$) adalah 25 MPa.
2. Nilai tambah atau margin (M) sebesar 12 MPa karena sampel yang digunakan pada penelitian ini kurang dari 15 sampel.
3. Kuat tekan beton yang ditargetkan ($f'cr$).

$$\begin{aligned} f'cr &= f'c + M \\ &= 25 + 12 \\ &= 37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4. Jenis semen yang digunakan adalah semen Tiga Roda tipe PCC (*Portland Composite Cement*) yang sejenis dengan *Portland Cement* tipe 1.
5. Jenis agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah yang berasal dari Clereng dan jenis agregat halus yang digunakan yaitu pasir alami berasal dari Progo.
6. Menentukan Faktor air semen (fas) dengan menggunakan Tabel 5.25 dan grafik pada Gambar 5.5 dengan cara sebagai berikut.
 - a. Menentukan perkiraan kuat tekan beton dengan faktor air semen dengan data jenis semen, jenis agregat kasar, umur benda uji dan bentuk benda uji yang digunakan dalam penelitian seperti Tabel 5.25.

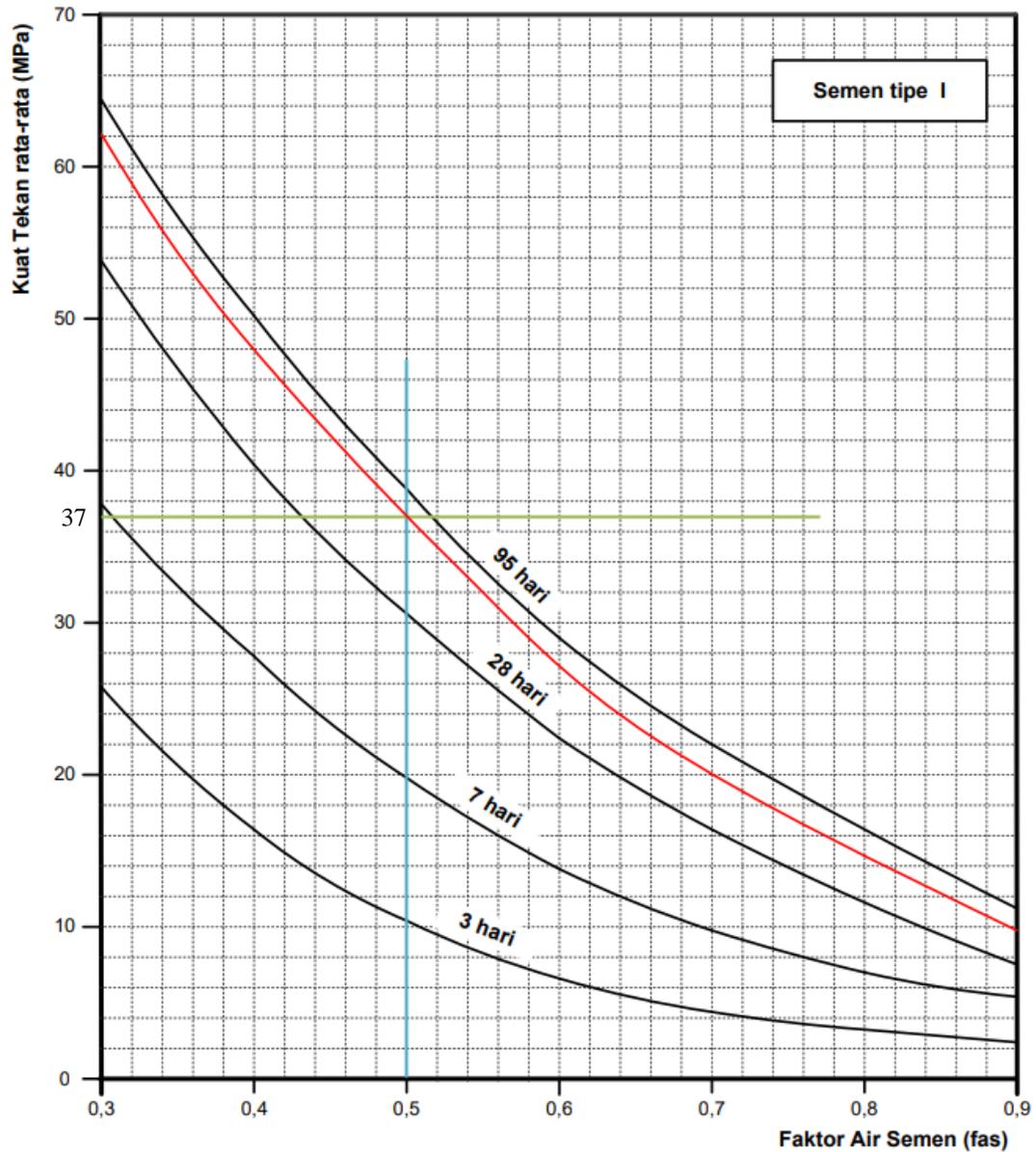
Tabel 5. 25 Pekiraan Kuat tekan Beton dengan FAS 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk benda uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	95	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland 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	

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

- b. Lalu membuat kurva baru (garis merah) diantara kurva di atas dan di bawahnya pada titik pertemuan antara garis lurus vertikal fas 0,5 (garis biru) dan garis

horizontal, dengan perkiraan kuat tekan yang didapatkan sebelumnya yaitu 37 MPa (garis hijau).



Gambar 5. 5 Penentuan Faktor Air Semen

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

- c. Menarik garis horizontal dari kuat tekan rata-rata (f'_{cr}) ke kurva yang sudah dibuat, setelah itu tarik garis vertikal agar dapat nilai faktor air semen (fas) bebas, maka didapatkan fas bebas sebesar 0,5.
7. Menentukan ukuran *slump* yaitu sebesar 60-180 mm.
 8. Ukuran maksimum agregat yang digunakan sebesar 20 mm.
 9. Dengan ukuran agregat maksimum yang dipakai dalam penelitian ini adalah 20 mm dan dengan nilai *slump* yang telah ditentukan yaitu 60-180 mm. Sehingga kadar air bebas dapat dihitung menggunakan nilai perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (W_k) dan agregat halus (W_h) yang didapatkan dari tabel 5.26.

Tabel 5. 26 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap m³ Beton

Ukuran maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
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

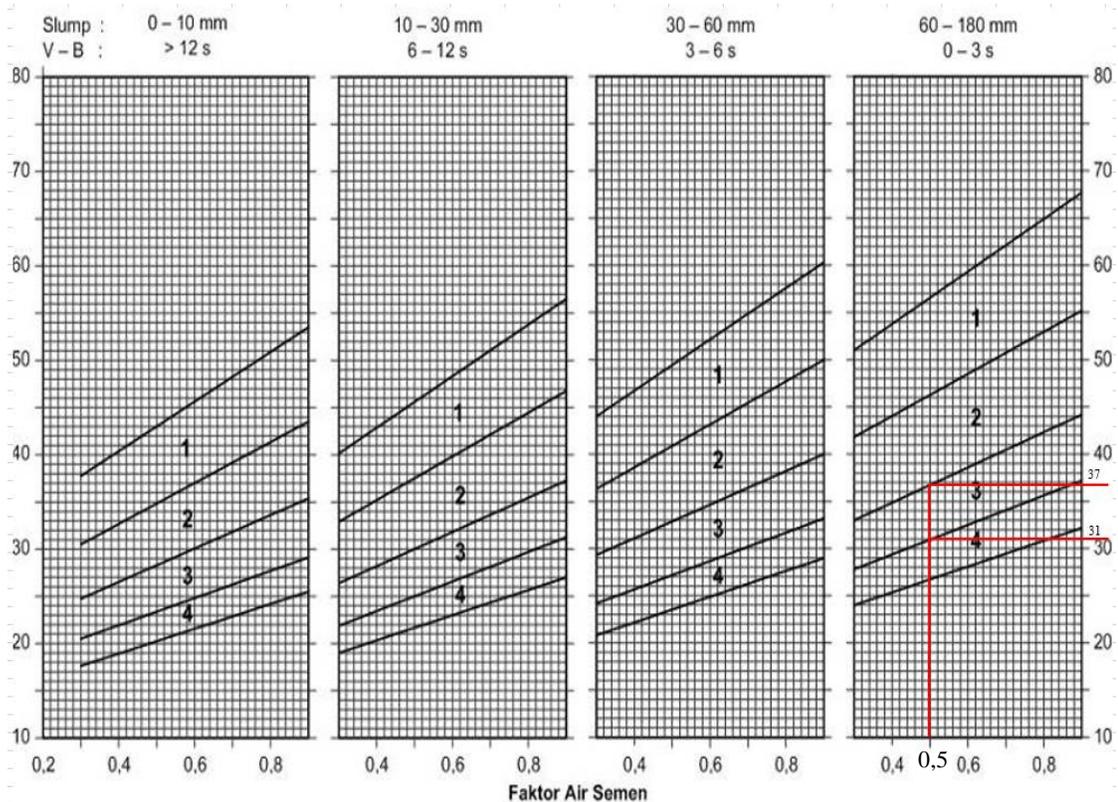
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

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

$$\begin{aligned}
 10. \text{ Menghitung kadar semen} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{FAS}} \\
 &= \frac{205}{0,5} \\
 &= 410 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

11. Menghitung persentase agregat halus dan agregat kasar

Dengan melihat pada *slump* 60-180 mm, ukuran maksimum agregat 20 mm, nilai faktor air semen 0,5 dan agregat halus berada pada gradasi 3 sehingga persentase agregat halus terhadap kadar agregat total seperti pada Gambar 5.6.



Grafik 14: Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan Untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Gambar 5. 6 Persentase Agregat Halus Terhadap Kadar Agregat Total

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Dengan melihat Gambar 5.6 maka didapatkan persentase agregat halus sekitar 31% – 37%. Nilai yang digunakan merupakan nilai rata-rata yaitu sebesar 34%.

$$\begin{aligned} \text{Nilai persentase agregat kasar} &= 100\% - \text{Persentase agregat halus} \\ &= 100\% - 34\% \\ &= 66\% \end{aligned}$$

12. Perhitungan berat jenis agregat

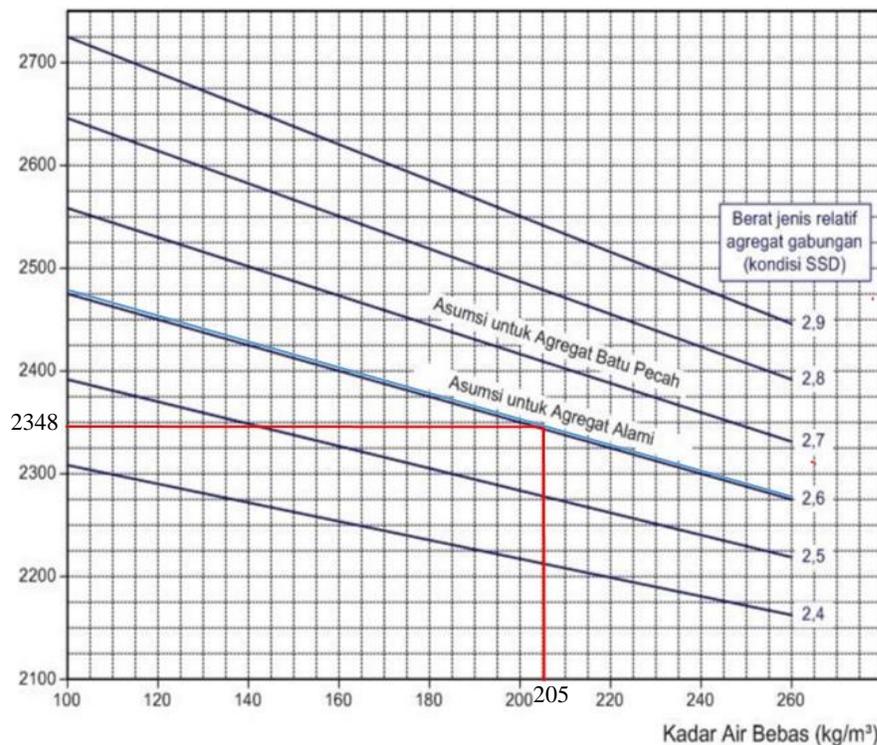
$$\text{Berat jenis agregat halus (BJ}_{AH}) = 2,64$$

$$\text{Berat jenis agregat kasar (BJ}_{AK}) = 2,59$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis agregat gabungan (BJ}_{AG}) &= (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \\ &= (34\% \times 2,64) + (66\% \times 2,59) \\ &= 2,607 \end{aligned}$$

13. Menentukan berat isi beton dapat dilihat dengan menggunakan grafik pada Gambar 5.7 dengan cara sebagai berikut.

- Membuat kurva sejajar sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan yang sejajar dengan garis linier yang terdapat di grafik.
- Kemudian tarik garis vertikal ke atas hingga memotong garis yang sudah dibuat tadi sesuai dengan nilai kadar air bebas. Setelah itu tarik garis horizontal ke kiri hingga perpotongan kedua garis di atas.



Gambar 5. 7 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Dipadatkan

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Dengan melihat gambar 5.7 maka didapatkan perkiraan berat beton basah sebesar 2348 Kg/m³.

14. Menghitung kadar agregat gabungan

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat gabungan} &= \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2348 - 410 - 205 \\ &= 1733 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

15. Menghitung kadar agregat halus

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat halus} &= \frac{\% \text{ agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \\ &= \frac{34}{100} \times 1733 \\ &= 589,22 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

16. Menghitung kadar agregat kasar

$$\begin{aligned}\text{Kadar agregat kasar} &= \frac{\% \text{ agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \\ &= \frac{66}{100} \times 1733 \\ &= 1143,78 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

17. Setelah langkah-langkah sebelumnya maka didapatkan proporsi campuran tiap m³ beton sebagai berikut.

- a. Air = 205 Kg
- b. Semen = 410 Kg
- c. Pasir = 589,22 Kg
- d. Kerikil = 1143,78 Kg

Setelah itu menghitung proporsi campuran dengan *safety* 25%, sebagai berikut.

- a. Air = 205 + (25% x 205)
= 512,5 Kg
- b. Semen = 410 + (25% x 410)
= 256,25 Kg
- c. Pasir = 589,22 + (25% x 589,22)
= 736,525 Kg

$$\begin{aligned} \text{d. Kerikil} &= 1143,78 + (25\% \times 1143,78) \\ &= 1429,725 \text{ Kg} \end{aligned}$$

18. Menghitung proporsi bahan yang digunakan untuk satu kali pencampuran yaitu sebanyak 10 silinder dengan diameter 0,15 m dan tinggi 0,3 m.

$$\begin{aligned} \text{Volume 10 silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3 \times 10 \\ &= 0,0530 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga proporsi campurannya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{a. Air} &= 512,5 \times 0,0530 \\ &= 13,585 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Semen} &= 256,25 \times 0,0530 \\ &= 27,170 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Pasir} &= 736,525 \times 0,0530 \\ &= 39,046 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Kerikil} &= 1429,725 \times 0,0530 \\ &= 75,796 \text{ Kg} \end{aligned}$$

19. Menghitung kadar serbuk kayu jati sebanyak 10 silinder.

$$\begin{aligned} \text{a. 0,15\% serbuk kayu jati} &= 0,15\% \times (39,046 + 75,796) \\ &= 0,172 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. 0,25\% serbuk kayu jati} &= 0,25\% \times (39,046 + 75,796) \\ &= 0,287 \text{ Kg} \end{aligned}$$

20. Menghitung kadar *superplasticizer* sebanyak 10 silinder.

$$\begin{aligned} \text{a. Kadar } \textit{superplasticizer} \text{ 0,6\%} &= 0,6\% \times 27,170 \\ &= 0,163 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Kadar } \textit{superplasticizer} \text{ 1\%} &= 1\% \times 27,170 \\ &= 0,272 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Kadar } \textit{superplasticizer} \text{ 1,3\%} &= 1,3\% \times 27,170 \\ &= 0,353 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Kadar } \textit{superplasticizer} \text{ 1,5\%} &= 1,5\% \times 27,170 \\ &= 0,407 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Hasil perencanaan kebutuhan material campuran beton (*mix design*) dengan jumlah 10 silinder dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5. 27 Rekapitulasi Kebutuhan Material

Kode benda uji	Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Air (Kg)	Serbuk Kayu Jati (Kg)	<i>Superplasticizer</i> (Kg)
BN	27,170	39,046	75,796	13,585	0	0
A1	27,170	39,046	75,796	13,585	0,172	0,163
A2	27,170	39,046	75,796	13,585	0,172	0,272
A3	27,170	39,046	75,796	13,585	0,172	0,353
A4	27,170	39,046	75,796	13,585	0,172	0,407
B1	27,170	39,046	75,796	13,585	0,287	0,163
B2	27,170	39,046	75,796	13,585	0,287	0,272
B3	27,170	39,046	75,796	13,585	0,287	0,353
B4	27,170	39,046	75,796	13,585	0,287	0,407

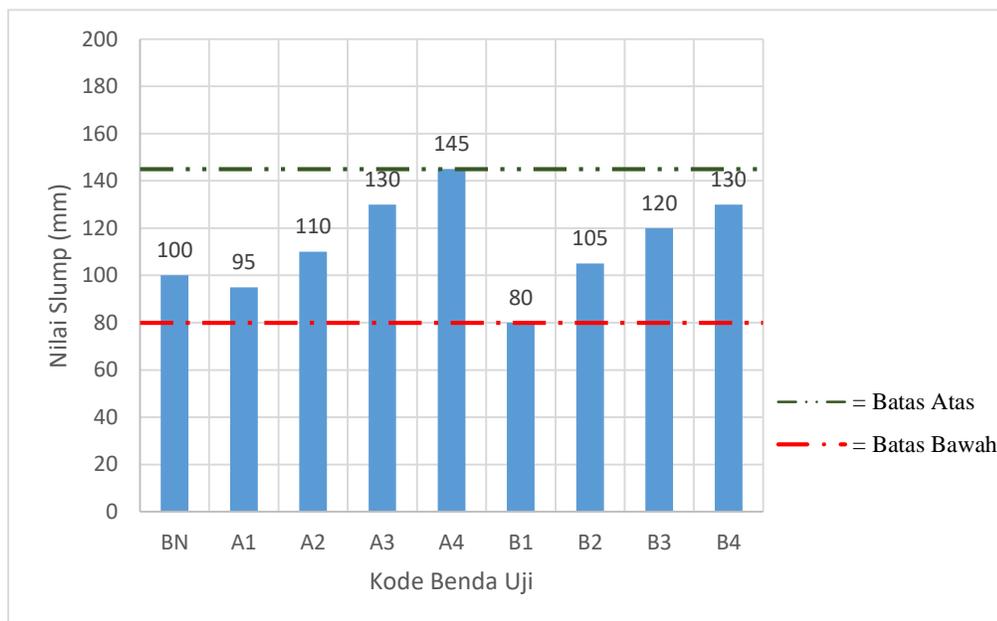
5.4 Pengujian Beton

5.4.1 Pengujian *Slump*

Melakukan uji *slump* berfungsi untuk mengetahui campuran beton kekurangan, kelebihan atau cukup air. Dalam proporsi campuran beton juga harus memperhatikan kadar air karena kadar air menentukan tingkat kemudahan saat pengerjaan beton (*workability*). Jika campuran beton kekurangan air maka dapat menyebabkan adukan beton tidak merata dan sulit dicetak serta dapat terjadi pecah pada beton, sedangkan jika kelebihan air pada campuran beton maka dapat menurunkan mutu beton. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 5.28 dan Gambar 5.8.

Tabel 5. 28 Hasil Pengujian *Slump*

Kode Benda Uji	Kadar Serbuk kayu jati	Kadar Sikament LN	Nilai <i>slump</i> (mm)
BN	0%	0%	100
A1	0,15%	0,6%	95
A2	0,15%	1%	110
A3	0,15%	1,3%	130
A4	0,15%	1,5%	145
B1	0,25%	0,6%	80
B2	0,25%	1%	105
B3	0,25%	1,3%	120
B4	0,25%	1,5%	130



Gambar 5. 8 Hubungan Nilai *Slump* dengan Penambahan Serbuk Kayu Jati dan *Superplasticizer*

Berdasarkan Tabel 5.28 dan Gambar 5.8 maka dapat diketahui bahwa nilai *slump* tertinggi terdapat pada A1 yaitu sebesar 145 mm dengan variasi campuran penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,15% dari berat total agregat dan *superplasticizer* sebesar 1,5% dari berat semen. Sedangkan nilai *slump* terendah terdapat pada B1 yaitu sebesar 80 mm dengan variasi penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,25% dari berat total agregata dan *superplasticizer* sebesar 0,6% dari berat semen. Nilai *slump* pada setiap variasi masih berada dalam rencana yaitu 60-180 mm.

Jika melihat Gambar 5.8 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan serbuk kayu jati pada campuran beton dapat menghasilkan nilai *slump* yang rendah dikarenakan serbuk kayu jati memiliki daya serap air yang cukup tinggi. Hal itu berbanding terbalik pada penambahan *superplasticizer* pada adukan beton. Semakin besar persentase *superplasticizer* pada campuran beton maka menghasilkan nilai *slump* yang semakin tinggi dikarenakan *superplasticizer* Sikament LN dapat berfungsi untuk meningkatkan kelacakan pada beton. Maka dari itu penggunaan Sikament LN pada penelitian ini bertujuan untuk mengimbangi daya serap air yang cukup tinggi oleh serbuk kayu jati.

5.4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilakukan agar dapat mengetahui kekuatan beton untuk menerima gaya desak dan mengetahui mutu beton. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh material yang digunakan pada saat pembuatan beton, jika kualitas bahan yang baik dan proses pembuatan hingga perawatan beton dilakukan dengan benar maka akan menghasilkan beton yang baik. Pada penelitian ini pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dan setiap variasi dibuat sebanyak 5 buah benda uji silinder. Setelah dilakukan pengujian maka didapatkan beban maksimum dari *Compressing Test Machine*, setelah itu melakukan perhitungan supaya mendapat nilai kuat tekan beton yang telah diuji. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tekan beton normal (BN 1.1).

$$\begin{aligned} \text{Diameter (D)} &= 150,3 \text{ mm} \\ \text{Beban maks} &= 477,48 \text{ kN} \times 1000 \\ &= 477480 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 150,3^2 \\ &= 17742,2152 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f'c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{477480}{17742,2152} \\ &= 26,912 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Tiap benda uji pada tiap variasi dihitung seperti contoh perhitungan di atas untuk mengetahui nilai kuat tekan beton pada benda uji. Setelah itu nilai kuat tekan pada tiap variasi dirata-rata. Hasil dari pengujian kuat tekan pada tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.29 hingga Tabel 5.37.

Tabel 5. 29 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0% dengan *Superplasticizer* 0%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	<i>f'c</i> (MPa)
BN1.1	150,3	300,5	12,764	477,48	17742,2152	26,912
BN1.2	150,1	301,3	12,588	452,26	17695,02848	25,559
BN1.3	150,9	300,2	12,722	422,66	17884,15235	23,633
BN1.4	151,3	300,9	12,709	473,15	17979,09128	26,317
BN1.5	150,3	301,1	12,575	458,08	17742,2152	25,819
<i>f'c</i> rata-rata						25,648

Tabel 5. 30 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15 % dengan Superplasticizer 0,6%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	$f'c$ (MPa)
A1.1	151,4	303,1	12,759	492,92	18002,86529	27,380
A1.2	150,8	301,6	12,661	478,67	17860,45689	26,801
A1.3	151,1	302,1	12,478	507,63	17931,5904	28,309
A1.4	150,5	300,9	12,769	438,65	17789,46475	24,658
A1.5	150,7	300,5	12,806	481,28	17836,77714	26,982
$f'c$ rata-rata						26,826

Tabel 5. 31 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15 % dengan Superplasticizer 1%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	$f'c$ (MPa)
A2.1	150,7	300,8	12,966	496,13	17836,77714	27,815
A2.2	150,4	300,7	12,702	471,7	17765,83212	26,551
A2.3	151,3	301,6	12,868	530,600	17979,09128	29,512
A2.4	151,2	300,2	12,701	533,56	17955,33299	29,716
A2.5	150,8	301,3	12,732	558,46	17860,45689	31,268
$f'c$ rata-rata						28,972

Tabel 5. 32 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15 % dengan Superplasticizer 1,3%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	$f'c$ (MPa)
A3.1	150,3	300,7	12,701	529,52	17742,2152	29,845
A3.2	150,8	301,8	12,772	592,710	17860,45689	33,186
A3.3	151,2	302,3	12,908	539,49	17955,33299	30,046
A3.4	150,7	301,5	12,981	494,28	17836,77714	27,711
A3.5	151	300,4	12,904	616,03	17907,86352	34,400
$f'c$ rata-rata						31,038

Tabel 5. 33 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15 % dengan Superplasticizer 1,5%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	$f'c$ (MPa)
A4.1	151,5	301,7	12,642	494,3	18026,655	27,421
A4.2	150,7	301,2	12,716	533,56	17836,77714	29,913
A4.3	150,4	300,5	12,767	471,7	17765,83212	26,271
A4.4	151,2	301,4	12,86	505,080	17955,33299	28,430
A4.5	151,6	300,4	12,719	496,13	18050,46041	27,486
$f'c$ rata-rata						27,904

Tabel 5. 34 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25 % dengan Superplasticizer 0,6%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	$f'c$ (MPa)
B1.1	150,7	301,8	12,823	472,45	17836,77714	26,487
B1.2	151,4	302,5	12,654	450,330	18002,86529	25,014
B1.3	150,8	300,4	12,749	490,510	17860,45689	27,463
B1.4	150,3	301,3	12,986	479,76	17742,2152	27,041
B1.5	151,2	300,9	12,714	465,02	17955,33299	25,899
$f'c$ rata-rata						26,381

Tabel 5. 35 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25 % dengan Superplasticizer 1%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	$f'c$ (MPa)
B2.1	150,4	301,9	12,819	511,540	17765,83212	28,793
B2.2	151,3	300,8	12,99	483,79	17979,09128	26,908
B2.3	151,6	302,4	13,025	501,800	18050,46041	27,800
B2.4	150,2	300,5	12,654	492,780	17718,61398	27,811
B2.5	151,1	301,3	12,895	551,79	17931,5904	30,772
$f'c$ rata-rata						28,417

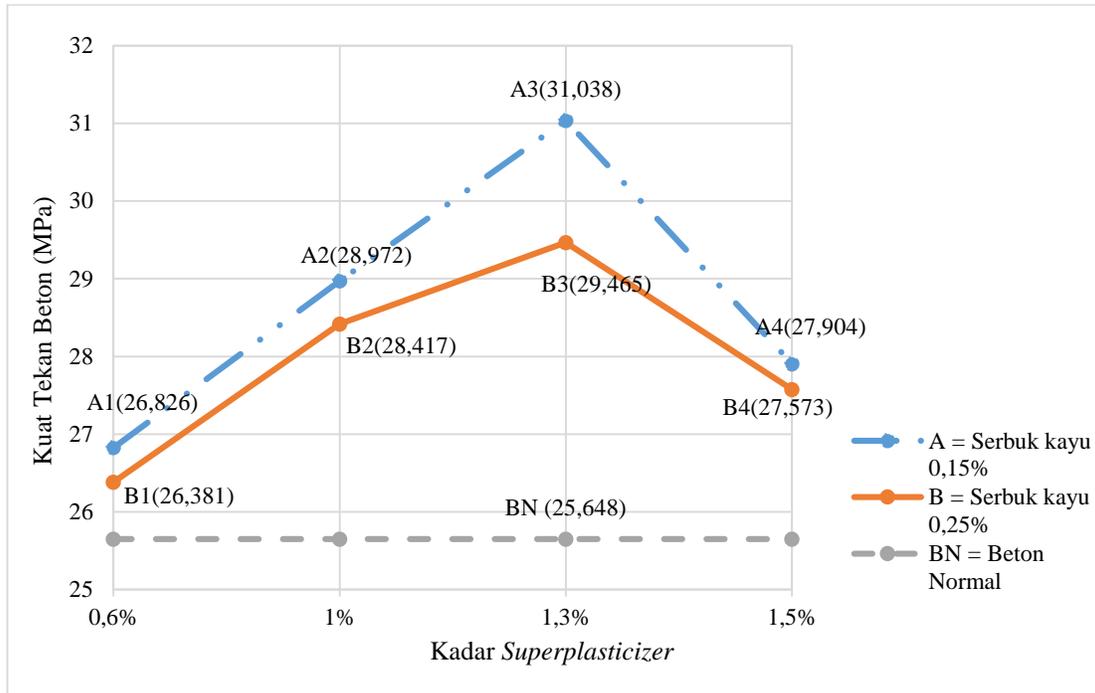
**Tabel 5. 36 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25 % dengan
Superplasticizer 1,3%**

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	$f'c$ (MPa)
B3.1	150,9	302,5	12,735	482,62	17884,15235	26,986
B3.2	150,5	301,3	12,694	582,7	17789,46475	32,755
B3.3	151,3	301,6	12,586	546,710	17979,09128	30,408
B3.4	151,7	300,7	12,727	526,75	18074,28154	29,144
B3.5	150,3	301,4	12,581	497,38	17742,2152	28,034
$f'c$ rata-rata						29,465

**Tabel 5. 37 Kuat Tekan Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25 % dengan
Superplasticizer 1,5%**

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	$f'c$ (MPa)
B4.1	151,8	301,4	12,76	462,93	18098,11837	25,579
B4.2	150,5	300,5	12,681	503,31	17789,46475	28,293
B4.3	150,7	301,1	12,978	474,16	17836,77714	26,583
B4.4	151,2	301,9	12,976	534,54	17955,33299	29,771
B4.5	151,4	300,8	12,794	497,63	18002,86529	27,642
$f'c$ rata-rata						27,573

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada Tabel 5.29 hingga Tabel 5.37 maka selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan penambahan variasi serbuk kayu jati dan *superplasticizer* terhadap beton normal. Sehingga dapat diketahui peningkatan/penurunan yang terjadi pada kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Tabel 5.38.



Gambar 5. 9 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Penambahan Variasi Serbuk Kayu Jati dengan *Superplasticizer*

Tabel 5. 38 Kuat Tekan Beton Rata-Rata

Kode Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)	Peningkatan / Penurunan (%)
BN	25,648	0
A1	26,826	4,594
A2	28,972	12,962
A3	31,038	21,015
A4	27,904	8,797
B1	26,381	2,858
B2	28,417	10,797
B3	29,465	14,884
B4	27,573	7,508

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.9 dan Tabel 5.38 dapat diketahui bahwa semua variasi penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini mengalami kenaikan kuat tekan beton dengan umur 28 hari. Pada benda uji beton normal memiliki nilai kuat tekan sebesar 25,648 MPa. Sehingga *mix design* yang digunakan telah memenuhi kuat tekan rencana sebesar 25 Mpa.

Benda uji beton dengan variasi penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,15% dari berat total agregat dan *superplasticizer* 0,6% (A1), 1% (A2), 1,3% (A3) dan 1,5% (A4) dari berat semen mengalami peningkatan dibandingkan beton normal. Benda uji A1 mengalami peningkatan sebesar 4,594% dengan nilai kuat tekan 26,826 MPa, benda uji A2 mengalami peningkatan sebesar 12,962% dengan nilai kuat tekan 28,972 MPa, benda uji A3 mengalami peningkatan sebesar 21,015% dengan nilai kuat tekan 31,038 MPa, dan benda uji A4 mengalami peningkatan sebesar 8,797% dengan nilai kuat tekan 27,904 MPa. Pada benda uji beton dengan variasi penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,25% dari berat total agregat dan *superplasticizer* 0,6% (B1), 1% (B2), 1,3% (B3) dan 1,5% (B4) dari berat semen juga mengalami peningkatan dibandingkan beton normal. Benda uji B1 mengalami peningkatan sebesar 2,858% dengan nilai kuat tekan 26,381 MPa, benda uji B2 mengalami peningkatan sebesar 10,797% dengan nilai kuat tekan 28,417 MPa, benda uji B3 mengalami peningkatan sebesar 14,884% dengan nilai kuat tekan 29,465 MPa, dan benda uji B4 mengalami peningkatan sebesar 7,508% dengan nilai kuat tekan 27,573 MPa.

Peningkatan yang terjadi pada variasi tersebut dapat disebabkan karena serbuk kayu jati yang menyerap pasta semen hingga permukaan partikel serbuk, sehingga air semen bereaksi dengan kadar selulosa yang terdapat pada serbuk kayu jati dan reaksi itu dapat menghasilkan zat perekat sehingga dapat menambah daya ikat pada campuran beton. Peningkatan daya ikat pada campuran beton dapat meningkatkan kekuatan pada beton. Pada penelitian ini serbuk kayu jati yang digunakan berupa serbuk kayu halus sehingga dengan ukuran serat yang kecil dapat menjadi bahan ikat yang cukup kuat untuk mengikat campuran material lain dikarenakan bentuknya. Penambahan

superplasticizer Sikament LN pada campuran beton juga dapat meningkatkan kekuatan beton.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan serbuk kayu jati dengan variasi 0,15% memiliki kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan variasi 0,25%. Penelitian Argo Irlando (2018), hal ini terjadi dikarenakan penambahan serbuk kayu jati yang banyak dapat menggantikan banyak tempat agregat halus dan agregat kasar. Tempat yang tergantikan oleh serbuk kayu jati akan menjadi bagian yang lemah karena serbuk kayu jati memiliki kemampuan yang lebih rendah dalam menahan beban dibandingkan agregat. Penambahan serbuk kayu jati terlalu banyak juga dapat menyerap air yang terlalu banyak sehingga dapat mengganggu reaksi pencampuran pasta semen dan kekuatan ikat pasta semen akan berkurang sehingga tidak dapat menyelimuti material lainnya. Pada penambahan *superplasticizer* dari kadar 0,6% hingga 1,3% mengalami peningkatan kuat tekan beton, tetapi pada persentase penambahan 1,5% kuat tekan beton mengalami penurunan dari persentase kadar sebelumnya. Hal tersebut terjadi dikarenakan penambahan kadar 1,5% pada campuran beton ini berlebihan.

5.4.3 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode uji belah silinder beton. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui beban maksimum yang diterima pada beton yang diletakkan dengan posisi mendatar pada permukaan mesin. Kuat tarik beton juga dipengaruhi oleh material yang digunakan pada saat pembuatan beton, jika kualitas bahan yang baik dan proses pembuatan hingga perawatan beton dilakukan dengan benar maka akan menghasilkan beton yang baik. Pengujian dilaksanakan saat beton berumur 28 hari dan setiap variasi memiliki 5 buah benda uji silinder. Setelah melakukan pengujian dan mengetahui beban maksimum yang diterima oleh beton, lalu dilakukan perhitungan supaya mendapatkan nilai kuat tarik beton yang telah diuji. Berikut merupakan contoh perhitungan kuat tarik beton normal (BN 1.6).

$$D = 150,4 \text{ mm}$$

$$L = 300,7 \text{ mm}$$

$$P = 126 \text{ kN} \times 1000$$

$$\begin{aligned}
 &= 126000 \text{ N} \\
 T &= \frac{2P}{\pi LD} \\
 &= \frac{2 \times 126000}{\pi \times 300,7 \times 150,4} \\
 &= 1,774 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tiap benda uji pada tiap variasi dihitung seperti contoh perhitungan di atas untuk mengetahui nilai kuat tarik beton pada setiap benda uji. Setelah itu nilai kuat tarik pada tiap variasi dirata-rata. Hasil dari pengujian kuat tarik pada tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.39 hingga Tabel 5.47.

Tabel 5. 39 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0% dengan Superplasticizer 0%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
BN1.6	150,4	300,7	12,430	126	1,774
BN1.7	150,7	300,4	12,535	110	1,547
BN1.8	151	301,6	12,677	168	2,348
BN1.9	150,4	300,5	12,464	127	1,789
BN1.10	150,7	300,4	12,578	147	2,067
Kuat Tarik Rata-Rata					1,905

Tabel 5. 40 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15% dengan *Superplasticizer* 0,6%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
A1.6	150,2	300,1	12,676	165	2,330
A1.7	150,2	300,4	12,657	190	2,681
A1.8	150,4	301,1	12,684	183	2,573
A1.9	151,5	302,4	12,398	125	1,737
A1.10	151,1	300,7	12,732	172	2,410
Kuat Tarik Rata-Rata					2,346

Tabel 5. 41 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15% dengan *Superplasticizer* 1%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
A2.6	150,6	300,5	12,843	173	2,434
A2.7	151,2	300,8	12,636	192	2,688
A2.8	150,7	301,4	12,884	183	2,565
A2.9	150,5	300,5	12,795	162	2,280
A2.10	151,6	301,7	12,649	164	2,283
Kuat Tarik Rata-Rata					2,450

Tabel 5. 42 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15% dengan Superplasticizer 1,3%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
A3.6	150,2	300,4	12,903	173	2,441
A3.7	151,7	300,9	13,019	186	2,594
A3.8	150,4	300,2	12,826	198	2,792
A3.9	150,8	301,4	12,899	173	2,423
A3.10	150,5	301,8	13,060	196	2,747
Kuat Tarik Rata-Rata					2,599

Tabel 5. 43 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,15% dengan Superplasticizer 1,5%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
A4.6	150,5	301,3	12,434	205	2,878
A4.7	150,4	300,8	12,750	140	1,970
A4.8	151,2	300,4	12,468	183	2,565
A4.9	150,8	301,6	12,720	190	2,660
A4.10	151,7	300,2	12,830	178	2,488
Kuat Tarik Rata-Rata					2,512

Tabel 5. 44 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25% dengan *Superplasticizer* 0,6%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
B1.6	150,9	300,9	12,753	198	2,776
B1.7	150,3	301,2	12,728	121	1,702
B1.8	150,9	300,4	12,862	152	2,135
B1.9	150,6	301,7	12,512	156	2,186
B1.10	151,3	300,3	12,736	177	2,480
Kuat Tarik Rata-Rata					2,256

Tabel 5. 45 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25% dengan *Superplasticizer* 1%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
B2.6	150,7	301,4	12,890	194	2,719
B2.7	151,5	300,7	12,743	158	2,208
B2.8	150,3	301,8	12,861	152	2,133
B2.9	150,8	301,2	12,764	151	2,116
B2.10	151,4	300,6	12,895	161	2,252
Kuat Tarik Rata-Rata					2,286

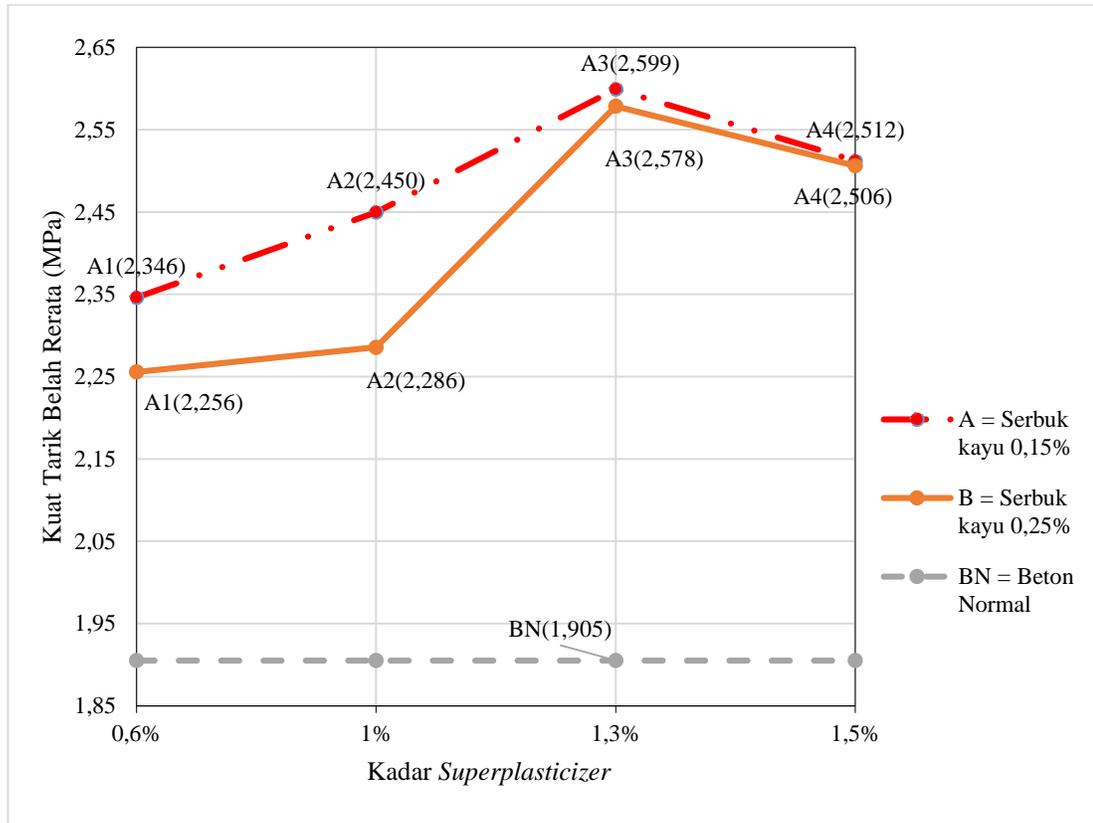
Tabel 5. 46 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25% dengan *Superplasticizer* 1,3%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
B3.6	150,8	300,4	12,460	204	2,867
B3.7	151,6	300,9	12,684	183	2,554
B3.8	150,2	301,5	12,976	164	2,306
B3.9	150,7	300,2	12,593	190	2,674
B3.10	150,9	301,3	12,820	178	2,492
Kuat Tarik Rata-Rata					2,578

Tabel 5. 47 Kuat Tarik Belah Beton Variasi Serbuk Kayu Jati 0,25% dengan *Superplasticizer* 1,5%

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)
B4.6	150,9	300,5	12,581	169	2,373
B4.7	150,3	300,9	12,532	171	2,407
B4.8	150,9	301,4	12,755	182	2,548
B4.9	150,7	301,8	13,002	198	2,771
B4.10	150,6	300,6	12,781	173	2,433
Kuat Tarik Rata-Rata					2,506

Dari hasil pengujian kuat tarik beton pada Tabel 5.39 hingga Tabel 5.47 maka selanjutnya dapat dibuat grafik hubungan penambahan variasi serbuk kayu jati dan *superplasticizer* terhadap beton normal. Sehingga dapat diketahui peningkatan/penurunan yang terjadi pada kuat tarik beton dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Tabel 5.48.



Gambar 5. 10 Hubungan Kuat Tarik Belah Beton dan Penambahan Variasi Serbuk Kayu Jati dengan *Superplasticizer*

Tabel 5. 48 Kuat Tarik Beton Rata-Rata

Kode Benda Uji	Kuat Tarik (MPa)	Peningkatan / Penurunan (%)
BN	1,905	0
A1	2,346	23,156
A2	2,450	28,599
A3	2,599	36,451
A4	2,512	31,871
B1	2,256	18,404
B2	2,286	19,986
B3	2,578	35,351
B4	2,506	31,564

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.10 dan Tabel 5.48 dapat diketahui bahwa semua variasi penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini juga mengalami kenaikan kuat tarik beton saat umur 28 hari. Pada benda uji beton normal memiliki kuat tarik sebesar 1,905 MPa. Benda uji beton dengan variasi penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,15% dari berat total agregat dan *superplasticizer* 0,6% (A1), 1% (A2), 1,3% (A3) dan 1,5% (A4) dari berat semen mengalami peningkatan dibandingkan beton normal. Benda uji A1 meningkat sebesar 23,156% dengan nilai kuat tarik 2,346 MPa, benda uji A2 meningkat sebesar 28,599% dengan nilai kuat tarik 2,450 MPa, benda uji A3 meningkat sebesar 36,451% dengan nilai kuat tarik 2,599 MPa, dan benda uji A4 meningkat sebesar 31,871% dengan nilai kuat tarik 2,512 MPa. Pada benda uji beton dengan variasi penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,25% dari berat total agregat dan *superplasticizer* 0,6% (B1), 1% (B2), 1,3% (B3) dan 1,5% (B4) dari berat semen juga mengalami peningkatan dibandingkan beton normal. Benda uji B1 meningkat sebesar 18,404% dengan nilai kuat tarik 2,256 MPa, benda uji B2 meningkat sebesar 19,986% dengan nilai kuat tarik 2,286 MPa, benda uji B3 meningkat sebesar 35,351% dengan nilai kuat tarik 2,578 MPa, dan benda uji B4 meningkat sebesar 31,564% dengan nilai kuat tarik 2,506 MPa.

Peningkatan kuat tarik beton terbesar pada variasi penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,15% dari berat total agregat dan *superplasticizer* variasi 1,3% mengalami peningkatan kuat tarik tertinggi yaitu sebesar 36,451% dengan nilai kuat tarik 2,599 MPa. Peningkatan kuat tarik dengan persentase penambahan serbuk kayu 0,15% menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan persentase 0,25%. Pada setiap penambahan kadar *superplasticizer* dari kadar 0,6% hingga 1,3% dapat menaikkan kuat tarik beton, tetapi pada saat penambahan dengan kadar 1,5% kuat tarik beton menurun. Hal tersebut sama seperti hasil pengujian kuat tekan beton dikarenakan jika terlalu berlebihan penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* pada campuran beton maka dapat mengakibatkan penurunan kekuatan pada beton. Pola peningkatan dan penurunan kuat tarik belah beton pada setiap variasi sama dengan pola yang didapatkan pada hasil pengujian kuat tekan beton. Setiap kenaikan nilai kuat tekan

beton pada masing-masing variasi penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* maka nilai kuat tarik belah beton juga ikut meningkat, tetapi jika kuat tekan beton menurun maka nilai kuat tarik juga ikut menurun.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dan melihat hasil pengujian dan pembahasan yang telah dijelaskan dalam bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* pada beton cukup berpengaruh terhadap kekuatan beton, karena pada semua variasi penambahan yang dilakukan pada penelitian ini mengalami peningkatan kuat tekan beton dan kuat tarik beton. Kuat tekan beton mengalami rentang peningkatan dari 2,858% hingga 21,015% dan kuat tarik beton mengalami rentang peningkatan dari 18,404% hingga 36,451%.
2. Penambahan serbuk kayu jati dan *superplasticizer* pada campuran beton mampu menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik beton yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal. Penambahan serbuk kayu jati dengan persentase 0,15% menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat tarik beton yang lebih tinggi dibandingkan persentase 0,25%. Pada variasi penambahan *superplasticizer* dari kadar 0,6% hingga 1,3% mengalami peningkatan nilai kuat tekan dan kuat tarik beton, tetapi pada persentase 1,5% mengalami penurunan kekuatan beton dari persentase kadar sebelumnya.
3. Pada variasi persentase penambahan serbuk kayu jati sebesar 0,15% dari berat total agregat dengan kadar *superplasticizer* 1,3% dari berat semen menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik beton tertinggi pada penelitian ini. Pada variasi tersebut nilai kuat tekan beton meningkat sebesar 21,015% dengan nilai kuat tekan 31,038 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton normal sebesar 25,648 MPa, serta mengalami peningkatan kuat tarik belah beton sebesar 36,451% dengan

nilai kuat tarik belah 2,599 MPa dibandingkan dengan nilai kuat tarik beton normal sebesar 1,905 MPa.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat saran yang harus disampaikan untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut. Terdapat saran yang perlu untuk dikembangkan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan penelitian dengan mutu beton rencana yang berbeda.
2. Melakukan penelitian dengan memakai jenis kayu yang berbeda untuk meneliti lebih lanjut tentang pengaruh penambahan serbuk kayu pada beton.
3. Melakukan penelitian dengan menggunakan jenis *superplasticizer* yang berbeda.
4. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan persentase penambahan yang lebih rapat antar variasi untuk mengetahui nilai kuat tekan dan kuat tarik yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisah, R.N., Arnandha, Y., dan Rakhmawati, A. 2022. Analisis Pengaruh Penambahan Sikament LN Dengan Variasi Persentase Terhadap Nilai Slump Dan Kuat Tekan Beton Berdasarkan Metode Perawatan Beton. Jurnal Teknik Sipil. Universitas Tidar. Magelang.
- Badan Standarisasi Nasional (SK SNI T-15:1990). 1990. Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-1968-1990). 1990. Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-1969-1990). 1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-1970-1990). 1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-2834-2000). 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-4142-1996). 1996. Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm). Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-4804-1998). 1998. Metode Pengujian Berat isi dan Rongga Udara Dalam Agregat. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1969:2008). 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 1974:2011). 2011. Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 2493:2011). 2011. Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta.

- Badan Standarisasi Nasional (SNI 2847:2013). 2013. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 2491:2014). 2014. Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Specimen Beton Silinder. (ASTM C496/C496-04, IDT).
- Badan Standarisasi Nasional (SNI 2847:2019). 2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. 1971. Peraturan Beton Bertulang 1971.
- Ferguson, P.M. 1991. Dasar-dasar Beton Bertulang. Erlangga. Jakarta
- Gargulak, J.D., Bushar, L.L., dan Sengupta, A.K. 2001. *Ammoxidized Lignosulfonate Cement Dispersant*. US-Patent: US 6,238,475 B1.
- Irlando, A. 2018. Pengaruh Penambahan Serbuk Gergaji Pada Campuran Beton Dengan *Superplasticizer*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2004. Teknologi Beton. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Sitanggang, R. 2023. Penggunaan *Superplasticizer* Pada Beton Mutu F'c 25 MPa. Universitas Darma Agung. Medan.
- Susanto, Mudji. 1998. Studi Komponen Kimia Kayu. Jurnal Ilmu Kehutanan. Yogyakarta.
- Syarifuddin, M. 2020. Analisis Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Sisa Penggergajian Terhadap Kuat Tekan Beton. Universitas Semarang. Semarang.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. Buku Teknologi Beton. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 2007. Teknologi Beton. Biro Penerbit Teknik Sipil Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Yogyakarta.
- Umar, U.H. 2019. Analisis Kuat Tekan Beton dengan Serbuk Kayu Jati. Universitas Internasional Batam. Batam.

Wibowo, N.I. 2018. Pengaruh Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Sebagian Semen dan Bahan Tambah 0,6% Bestmittel Terhadap Karakteristik Beton. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Time Schedule

Uraian Kegiatan	Jam Kerja (Jam)	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Kegiatan													
1. Pengadaan bahan													
Agregat	6	6											
Semen	6	6											
Bahan tambah	6	6											
Air	3	3											
2. Proses pembuatan benda uji													
Pemeriksaan agregat halus	4,5	2	2,5										
Pemeriksaan agregat kasar	4,5	2	2,5										
Pemeriksaan serbuk kayu jati	3,5	2	1,5										
Analisis pengujian agregat	5		5										
Mix desain	6		3	3									
Pembuatan benda uji	12			8	4								
Persiapan analisis data	4				4								
Persiapan pengujian benda uji	12				3	3	3	3					
Pengujian benda uji	12								12				
Analisis data	4								4				
3. Penyusunan laporan													
Analisis data	13									13			
Pembahasan	7										7		
Kesimpulan dan saran	7										7		
Jumlah total	115,5												
Rencana Mingguan (Jam)		27	14,5	11	11	3	3	3	16	13	14		
Jam Kerja Kumulatif (Jam)		27	41,5	52,5	63,5	66,5	69,5	72,5	88,5	101,5	115,5		

Lampiran 2 Bahan yang Digunakan



Gambar L-2. 1 Semen



Gambar L-2. 2 Agregat Kasar



Gambar L-2. 3 Agregar Halus



Gambar L-2. 4 Serbuk Kayu Jati



Gambar L-2. 5 Sikament LN



Gambar L-2. 6 Air

Lampiran 3 Alat yang Digunakan



Gambar L-3. 1 Timbangan



Gambar L-3. 2 Pan/Piring



Gambar L-3. 3 Alat Ukur



Gambar L-3. 4 Oven



Gambar L-3. 5 Kerucut Abram



Gambar L-3. 6 Sieve Shaker



Gambar L-3. 7 Bekisting



Gambar L-3. 8 Ember



Gambar L-3. 9 Sekop



Gambar L-3. 10 Mixer



Gambar L-3. 11 *Compression Testing Machine*

Lampiran 4 Proses Pengujian



Gambar L-4. 1 Pengujian *Slump*



Gambar L-4. 2 Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L-4. 3 Pengujian Kuat Tarik Beton



Gambar L-4. 4 Benda Uji setelah Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-4. 5 Benda Uji setelah Pengujian Kuat Tarik



Tabel L-5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	f_c (MPa)	f_c rerata (MPa)
BN1.1	150,3	300,5	12,764	477,48	17742,2152	26,912	25,648
BN1.2	150,1	301,3	12,588	452,26	17695,02848	25,559	
BN1.3	150,9	300,2	12,722	422,66	17884,15235	23,633	
BN1.4	151,3	300,9	12,709	473,15	17979,09128	26,317	
BN1.5	150,3	301,1	12,575	458,08	17742,2152	25,819	
A1.1	151,4	303,1	12,759	492,92	18002,86529	27,380	26,826
A1.2	150,8	301,6	12,661	478,67	17860,45689	26,801	
A1.3	151,1	302,1	12,478	507,63	17931,5904	28,309	
A1.4	150,5	300,9	12,769	438,65	17789,46475	24,658	
A1.5	150,7	300,5	12,806	481,28	17836,77714	26,982	
A2.1	150,7	300,8	12,966	496,13	17836,77714	27,815	28,972
A2.2	150,4	300,7	12,702	471,7	17765,83212	26,551	
A2.3	151,3	301,6	12,868	530,60	17979,09128	29,512	
A2.4	151,2	300,2	12,701	533,56	17955,33299	29,716	
A2.5	150,8	301,3	12,732	558,46	17860,45689	31,268	
A3.1	150,3	300,7	12,701	529,52	17742,2152	29,845	31,038
A3.2	150,8	301,8	12,772	592,71	17860,45689	33,186	
A3.3	151,2	302,3	12,908	539,49	17955,33299	30,046	
A3.4	150,7	301,5	12,981	494,28	17836,77714	27,711	
A3.5	151	300,4	12,904	616,03	17907,86352	34,400	



**FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN**

Gedung KH. Moh. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext 3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uui.ac.id

Lanjutan Tabel L-5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	f_c (MPa)	f_c rerata (MPa)
A4.1	151,5	301,7	12,642	494,3	18026,655	27,421	27,904
A4.2	150,7	301,2	12,716	533,56	17836,77714	29,913	
A4.3	150,4	300,5	12,767	471,7	17765,83212	26,271	
A4.4	151,2	301,4	12,86	505,08	17955,33299	28,430	
A4.5	151,6	300,4	12,719	496,13	18050,46041	27,486	
B1.1	150,7	301,8	12,823	472,45	17836,77714	26,487	26,381
B1.2	151,4	302,5	12,654	450,33	18002,86529	25,014	
B1.3	150,8	300,4	12,749	490,51	17860,45689	27,463	
B1.4	150,3	301,3	12,986	479,76	17742,2152	27,041	
B1.5	151,2	300,9	12,714	465,02	17955,33299	25,899	
B2.1	150,4	301,9	12,819	511,54	17765,83212	28,793	28,417
B2.2	151,3	300,8	12,99	483,79	17979,09128	26,908	
B2.3	151,6	302,4	13,025	501,80	18050,46041	27,800	
B2.4	150,2	300,5	12,654	492,78	17718,61398	27,811	
B2.5	151,1	301,3	12,895	551,79	17931,5904	30,772	
B3.1	150,9	302,5	12,735	482,62	17884,15235	26,986	29,465
B3.2	150,5	301,3	12,694	582,7	17789,46475	32,755	
B3.3	151,3	301,6	12,586	546,71	17979,09128	30,408	
B3.4	151,7	300,7	12,727	526,75	18074,28154	29,144	
B3.5	150,3	301,4	12,581	497,38	17742,2152	28,034	



Lanjutan Tabel L-5.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	A (mm ²)	f _c (MPa)	f _c rerata (MPa)
B4.1	151,8	301,4	12,76	462,93	18098,11837	25,579	27,573
B4.2	150,5	300,5	12,681	503,31	17789,46475	28,293	
B4.3	150,7	301,1	12,978	474,16	17836,77714	26,583	
B4.4	151,2	301,9	12,976	534,54	17955,33299	29,771	
B4.5	151,4	300,8	12,794	497,63	18002,86529	27,642	

Yogyakarta, 6 Desember 2023

Didata oleh :
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md.

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT

Malik Mushtofa, S.T., M.Eng.

Disahkan oleh :
Manajer Laboratorium Jur. Tek. Sipil



Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM., Asean. Eng.



Tabel L-6.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik rerata (MPa)
BN1.6	150,4	300,7	12,430	126	1,774	1,905
BN1.7	150,7	300,4	12,535	110	1,547	
BN1.8	151	301,6	12,677	168	2,348	
BN1.9	150,4	300,5	12,464	127	1,789	
BN1.10	150,7	300,4	12,578	147	2,067	
A1.6	150,2	300,1	12,676	165	2,330	2,346
A1.7	150,2	300,4	12,657	190	2,681	
A1.8	150,4	301,1	12,684	183	2,573	
A1.9	151,5	302,4	12,398	125	1,737	
A1.10	151,1	300,7	12,732	172	2,410	
A2.6	150,6	300,5	12,843	173	2,434	2,450
A2.7	151,2	300,8	12,636	192	2,688	
A2.8	150,7	301,4	12,884	183	2,565	
A2.9	150,5	300,5	12,795	162	2,280	
A2.10	151,6	301,7	12,649	164	2,283	
A3.6	150,2	300,4	12,903	173	2,441	2,599
A3.7	151,7	300,9	13,019	186	2,594	
A3.8	150,4	300,2	12,826	198	2,792	
A3.9	150,8	301,4	12,899	173	2,423	
A3.10	150,5	301,8	13,060	196	2,747	



Lanjutan Tabel L-6.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik rerata (MPa)
A4.6	150,5	301,3	12,434	205	2,878	2,512
A4.7	150,4	300,8	12,750	140	1,970	
A4.8	151,2	300,4	12,468	183	2,565	
A4.9	150,8	301,6	12,720	190	2,660	
A4.10	151,7	300,2	12,830	178	2,488	
B1.6	150,9	300,9	12,753	198	2,776	2,256
B1.7	150,3	301,2	12,728	121	1,702	
B1.8	150,9	300,4	12,862	152	2,135	
B1.9	150,6	301,7	12,512	156	2,186	
B1.10	151,3	300,3	12,736	177	2,480	
B2.6	150,7	301,4	12,890	194	2,719	2,286
B2.7	151,5	300,7	12,743	158	2,208	
B2.8	150,3	301,8	12,861	152	2,133	
B2.9	150,8	301,2	12,764	151	2,116	
B2.10	151,4	300,6	12,895	161	2,252	
B3.6	150,8	300,4	12,460	204	2,867	2,578
B3.7	151,6	300,9	12,684	183	2,554	
B3.8	150,2	301,5	12,976	164	2,306	
B3.9	150,7	300,2	12,593	190	2,674	
B3.10	150,9	301,3	12,820	178	2,492	



Lanjutan Tabel L-6.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik Beton

Benda Uji	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Berat Beton (Kg)	Beban Maks (kN)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik rerata (MPa)
B4.6	150,9	300,5	12,581	169	2,373	2,506
B4.7	150,3	300,9	12,532	171	2,407	
B4.8	150,9	301,4	12,755	182	2,548	
B4.9	150,7	301,8	13,002	198	2,771	
B4.10	150,6	300,6	12,781	173	2,433	

Yogyakarta, 6 Desember 2023

Didata oleh :
PLP/Teknisi

Daru Salam, A.Md.

Diperiksa oleh :
Kepala Laboratorium BKT

Malik Mushtofa, S.T., M.Eng.

Disahkan oleh :
Manajer Laboratorium Jur. Tek. Sipil



Ir. Berlian Kushari, S.T., M.Eng., IPM., Asean. Eng.