

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SERBUK KAYU
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS DENGAN BAHAN
TAMBAH ZAT *ADDITIVE BESTMITTEL* TERHADAP KUAT
TEKAN BETON
(Studi Penelitian)**

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

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ALFITO SAIHAN

2007210111



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh:

Nama : Muhammad Alfito Saihan
NPM : 2007120111
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Sebagai
Pengganti Agregat Halus Dengan Bahan Tambah Zat
Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton
(Studi Penelitian)
Bidang : Struktur

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN

KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, Juli 2025

Dosen pembimbing



Rizki Efrida, S.T, M.T

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Ini Di Ajukan Oleh:

Nama : Muhammad Alfito Saihan

Npm : 2007210111

Program Studi : Teknik sipil

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Sebagai
Pengganti Agregat Halus Dengan Bahan Zat *Adiditive*
Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton (*Studi Penelitian*)

Bidang ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Juli 2024

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Pembimbing



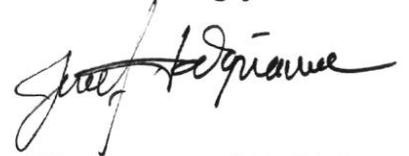
Rizki Efrida, S.T, M.T

Dosen Penguji 1



Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Penguji 2



Josef Hadipramana S.T., M.Sc., Ph.D

Program Studi

Ketua



Assoc. Prof. Dr. Ir. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.S.c, Ph.D

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Alfito Saihan
Tempat/ Tanggal Lahir : Kubah Sentang, 11 Januari 2002
NPM : 2007210111
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul:

“Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Sebagai Penggati Agregat Halus Dengan Bahan Zat Adiditive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton (Studi Penelitian)”

Bukan merupakan plagiatoris mencuri hasil karya ilik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinail dan otentik.

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada tidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendirian tidak ada atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di program studi Teknik Sipil, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Juli 2025

Saya yang menyatakan,



Muhammad Alfito Saihan

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN CAMPURAN SERBUK KAYU SEBAGAI BAHAN PENGANTI AGREGAT HALUS DENGAN BAHAN TAMBAH ZAT ADIDDTIVE BESTMITTEL TERHADAP KUAT TEKAN BETON (Studi Penelitian)

Muhammad Alfito Saihan
2007210111
(Rizki Efrida, S.T., M.T)

Serbuk kayu merupakan salah satu serat alami (*cellulose fibers*) yang dapat digunakan sebagai zat tambah dalam campuran beton. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pada hasil penelitian ini, bahwa untuk umur pengujian 14 hari dan 28 hari terjadi peningkatan pada bahan campuran serbuk kayu dan *bestmittel* pada persentase serbuk kayu 2,5% dan zat aditif *bestmittel* dengan persentase 0,5% dengan kuat tekan pada umur 14 hari 23.241 Mpa dan umur beton 28 hari 24.119 Mpa. Jadi untuk pengaruh penambahan persentase serbuk kayu dengan penambahan zat aditif *bestmittel* 0,5% mengalami kenaikan kuat tekan yang dapat meningkat hasil kuat tekan dan penambahan bahan aditif *bestmittel* sebagai mempercepat pengeringan dan dapat meningkatkan kuat tekan beton digunakan pada hasil penelitian ini nilai kuat tekan meningkat.

Kata kunci: Serbuk Kayu, Beton, Agregat Halus, Zat Aditif Bestmittel, Kuat Tekan

ABSTRACT

EFFECT OF ADDING A SAWDUST MIXTURE AS A SUBSTITUTE FINE AGGREGATE WITH BESTMITTEL ADDITIVE ADDITIVES AGAINST THE COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE (Research Study)

Muhammad Alfito Saihan
2007210111
(Rizki Efrida, S.T., M.T)

Sawdust is one of the natural fibers (cellulose fibers) that can be used as an additive in concrete mixtures. This research method uses an experimental method carried out in the laboratory of the University of Muhammadiyah North Sumatra. In the results of this study, that for the test age of 14 days and 28 days there was an increase in the mixture of sawdust and bestmittel at a percentage of 2.5% sawdust and bestmittel additives with a percentage of 0.5% with a compressive strength at the age of 14 days of 23,241 Mpa and the age of 28 days of concrete 24,119 Mpa. So for the effect of adding the percentage of sawdust with the addition of 0.5% bestmittel additives experienced an increase in compressive strength which can increase the results of compressive strength and the addition of bestmittel additives as accelerating drying and can increase the compressive strength of concrete used in the results of this study the compressive strength value increased.

Keywords: Sawdust, Concrete, Fine Aggregate, Bestmittel Additive, Compressive Strength

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Segala puji bagi Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberi rahmat dan karunia yang melimpah sehingga penulis dapat menjalankan penulisan Tugas Akhir dengan lancar. Kemudian sholawat dan salam kepada nabi besar kita nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman kegelapan hingga zaman terang benderang seperti pada saat ini. Alhamdulillah nikmat jasmani dan rohani berkat dari keduanya penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan Judul “Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Sebagai Pengganti Agregat Halus Dengan Bahan Tambah Zat *Additive Bestmitell* Terhadap Kuat Tekan Beton”. Penelitian ini sebagai syarat untuk meraih gelar sarjana Program Studi Teknik Sipil kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Terimakasih banyak kepada pihak- pihak yang telah tulus membantu penulis, sehingga penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing, yang telah membimbing penulis hingga bisa menyelesaikan penelitian pada Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D. Selaku dosen Pembanding I dan Penguji yang memberi koreksi pada penelitian Tugas Akhir ini agar lebih lancar.
3. Bapak Josef Hadipramana S.T., M.Sc., Ph.D., Selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak membantu dan memberi saran demi kelancaran proses penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Prof. Ir. Fahrizal Zulkarnain S.T, M.Sc, Ph.D, IPM, Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., Selaku Wakil Dekan I, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Jajaran Bapak/Ibu Selaku Dosen Program Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Bapak dan Ibu Pegawai Staf Biro Administrasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teristimewah kepada kedua orang tua saya Aslani dan Khairani serta saudara kandung saya yang saya sayangi, sehingga dapat mendukung menyelesaikan Tugas Akhir ini baik dalam segi moral, maupun material dan kasih sayang yang tulus selama ini kepada penulis.
11. Kepada seluruh teman-teman kost seperjuangan dan teman-teman kelas C1 pagi stambuk 2020 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil yang telah menemani serta menjadi pendukung pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan rasa hormat yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman – teman Mahasiswa Teknik Sipil khususnya. Aamiin.

Medan, Juli 2025

Saya yang menyatakan



Muhammad Alfito Saihan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 LATAR BELAKANG	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistem Penelitian	5
BAB 2 PENDAHULUAN	6
2.1 Beton	6
2.2.2 Air	8
2.2.3 Agregat	9
2.3 Serbuk Kayu	11
2.4 Bahan Tambah Zat <i>Additive (Bestmittel)</i>	11
2.5 Uji Slump	13
2.6 Kuat Tekan	14
2.7 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1 Metode Penelitian	17
3.1.1 Data primer	17
3.1.2 Data sekunder	17

3.2 Lokasi Penelitian	19
3.3 Bahan dan Peralatan	19
3.3.1 Bahan	19
3.3.2 Peralatan	20
3.4 Proses Pengerjaan Serbuk Kayu Dalam Campuran Beton	20
3.5 Tahapan Pengujian	21
3.5.1 Persiapan Bahan-Bahan Dasar	21
3.5.2 Pengujian Analisa Saringan	21
3.5.3 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan	22
3.5.4 Pengujian Kadar Air	22
3.5.5 Pengujian Berat Isi	23
3.5.6 Pengujian Kadar Lumpur	23
3.5.7 Penetapan Benda Uji	24
3.5.8 Perhitungan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	28
3.5.9 Pembuatan Benda Uji	35
3.5.10 Pengujian Slump Test	37
3.5.11 Perawatan Benda Uji	38
3.5.12 Pengujian Kuat Tekan	38
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Umum	41
4.2 Pemeriksaan Agregat Halus	41
4.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus	41
4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	42
4.2.3 Kadar Air Agregat Halus	43
4.2.4 Berat Isi Agregat Halus	44
4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Halus	45
4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar	46
4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar	46
4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	47
4.3.3 Kadar Air Agregat Kasar	48
4.3.4 Berat Isi Agregat Kasar	48
4.3.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar	49

4.4 Perencanaan Campuran Beton	50
4.4.1 Langkah Perhitungan	51
4.5 Kebutuhan Material	57
4.6 Pengujian Slump	59
4.7 Pengujian Kuat Tekan Beton	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTKA	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Nilai Kuat Tekan Beton pada Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3.2	Nilai Kuat Tekan Beton pada Penelitian Terhadapulu	25
Tabel 3.3	Nilai Kuat Tekan Beton pada Penelitian Terhadapulu	25
Tabel 3.4	Nilai Kuat Tekan Beton pada Penelitian Terhadapulu	26
Tabel 3.5	Sampel Benda Uji	26
Tabel 3.6	Nilai Slump yang Dianjurkan Untuk Konstruksi (SNI-1972, 2008).	28
Tabel 3.7	Hubungan Rasio Air - Semen atau Air Bahan Kekuatan Beton (SNI 7656, 2012)	30
Tabel 3.8	Volume Agregat Kasar Persatuan Volume Beton (SNI 7656, 2012)	31
Tabel 3.9	Perkiraan Awal Berat Beton Seger (SNI 7656, 2012)	32
Tabel 4.1	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	41
Tabel 4.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan agregat Halus	42
Tabel 4.3	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	43
Tabel 4.4	Pengujian Berat Isi Agregat Halus	44
Tabel 4.5	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	45
Tabel 4.6	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	46
Tabel 4.7	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	47
Tabel 4.8	Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	48
Tabel 4.9	Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	48
Tabel 4.10	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	49
Tabel 4.11	Data Pengujian Dasar Agregat	50
Tabel 4.12	Data Kebutuhan Mix Design	51
Tabel 4.13	Perkiraan Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah (SNI-7656,2012)	51
Tabel 4.14	Hubungan Antara Rasio Air - Semen (w/c) atau Rasio Air - Bahan Bersifat Semen $\{w/(c+p)\}$ dan Kekuatan Beton (SNI-7656,2012)	52
Tabel 4.15	Volume Agregat Kasar Per-satuan Volume Beton (SNI-7656, 2012)	54
Tabel 4.16	Perkiraan Awal Berat Beton Segar (SNI-7656, 2012)	55
Tabel 4.17	Perbandingan Berat Bahan	56

Tabel 4.18 Nilai Slump	59
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 Hari	61
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	19
Gambar 3.2 Dimensi Benda Uji Silinder	28
Gambar 3.3 Pengujian Kuat Tekan Beton	39
Gambar 4.1 Grafik Nilai Slump Rata – Rata	60
Gambar 4.2 Grafik Hasil Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	63

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan struktur dalam konstruksi bangunan digunakan karena banyak memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain harganya relatif murah, material beton mudah didapat dan tahan terhadap api, namun beton juga mempunyai kekurangan yaitu lemah terhadap gaya tarik (Agustian, 2019).

Serbuk kayu, atau yang sering disebut serbuk gergaji, merupakan limbah yang dihasilkan dari proses penggergajian kayu. Jumlah limbah serbuk kayu terus meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas industri pengolahan kayu. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan dalam bidang *furniture*, jumlah perusahaan pengolahan kayu juga meningkat, menghasilkan tumpukan limbah serbuk gergaji yang belum dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Serbuk kayu, limbah dari penggergajian kayu, dapat menimbulkan masalah lingkungan jika dibiarkan membusuk, ditumpuk, atau dibakar. Serbuk kayu mudah didapat dan relatif murah, sehingga penting untuk mengolah dan memanfaatkannya secara ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian tentang pemanfaatan serbuk kayu perlu dilakukan untuk mengurangi dampak negatif limbah dan meningkatkan nilai ekonominya.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa menambahkan serbuk kayu pada beton dapat meningkatkan kualitasnya dan menyembunyikan cacat pada beton itu sendiri. Salah satu kekurangan beton salah satunya sulit ditutup sehingga air mudah meresap, karena serbuk kayu mempunyai karakteristik menyerap air cukup tinggi akibatnya air memungkinkan diserap serbuk kayu tersebut.

Penambahan serbuk kayu pada beton merupakan salah satu cara untuk memanfaatkan limbah kayu dan mengurangi penggunaan material yang lebih mahal dan berdampak buruk pada lingkungan seperti pasir, batu pecah, dan semen. Serbuk kayu yang bersumber dari limbah kayu dapat dipakai sebagai bahan pengisi atau pengganti sebagian agregat (pasir dan batu pecah) pada campuran beton. Pada serbuk kayu mengandung selulosa dan hemiselulosa.

Ketika dibubuhkan ke dalam campuran semen-pasir untuk membuat beton, senyawa ini diserap ke dalam bidang mineral/partikel dan mendapat penambahan kekuatan ikatan antar partikel karena karakteristik perekat dan pendispersinya. Selain itu, menahan difusi karena sifat hidrofobiknya sifat air pada bahan tersebut (Sukmawan Gulo & Halawa, 2024)

Perkembangan teknologi beton telah mengalami peningkatan sedemikian pesatnya sehingga manusia dituntut kreativitasnya dalam menciptakan inovasi baru untuk kemajuan peradaban. Demikian pula dalam bidang konstruksi, penelitian-penelitian sering dilakukan dalam menciptakan alternatif teknologi yang cukup inovatif. Bahan *Additive* adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, pasir dan kerikil), yang nantinya akan dicampur antara unsur pokok beton dengan bahan tambahan sehingga menjadi satu-kesatuan adukan beton yang monolit, merupakan salah satu upaya inovatif (Sulistyawati, 2009).

Pada suatu proyek pembangunan, waktu yang dibutuhkan beton untuk mencapai kekuatan 100% adalah pada saat berumur 28 hari. Salah satu cara untuk menghemat waktu pengerasan adalah dengan menggunakan bahan tambah kimia. *Bestmittel* adalah salah satu merk bahan tambah kimia untuk mempercepat pengerasan beton yang sering digunakan didalam proyek. Tujuan penggunaannya adalah agar beton dapat mencapai kuat tekan yang direncanakan sebelum mencapai umur 28 hari (Ariyani & A, 2014) dan untuk mengubah satu atau lebih sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Misalnya mempercepat pengerasan, meningkatkan *workability*, menambah kuat tekan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, dan sebagainya (Sulistyawati, 2009).

Tuntutan kualitas bahan beton baik dari segi kuat maupun segi waktu pelaksanaan, semakin meningkat seiring dengan kebutuhan bangunan tingkat tinggi dengan waktu penyelesaian proyek yang ketat. Bahan *Additive Bestmittel* berdasarkan SK-SNI, S-18-1990-03 termasuk golongan V sebagai salah satu bahan untuk mempercepat pengerasan beton dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaannya terhadap mutu beton, terkait proses pengerasannya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan

pengetahuan baik bagi pribadi maupun dunia konstruksi tentang efektifitas bahan *bestmittel* dalam inovasi terhadap mutu beton, hingga dapat direkomendasikan.

Pemakaian serat dalam campuran beton sudah cukup lama dilakukan, namun karena ketersediaannya semakin menurun maka dikembangkan berbagai jenis, salah satunya adalah serat kayu. Pada serbuk kayu terdapat kadar selulosa dan hemiselulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen dan pasir pembentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat difusi air dalam material akibat sifat hidrofobnya.

Hasil dari latar belakang diatas, akan ditinjau kuat tekan beton dengan menggunakan bahan campuran pengganti agregat halus dengan campuran serbuk kayu dengan variasi 1,5%, 2%, dan 2,5% dengan bahan zat *additive bestmittel* dengan kadar yaitu 0,5% yang dimana peneliti mengambil dosis variasi sesuai dengan ketentuan 0,2% - 0,6%. Kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm) dengan $F_{as} = 0,4 - 0,6$ dengan mutu beton K-300 atau f_c . 24.90. Dengan masa perawatan 28 hari. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang pengaruh bahan tambah *bestmittel* yang tidak sesuai dengan standart ketentuan, apakah dapat mempercepat pengerasan beton dan menambah daya kuat tekan dari beton atau memperlama pengerasan beton dan mengurangi daya kuat tekan dari beton yang akan direncanakan.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana disajikan diatas, maka rumusan masalah yang diperlukan untuk kajian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk kayu terhadap kuat tekan beton dengan bahan tambah *bestmittel*?
2. Berapa nilai presentase optimal penambahan serbuk kayu dan zat aditif *bestmittel*?

1.3 Tujuan Masalah

Dari kondisi diatas maka ada beberapa permasalahan yang ingin dibahas yaitu anantara lain:

1. Mengetahui pengaruh penambahan serbuk kayu dan zat aditif *bestmittel* terhadap kuat tekan beton.
2. Menentukan persentase optimal penambahan serbuk kayu dan zat aditif *bestmittel*.

1.4 Batasan Masalah

Mengingat terlalu luas dan banyaknya permasalahan yang berhubungan dengan beton, maka dalam penelitian ini diberikan batasan masalah yang bertujuan untuk membatasi pembahasan agar tidak terlalu meluas dan batasnya menjadi jelas. Adapun yang menjadi batasan masalah sebagai berikut:

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI-7565-2012).
2. Menguji kuat tekan beton.
3. Menggunakan cetakan bentuk silinder dengan diameter 15 dan tinggi 30 cm.
4. Menggunakan kekuatan rencana yaitu 24 MPa.
5. Limbah serbuk serbuk kayu yang digunakan dalam penelitian ini limbah serbuk kayu bekas gergajian sebagai pengganti agregat halus. Dengan perencanaan beton umur 14 hari dan 28 hari dengan benda uji silinder.
6. Menggunakan limbah serbuk kayu dengan variasi 1,5%, 2%, 2,5%.
7. Pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari untuk seluruh benda uji baik beton normal maupun beton campuran *bestmittel*.
8. Persentase *Bestmitell* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0,5%, sebagai bahan pengganti penggunaan air.

1.5 Manfaat Penelitian

Mengetahui keefektifan zat aditif dan penambahan serbuk kayu terhadap kuat tekan beton, sehingga dapat membangun sebuah struktur bangunan yang cepat dan kuat dengan campuran bahan yang ekonomis. Serta sebagai wawasan untuk masyarakat dalam pembangunan struktur yang mengutamakan kecepatan dalam pengerjaan dengan meminimalisir anggaran yang dikeluarkan.

1.6 Sistem Penelitian

Untuk memperjelaskan tahapan dilakukan dalam studi ini, penulis akhir ini dikelompokkan ke dalam 5 (lima) bab dengan sistematika pembahasan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penelitian.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini di bahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai teori-teori ataupun penelitian sebagai dasar dalam mengkaji permasalahan yang ada, dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang tahapan penelitian, metode pelaksanaan, teknik pengumpulan data, jenis dan sumber data yang diperlukan, serta teknik analisa data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil dan pembahasan analisis yang dilakukan untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan permasalahan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan yang di dapat dari hasil dan menjawab permasalahan yang sesuai serta saran untuk pengembangan lebih lanjut di masa yang akan datang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya. DPU-LPMB memberikan definisi tentang beton sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat. Beton didapat dari pencampuran bahan- bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Wibowo & Sarwidi, 2018).

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan, yang membentuk massa padat. Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh komposisi campuran, faktor air semen, pelaksanaan pemadatan, serta perawatan selama pengerasan. Dengan pesatnya perkembangan pembangunan di Indonesia, kebutuhan akan konstruksi semakin meningkat setiap tahunnya. Dalam bidang konstruksi, beton merupakan bahan utama dan paling banyak digunakan, sehingga kualitas beton dituntut untuk lebih optimal berinovasi untuk menghasilkan beton yang lebih ekonomis, berkualitas tinggi, dan memiliki proses pengerasan yang lebih cepat, guna meningkatkan efisiensi waktu dalam pekerjaan konstruksi. (Sukmawan Gulo & Halawa, 2024).

Beton menurut (Badan Standardisasi Nasional, 2002) adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Proses pengerasan pada beton terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Penambahan umur beton akan membuat beton semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f_c') pada usia 28 hari.

Kelemahan beton sebagai bahan konstruksi adalah kuat lentur yang rendah

dan sifatnya yang getas, karena itu beton membutuhkan solusi lain untuk menahan kuat lentur yang terjadi. Pada beberapa negara maju seperti Amerika dan Inggris, telah dikembangkan konsep perbaikan kelemahan sifat beton tersebut dengan menambahkan serat (*fiber*) pada adukan beton. Konsep dasarnya adalah untuk menulangi beton secara alami dengan serat yang disebarkan acak kedalam adukan beton, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan yang terlalu dini baik akibat beban maupun akibat panas hidrasi.

Beton sangat terpengaruh oleh bahan dasarnya yaitu Semen, Agregat Kasar, Agregat Halus dan Air. Dua dekade terakhir, telah dikembangkan jenis bahan tambah (*admixtures* dan *additives*) untuk meningkatkan kinerja beton untuk semakin lebih mudah dikerjakan, lebih cepat atau lebih tinggi mutunya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi beton bermutu baik:

1. Karakteristik semen dan jumlahnya.
2. w/c (*water per cement*) rasio.
3. Kualitas agregat dan interaksinya dengan pasta semen.
4. Tambahan bahan kimia yang digunakan.
5. Tambahan material yang digunakan.
6. Pemilihan prosedur dan waktu pencampuran bahan susun beton.
7. *Quality control*.

2.2 Bahan Penyusun Campuran

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan. Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua yaitu: Semen non-hidrolik dan Semen hidrolik.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolik dan digiling bersama-sama

dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Standar Industri Indonesia SII 0013 – 1977 menetapkan lima jenis (*type*) semen yaitu:

1. Type I adalah semen portland yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan secara umum. Untuk penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Type II adalah semen portland yang mempunyai ketahanan sedang terhadap garam-garam sulfat di dalam air. Semen ini digunakan untuk konstruksi bangunan atau beton yang berhubungan terus menerus dengan air kotor atau air tanah.
3. Type III adalah semen portland yang mempunyai sifat yang mengeras cepat atau mempunyai kekuatan awal tinggi pada umur muda. Semen ini digunakan untuk pekerjaan konstruksi atau beton yang mempunyai suhu rendah terutama di negara-negara beriklim dingin.
4. Type IV adalah semen portland yang mempunyai panas hidrasi rendah, semen jenis ini pengerasan dan perkembangan kekuatannya rendah. Semen ini digunakan untuk pembuatan konstruksi beton berdimensi besar dan bentuknya gemuk.
5. Type V adalah semen portland tahan sulfat, artinya tahan terhadap larutan garam sulfat di dalam air. Semen ini digunakan untuk konstruksi yang berhubungan dengan air laut, air limbah industri, untuk bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif.

2.2.2 Air

Air diperlukan pada pembuatan Beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Penggunaan air yang berlebihan pada pencampuran beton akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses integrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya sehingga akan mempengaruhi kuat tekan beton.

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam dan lainnya) air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Kualitas air yang digunakan dalam campuran beton berpori (beton porous) tidak berbeda dengan beton normal, di mana air yang digunakan memiliki kualitas yang baik juga.

Menurut SNI 03-6861.1-2002, terdapat beberapa persyaratan air untuk campuran beton antara lain (Tami, 2022) :

1. Air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak serta benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan lain-lain)
4. Kandungan klorida (Cl) <0,50 gram/liter dan senyawa sulfat <1 gram/liter sebagai SO₃
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang menggunakan air suling, maka penurunan kekuatan beton yang menggunakan air yang diperiksa tidak lebih dari 10%
6. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air mengandung klorida lebih dari 0,5 gram/liter.

2.2.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil disintegrasi alami batu-batuan atau juga hasil mesin pemecah batu dengan memecah batu alami. Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Kandungan agregat dalam beton kira-kira mencapai 70% - 75% dari volume beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar yang didapat secara alami atau buatan. Untuk menghasilkan dengan kepadatan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik pula.

Jenis-jenis agregat yang digunakan dalam campuran beton dibedakan menjadi dua (2), yaitu sebagai berikut:

a. Agregat Kasar (kerikil)

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat kasar diperoleh dari alam dan juga dari proses memecah batu alam. Fungsi agregat kasar pada beton adalah sebagai kekuatan pada beton. Faktor yang mempengaruhi kekuatan agregat pada beton yaitu kekerasan agregat, kekasaran permukaan agregat dan gradasi agregat. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut.

b. Agregat halus (pasir)

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut.

Pasir yang digunakan dalam campuran adukan beton harus memenuhi syarat – syarat seperti tertera pada PBI 1971 Bab 3.3 , yaitu :

1. Agregat halus terdiri dari butir – butir yang tajam dan keras. Butir–butiran agregat halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian yang dapat melalui saringan 0,063 mm. Bila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat harus dicuci dahulu sebelum digunakan pada campuran.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan warna dari Abrams-Harder.
4. Agregat halus terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan apabila diayak, harus memenuhi syarat–syarat.
5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk–petunjuk dari lembaga yang diakui.

2.3 Serbuk Kayu

Kayu merupakan salah satu material dengan kadar selulosa tinggi yaitu 72%. Serbuk kayu adalah sisa-sisa dari pengolahan kayu yang dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk kuat tekan beton (Setiobudi et al., 2024). Serbuk kayu yaitu sisa-sisa dari pengolahan kayu yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penambah kuat tekan beton. Serbuk kayu merupakan serat alami (*cellulose fibers*) yang dapat digunakan sebagai zat penambah campuran pada beton. Kayu juga memiliki sifat elastis yang juga berpengaruh pada pembenan tekan, untuk elastisitas kayu tergantung pada keadaan lengas. Kayu yang memiliki kadar lengas rendah memiliki elastisitas yang rendah, sedangkan yang memiliki kadar lengas tinggi memiliki perubahan bentuk yang permanen pada pembebanan (Muhammad & Dewi, 2021). Serbuk kayu selain mengandung selulosa juga mengandung kadar hemiselulosa, dan mengandung lignin dalam jumlah sekitar 1530% berat kering bahan. Serbuk kayu diharapkan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel, serta menghambat difusi air dalam material akibat sifat hidrofobnya (zat yang tidak dapat larut dalam air).

Komponen kimia di dalam kayu mempunyai arti yang penting, dimana komponen kimia kayu itu adalah sebagai berikut :

1. Karbon terdiri dari selulosa dan hemiselulosa.
2. Ion karbonat terdiri dari lignin kayu.
3. Unsur yang diendapkan.

Sifat fisik pada kayu antara lain daya hantar panas, daya hantar listrik, angka muai dan berat jenis. Perambatan panas pada kayu akan tertahan oleh pori-pori dan rongga-rongga pada sel kayu. Karena itu kayu bersifat sebagai penyekat panas, semakin banyak pori dan rongga udaranya maka kayu akan semakin kurang penghantar panasnya. Selain itu daya hantar panas juga dipengaruhi oleh kadar air kayu.

2.4 Bahan Tambah Zat *Additive* (*Bestmittel*)

Bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambah kedala adukan cairan beton selama pengadukan dengan tujuan untuk mengubah

sifat adukan atau betonnya (SK SNI S-18-1990-03). Bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) untuk beton ialah bahan tambahan (bukan bahan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikat, waktu pengerasan, dan maksud lainnya (SK SNI S-04-1989-F).

Ketentuan dan syarat mutu bahan tambah admixture sesuai dengan ASTM C 494-81 "*Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete*". Adapun definisi tipe dan jenis bahan tambah kimia tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tipe A, *Water Reducing Admixture*. Adalah bahan tambah yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu.
2. Tipe B, *Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi yang menghambat pengikatan beton.
3. Tipe C, *Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D, *Water Reducing And Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
5. Tipe E, *Water Reducing And Accelerating Admixture*. Adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.
6. Tipe F, *Water Reducing And High Range Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.
7. Tipe G, *Water Reducing, High Range and Retarding Admixture*. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

Bestmittel termasuk jenis bahan tambah kimia Tipe E, *Water Reducing* dan *Accelerating Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan/perkerasan beton. *Bestmittel* sangat membantu untuk pengecoran dengan jadwal waktu yang sangat ketat karena beton cepat mengeras pada usia awal (7-10 hari) serta meningkatkan mutu/kekuatan beton 5% - 10%.

Adapun manfaat dari *bestmittel* adalah:

1. Proses pembetonan lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu / kekuatan beton.
2. Mengurangi pemakaian air 5 % - 20 % sehingga membuat beton lebih solid dan plastis.

Prosedur pemakaian:

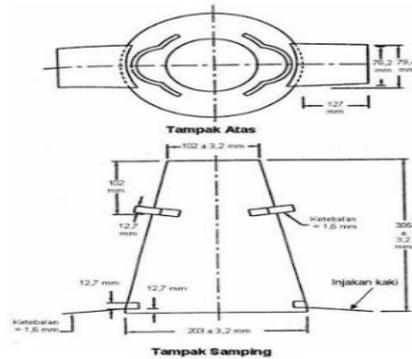
1. Siapkan air sejumlah 1/2 dari berat semen yang akan dipakai.
2. Siapkan *bestmittel* sebanyak 0,2 % - 0,6 % dari berat semen, umumnya 1 kg *bestmittel* untuk 200 kg – 450 kg semen.
3. Encerkan *bestmittel* dengan menggunakan sebagian air yang telah disiapkan.
4. Aduk semen, pasir, dengan air yang belum dicampur *bestmittel* hingga merata.
5. Kemudian tambahkan *bestmittel* yang telah diencerkan ke dalam adukan sampai merata. Bila adukan beton terlalu encer, air yang sudah disiapkan dapat dikurangi jumlahnya.
6. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, tutuplah dengan karung basah setelah pengecoran selesai.

2.5 Uji Slump

Slump adalah salah satu ukuran kekentalan (*viscosity*) / plastisitas dan kohesif dari adukan beton segar dinyatakan dalam satuan mm ditentukan dengan alat kerucut abram (SNI-1972, 2008).

Pengujian slump dilakukan dengan cara menuangkan beton segar ke dalam kerucut abram dengan pengisian dilakukan dengan tiga tahap yaitu 1/3, 2/3, dan 3/3 dari tinggi kerucut abrams, dimana tiap tahapan pengisian dilakukan

pemadatan dengan cara di rojok dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali. Setelah dipadatkan, ratakan permukaan dengan tongkat kemudian angkat kerucut abram dan balikkan. Kemudian ukur beda tinggi kerucut abram dengan tinggi semen segar yang diuji. Maka didapatkan nilai pengujian slump dari beton segar yang diuji.



Gambar 2.1: Kerucut Abram (SNI-1972, 2008).

2.6 Kuat Tekan

Dalam SK SNI M - 14 -1989 - E dijelaskan pengertian kuat tekan beton yakni besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (Setiobudi et al., 2024). Kuat tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan melalui pemeriksaan menggunakan alat uji tekan dan benda uji (kubus atau silinder). Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas atau parameter yang menunjukkan besarnya beban yang dapat ditahan persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin kuat tekan.

Kuat tekan beton merupakan salah satu sifat penting untuk menentukan mutu beton, sedangkan kualitas beton itu sendiri yang ditentukan oleh perbandingan semen, agregat halus, agregat kasar, air dan berbagai jenis bahan tambahan. Selain itu ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton yaitu proporsi bahan-bahan penyusunnya, metode perancangan, perawatan dan keadaan

saat pengecoran dilaksanakan. Kuat tekan menjadi penentu mutu dan kualitas beton, yang dihasilkan dari pencampuran antara agregat, semen, dan air. Pembuatan beton baru dikatakan berhasil apabila beton mencapai kuat tekan yang telah ditentukan atau direncanakan dalam *mix design*.

2.7 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Kesimpulan
1	Pengaruh penambahan serbuk kayu terhadap kuat tekan beton dengan bahan tambah <i>bestmittel</i> (Penulis: Suprianto, Hamka dan Misbahuddin)	Penambahan serbuk kayu dengan bahan tambah <i>bestmittel</i> 0,5% dengan variasi serbuk kayu 2,5%, 5%, dan 7%. Kuat tekan yang direncanakan adalah f'_c 25 Mpa. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan campuran serbuk kayu dengan bahan tambah <i>bestmittel</i> , diperoleh hasil pengujian nilai kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari pada campuran serbuk kayu 2,5% dengan bahan tambah <i>bestmittel</i> 0,5% sebesar 27,74 Mpa. Secara garis besar ditemukan bahwa semakin besar campuran serbuk kayu dengan <i>bestmittel</i> pada campuran beton, membuat nilai kuat tekan beton semakin menurun. Tetapi pada penggunaan serbuk kayu 2,5% dengan <i>bestmittel</i> 0,5% masih dapat digunakan sebagai beton struktural.
2	Pengaruh campuran serbuk kayu terhadap kuat tekan beton (Penulis: Bobby Marthin dan Nopesman Halawa)	Campuran serbuk kayu sebagai bahan tambah pembuatan beton terhadap kuat tekan beton dengan variasi 0,25%, 0,5%, 1%, 2%, dan 3%. Dari hasil penelitian ini bahwa campuran serbuk kayu dengan persentase yang telah disebutkan dapat berpengaruh dan mengalami penurunan nilai kuat tekan dan dapat digunakan serbuk kayu hanya layak digunakan pada beton ringan dengan ketentuan penggunaan serbuk kayu tidak lebih dari 0,25 % dari berat pasir.
3	Pengaruh penggunaan zat additive <i>bestmittel</i> terhadap kuat tekan beton	Pengujian kuat tekan beton menggunakan zat aditif <i>bestmittel</i> dalam pembuatan beton dengan persentase variasi 0,2%, 0,4%, dan 0,6% pada umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan

No	Judul	Kesimpulan
	(Penulis: Reni Sulistyawati)	beton menghasilkan kuat tekan rata-rata pada umur 7 hari sebesar 29,124 MPa, pada umur 14 hari sebesar 29,416 MPa dan umur 28 hari sebesar 33,840 MPa. Dengan menambah zat aditif <i>bestmittel</i> kedalam campuran beton akan meningkatkan kuat tekan betonnya, untuk variasi 0,2 %, 0,4 % dan 0,6 % masing-masing meningkat sebesar 1,247 %, 9,038 % dan 6,210 %.

Pada penelitian terdahulu diatas, menurut hasil penelitian yang telah dilakukan penulis dari hasil penelitian, pengaruh penambahan serbuk kayu sebagai bahan ganti agregat halus terhadap kuat tekan beton dengan bahan tambah zat aditif *bestmittel*, terjadi peningkatan pada bahan campuran serbuk kayu dan *bestmittel* pada persentase serbuk kayu 2,5% dan zat aditif *bestmittel* dengan persentase 0,5% dengan kuat tekan pada umur 14 hari 23.241 Mpa dan umur beton 28 hari 24.119 Mpa. Jadi untuk pengaruh penambahan persentase serbuk kayu dengan penambahan zat aditif *bestmittel* 0,5% mengalami kenaikan kuat tekan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metodologi merupakan suatu cara atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh. Sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari data-data pendukung.

3.1.1 Data primer

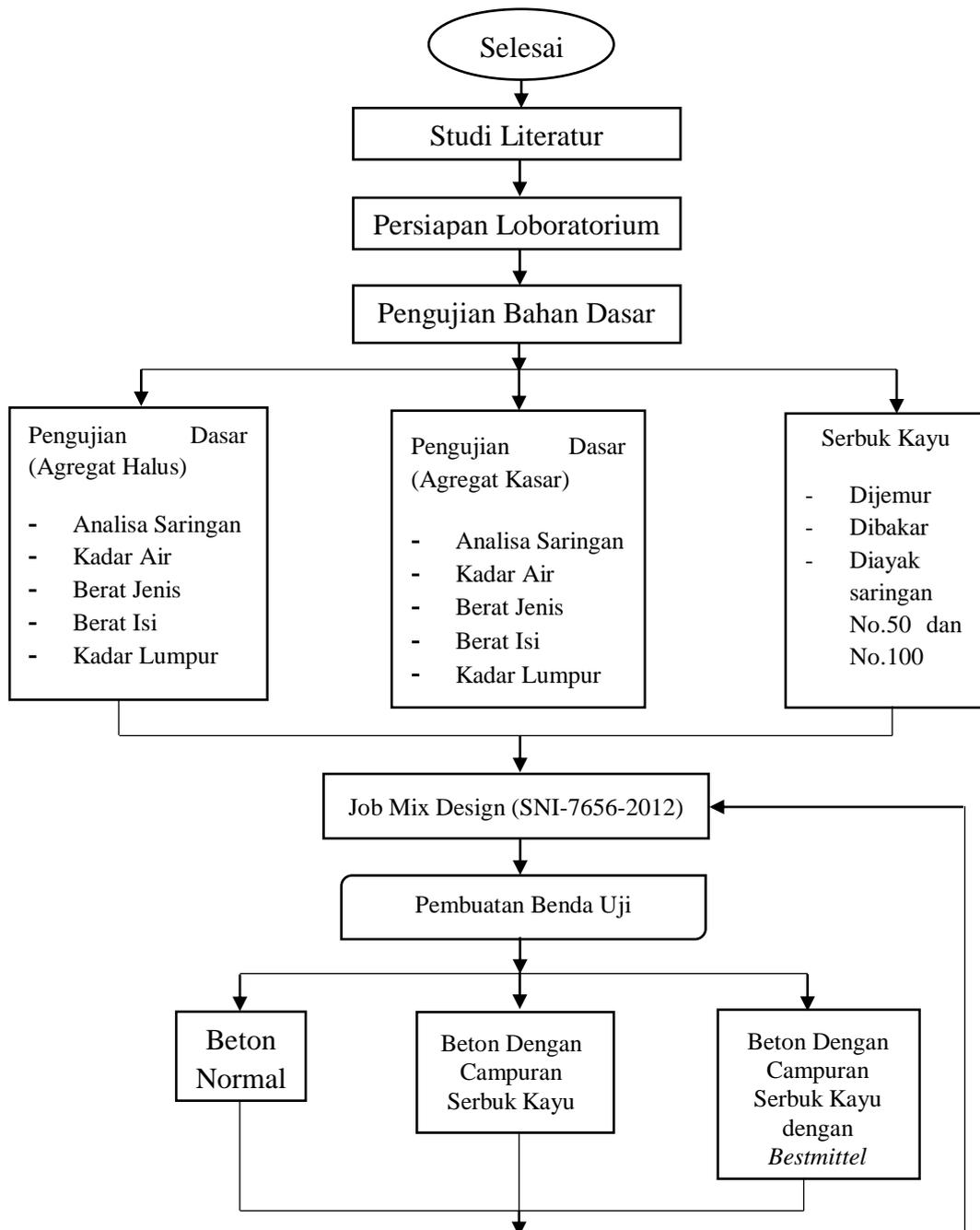
Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil yang sudah dilaksanakan di laboratorium. Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium yaitu:

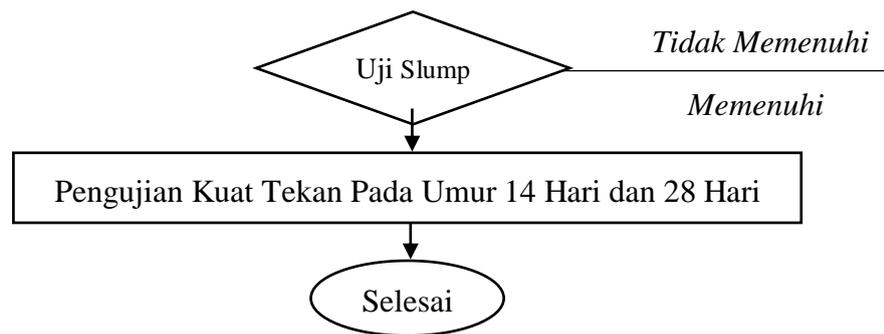
- Analisa saringan agregat.
- Berat jenis dan penyerapan.
- Pemeriksaan berat isi agregat.
- Pemeriksaan kadar air agregat.
- Pemeriksaan kadar lumpur agregat
- Perbandingan dalam campuran beton (*mix design*).
- Kekentalan adukan beton segar (*slump*).
- Uji kuat tarik belah beton

3.1.2 Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang

berhubungan dengan teknik beton (literatur) dan konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing. Data teknis mengenai SNI-03-2834-2000, PBI (Peraturan Beton Indonesia), serta jurnal-jurnal penelitian sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Langkah-langkah penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian Beton Serbuk Kayu.

3.2 Lokasi Penelitian

Tahapan awal penelitian yang dilakukan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan.

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu:

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang tipe 1 PPC (*Portland Pozolan Cement*).

b. Agregat Halus

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

c. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari daerah Binjai.

d. Air

Air yang digunakan berasal dari PDAM Tirtanadi Medan.

e. Serbuk Kayu

Serbuk kayu yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari panglong, dengan persentase 1,5%, 2%, dan 2,5% terhadap berat agregat halus yang digunakan.

f. Bahan *Admixture*

Bahan *admixture* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Bestmitell* 0,5% dari berat semen, bahan tersebut didapat dari toko bangunan yang ada di Kota Medan.

3.3.2 Peralatan

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

- a. Saringan agregat kasar : Saringan 3/4", 1/2", 3/8", dan no.4
- b. Saringan agregat halus: Saringan no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, dan no.100
- c. Timbangan digital
- d. Plastik ukuran 10 kg
1. Peralatan pembuatan beton:
 - a. Pan
 - b. Ember
 - c. Satu set alat *slump test*, kerucut *abrams*, tongkat pemadat, mistar, dan plat baja.
 - d. Skop tangan
 - e. Skrap
 - f. Tabung ukur
 - g. Sarung tangan
 - h. Cetakan silinder ukuran dengan diameter 15 dan tinggi 30 cm
 - i. Vaseline
 - j. Kuas
 - k. Mesin pengaduk beton (*mixer*)
2. Alat pengujian kuat tekan beton:
 - a. Mesin kuat tekan (*compression test*)

3.4 Proses Pengerjaan Serbuk Kayu Dalam Campuran Beton

Pembuatan Serbuk Kayu dengan melakukan pembakaran, untuk mendapatkan serbuk kayu yang ukuran butirannya halus dan lolos ayakan No. 50 dan No. 100, dilakukan dengan membakar serbuk kayu didalam pan. Adapun alat dan bahan

serta langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Alat dan Bahan:
 - a. Bensin
 - b. Mancis
 - c. Pan/panci
 - d. Ayakan No. 50
 - e. Ayakan No. 100
 - f. Serbuk-serbuk kayu hasil gergaji
2. Prosedur pengerjaan
 - a. Siapkan serbuk-serbuk kayu yang akan digunakan.
 - b. Masukkan serbuk kayu kedalam pan secukupnya.
 - c. Tuangkan bensin kedalam pan yang berisi serbuk kayu secukupnya.
 - d. Bakar serbuk kayu menggunakan mancis, hingga seluruh serbuk kayu terbakar merata hingga menjadi abu.
 - e. Lakukan kembali point a-d hingga semua serbuk kayu terbakar.
 - f. Sampel dikeluarkan dari pan lalu di ayak dengan ayakan No. 50 dan No.100.

3.5 Tahapan Pengujian

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

3.5.1 Persiapan Bahan-Bahan Dasar

Pengujian diawali dengan membersihkan material dari kotoran seperti lumpur sehingga terhindar dari unsur – unsur organik yang mengurangi kualitas beton, dan dilakukan penjemuran pada material yang basah.

3.5.2 Pengujian Analisa Saringan

Analisa saringan agregat adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka – angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir (SNI 03-1968-1990). Untuk langkah – langkah analisa saringan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit. Dengan satu set saringan yang digunakan adalah: 76,2 mm (3"); 37,5 mm (1/2"); 19,1 mm (3/4"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,600 mm (No.30); 0,300 mm (No.50); 0,150 mm (No.100); dan 0,075 mm (No.200).

3.5.3 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan dan berat jenis semu serta besarnya angka penyerapan pada agregat yang digunakan. Pengujian ini berdasarkan (Badan Standarisasi Nasional SNI 1969, 2016) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{a}{(b-c)} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan} = \frac{a}{(b-c)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{a}{(b-c)} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = \frac{a}{(b-c)} \times 100 \quad (3.4)$$

Dimana:

- a = Berat benda uji kering oven (gr)
- b = Berat benda uji kering permukaan di udara (gr)
- c = Berat benda uji jenuh kering permukaan dalam air (gr)

3.5.4 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air ini dilakukan untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat. Pengujian ini berdasarkan (SNI

1971:2011, 2011) tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat dengan Pers. 3.5 sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air Agregat (\%)} = \left(\frac{W_3 - W_5}{W_5} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

Dimana:

W_3 = Berat benda uji semula (gr)

W_5 = Berat benda uji kering (gr)

Untuk urutan proses pengujiannya sebagai berikut:

Timbang dan catatlah berat talam (W_1).

1. Masukkan benda uji kedalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (W_2).
2. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
3. Keringkan benda uji dengan oven pada suhu (110 ± 5) °C sampai beratnya tetap.
4. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talam (W_4).
5. Hitunglah berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$).

3.5.5 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi agregat dilakukan untuk mengetahui berat agregat persatuan isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Pengujian dilakukan dengan panduan (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2008) dengan Pers. 3.6 sebagai berikut:

$$\text{Berat Isi Agregat (kg/m}^3\text{)} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.6)$$

Dimana:

M_c = Berat wadah ukuran yang diisi agregat (kg)

M_m = Berat wadah ukuran (kg)

V_m = Volume wadah ukuran (m^3)

3.5.6 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur pada pasir dilakukan untuk mengetahui kelayakan pasir yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji. Pengujian kadar lumpur

pada pasir berdasar (Badan Standarisasi Nasional SNI 1969, 2016) dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Pasir sebagai benda uji harus dalam keadaan kering.
2. Timbang bejana yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
3. Timbang pasir sebanyak 100 gr lalu masukkan kedalam gelas ukur 250 cc.
4. Masukkan air pada gelas ukur yang telah diisi pasir hingga ketinggian air mencapai 12 cm dari permukaan pasir.
5. Kocok gelas ukur ± 15 kali, lalu diamkan selama 1 menit, kemudian buang air keruh perlahan – lahan agar pasir tidak ikut terbang.
6. Percobaan diulang sampai 5 kali hingga air pencucian menjadi jernih.
7. Pisahkan pasir dengan air, kemudian pasir ditempatkan dalam bejana yang sudah ditimbang.
8. Masukkan pasir kedalam oven dengan suhu $105\text{ }^{\circ}\text{C} - 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama ± 36 jam.
9. Keluarkan pasir dari oven, dinginkan pada suhu ruangan lalu timbang.
10. perhitungan kadar lumpur.

$$\text{Kadar Lumpur (\%)} = \frac{B_0 - B_1}{B_0} \times 100 \quad (3.7)$$

Dimana:

B_0 = Berat agregat sebelum pengujian (gr)

B_1 = Berat agregat setelah pengujian (gr)

11. Persentase kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5%, jika didapat kadar lumpur dalam pasir lebih dari 5% maka harus dicuci dahulu.

3.5.7 Penetapan Benda Uji

Dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa sampel benda uji dengan variabel yang telah direncanakan. Adapaun sampel yang digunakan dalam penelitian ini akan dirujuk dari beberapa hasil penelitian terdahulu. Diantaranya:

- 1) “Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Bestmittel” dengan hasil nilai kuat tekan sebagai berikut.

Tabel 3.1: Nilai Kuat Tekan Beton pada Penelitian Terdahulu (Suprianto et al., 2024).

Umur	Serbuk Kayu	Zat Additive	Kuat Tekan (Mpa)
28 Hari	0%	0,5%	25.38
	2,5%	0,5%	27.74
	5%	0,5%	23.97
	7,5%	0,5%	21.23

2) “Pengaruh Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Sebagian Semen Dan Bahan Tambah 0,6% Bestmittel Terhadap Karakteristik Beton” dengan hasil nilai kuat tekan sebagai berikut.

Tabel 3.2: Nilai Kuat Tekan Beton pada Penelitian Terhadulu (Wibowo & Sarwidi, 2018).

Umur	Serbuk Kayu	Zat Additive	Kuat tekan (Mpa)
28 Hari	6 %	0,6%	25.90
	5 %	0,6%	27.66
	10 %	0,6%	23.12
	15 %	0,6%	18.19
	20 %	0,6%	14.99

3) “Pengaruh Substitusi Agregat Halus Dengan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton” dengan hasil nilai kuat tekan sebagai berikut.

Tabel 3.3: Nilai Kuat Tekan Beton pada Penelitian Terhadulu (Risal et al., 2022).

Umur	Serbuk Kayu	Kuat tekan (Mpa)
28 Hari	2 %	25.57
	3 %	25.10
	4 %	24.81

4) “Pengaruh Penggunaan Zat Additive Bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton” dengan hasil nilai kuat tekan sebagai berikut.

Tabel 3.4: Nilai Kuat Tekan Beton pada Penelitian Terhadulu (Sulistyawati, 2009).

Umur	Zat Additive	Kuat tekan (Mpa)
7 Hari	0,2 %	29.12
14 Hari	0,4 %	29.41
28 Hari	0,6 %	33.84

Maka diambil persentase variasi Serbuk Kayu pada penelitian ini sebagai berikut.

Tabel 3.5: Sampel Benda Uji.

No	Kode	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Serbuk Kayu	Bestmitell	Hari		Jumlah
							14 hari	28 hari	
1	BN	100%	100%	100%	0%	0%	2	2	4
2	BSK 1	100%	100%	98,5%	1,5%	0%	2	2	4
3	BSK 2	100%	100%	96,5%	2%	0%	2	2	4
4	BSK 3	100%	100%	94%	2,5%	0%	2	2	4
5	BB	100%	100%	100%	0%	0,5%	2	2	4
6	BSKB 1	100%	100%	98,5%	1,5%	0,5%	2	2	4
7	BSKB 2	100%	100%	96,5%	2%	0,5%	2	2	4
8	BSKB 3	100%	100%	94%	2,5%	0,5%	2	2	4
Jumlah									32

Keterangan:

BN = Beton Normal

BB = Beton *Bestmitell*

BSK = Beton Serbuk Kayu

BSKB = Beton Serbuk Kayu *Bestmitell*

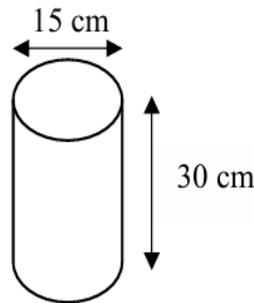
1. Benda Uji Pemeriksaan Kuat Tekan

Benda uji ini berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm berjumlah 32 buah. Berikut penjelasannya:

- a. Beton normal dengan umur beton 14 hari dan 28 hari. Terdapat 4 buah benda uji masing-masing 2 benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- b. Beton normal dengan tambahan serbuk kayu sebanyak 1,5% dengan umur beton 14 hari dan 28 hari. Terdapat 4 buah benda uji masing-masing 2 benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- c. Beton normal dengan tambahan serbuk kayu sebanyak 2 % dengan umur beton 28 hari. Terdapat 4 buah benda uji masing-masing 2 benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- d. Beton normal dengan tambahan serbuk kayu sebanyak 2,5 % dengan umur beton 28 hari. Terdapat 4 buah benda uji masing-masing 2 benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- e. Beton *bestmitell* dengan umur beton 14 hari dan 28 hari. Terdapat 4 buah benda uji masing-masing 2 benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- f. Beton *bestmitell* dengan tambahan serbuk kayu sebanyak 1,5 % dengan umur beton 28 hari. Terdapat 4 buah benda uji masing-masing 2 benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- g. Beton *bestmitell* dengan tambahan serbuk kayu sebanyak 2 % dengan umur beton 28 hari. Terdapat 4 buah benda uji masing-masing 2 benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- h. Beton *bestmitell* dengan tambahan serbuk kayu sebanyak 2,5 % dengan umur beton 28 hari. Terdapat 4 buah benda uji masing-masing 2 benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.

Maka jumlah benda uji yang akan dibuat sejumlah 32 benda uji berbentuk silinder untuk pengujian kuat tekan beton.

Dan untuk dimensi benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter (D) = 15 cm dan tinggi (T) = 30 cm seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2: Dimensi Benda Uji Silinder.

3.5.8 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (*mix design*) dalam penelitian ini menggunakan pedoman (SNI 7656:2012, 2012) dan berdasarkan kebutuhan pembuatan benda uji ditambah 10% dengan kemungkinan tercecernya bahan adukan beton selama proses pembuatan benda uji. Perencanaan campuran adukan beton akan jabarkan pada langkah – langkah berikut:

1. Pemilihan *Slump*.

Slump dapat ditambah bila digunakan bahan tambahan kimia, asalakan beton yang diberi bahan tambah tersebut memiliki rasio air – semen atau rasio air – bahan bersifat semen yang sama atau lebih kecil dan tidak menunjukkan segregasi yang berarti atau *bliding* yang berlebihan. *Slump* boleh ditambah 25 mm untuk metode pemadatan selain dengan penggetaran. Dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6: Nilai slump yang dianjurkan untuk konstruksi (SNI-1972, 2008).

Tipe Konstruksi	<i>Slump</i> (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang, dinding bawah tana	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25

Tipe Konstruksi	<i>Slump</i> (mm)	
	Maksimum	Minimum
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50	25

2. Pemilihan Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum.

Ukuran nominal agregat kasar maksimum dengan gradasi yang baik memiliki rongga udara yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat berukuran lebih kecil. Dengan demikian, beton dengan berukuran lebih besar membutuhkan lebih sedikit adukan mortar per satuan isi beton. Secara umum ukuran nominal agregat maksimum harus yang terbesar yang dapat diperoleh secara ekonomi dan tetap menurut dimensi komponen struktur/konstruksinya. Ukuran nominal agregat maksimum tidak boleh melebihi:

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

Bila diinginkan beton berkekuatan tinggi, maka hasil terbaik dapat diperoleh dengan ukuran nominal agregat maksimum yang lebih kecil karena hal ini akan memberikan kekuatan lebih tinggi pada rasio air – semen yang diberikan.

3. Perkiraan Air Pencampur dan Kandungan Udara.

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

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

Slump tidak terlalu dipengaruhi oleh jumlah semen atau bahan bersifat semen lainnya dalam tingkat pemakaian yang normal, penggunaan sedikit bahan tambahan mineral yang halus dapat mengurangi kebutuhan air, perkiraan kebutuhan air untuk beberapa ukuran agregat dan target slump yang diinginkan.

Perbedaan dalam kebutuhan air tidak selalu ditunjukkan dalam kekuatan mengingat faktor – faktor penyimpanan lainnya yang juga terlibat. Agregat kasar yang bundar dan bersudut, keduanya bermutu baik dan memiliki gradasi yang sama, dapat diharapkan menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang kira – kira sama untuk jumlah semen yang sama, sekalipun ada perbedaan dalam rasio air – semen atau rasio air – (semen + pozolanik) yang dihasilkan dari kebutuhan air pencampur yang berbeda. Bentuk partikel agregat tidak selalu merupakan indikator, baik lebih tinggi atau lebih rendah dari kekuatan rencana.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menentukan perkiraan kebutuhan air, diantaranya adalah:

- a) Bahan tambahan kimia.
 - b) Tingkat paparan ringan.
 - c) Tingkat paparan sedang.
 - d) Tingkat paparan berat.
4. Pemilihan rasio air – semen atau rasio air – bahan bersifat semen.

Rasio w/c atau $w/(c+p)$ yang diperlukan tidak hanya ditentukan oleh syarat kekuatan, tetapi juga oleh beberapa faktor diantaranya oleh keawetan. Oleh karena agregat, semen, dan bahan bersifat semen yang berbeda – beda umumnya menghasilkan kekuatan yang berbeda untuk rasio w/c atau $w/(c+p)$ yang sama, sangat dibutuhkan adanya hubungan antarkekuatan dengan w/c atau $w/(c+p)$ dari bahan – bahan yang sebenarnya akan dipakai.

Bila data tidak ada, maka perkiraan dan nilai lama dari beton yang menggunakan semen Portland tipe I, diberikan dalam Tabel 3.7 dengan bahan – bahan tertentu, nilai w/c atau $w/(c+p)$ akan memberikan kekuatan seperti dalam Tabel 3.3, berdasarkan hasil pengujian benda uji umur 14 hari dan 28 hari yang dipelihara dalam kondisi baku dan laboratorium. Kekuatan rata – rata harus melebihi kekuatan yang disyaratkan dengan perbedaan yang cukup tinggi untuk menggunakan hasil – hasil uji yang rendah dalam rentang batas tertentu.

Tabel 3.7: Hubungan rasio air - semen atau air - bahan dan kekuatan beton (SNI 7656:2012).

Kekuatan beton umur	Rasio air – semen (berat)
---------------------	---------------------------

28 hari (MPa)	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0,42	-
35	0,47	0,39
30	0,54	0,45
25	0,61	0,52
20	0,69	0,60
15	0,79	0,70

5. Perhitungan Kadar Semen.

Banyaknya semen untuk tiap satuan volume beton diperoleh dari penentuan dalam contoh – contoh di langkah 3 dan langkah 4 tersebut diatas. Kebutuhan semen adalah sama dengan perkiraan kadar air pencampur (langkah 3) dibagi rasio air – semen (langkah 4). Namun demikian, bila persyaratannya memasukkan pembatasan pemakaian semen minimum secara terpisah selain dari persyaratan kekuatan dan keawetan, campuran haruslah didasarkan pada kriteria apapun yang mengarah pada pemakaian semen yang lebih banyak.

Penggunaan bahan pozolanik atau bahan tambahan kimia akan mempengaruhi sifat – sifat dari beton baik beton segar maupun beton yang telah mengeras.

6. Perkiraan Kadar Agregat Kasar.

Agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan yang memuaskan bila sejumlah tertentu volume agregat (kondisi kering oven) dipakai untuk tiap satuan volume beton. Volume agregat kasar per satuan volume beton dapat dilihat pada Tabel 3. 8 atau dilakukan perhitungan secara analitis atau grafik.

Tabel 3.8: Volume agregat kasar per satuan volume beton (SNI 76561:2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00

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

Volume ini dipilih dari hubungan empiris untuk menghasilkan beton dengan sifat pengerjaan untuk pekerjaan konstruksi secara umum. Untuk beton yang lebih kental (keleccakan rendah), seperti untuk konstruksi lapis lantai (*pavement*), nilainya dapat ditambah sekitar 10%.

7. Perkiraan Kadar Agregat Halus.

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

Dalam hal informasi semacam ini tidak diperoleh, Tabel 3.9 dapat digunakan untuk perkiraan awal. Sekalipun bila perkiraan berat beton per m^3 tadi adalah perkiraan cukup kasar, proporsi campuran akan cukup tepat untuk memungkinkan penyesuaian secara mudah berdasarkan campuran percobaan.

Tabel 3.9: Perkiraan awal berat beton segar (SNI 7656:2012, 2012).

Ukuran nominal maksimum	Perkiraan awal berat beton, Kg/m^3
-------------------------	--------------------------------------

agregat (mm)	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Bila diinginkan perhitungan berat beton per m³, secara teoritis Pers. 3.9 berikutini dapat digunakan.

$$U = 10G_a(100 - A) + c(1 - G_a/G_c) - w(G_a - 1) \quad (3.8)$$

Dimana:

U = berat beton segar (kg/m³)

G_a = berat jenis rata – rata gabungan agregat halus dan kasar, kering permukaan jenuh (SSD)

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

A = kadar udara (%)

w = syarat banyaknya air pencampur (kg/m³)

c = syarat banyaknya semen (kg/m³)

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

8. Penyesuaian terhadap kelembapan agregat.

Jumlah agregat harus ditimbang untuk beton harus memperhitungkan banyaknya kandungan air yang terserap dalam agregat. Umumnya, agregat ada dalam keadaan lembab, sehingga berat keringnya harus ditambah sebanyak persentase air yang dikandungnya baik yang terserap maupun yang ada

dipermukaan. Banyaknya air pencampuran yang harus ditambahkan ke dalam campuran haruslah dikurangi sebanyak air bebas yang didapat dari agregat, yaitu jumlah air dikurangi air terserap.

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

Menurut SNI 03 – 2493 – 1991, prosedur pembuatan campuran percobaan di laboratorium mengijinkan mencampur agregat dalam kondisi kering udara, bila penyerapannya kurang dari 1,0% dengan kemungkinan diserapnya air dari beton yang belum menjalani proses pengikatan (*unset concrete*). Disarankan oleh SNI 03-2493-1991 bahwa jumlah yang diserap dapat dianggap sebesar 80% dari perbedaan antara jumlah air sebenarnya yang terdapat dalam pori – pori agregat (kondisi kering udara) dan penyerapan jumlah nominal 24 jam yang ditentukan dalam SNI 03 – 1969 – 1990 atau SNI 03 – 1970 – 1990.

Untuk agregat dengan penyerapan lebih besar, SNI 03 – 2493 – 1991 mensyaratkan pengondisian sebelumnya untuk memenuhi syarat penyerapan dengan pengaturan berat agregat yang didasarkan pada jumlah kadar air dan pengaturan termasuk air permukaan sebagai bagian dari air pencampur yang disyaratkan.

9. Pengaturan campuran beton

Proporsi hasil perhitungan harus diperiksa melalui pembuatan campuran percobaan yang dipersiapkan dan diuji menurut SNI 03 – 2493 – 1991 atau sebanyak campuran di lapangan. Pemakaian air harus cukup untuk menghasilkan *slump* yang disyaratkan sewaktu memilih proporsi percobaan. Beton harus diperiksa berat isi dan jumlah yang dihasilkan / *yield* (SNI 03 – 1973 – 1990) dan kadar udara (SNI 03 – 3418 – 1994). Juga harus diperiksa sifat pengerjaannya,

bebas dari segregasi, dan sifat penyelesaiannya (*finishing*) nya. Pengaturan yang sesuai harus pula dilakukan untuk campuran-campuran sebagai berikut.

Kebutuhan air pencampur untuk menghasilkan nilai *slump* yang sama seperti campuran percobaan adalah setara dengan jumlah bersih air pencampur dibagi dengan jumlah beton yang dihasilkan dari campuran percobaan dalam m^3 . Jika nilai *slump* campuran percobaan tidak sesuai, tambahkan atau kurangi jumlah kandungan air sebanyak $2 \text{ kg}/m^3$ untuk setiap pertambahan atau pengurangan nilai *slump* sebesar 10 mm.

Perkiraan kembali berat beton segar untuk penyesuaian setara dengan berat beton segar dalam kg/m^3 dari campuran percobaan, dikurangi atau ditambahkan oleh persentase perubahan kadar air campuran percobaan yang telah disesuaikan.

3.5.9 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat menggunakan cetakan silinder dengan ukuran diameter (D) 15 cm dan tinggi (T) 30 cm yang berjumlah 32 buah. Benda uji sebanyak 32 buah dibagi menjadi 2 jenis benda uji, dengan kauntitas campuran Serbuk Kayu serta *Bestmitell* sebagai bahan tambah. Adapun langkah - langkah pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. pembuatan benda uji beton normal:
 - a. alat – alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan – bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
 - b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
 - c. Kemudian pertama – tama tuangkan agregat halus, agregat kasar, dan semen. Aduk hingga ketiga bahan tersebut tercampur merata menggunakan molen.
 - d. Setelah ketiga bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - e. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
 - f. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton

menjadi padat.

- g. Diamkan selama 24 jam
 - h. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian beton dilakukan perawatan.
2. Pembuatan benda uji beton campuran Serbuk Kayu:
- a. Alat – alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan – bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
 - b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
 - c. Kemudian tuangkan agregat kasar.
 - d. lalu masukkan agregat halus.
 - e. Masukkan semen kedalam molen lalu memasukkan campuran Serbuk Kayu yang lolos saringan no 200 dengan variasi yang telah ditentukan.
 - f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
 - g. Masukkan *bestmitell* sedikit demi sedikit dengan takaran yang sudah ditentukan.
 - h. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
 - i. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan kedalam cetakan silinder, dan dirojak agar campuran beton menjadi padat.
 - j. Diamkan selama 24 jam sampai adukan beton menjadi keras.
 - k. Setelah 24 jam, buka cetakan dan keluarkan beton lalu dilakukan perawatan pada beton.
3. Pembuatan benda uji beton campuran Serbuk Kayu:
- a. Alat – alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan – bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
 - b. Menyiapkan molen yang bagian dalamnya sudah dilembabkan.
 - c. Kemudian tuangkan agregat kasar.
 - d. lalu masukkan agregat halus.
 - e. Masukkan semen kedalam molen lalu memasukkan campuran Serbuk Kayu

yang lolos saringan no 200 dengan variasi yang telah ditentukan.

- f. Setelah keempat bahan tersebut tercampur rata, masukkan air sedikit demi sedikit.
- g. Masukkan *bestmitell* sedikit demi sedikit dengan takaran yang sudah ditentukan.
- h. Setelah tercampur rata, dilakukan uji *slump* untuk mengukur tingkat *workability* adukan.
- i. Apabila nilai slump telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan kedalam cetakan silinder, dan dirojok agar campuran beton menjadi padat.
- j. Diamkan selama 24 jam sampai adukan beton menjadi keras.
- k. Setelah 24 jam, buka cetakan dan keluarkan beton lalu dilakukan perawatan pada beton.

3.5.10 Pengujian Slump Test

Menurut (SNI-1972, 2008), untuk melaksanakan pengujian *slump* beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah.
- 2) Letakkan cetakan di atas pelat dengan kokoh.
- 3) Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis, tiap lapis berisi kira – kira 1/3 isi cetakan. Tiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap – tiap lapisan. Pada lapisan pertama penusukan lapisan tepi tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
- 4) Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh di sekitar cetakan harus disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan – lahan tegak lurus keatas, seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai cetakan diangkat harus selesai dalam jangka waktu 2,5 menit.
- 5) Balikkan cetakan dan letakkan perlahan – lahan disamping benda uji. Ukurlah *slump* yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata – rata benda uji.

3.5.11 Perawatan Benda Uji

Langkah – langkah yang dilakukan dalam proses perawatan benda uji ini adalah sebagai berikut:

- 1) Keluarkan benda uji dari cetakan.
- 2) Pastikan benda uji sudah kering dengan sempurna.
- 3) Timbang benda uji untuk mendapatkann berat awal benda uji.
- 4) Diamkan benda uji di suhu ruangan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- 5) Tunggu sampai umur benda uji 14 hari dan 28 hari.

3.5.12 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan berdasarkan standar yang telah diterapkan oleh (SNI-1974, 2011). Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan (*compression test machine*) dengan kapasitas 1500 kN. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji terlebih dahulu ditimbang dan diberikan *capping* pada kedua bagian permukaannya agar dapat diletakkan berdiri tegak pada alat pengujian kemudian beban tekan diberikan merata arah tegak lurus dari atas pada seluruh panjang benda uji. Jumlah sampel pengujian direncanakan sebanyak 32 sampel.

Kuat tekan benda uji terhadap kuat tekan beton pada Pers. 3.9 sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

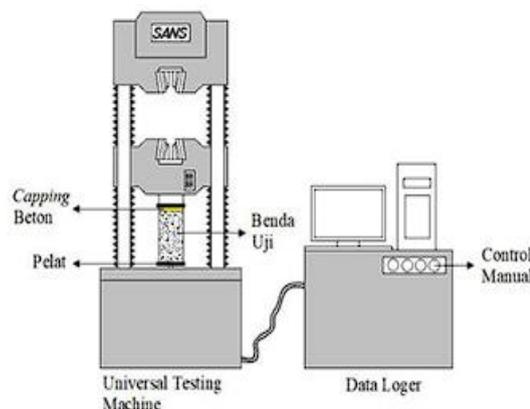
(3.9)

Dimana:

$f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)

P = berat beban maksimum yang menyebabkan benda uji beton hancur (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 3.3: Pengujian Kuat Tekan Beton (Suprianto et al., 2024).

Dengan rincian jumlah dan variasi campuran serbuk kayu dan *Bestmitell* sebagai berikut.

1. Beton Normal
 - Umur 14 hari : 2 buah
 - Umur 28 hari ; 2 buah
2. Beton dengan campuran serbuk kayu 1,5 %
 - Umur 14 hari : 2 buah
 - Umur 28 hari : 2 buah
3. Beton dengan campuran serbuk kayu 2 %
 - Umur 14 hari : 2 buah
 - Umur 28 hari : 2 buah
4. Beton dengan campuran serbuk kayu 2,5 %
 - Umur 14 hari : 2 buah
 - Umur 28 hari : 2 buah
5. Beton dengan campuran *Bestmitell* 0,5 %
 - Umur 14 hari : 2 buah
 - Umur 28 hari : 2 buah
6. Beton dengan campuran serbuk kayu 1,5% dan *Bestmitell* 0,5 %
 - Umur 14 hari : 2 buah
 - Umur 28 hari : 2 buah
7. Beton dengan campuran serbuk kayu 2 % dan *Bestmitell* 0,5 %
 - Umur 14 hari : 2 buah
 - Umur 28 hari : 2 buah
8. Beton dengan campuran serbuk kayu 2.5 % dan *Bestmitell* 0,5 %
 - Umur 14 hari : 2 buah
 - Umur 28 hari : 2 buah

Maka, total benda uji untuk pengujian kuat lentur berjumlah 32 buah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Pada pemeriksaan awal yang dilakukan, penulis memperoleh data material meliputi Analisa Saringan, Berat Jenis Agregat, Kadar Air Agregat, Berat Isi Agregat, dan Kadar Lumpur Agregat. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknik sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan menggunakan pedoman SNI dan Buku Teknologi Beton.

4.2 Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berupa pasir alam yang diperoleh dari Sungai Ular, Deli Serdang. Agregat Halus selanjutnya diuji mulai dari pemeriksaan analisis saringan, berat jenis, kadar air, rongga udara, dan kadar lumpur.

4.2.1 Analisa Saringan Agregat Halus

Pemeriksaan analisa saringan mengacu pada SNI ASTM C 136: 2012 dan mengikuti panduan dari buku teknologi beton. Hasil dari analisa saringan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
mm (inci)	gr	gr	(d)	(e)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
9.52 mm (3/8 inci)	4	4	0.8	100
4.75 mm (No. 4)	3	7	1.4	98.6
2.36 mm (No. 8)	2	9	1.8	98.2
1.18 mm (No. 16)	407	416	83.2	16.8

Tabel 4.1: *Lanjutan.*

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)	
0.6 mm (No. 30)	56	472	94.4	5.6
0.3 mm (No. 50)	22	494	98.8	1.2
0.15 mm (No.100)	3	497	99.4	0.6
0.075 mm (No. 200)	2	499	99.8	0.2
Pan	1	500	100.0	0.0
Modulus Kehalusan			379.0	3.79

Untuk mendapatkan nilai modulus kehalusan, jumlah % kumulatif tertahan sampai saringan No. 100 dibagi dengan nilai 100. Atau dengan persamaan berikut:

$$MHB = \frac{\Sigma\% \text{ kumulatif tertahan sampai saringan No. 100}}{100} = \frac{379.0}{100} = 3.79$$

Pada umumnya modulus kehalusan butiran agregat halus mempunyai nilai antara 1.5 s/d 3.8. Pada penelitian kali ini didapat nilai modulus kehalusan butiran sebesar 3.79 yang berarti memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil dari pengujian analisa saringan ini juga dapat digunakan untuk mengetahui nilai gradasi agregat halus.

4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mengacu pada SNI 1970 – 2016 dengan hasil pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan agregat Halus.

<i>Fine Agregats (Agregat Halus) Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)</i>	Satuan	Notasi	Benda Uji		Rata-Rata
			I	II	
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	gr	B	500	500	500
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	gr	E	490	485	661.5
<i>Wt of flask + water</i> (Berat Piknometer penuh air)	gr	D	662	661	661.5

Tabel 4.2: Lanjutan.

Fine Agregats (Agregat Halus) Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)	Satuan	Notasi	Benda Uji		Rata- Rata
			I	II	
<i>Wt of flask + water + sample</i> (Berat contoh SSD dalam piknometer penuh air)	gr	C	964	975	969.5
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering)	gr/cm ³	$\frac{E}{(B + D - C)}$	2.47	2.61	2.54
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	gr/cm ³	$\frac{B}{(B + D - C)}$	2.53	2.69	2.61
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu)	gr/cm ³	$\frac{E}{(B + D - C)}$	2.61	2.84	2.72
<i>Absorption</i> (Penyerapan)	%	$\frac{B - E}{E} \times 100$	2.04	3.09	2.57

Dari hasil pengujian diatas, diperoleh berat jenis agregat halus dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan nilai rata – rata sebesar 2.61 gr/cm³ dan dapat dikategorikan sebagai agregat normal karena nilai yang didapat termasuk nilai yang diizinkan yaitu antara 2,2 s/d 2,9. Sedangkan nilai rerata penyerapan (*Absorption*) agregat halus dari hasil pengujian adalah 2.57%.

4.2.3 Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air pada agregat halus mengacu pada SNI 1971 – 2011 dan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Pengujian Kadar Air Agregat Halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Massa Wadah + Benda Uji	a		gr	2514	2508
Massa Wadah	b		gr	488	511
Massa Benda Uji	W1	a-b	gr	1922	1997
Massa Wadah + Bedan Uji Kering Oven	c		gr	2405	2397

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Massa Wadah	d		gr	488	511
Massa Benda Uji kering Oven	W ₂	c-d	gr	1917	1886
Kadar Air Total	P	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$	%	5.69	5.89
Rata - Rata			%	5.79	

Pengujian kadar air pada agregat halus dilakukan sebanyak dua kali percobaan. Percobaan pertama mendapatkan nilai kadar air sebesar 5.69 % dan percobaan kedua mendapatkan nilai kadar air sebesar 5.89 %. Sehingga rerata nilai kadar air agregat halus adalah 5.79 %.

4.2.4 Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi agregat halus mengacu pada SNI 03 4804 – 1998 dengan hasil sebagaimana tertara pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Pengujian Berat Isi Agregat Halus.

Keterangan	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
Berat Contoh & Wadah (1)		gr	16882	17790	17808
Berat Wadah (2)		gr	5300	5300	5300
Berat Contoh (3)	1 - 2	gr	11582	12490	12508
Volume Wadah (4)		cm ³	10851.84	10851.84	10851.84
Berat isi (5)	3 ÷ 4	gr/cm ³	1.07	1.15	1.15
Rata - Rata		gr/cm ³	1.12		

Dari hasil pengujian diatas, maka diperoleh nilai rerata berat isi agregat halus dari 3 metode adalah sebesar 1.12 gr/cm³. Sedangkan berat isi yang sesuai

standar spesifikasi adalah 1.4 gr/cm³ s/d 1.9 gr/cm³. Maka nilai tersebut (tidak memenuhi persyaratan).

4.2.5 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pengujian kadar lumpur agregat halus mengacu pada SNI 03 4142 – 1996. Dengan hasil pengujian terdapat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Berat Wadah + Isi	W1		gr	1620	180
Berat Wadah	W2		gr	504	510
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		gr	1565	1750
Berat Kering Contoh Awal	W4	$W1 - W2$	gr	1135	1255
Berat Kering Contoh Akhir	W5	$W3 - W2$	gr	1061	1240
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W6	$W4 - W5$	gr	74	15
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	$(W6 + W4) \times 100$	%	4.93	4.46
Rata- Rata			%	4.69	

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan sebanyak 2 kali percobaan. Untuk percobaan pertama didapat nilai kadar lumpur sebesar 4.93 %, sedangkan percobaan kedua diperoleh nilai kadar lumpur sebesar 4.46 %. Maka nilai rerata kadar lumpur dari pengujian diatas adalah sebesar 4.69 %. Sesuai dengan SK SNI S – 04 – 1989 – F kadar lumpur agregat normal yang diijinkan untuk agregat halus (pasir) maksimal 5 %, maka pasir yang digunakan sesuai dengan yang disyaratkan.

4.3 Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan Batu Krikil sebagai agregat kasar yang diperoleh di Sungai Ular, Deli Serdang. Dilakukan pengujian dasar pada agregat kasar tersebut meliputi pemeriksaan analisa saringan, berat jenis, kadar air, berat isi dan rongga udara, dan kadar lumpur.

4.3.1 Analisa Saringan Agregat Kasar

Pada pemeriksaan analisa saringan, merujuk kepada SNI ASTM C 136: 2012 sebagai langkah pelaksanaan dan juga merujuk kepada buku teknologi beton. Untuk hasil analisa saringan dapat dilihat dari Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)	
			Tertahan	Lolos
mm (inci)	gr	gr	(d)	(e)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
25.4 mm (1 inci)				100
9.52 mm (3/4 inci)	1241	1241	24.82	75.18
12.7 mm (1/2 inci)	1331	2572	51.44	48.56
9.52 mm (3/8 inci)	945	3517	70.34	29.66
4.75 mm (No. 4)	1076	4593	91.86	8.14
2.36 mm (No. 8)			100.00	0.00
1.18 mm (No. 16)			100.00	0.00
0.6 mm (No. 30)			100.00	0.00
0.3 mm (No. 50)			100.00	0.00
0.15 mm (No.100)			100.00	0.00
0.075 mm (No. 200)			100.00	0.00
Pan	407	5000	100.00	0.00
Modulus Kehalusan			738.46	7.38

Untuk mendapatkan nilai modulus kehalusan, jumlah % kumulatif tertahan sampai saringan No. 100 dibagi dengan nilai 100. Atau dengan persamaan berikut:

$$MHB = \frac{\Sigma\% \text{ kumulatif tertahan sampai saringan No. 100}}{100} = \frac{738.46}{100} = 7.38$$

Pada umumnya modulus kehalusan butiran agregat kasar mempunyai nilai antara 6.0 s/d 7.0. Pada penelitian kali ini didapat nilai modulus kehalusan butiran sebesar 7.38 yang berarti belum memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil dari pengujian Analisa Saringan ini juga dapat digunakan untuk mengetahui nilai gradasi agregat kasar.

4.3.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus mengacu pada SNI 1969 – 2016. Dengan hasil pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7: Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.

<i>Fine Agregats (Agregat Halus) Passing No. 4 (Lolos Ayakan No. 4)</i>	Satuan	Notasi	Benda Uji		Rata-Rata
			I	II	
<i>Wt of SSD sample in air</i> (Berat contoh SSD kering permukaan jenuh)	gr	A	2005	2013	2006
<i>Wt of oven dry sample</i> (Berat contoh SSD kering oven)	gr	B	1966	1975	1968
<i>Wt of Sample in water</i> (Berat contoh dalam air)	gr	C	1245	1250	1247.5
<i>Bulk sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh kering)	gr/cm ³	$\frac{B}{(A - C)}$	2.59	2.59	2.59
<i>Bulk sp. Grafity SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	gr/cm ³	$\frac{A}{(A - C)}$	2.64	2.64	2.64
<i>Apparent sp. Grafity dry</i> (Berat jenis contoh semu)	gr/cm ³	$\frac{B}{(B - C)}$	2.73	2.72	2.73
<i>Absorption</i> (Penyerapan)	%	$\frac{A - B}{B} \times 100$	1.93	1.93	1.93

Dari hasil pengujian diatas, diperoleh berat jenis agregat kasar dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*) dengan nilai rata – rata sebesar 2.64 gr/cm³

dan dapat dikategorikan sebagai agregat normal karena nilai yang didapat termasuk nilai yang diizinkan yaitu antara 2,2 s/d 2,9. Sedangkan nilai rerata penyerapan (*Absorption*) agregat kasar dari hasil pengujian adalah 1.93 %.

4.3.3 Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air pada agregat halus mengacu pada SNI 1971 – 2011 dan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Pengujian Kadar Air Agregat Kasar.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Massa Wadah + Benda Uji	a		gr	2030	2047
Massa Wadah	b		gr	505	486
Massa Benda Uji	W1	a-b	gr	1525	1561
Massa Wadah + Bedan Uji Kering Oven	c		gr	1992	2028
Massa Wadah	d		gr	505	486
Massa Benda Uji kering Oven	W2	c-d	gr	1487	1542
Kadar Air Total	P	$\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100$	%	2.56	1.23
Rata - Rata			%	1.89	

Pengujian kadar air pada agregat kasar dilakukan sebanyak dua kali percobaan. Percobaan pertama mendapatkan nilai kadar air sebesar 2.56 % dan percobaan kedua mendapatkan nilai kadar air sebesar 1.23 %. Sehingga rerata nilai kadar air agregat kasar adalah 1.89 %.

4.3.4 Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi agregat halus mengacu pada SNI 03 4804 – 1998 dengan hasil sebagaimana tertara pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9: Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.

Keterangan	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Rojok	Cara Goyang
Berat Contoh & Wadah (1)		gr	21974	23023	24272
Berat Wadah (2)		gr	5300	5300	5300
Berat Contoh (3)	1 - 2	gr	16674	17723	18972
Volume Wadah (4)		cm ³	10851.84	10851.84	10851.84
Berat isi (5)	3 + 4	gr/cm ³	1.54	1.63	1.75
Rata - Rata		gr/cm ³	1.64		

Dari hasil pengujian diatas, maka diperoleh nilai rata – rata berat isi agregat kasar dari 3 metode adalah sebesar 1.64 gr/cm³. Sedangkan berat isi yang sesuai standar spesifikasi adalah 1.4 gr/cm³ s/d 1.9 gr/cm³. Maka nilai tersebut (memenuhi persyaratan).

4.3.5 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pengujian kadar lumpur agregat kasar merujuk kepada jumlah kandungan bahan halus seperti debu, tanah liat, atau bahan organik yang melekat pada permukaan agregat kasar mengacu pada SNI 03 4142 – 1996. Dengan hasil pengujian terdapat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Benda Uji	
				I	II
Berat Wadah + Isi	W1		gr	1502	1515
Berat Wadah	W2		gr	505	517
Berat Wadah + Contoh Kering	W3		gr	1484	1501
Berat Kering Contoh Awal	W4	$W1 - W2$	gr	997	995
Berat Kering Contoh Akhir	W5	$W3 - W2$	gr	979	984
Berat Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W6	$W4 - W5$	gr	18	11
Persentase Kotoran Agregat Lolos Saringan No. 200	W7	$(W6 + W4) \times 100$	%	1.81	1.11
Rata- Rata			%	1.46	

Pengujian kadar lumpur agregat kasar dilakukan sebanyak 2 kali percobaan. Untuk percobaan pertama didapat nilai kadar lumpur sebesar 1.81 %, sedangkan percobaan kedua diperoleh nilai kadar lumpur sebesar 1.11 %. Maka nilai rerata kadar lumpur dari pengujian diatas adalah sebesar 1.46 %. Sesuai dengan SK SNI S – 04 –1989 – F kadar lumpur agregat normal yang diijinkan untuk agregat kasar (split) maksimal 1 %, maka pasir yang digunakan sesuai dengan yang disyaratkan.

4.4 Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini, penulis melakukan pengujian dasar pada agregat baik agregat halus maupun agregat kasar untuk mendapatkan nilai campuran beton yang akan dibuat. Data hasil dari pengujian dasar ini dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Data Pengujian Dasar Agregat.

Keterangan	Nilai		Satuan
	Agregat Halus	Agregat Kasar	
Modulus Kehalusan	3.79	7.38	%
Berat Jenis	2.64	2.64	gr/cm ³
Kadar Air	3.79	1.89	%
Berat Isi	1.12	1.64	gr/cm ³
Kadar Lumpur	4.69	1.46	%

Setelah melakukan pengujian dasar, nilai – nilai yang diperoleh akan digunakan untuk perencanaan campuran beton (*mix design*) yang diperlukan. Perencanaan campuran beton (*mix design*) dilaksanakan sesuai dengan panduan SNI 7656 – 2012.

Tabel 4.12: Data Kebutuhan *Mix Design*.

Keterangan	Nilai	Satuan
Mutu Beton	25	Mpa
Slump	75 - 100	mm
Ukuran Agregat Maksimum	19.1	mm
Berat Kering Oven Agregat Kasar	1514.5	gr
Berat Jenis Semen Tanpa Tambahan Udara	3.15	gr/cm ³
Modulus Kehalusan agregat Halus	379.0	mm
Berat Jenis Agregat Kasar	2.64	gr/cm ³
Berat Jenis Agregat Halus	2.61	gr/cm ³
Penyerapan Air Agregat Kasar	1.93	%
Penyerapan Air Agregat Halus	2.57	%

4.4.1 Langkah Perhitungan

Adapun langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan kebutuhan material per 1 m³ adalah sebagai berikut:

1. Banyaknya Air Perencanaan

Tabel 4.13: Perkiraan Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Berbagai Slump dan Ukuran Nominal Agregat Maksimum Batu Pecah (SNI-7656, 2012).

Air (kg/m ³) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9.5 mm	12.7 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
Beton tanpa tambahan udara								
25 -50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 – 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 – 175	243	228	216	202	190	160	160	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Banyaknya udara dalam beton (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Beton dengan tambahan udara								
25 - 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 – 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 – 175	216	205	197	184	174	166	154	-
>175	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut:								
Ringan (%)	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Sedang (%)	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Berat (%)	7.5	7.0	6.0	6.0	6.0	5.0	4.5	4.0

Berdasarkan Tabel diatas, maka nilai banyaknya air untuk pencampuran adalah 205 kg/m³.

2. Rasio Air Semen

Berdasarkan (SNI – 7656, 2012), apabila dilakukan campuran percobaan untuk membuktikan hubungan – hubungan kekuatan atau menilai kembali kekuatan dari sebuah campuran, harus digunakan air pencampur dan kadar udara yang terkecil. Kadar udara yang diijinkan harus bernilai maksimum dan beton harus diukur untuk mencapai nilai slump tertinggi yang diijinkan. Bila beton memiliki kadar air dan/atau kadar udara yang lebih rendah, maka proporsi bahan – bahan beton harus disesuaikan untuk menghasilkan beton yang diinginkan.

Tabel 4.14: Hubungan Antara Rasio Air – Semen (w/c) atau Rasio Air – Bahan Bersifat Semen { w/(c+p) } dan Kekuatan Beton (SNI-7656, 2012).

Kekuatan Beton Umur 28 hari (Mpa)	Rasio air – semen (berat)	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
40	0.42	-
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.60
15	0.79	0.70

Berdasarkan dari Tabel 4.14 diatas, maka nilai rasio air – semen yang digunakan sebesar 0.61% sesuai dengan nilai kuat tekan yang direncanakan yaitu 25 MPa.

3. Kadar Semen

Untuk mendapatkan kebutuhan semen, perkiraan kebutuhan air pencampur (Tabel 4.13) dibagi dengan rasio air – semen (Tabel 4.14). Maka kebutuhan semen didapat sebagai berikut:

$$= \frac{\text{Kadar Air Pencampuran}}{\text{Rasio Air – Semen}} = \frac{205}{0.61} = 336.07 \text{ kg}$$

4. Berat Kering Agregat Kasar

Apabila agregat tertentu (dalam keadaan kering oven) digunakan untuk setiap satuan volume beton, maka agregat dengan ukuran nominal maksimum dan gradasi yang sama akan menghasilkan beton dengan mutu kemampuan kerja yang memadai.

Tabel 4.15: Volume Agregat Kasar Per-satuan Volume Beton (SNI-7656, 2012).

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan dari agregat halus			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Berdasarkan Tabel 4.15 diatas, maka diambil nilai 0.60 untuk volume agregat kasar kering oven. Sehingga didapat berat kering agregat kasar sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &= (\text{Volume agregat kasar kering oven} \times \text{Berat kering oven agregat kasar}) \\ &= (0.60 \times 1514.5) \\ &= 908.7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

5. Perkiraan Awal Berat Beton Segar

Bila berat per satuan volume beton dapat dianggap atau diperkirakan dari pengalaman, maka berat agregat halus yang dibutuhkan adalah perbedaan dari berat beton segar dan berat total dari bahan – bahan lainnya (SNI-7656, 2012). Untuk perkiraan awal berat beton segar dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4.16: Perkiraan Awal Berat Beton Segar (SNI-7656, 2012).

Ukuran nominal maksimum agregat (mm)	Perkiraan awal berat beton, kg/m ³	
	Beton tanpa tambahan udara	Beton dengan tambahan udara
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
70	2490	2405
150	2530	2430

Berdasarkan Tabel diatas, didapat perkiraan awal berat beton yaitu: 2345 kg/m³. Sehingga untuk mendapatkan berat agregat halus dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Air} & = & 205.00 \text{ kg} \\
 \text{Semen} & = & 336.07 \text{ kg} \\
 \text{Agregat Kasar} & = & 908.75 \text{ kg} \quad + \\
 \hline
 \text{Jumlah} & = & 2345 - 1449.77
 \end{array}$$

Sehingga berat agregat halus adalah:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Agregat Halus} & = & 2345 - 1449.77 \\
 & = & 895.23 \text{ kg}
 \end{array}$$

6. Volume Absolut

Volume absolut harus digunakan untuk menghitung agregat halus yang diperlukan. Dengan memperhatikan proporsi agregat kasar, air, udara, dan semen.

Rumus isi agregat halus adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Air} &= \frac{205}{1000} \\
 &= 0.205 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume padat semen} &= \frac{336.07}{(3.15 \times 1000)} \\
 &= 0.107 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume absolut agregat kasar} &= \frac{908.7}{(2.64 \times 1000)} \\
 &= 0.344 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume udara terperangkap} &= 1\% \times 1 \\
 &= 0.01 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume pada selain agregat halus} &= (0.205 + 0.107 + 0.344 + 0.01) \\
 &= 0.666 \text{ m}^3 \\
 \text{Volume agregat halus yang dibutuhkan} &= 1 - 0.666 \\
 &= 0.334 \text{ m}^3 \\
 \text{Berat agregat halus yang dibutuhkan} &= 0.334 \times 2.61 \times 1000 \\
 &= 871.74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

7. Perbandingan Berat

Berdasarkan SNI – 7656: 2012 didapat nilai perbandingan berat air (berat bersih), semen, agregat halus (kering), dan agregat kasar (kering) pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Perbandingan Berat Bahan.

Keterangan	Berdasarkan perkiraan massa beton (kg)	Berdasarkan volume absolut (kg)
Air (berat bersih)	205	205
Semen	336.07	336.7
Agregat Kasar (kering)	908.7	908.7
Agregat Halus (kering)	895.23	871.74

8. Koreksi Terhadap Kandungan Air

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

Kadar Air Agregat yang didapat:

Agregat Kasar	: 1.89 %
Agregat Halus	: 5.79 %
Agregat Kasar (Basah)	: $908.7 \times (1 + 0.0189) = 925.87$
Agregat Halus (Basah)	: $895.23 \times (1 + 0.0579) = 843.39$

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

$$\text{Air yang diberikan agregat kasar} : 1.89\% - 1.93\% = 0.04 \%$$

$$\text{Air yang diberikan agregat halus} : 5.79\% - 2.57\% = 3.22 \%$$

Dengan demikian kebutuhan air yang untuk proporsi campuran beton adalah sebagai berikut:

$$205 - (908.7 \times 0.04\%) - (895.23 \times 3.22\%) = 175.81 \text{ kg}$$

Maka perkiraan 1 m^3 beton memerlukan bahan sebagai berikut:

Air (yang ditambahkan)	: 175.81 kg
Semen	: 336.07 kg
Agregat Kasar	: 925.87 kg
Agregat Halus	: 843.39 kg +
Total	: 2412 kg

4.5 Kebutuhan Material

Kebutuhan material didapat berdasarkan hasil perhitungan *mix design* diatas, dengan rincian sebagai berikut:

1. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} n &= 32 \text{ buah} \\ \text{diameter} &= 15 \text{ cm} \\ \text{tinggi} &= 30 \text{ cm} \\ \text{volume} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 15^2 \times 30 \end{aligned}$$

$$= 5298.75 \text{ cm}^3 = 0.0053 \text{ m}^3$$

Total bahan material yang diperlukan untuk membuat 1 buah benda uji normal berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm x tinggi 30 cm adalah sebagai berikut:

Air	= 175.81 x 0,0053	= 0,93 Liter => 0.93 kg
Semen	= 336.07 x 0,0053	= 9,44 kg
Agregat Halus	= 843.39 x 0,0053	= 4,46 kg
Agregat Kasar	= 925.87 x 0,0053	= 4.90 kg
Total		= 19,73 kg

Untuk perhitungan *Mix Design* dengan bahan tambah serbuk kayu dan bahan kimia *bestmittel* maka jumlah agregat halus dan air berubah, karena serbuk kayu dan *bestmittel* berperan sebagai *filler* sehingga berat agregat halus dikurangi dengan berat serbuk kayu yang penggunaannya yaitu 1,5%, 2%, dan 2,5%. Sedangkan berat air dikurangi dengan bahan kimia *bestmittel* sebanyak 0,5%, maka untuk hasil *mix design* dapat dilakukan sebagai berikut:

1. SK 1,5 % + Bestmitell 0,5%

SK	= 1,5 % x 4,46	= 0,0669
Agregat Halus	= 4,46 – 0,0669	= 4,49
Bestmitell	= 0,5 % x 0,93	= 0,00465
Air	= 0,931793 – 0,00465	= 0,927143

2. SK 2 % + Bestmitell 0,5%

SK	= 2 % x 4,46	= 0,0892
Agregat Halus	= 4,46 – 0,0892	= 4,38
Bestmitell	= 0,5 % x 0,93	= 0,00465
Air	= 0,931793 – 0,00465	= 0,92714

3. SK 2,5 % + Bestmitell 0,5%

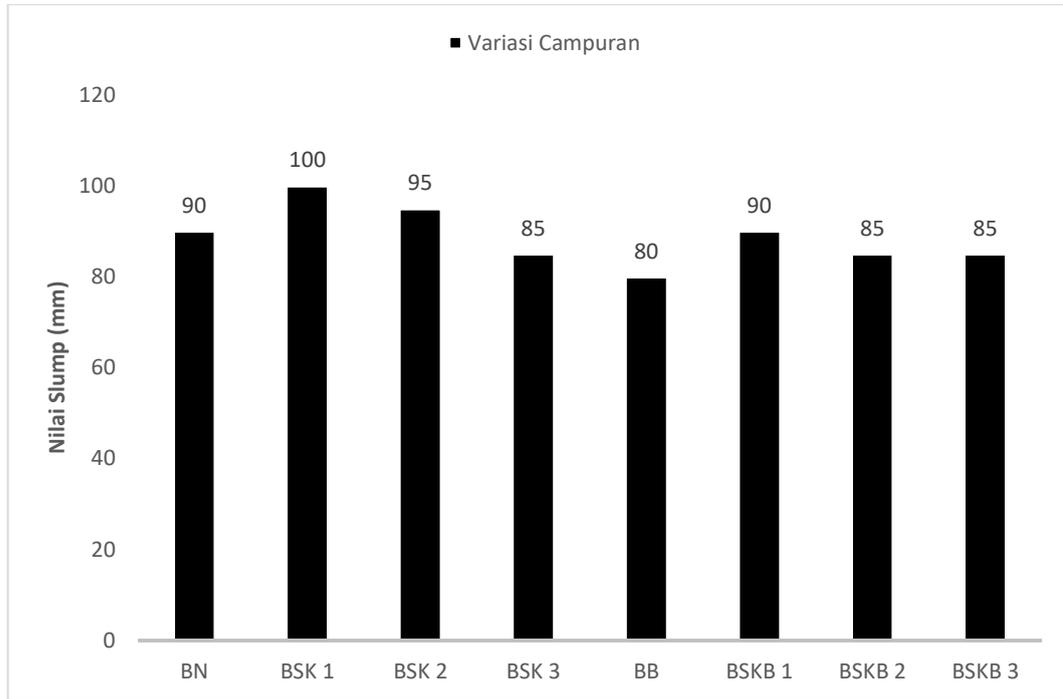
SK	= 2,5 % x 4,46	= 0,1115
Agregat Halus	= 4,46 – 0,1115	= 4,35
Bestmitell	= 0,5 % x 0,93	= 0,00465
Air	= 0,931793 – 0,00465	= 0,927143

4.6 Pengujian Slump

Pengujian *Slump* dilakukan untuk menentukan tingkat kemudahan pengerjaan (*Workability*) dari campuran beton segar normal maupun beton dengan bahan tambah serat. Pengujian Slump dilakukan dengan cara memasukkan beton segar kedalam kerucut Abrams (setiap pengambilan bahan harus mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis. Tiap lapis berkisar 1/3 bagian dari tinggi kerucut, dan tiap lapis dilakukan penusukan/rojokan sebanyak 25 kali. Tongkat penusukan atau tongkat rojok harus masuk sampai bawah tiap – tiap lapisan. Setelah pengisian beton segar kedalam kerucut Abrams selesai, ratakan permukaan krucut lalu diamkan selama 10 detik. Setelah itu angkat kerucut Abrams dengan cara tegak lurus sampai beton segar terlepas dari kerucut, ukur selisih tinggi kerucut Abrams dengan tinggi adukan. Nilai yang didapat merupakann nilai *slump*. Pada Tabel 4.18 merupakan nilai *slump* pada masing – masing campuran beton dengan berbagai variasi. Seperti nilai rencana *slump* pada *mix design* adalah 70 – 120 mm.

Tabel 4.18: Nilai Slump.

No	Variasi Beton	Slump Tes (mm)
1	BN	90
2	BSK 1	100
3	BSK 2	95
4	BSK 3	85
5	BB	90
6	BSKB 1	90
7	BSKB 2	85
8	BSKB 3	85



Gambar 4.1: Grafik Nilai Slump Rata – Rata.

Terjadi penurunan nilai *slump* pada beton dengan bahan campuran *bestmittel* dan serbuk kayu *bestimittel* dari beton normal, dari grafik diatas dapat ditentukan bahwa dari persentase yang digunakan penambahan *bestmittel* dan serbuk kayu mengalami menurun hasil nilai *slump* yang didapat. Hal itu dikarenakan kandungan yang terdapat pada serbuk kayu menimbulkan proses hidrasi dengan cepat sehingga air akan berkurang.

Sedangkan untuk campuran beton dengan bahan tambah serbuk kayu didapat nilai *slump* yang mengalami peningkatan hasil dari beton normal. Dari pengujian *slump* untuk seluruh variasi beton yang dibuat, beton dengan bahan tambahan serbuk kayu memiliki nilai *slump* lebih tinggi dari beton normal, dengan kata lain beton dengan tambahan *bestmittel* mengalami keruntuhan yang jauh dari permukaan kerucut abrams. Dan juga dapat diasumsikan bahwa beton mengalami keruntuhan yang dekat dari permukaan kerucut abrams dikarenakan penambahan air yang kurang.

4.7 Pengujian Kuat Tekan Beton

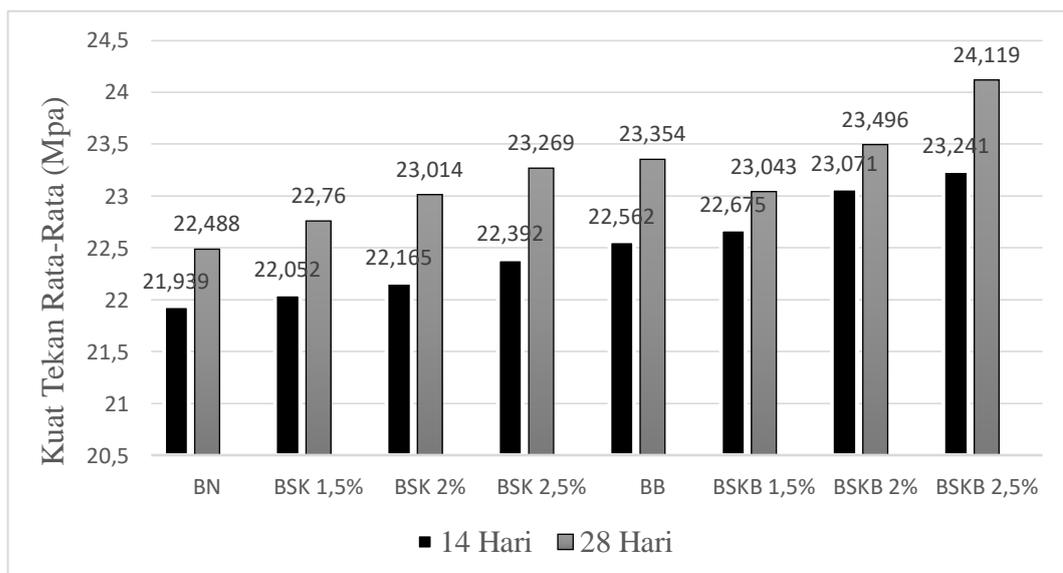
Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 14 hari dan 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* dengan benda uji sebanyak 32 benda uji berbentuk silinder dengan ukuran tinggi benda uji 30 cm dan diameter benda uji 15 cm.

Tabel 4.19: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 14 Hari.

No	Identitas Benda Uji	T	D	Luasan	Beban Tekan	Kuat Tekan Beton		Kuat Tekan Rata-Rata
		(cm)	(cm)	(cm ²)	(Kg)	(kg/cm ²)	Mpa	
1	BN	30	15	176.625	39462.39	223.42	21.910	21.939
					39564.36	224.00	21.967	
2	BSK 1,5%	30	15	176.625	39666.33	224.58	22.024	22.052
					39768.30	225.16	22.080	
3	BSK 2%	30	15	176.625	39870.27	225.73	22.137	22.165
					39972.24	226.31	22.194	
4	BSK 2,5%	30	15	176.625	40278.15	228.04	22.363	22.392
					40380.12	228.62	22.420	
5	BB	30	15	176.625	40584.06	229.78	22.533	22.562
					40686.03	230.35	22.590	
6	BSKB 1,5%	30	15	176.625	40788.00	230.93	22.646	22.675
					40889.97	231.51	22.703	
7	BSKB 2%	30	15	176.625	41501.79	234.97	23.043	23.071
					41603.76	235.55	23.099	
8	BSKB 2,5%	30	15	176.625	41807.70	236.70	23.213	23.241
					41909.67	237.28	23.269	

Tabel 4.20: Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pada Umur 28 Hari.

No	Identitas Benda Uji	T	D	Luasan (cm ²)	Beban Tekan (Kg)	Kuat Tekan Beton		Kuat Tekan Rata-Rata
		(cm)	(cm)			(kg/cm ²)	Mpa	
1	BN	30	15	176.625	40584.06	229.78	22.533	22.488
					40278.15	228.04	22.363	
2	BSK 1,5%	30	15	176.625	40889.97	231.51	22.703	22.760
					41093.91	232.66	22.816	
3	BSK 2%	30	15	176.625	41297.85	233.82	22.930	23.014
					41603.76	235.55	23.099	
4	BSK 2,5%	30	15	176.625	42011.64	237.86	23.326	23.269
					41807.70	236.70	23.213	
5	BB	30	15	176.625	42113.61	238.44	23.383	23.354
					42011.64	237.86	23.326	
6	BSKB 1,5%	30	15	176.625	41603.76	235.55	23.099	23.043
					41399.82	234.39	22.986	
7	BSKB 2%	30	15	176.625	42215.58	239.01	23.439	23.496
					42419.52	240.17	23.552	
8	BSKB 2,5%	30	15	176.625	43337.25	245.36	24.062	24.119
					43541.19	246.52	24.175	



Gambar 4.2: Grafik Hasil Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa).

Dapat dilihat dari grafik diatas nilai kuat tekan beton variasi meningkat dari nilai kuat tekan beton normal. Dari hasil penelitian yang didapat, bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan tertinggi pada umur 14 hari dengan variasi campuran beton serbuk kayu serta 2,5% dengan penambahan *bestmittel* 0,5% dengan nilai kuat tekan 23.241 Mpa dan untuk nilai kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari dihasilkan oleh beton variasi serbuk kayu 2,5% serta penambahan *bestmittel* 0,5% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 24.119 Mpa.

Pada penelitian terdahulu (Suprianto, S., Hamka, H., & Misbahuddin, M. 2024), penggunaan serbuk kayu dengan persentase 2,5% serbuk kayu dengan campuran *bestmittel* 0,5% mengalami kenaikan kuat tekan beton, sama halnya dengan penggunaan *bestmittel* dengan persentase 0,5% juga akan mengalami kenaikan kuat tekan beton.

Pada hasil penelitian ini, bahwa untuk umur pengujian 14 hari dan 28 hari terjadi peningkatan nilai kuat tekan beton normal hingga kenaikan dari beton campuran serbuk kayu 2,5% dan variasi beton campuran serbuk kayu 2,5% serta *bestmittel* 0,5% yang sudah ditentukan dapat meningkat hasil kuat tekan dan penambahan bahan aditif *bestmittel* sebagai mempercepat pengeringan dan dapat meningkatkan kuat tekan beton digunakan pada hasil penelitian ini nilai kuat tekan meningkat. Penggunaan serbuk kayu dengan penambahan *bestmittel* memberikan dampak positif pada kuat tekan beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengolahan data yang telah dilakukan pada penelitian penggantian sebahagian agregat halus dengan menggunakan serbuk kayu dengan bahan tambah *bestmittell* terhadap kuat tekan beton, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian, pengaruh penambahan serbuk kayu sebagai bahan ganti agregat halus terhadap kuat tekan beton dengan bahan tambah zat aditif *bestmittel*, terjadi peningkatan pada bahan campuran serbuk kayu dan *bestmittel* pada persentase serbuk kayu 2,5% dan zat aditif *bestmittel* dengan persentase 0,5% dengan kuat tekan pada umur 14 hari 23.241 Mpa dan umur beton 28 hari 24.119 Mpa. Jadi untuk pengaruh penambahan persentase serbuk kayu dengan penambahan zat aditif *bestmittel* 0,5% mengalami kenaikan kuat tekan.
2. Persentase optimal penambahan serbuk kayu dan zat aditif *bestmittel* pada kuat tekan yang digunakan untuk bahan campuran serbuk kayu pada persentase 2,5% serta zat aditif *bestmittel* 0,5% memeningkatnya kuat tekan pada persentase umur beton 14 hari dengan kuat tekan yang dihasilkan meningkat sebesar 0,059% dan pada umur beton 28 hari mengalami peningkatan persentase nilai kuat tekan sebesar 0,072% terhadap beton normal.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran dari penulis yang bertujuan untuk mengembangkan penelitian ini lebih lanjut. Adapun saran yang perlu diperhatikan adalah:

1. Pada bahan campuran serbuk kayu sangat mempengaruhi pada air yang digunakan karena serbuk kayu dapat menyerap air pada benda uji beton yang dilakukan dalam penelitian.

2. Perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk kuat tekan beton, pada penambahan serbuk kayu untuk persentase rendah sebagai pengganti agregat halus pada campuran beton.

DAFTAR PUSTKA

- Ariyani, N., & A, T. S. (2014). Pengaruh Penggunaan Bestmittel untuk Mempercepat Kuat Tekan Beton. *Majalah Ilmiah UKRIM, 1*, 1–11.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Bandung: Badan Standardisasi Nasional, 251*.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia. (2008). SNI 1973:2008 Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton. *Badan Standardisasi Nasional, 1–13*.
- Badan Standardisasi Nasional SNI 1969. (2016). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia, 20*.
- Budiman, B., & Tiranda Patanduk, J. W. (2024). A Assessment of stone ash as a lightweight concrete constituent material with the addition of bestmittel additives. *EPI International Journal of Engineering, 6(2)*, 78–82.
<https://doi.org/10.25042/epi-ije.082023.04>.
- Ginting, A., Gunawan, W., & Ismirrozi. (2012). Pengaruh Kadar Air Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton. 2(October), 8–17.
- Heldita, D. (2021). Study Of The Effect Of The Use Of Additional Additives Damdex And Bestmittel On The Compressive Strength Of Concrete f'c 20 MPa. *Journal of Green Science and Technology, 5(2)*, 51–56.
<https://doi.org/10.33603/jgst.v5i2.5821>.
- Muhammad, & Dewi, P. (2021). Dari Kuat Tekan. *Teknik Sipil, 1–6*.
- Mulyati, M., & Arkis, Z. (2020). Pengaruh Metode Perawatan Beton Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP, 7(2)*, 78–84.
<https://doi.org/10.21063/jts.2020.v702.05>
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Andi.
- Murdock, L., & Brook, K. (1999). *Bahan Dan Praktek Beton*. Erlangga.
- Neville, A., & Brooks, J. (1987). *Concrete Technology*. Longman Group Ltd.
- Sari, R. A. I., Wallah, S. E., & Windah, R. S. (2015). Pengaruh Jumlah Semen Dan Fas Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Yang Berasal Dari Sungai. *Jurnal Sipil Statik, 3(1)*, 68–76.

- Risal, M., Jasman, J., & Hamka, H. (2022). Pengaruh Substitusi Agregat Halus Dengan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton. *Jurnal Karajata Engineering*, 2(2), 31–37.
<https://doi.org/10.31850/karajata.v2i2.1859>.
- Setiobudi, A. S., Amiwarti, A., & Firdaus, M. (2024). Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Kulim Terhadap Kuat Tekan Beton K-225. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 10(2), 157.
<https://doi.org/10.35449/teknika.v10i2.277>.
- Rochaeti, J. E. (n.d.). Pengaruh Panas Hidrasi Beton Dengan Semen Type II Terhadap Ketebalan Elemen Beton. 183–194.
- SNI-1972. (2008). *Cara Uji Slump Beton*.
- SNI-1974. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 20.
- SNI 1971:2011. (2011). “Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan.” *Badan Standarisasi Nasional*, 1–11.
- SNI 7656:2012. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *Badan Standarisasi Nasional*, 52.
- Sni 03-1968-1990. (1990). Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. Sni 03-1968-1990. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–17.
- Sni 03-1969-1990. (1990). Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Bandung: Badan Standardisasnisi Indonesia, 1–17.
- Sni 03 4804. (1998). Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat. Badan Standar Nasional, 1–6.
- Sukmawan Gulo, B., & Halawa, N. (2024). Pengaruh Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 5(1), 749–758. <https://doi.org/10.51988/jtsc.v5i1.180>.
- Sulistyawati, R. (2009). Pengaruh Penggunaan Zat Additive bestmittel Terhadap Kuat Tekan Beton. *Teodolita*, 11(2), 34–46.
- Suprianto, S., Hamka, H., & Misbahuddin, M. (2024). Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Bestmittel. *Jurnal Sipil Sains*, 14(2), 66–76.
<https://doi.org/10.33387/sipilsains.v14i2.8637>.
- TPA Imam Bonjol Atas Air Merah, J., & Wagon Kabupaten Fakfak, K. (n.d.). *Concrete Waste and Bestmittel Additive Toward Compressive Strength Concrete*.

- Tjokrodinuljo, K. (2007). Concrete Technology. Nafiri.
- Untuk, D., Persyaratan, M., Sarjana, U., Fakultas, P., Program, T., Teknik, S., Palembang, U. M., & Tami, R. A. (2022). *Pengaruh penambahan limbah serbuk kayu dan am 78 concrete additive terhadap kuat tekan beton tugas akhir.*
- Waani, J. E., & Elisabeth, L. (2017). Substitusi Material Pozolan Terhadap Semen pada Kinerja Campuran Semen. *Jurnal Teknik Sipil*, 24(3), 237–246. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.3.7>
- Wibowo, I. N., & Sarwidi. (2018). *Pengaruh Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Substitusi Sebagian Semen Dan Bahan Tambah 0,6% Bestmittel Terhadap Karakteristik Beton.* 3,1–9. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/11975>.
- Zulkarnain, F. (2021). *Teknologi Beton* (I. Sulasmi & M. Arifin (Eds.); 1st Ed.). Umsu Press.

LAMPIRAN



Gambar L – 1: Proses Pembakaran Serbuk Kayu.



Gambar L – 2: Hasil Pembakaran Serbuk Kayu.



Gambar L – 3: Proses Pengayakan Agregat Kasar dan Halus.



Gambar L – 4: Bahan Zat Kimia Bestmittel.



Gambar L – 5: Proses Pembuatan Benda Uji.



Gambar L – 6: Pengecekan Slump.



Gambar L – 7: Benda Uji Silinder.



Gambar L – 8: Proses Pengujian Kuat Tekan Pada Benda Uji.