

TUGAS AKHIR

UJI KUAT TEKAN *SELF COMPACTING CONCRETE*
(SCC) MENGGUNAKAN SERBUK KAYU SEBAGAI
AGREGAT HALUS DAN ZAT ADITIF NATRIUM NITRAT
(NaNO_3) SEBAGAI BAHAN TAMBAH
(Studi Penelitian)

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

Disusun oleh:

MUHAMMAD LUTHFI RIDHO
1907210066



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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Luthfi Ridho

NPM : 1907210066

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Uji Kuat Tekan Self Compacting Concrete (SCC)
Menggunakan Serbuk Kayu Sebagai Agregat Halus dan
Zat Aditif Natrium Nitrat (NaNO_3) Sebagai Bahan
Tambah (Studi Penelitian)

Bidang Ilmu : Struktur

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

Disetujui Untuk Disampaikan

Kepada Panitia Ujian:

Dosen Pembimbing



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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Luthfi Ridho
NPM : 1907210066
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Uji Kuat Tekan Self Compacting Concrete (SCC)
Menggunakan Serbuk Kayu Sebagai Agregat Halus dan
Zat Aditif Natrium Nitrat (NaNO_3) Sebagai Bahan
Tambah (Studi Penelitian)

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

Medan, 25 Oktober 2025

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



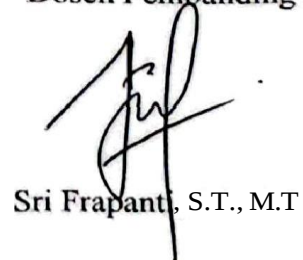
Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc

Dosen Pembimbing I



Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D.,

Dosen Pembimbing II



Sri Frapanti, S.T., M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Luthfi Ridho
Tempat, Tanggal Lahir : Binjai, 30 Desember 2000
NPM : 1907210066
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Uji Kuat Tekan Self Compacting Concrete (SCC) Menggunakan Serbuk Kayu Sebagai Agregat Halus dan Zat Aditif Natrium Nitrat (NaNO_3) Sebagai Bahan Tambah (Studi Penelitian)” bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena/hubungan material dan non-material serta segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik. Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 25 Oktober 2025

Saya yang menyatakan:



Muhammad Luthfi Ridho

ABSTRAK

UJI KUAT TEKAN *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) MENGUNAKAN SERBUK KAYU SEBAGAI AGREGAT HALUS DAN ZAT ADITIF NATRIUM NITRAT (NaNO_3) SEBAGAI BAHAN TAMBAH

Muhammad Luthfi Ridho

1907210066

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

Self Compacting Concrete (SCC) adalah beton inovatif yang tidak memerlukan getaran untuk penempatan dan pemadatan. Ia mampu mengalir di bawah bobotnya sendiri, benar-benar mengisi bekisting dan mencapai pemadatan penuh, bahkan dengan adanya tulangan yang padat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan dan pengaruh dari bahan tambah serbuk kayu dan variasi substitusi superplasticizer dengan zat aditif Natrium Nitrat (NaNO_3) dengan FAS 0,40 terhadap *workability*, karakteristik, serta kekuatan beton SCC pada umur 28 hari. Metode yang digunakan dalam pembuatan beton adalah EFNARC dan jurnal-jurnal. Dalam pembuatan beton SCC menggunakan 4 variasi campuran yaitu: SCCN, SCKN 5%, SCKN 10%, dan SCKN 15% serta digunakan faktor air semen (FAS) yaitu: 0,40. Hasil pengujian karakteristik dan kuat tekan pada FAS 0,40 yang memenuhi syarat beton SCC adalah SCCN dengan nilai *slump flow* 72 cm dan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 25,45 Mpa sedangkan pada variasi lain seperti SCKN 5% hanya memenuhi nilai *slump flow* dengan nilai 65 cm namun kuat tekan tidak sesuai kuat tekan rencana dengan nilai rata-rata 23,60 dimana kuat tekan rencana adalah 25 Mpa. Hal ini terjadi karena sifat dari serbuk kayu dalam menyerap air cukup tinggi serta membuat adonan mengental, jadi berpengaruh terhadap *workability* beton SCC sehingga pada saat proses pemadatan tidak sempurna.

Kata kunci: Self Compacting Concrete, FAS, Serbuk Kayu, Natrium Nitrat (NaNO_3).

ABSTRACT

COMPRESSIVE STRENGTH TEST OF SELF COMPACTING CONCRETE (SCC) USING WOOD POWDER AS A FINE AGGREGATE AND SODIUM NITRATE ADDITIVE (NaNO_3) AS AN ADDITIVE

Muhammad Luthfi Ridho

1907210066

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

Self Compacting Concrete (SCC) is an innovative concrete that does not require vibration for placement and compaction. It is able to flow under its own weight, completely filling the formwork and achieving full compaction, even in the presence of solid reinforcement. This study aims to determine the comparison and effect of wood powder additives and variations of superplasticizer substitution with sodium Nitrate (NaNO_3) additive with FAS 0.40 on the workability, characteristics, and strength of SCC concrete at the age of 28 days. The methods used in making concrete are EFNARC and journals. In the manufacture of SCC concrete, 4 mixed variations are used, namely: SCCN, SCKN 5%, SCKN 10%, and SCKN 15% and a cement water factor (FAS) is used, namely: 0.40. The results of the characteristic and compressive strength tests at FAS 0.40 that meet the requirements of SCC concrete are SCCN with a slump flow value of 72 cm and an average compressive strength value of 25.45 Mpa while in other variations such as SCKN 5% only meet the slump flow value with a value of 65 cm, but the compressive strength is not in accordance with the compressive strength plan with an average value of 23.60 where the compressive strength of the plan is 25 Mpa. This happens because the nature of the wood pulp in absorbing water is quite high and makes the dough thicken, so it affects the workability of SCC concrete so that during the compaction process it is not perfect.

Keywords: Self Compacting Concrete, FAS, Wood Powder, Sodium Nitrate (NaNO_3)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Uji Kuat Tekan *Self Compacting Concrete* (SCC) Dengan Serbuk Kayu Sebagai Agregat Halus dan *Zat Aditif Natrium Nitrat* (NaNO_3) Sebagai Bahan Tambah” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, untuk itu pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan juga selaku Ketua Prodi Teknik Sipil.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Sri Frapanti, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil yang ikut andil dalam proses administrasi tugas akhir ini.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu Teknik Sipil kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Erizal dan Ibunda tercinta Neffida S.Pd.I, yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
10. Kepada Kakanda Muhammad Rasyid Ridha S.Pd, Muhammad Alwathoni S.Pd, Khairunnisa S.E, Muhammad Rifki Ridha S.Pd, terima kasih atas doa dan semangat yang selalu diberikan. Doa kalian adalah sumber kekuatan terbesar saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Terima kasih juga kepada Sahabat saya Danu Herlambang S.T yang telah membantu saya dalam mencari informasi, memproses data, atau melakukan pekerjaan lain yang terkait dengan skripsi ini.
12. Rekan-rekan seperjuangan dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Tugas akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi Dunia Konstruksi Teknik Sipil.

Medan,

Saya yang menyatakan

Muhammad Luthfi Ridho

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Self Compacting Concrete (SCC)	6
2.2 Karakteristik Self Compacting Concrete (SCC)	7
2.3 Metode Tes	8
2.3.1 Slump Flow Test	8
2.3.2 L-shaped Box	9
2.3.3 V-Funnel Test	9
2.4 Material Self Compacting Concrete (SCC)	10
2.4.1 Semen	11
	viii

2.4.2 Air	13
2.4.3 Agregat	13
2.4.4 Bahan Tambah	14
2.5 Serbuk Kayu	14
2.6 Superplasticizer	16
2.7 Zat Aditif Natrium Nitrat (NaNO_3)	16
2.8 Faktor Air Semen (FAS)	17
2.9 Pengujian Kuat Tekan	18
2.10 Penelitian Terdahulu	18
 BAB 3 METODE PENELITIAN	 21
3.1 Metode Penelitian Umum	21
3.2 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data	21
3.2.1 Data Primer	21
3.2.2 Data Sekunder	22
3.2.3 Teknik Pengambilan Data	24
3.3 Pelaksanaan Penelitian	24
3.3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.3.2 Rancangan Penelitian	24
3.4 Bahan dan Peralatan	25
3.4.1 Bahan	25
3.4.2 Peralatan	25
3.5 Persiapan Penelitian	27
3.6 Pemeriksaan Agregat	27
3.6.1 Analisa Saringan	27
3.6.2 Kadar Air	28
3.6.3 Berat Jenis Agregat Halus dan Penyerapannya	29
3.6.4 Berat Jenis Agregat Kasar dan Penyerapannya	30
3.6.5 Berat Isi Agregat	32
3.6.6 Kadar Lumpur Agregat	33
3.7 Mix Design	34
3.8 Perencanaan Campuran Beton	34

3.9 Pembuatan Benda Uji	36
3.10 Slump Flow Test	36
3.11 L-Shaped Box Test	37
3.12 V-Funnel Test	38
3.13 Perendaman Benda Uji	38
3.14 Pengujian Kuat Tekan Beton	38
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Tinjauan Umum	39
4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat	39
4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	39
4.3.1 Pengujian Analisa Saringan	40
4.3.2 Kadar Air	41
4.3.3 Berat Isi dan Penyerapan Air	41
4.3.4 Berat Isi Agregat	42
4.3.5 Kadar Lumpur	43
4.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	43
4.4.1 Pengujian Analisa Saringan	44
4.4.2 Kadar Air	45
4.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan	45
4.4.4 Berat Isi	46
4.4.5 Kadar Lumpur	47
4.5 Perencanaan Campuran Beton	47
4.6 Perhitungan Mix Design	48
4.7 Pemeriksaan Slump Flow	55
4.8 Pemeriksaan Viskositas	57
4.9 Pemeriksaan Passing Ability	57
4.10 Pengujian Kuat Tekan Beton	58
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	62
 DAFTAR PUSTAKA	
	63

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variasi campuran beton	23
Tabel 3.2	Rumus menghitung berat jenis agregat halus	28
Tabel 3.3	Rumus menghitung berat jenis agregat kasar	29
Tabel 4.1	Hasil pengujian anilisa agregat halus	39
Tabel 4.2	Hasil pengujian kadar air agregat halus	40
Tabel 4.3	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	40
Tabel 4.4	Hasil perhitungan berat isi agregat halus	41
Tabel 4.5	Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus	42
Tabel 4.6	Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar	43
Tabel 4.7	Hasil pengujian kadar air agregat kasar	44
Tabel 4.8	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	45
Tabel 4.9	Hasil pengujian berat isi agregat kasar	46
Tabel 4.10	Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	46
Tabel 4.11	Data-data Hasil Tes Dasar	47
Tabel 4.12	Variasi penambahan serbuk kayu dan admixture	48
Tabel 4.13	Komposisi campuran Beton SCC	48
Tabel 4.14	Nilai <i>slump flow</i> beton SCC	55
Tabel 4.15	Nilai <i>flow time v-funnel</i> beton SCC.	56
Tabel 4.16	Nilai <i>passing ability</i> beton SCC	57
Tabel 4.17	Pengujian Kuat Tekan	58
Tabel 4.18	Nilai rata-rata kuat tekan	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip dasar produksi Self Compacting Concrete	8
Gambar 2.2 Alat Slump Flow Test	8
Gambar 2.3 Alat L-Shape Box Test	8
Gambar 2.4 Alat V-Funnel Test	10
Gambar 2.5 Perbandingan beton normal dengan SCC	10
Gambar 2.6 Mesin Kuat Tekan Beton	18
Gambar 3.1 Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan	22
Gambar 3.1 Benda Uji Silinder	34
Gambar 4.1 Grafik <i>slump flow</i> beton SCC	55
Gambar 4.2 Grafik kuat tekan beton	59
Gambar 4.3 Grafik rata-rata kuat tekan beton	59
Gambar 4.4 Grafik selisih terhadap SCCN	60

DAFTAR NOTASI

f'_c	= Kuat tekan beton	(MPa)
P	= Beban maksimum	(N)
A	= Luas penampang yang menerima tekan	(mm ²)
H_1	= Tinggi rata-rata beton segar pada bagian boks vertikal	(mm)
H_2	= Tinggi rata-rata beton segar pada bagian ujung boks horizontal	(mm)
PF	= Faktor kerapatan	
w/c	= Faktor air semen rencana	
W_s	= Jumlah agregat halus	(kg/m ³)
W_g	= Jumlah agregat kasar	(kg/m ³)
W_{sL}	= Berat isi agregat halus	(kg/m ³)
W_{gL}	= Berat isi agregat kasar	(kg/m ³)
s/a	= Perbandingan agregat kasar dan agregat halus	(%)
C	= Jumlah semen	(kg/m ³)
W_f	= Jumlah fly ash yang digunakan	(kg/m ³)
$A\%$	= Persentase fly ash yang digunakan	(%)
W_{wc}	= Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen	(kg/m ³)
W_{sp}	= Jumlah superplasticizer	(kg/m ³)
$n\%$	= Dosis superplasticizer yang digunakan	(%)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Beton merupakan bahan yang banyak digunakan dan menjadi unsur utama pada bangunan. Kelebihan beton antara lain memiliki kuat tekan yang tinggi dibanding kuat tariknya, mudah dibentuk, tidak memerlukan perawatan khusus, bahan susun mudah didapat dari alam sekitar, dan lebih awet dibandingkan bahan bangunan lain. Semakin banyak beton digunakan sebagai bahan penyusun struktur beton, maka mendorong para peneliti untuk mengembangkan material maupun cara pembuatan beton. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, banyak penelitian yang telah dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat beton terutama dari segi kekuatannya menahan beban, daya tahan, keawetan, dan kemudahan pengerjaannya. Usaha untuk melakukan peningkatan mutu dan kekuatan beton diantaranya dengan menambahkan zat aditif atau dengan menambahkan serbuk kayu (limbah gergaji) kedalam campuran beton (Munir Ritonga Achmad, dkk 2023).

Keandalan beton sebagai material konstruksi yang paling banyak digunakan tidak diragukan lagi. Sampai saat ini secara material beton masih lebih jauh lebih murah dari pada baja. Tidak hanya faktor ekonomis saja, para peneliti dibidang energi juga telah memperhatikan faktor energi dalam memberikan penilaian material beton yang lebih ramah lingkungan. Pada proses pemadatan beton, diperlukan bantuan getaran dan tumbukan. Tetapi dapat menyulitkan ketika pengerjaan pada daerah – daerah atau tempat yang sempit yang tidak bisa dijangkau oleh alat pemadat beton. Seperti yang telah kita ketahui bahwa dalam era globalisasi kita dituntut untuk mengikuti perkembangan teknologi yang ada. Hal ini disebabkan kebutuhan manusia akan teknologi semakin besar. Hal yang serupa juga terjadi pada teknologi beton. Perkembangan dunia teknologi beton saat ini mengarah pada beton dengan tingkat fluiditas yang tinggi sehingga tidak perlu lagi bantuan pemadatan yaitu *Self Compacting Concrete* (S.C.C) (Kukun Rusyandi, Jamul Mukodas 2012).

Beton memadat mandiri (*self compacting concrete, SCC*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini, memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan van admixture superplastiziser untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip grafitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembedaan yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton (Budi, A. S., Sangadji, S., & Insiyroh 2018).

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 terdapat kadar selulosa dan hemiselulosa yang apabila ditambahkan dengan campuran semen dan campuran pasir berbentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/ partikel dan memberikan kerapatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat difusi air dalam material. Dengan demikian dapat dihasilkan beton yang lebih kuat dan relatif tidak tembus air, yang dapat dipakai sebagai bahan konstruksi untuk tujuan khusus (Gargulak, 2001)

Dalam pembuatan beton untuk mengurangi rongga – rongga udara pada beton, dan mengusahakan agar beton lebih kedap air. Maka perlu menguji pemakaian serbuk kayu sebagai filler atau pengisi pori – pori beton agar lebih kedap air dan ditambah dengan tambahan *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)* agar mempercepat proses pengeringan beton (Munir Ritonga Achmad, dkk 2023).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka perlu dilakukan penelitian bagaimana jika serbuk kayu digunakan sebagai agregat halus dan penambahan *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)* terhadap campuran beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapat beberapa permasalahan diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh dari persentase serbuk kayu sebagai agregat halus dan *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)* sebagai bahan tambah kimia dalam campuran (SCC) terhadap kuat tekan beton (SCC) pada benda uji silinder ?
2. Bagaimana hasil perbandingan antara (SCC) normal dan (SCC) menggunakan campuran serbuk kayu dan *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)* ?

1.3 Ruang Lingkup

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini, maka penulis membatasi permasalahan diantaranya sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
2. Metode perencanaan campuran beton menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia).
3. Penelitian ini berfokus pada uji kuat tekan beton.
4. Semen yang digunakan adalah semen *Portland* tipe I dengan merek Padang.
5. Agregat kasar dan air yang digunakan berasal dari Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Sedangkan agregat halus yang dipakai berasal dari pasir sungai di Binjai dan limbah serbuk kayu jati
6. Persentase serbuk kayu yang digunakan pada penelitian ini adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dari agregat halus yang digunakan dan benda uji masing-masing variasi sebanyak 3 (tiga) buah.
7. Persentase *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1% dari berat semen sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton.
8. Kuat tekan rencana (f_c') yang digunakan adalah 25 MPa.
9. Jumlah seluruh benda uji adalah 12 buah.
10. Benda uji berupa cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.
11. Umur beton yang diuji adalah 28 hari.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh serbuk kayu dan *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)* sebagai bahan tambah semen dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton pada benda uji silinder.
2. Untuk mengetahui hasil perbandingan antara *SCC* normal dengan *SCC* yang menggunakan campuran serbuk kayu dan *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dengan memberikan informasi bahwa serbuk kayu sebagai pengganti agregat halus dengan tambahan bahan kimia *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)* terhadap campuran beton dapat memberikan peningkatan kualitas beton dan menjadi bukti bahwa penggunaan serbuk kayu sebagai pengganti agregat halus karena cara mendapatkannya mudah dan juga ekonomis.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menerangkan tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, dan metode analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Self Compacting Concrete (SCC)

Beton memadat mandiri (*self compacting concrete, SCC*) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini, memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *van admixture superplastizer* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip grafitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang Sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton. (Ladwing, II – M., Woise, F., Hemrich, W. and Ehrlich, N. 2001)

Self Compacting Concrete (SCC) merupakan hasil riset di Jepang pada awal tahun 80-an. Beton SCC merupakan beton yang inovatif yang tidak memerlukan getaran ataupun alat pemadat karna beton SCC dapat memadat sendiri. Hal ini karna beton SCC dapat mengalir di bawah beratnya sendiri, sehingga dapat mempermudah dalam pengerjaan beton terutama pada struktur dengan menggunakan tulangan kompleks, karna beton SCC dapat mengalir dan mengisi setiap ruang kosong dari cetakannya (Efnarc, 2005). Beton segar SCC memiliki fluiditas tinggi yang dapat mengalir dan mengisi ruang-ruang dalam cetakan dengan sedikit atau tanpa proses getaran (Okamura, H dan Ouchi, M, 2003).

SCC adalah suatu beton yang ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir melalui tulangan dan memenuhi seluruh ruang yang ada didalam cetakan secara padat tanpa ada bantuan pemadatan manual atau getaran mekanik (Rusyandi, Mukodas 2012).

Beton SCC sering digunakan untuk mengatasi kesulitan campuran beton masuk ke bagian sambungan balok-kolom karena jarak pembesian yang terlalu sempit (Hamdani 2018).

Kelebihan-kelebihan dalam penggunaan SCC antara lain:

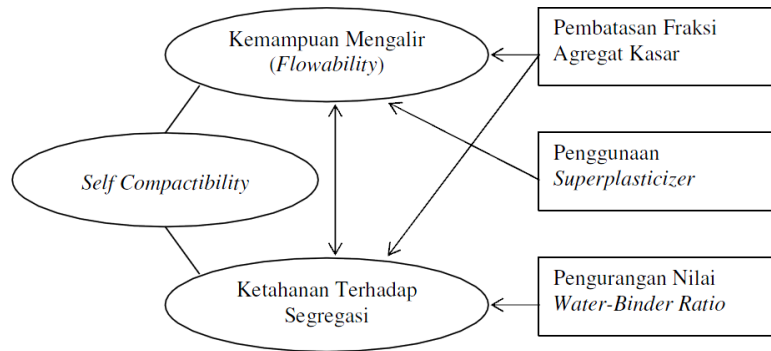
- a) tidak memerlukan penggetaran dengan vibrator,
- b) meminimalisir tenaga kerja,
- c) mengurangi kebisingan,
- d) memudahkan pengecoran pada elemen struktur beton yang sulit dipadatkan,
- e) mempercepat waktu pelaksanaan proyek, dan
- f) meningkatkan durabilitas struktur (Herbudiman, 2013)

2.2 Karakteristik Self Compacting Concrete (SCC)

Suatu beton dikatakan SCC apabila sifat dari beton segar memenuhi kriteria sebagai berikut yaitu:

- a) Filling Ability Kemampuan campuran beton segar mengisi ruangan atau cetakan dengan beratnya sendiri, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan filling maka beton segar diuji menggunakan alat slump cone, dengan waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm (SF_{50}) 3 – 15 detik dan diameter maksimum yang dicapai aliran beton (SF_{max}) 65 – 75 cm. (Japan Society of Civil Engineers Guidelines for Concrete,2007)
- b) Passing Ability Kemampuan campuran beton segar untuk melewati celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat L-Shape Box, dengan perbedaan tinggi yang diperlukan aliran beton arah horizontal ($H2/H1$) lebih besar dari 0,8. (The European Guidelines For Self Compacting Concrete,2005)
- c) Segregation Resistance Ketahanan campuran beton segar terhadap segregasi, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini dilakukan uji dengan menggunakan alat V-Funnel, dengan waktu yang diperlukan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut di ujung bawah alat ukur V-funnel antara 7 – 13 detik. (Japan Society of Civil Engineers Guidelines for Concrete,2007)

Konsep dasar yang diterapkan dalam proses produksi SCC ditunjukkan pada Gambar 2.1.



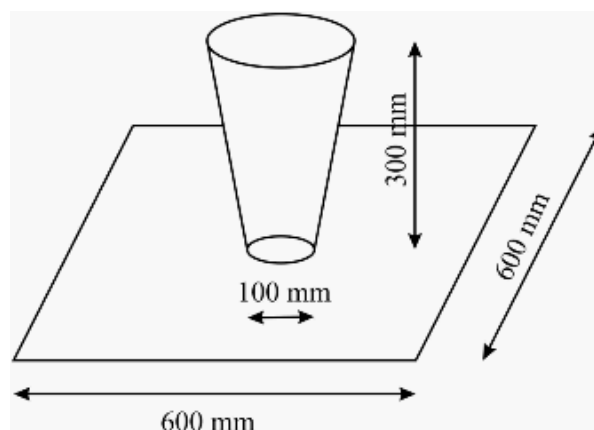
Gambar 2.1: Prinsip dasar produksi Self Compacting Concrete.

2.3 Metode Tes

Metode test yang telah dikembangkan untuk menentukan karakteristik beton SCC yang bisa mewakili ketiga syarat di atas adalah sebagai berikut.

2.3.1 Slump Flow Test

Pengujian dengan alat Slump Cone bertujuan untuk menguji filling ability dari SCC. Dengan alat ini dapat diketahui kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan. Adapun alat slump cone dapat dilihat pada gambar 2.2.



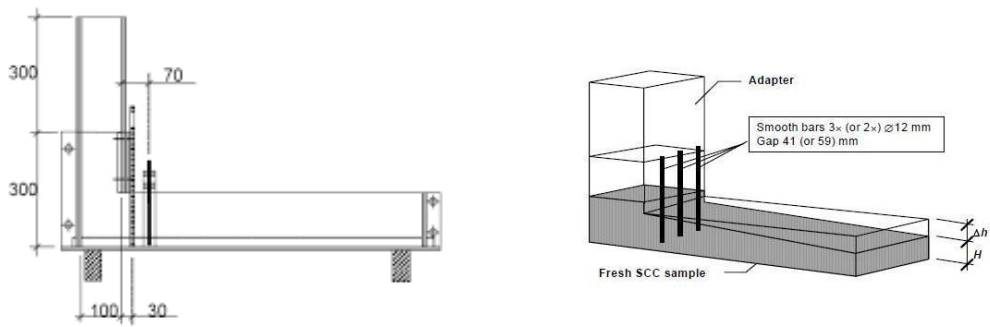
Gambar 2.2: Alat Slump Flow Test.

2.3.2 L-shaped Box

L-shaped Box atau disebut juga dengan Swedish Box adalah alat berbentuk huruf L yang terbuat dari besi. Alat ini berfungsi untuk menguji passing ability dari SCC. Pada alat ini, antara arah horizontal dan vertical dibatasi dengan sekat penutup yang terbuat dari besi yang dapat dibuka dengan cara ditarik ke atas. Di depan sekat penutup tersebut terdapat halangan berupa tulangan baja yang berfungsi untuk menguji kemampuan campuran beton dalam melewati tulangan yang sesuai dengan keadaan di lapangan. (Gambar 2.3)

Syarat-syarat passing ability yang harus dipenuhi oleh SCC adalah nilai Passing ability (PA) 0,8 – 1,0, dimana nilai PA didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

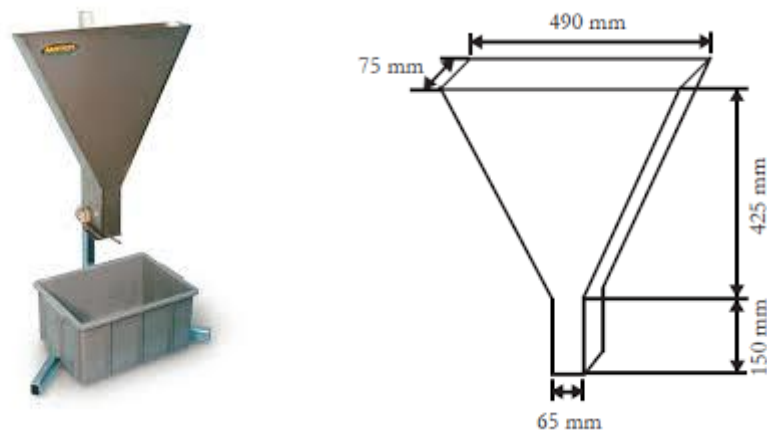
$$PA = \frac{H_2}{H_1} \quad (2.1)$$



Gambar 2.3: Alat L-Shape Box.

2.3.3 V-Funnel Tes

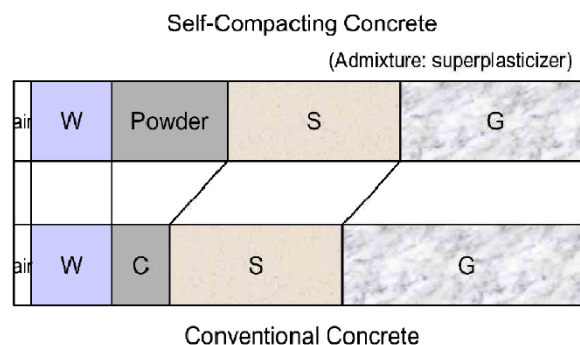
Metode pengujian ini berguna untuk mengevaluasi ketahanan segregasi material beton SCC. Alat yang digunakan adalah v-funnel seperti terlihat pada Gambar 2.4 (Okamura, H dan Ouchi, M, 2003).



Gambar 2.4: Alat Funnel Test.

2.4 Material Self Compacting Concrete (SCC)

Okamura dan Ouchi (2003) membandingkan beton konvensional dengan SCC dari sisi proporsi pencampurannya, yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5: Perbandingan beton normal dengan SCC. (Ouchi, Okamura, 2003)

Keterangan: W = water S = sand
 C = cement G = gravel

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa pada volume yang sama, komposisi material yang diperlukan SCC dan beton konvensional adalah berbeda. Komposisi powder pada SCC lebih banyak dibandingkan komposisi semen pada beton konvensional, powder pada SCC dapat berupa semen ataupun berupa binder (bahan pengikat dalam campuran beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi).

Sedangkan komposisi kerikil SCC lebih sedikit dibandingkan komposisi kerikil pada beton konvensional.

Kualitas beton dapat ditentukan dengan cara pemilihan bahan-bahan pembentuk beton yang baik, perhitungan proporsi yang tepat, cara pengerjaan dan perawatan beton dengan baik, serta pemilihan bahan tambah yang tepat dengan jumlah optimum yang diperlukan. Bahan pembentuk beton adalah semen, agregat, air, dan biasanya dengan bahan tambah atau pengisi (Zulkarnain et al. 2021).

2.4.1 Semen

Semen adalah bahan perekat hidrolis yang artinya senyawa-senyawa yang terdapat di dalam semen tersebut mengalami reaksi dengan air yang kemudian membentuk zat yang digunakan untuk merekatkan batu bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya (Passa dan Safitri 2021).

Menurut (Dewi, Jaya, dan Hermala 2022), semen dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Semen non hidraulis

Semen non hidrolis merupakan semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air. Contohnya adalah kapur.

2. Semen hidraulis

Semen hidraulis merupakan semen yang dapat mengeras dalam air menghasilkan padatan yang stabil dalam air. Contohnya adalah semen *Portland*, semen *pozzolan*, semen alumina, semen terak, semen alam dan lain-lain.

Semen *portland* adalah semen yang dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan yang mengandung kalsium karbonat seperti kapur dengan bahan lain yang mengandung silica, alumina dan oksida besi seperti lumpur atau tanah liat. Bahan-bahan ini kemudian dicampur menjadi satu. Campuran ini kemudian dipanaskan sehingga terbentuklah klinker. Klinker ini kemudian dihaluskan menjadi bubuk dan dicampurkan dengan gips atau kalsium sulfat sebagai bahan tambahan (Hermawan 2018).

Menurut (Passa dan Safitri 2021), semen *Portland* terbagi menjadi lima tipe yaitu sebagai berikut.

1. Tipe I

Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti pada tipe yang lain. Semen tipe 1 ini merupakan semen yang paling banyak digunakan yaitu 80% - 90% dari produksi semen *Portland*.

2. Tipe II

Semen tipe ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan seperti di bawah ini.

- Pelabuhan
- Pondasi atau *basement* dimana tanah atau air tanah terkontaminasi oleh sulfat
- Bangunan-bangunan yang berhubungan dengan rawa
- Saluran air bangunan atau limbah

3. Tipe III

Semen dengan tipe ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan seperti dibawah ini.

- Beton pracetak
- Bangunan yang membutuhkan pembongkaran *bekisting* yang cepat
- Perbaikan beton
- Pembetonan di daerah dingin

4. Tipe IV

Semen dengan tipe ini memiliki kuat tekan yang lebih rendah pada bangunan-bangunan sebagai berikut.

- Konstruksi
- *Basement*
- Bangunan pada daerah panas

5. Tipe V

Semen tipe ini sama dengan semen tipe 2 dengan kontaminasi sulfat yang lebih pekat.

Penggunaan semen merupakan hal penting dalam kemudahan pengerjaan (*workability*) karena semen berfungsi sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat (Siregar, Turnip, dan Ginting 2022).

2.4.2 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan campuran beton. Air berfungsi agar membuat semen bereaksi dengan agregat kasar dan agregat halus kemudian menjadi satu kesatuan. Pencampuran air dan semen akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan hidrasi (Dewi et al. 2022).

Penggunaan air dalam campuran beton tidak boleh terlalu banyak karena akan menyebabkan kekuatan beton yang rendah. Air yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, tidak mengandung minyak, tidak mengandung alkali, garam- garaman, zat organis yang dapat merusak beton. Selain itu air juga digunakan dalam perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor (Mulyadi, Diawarman, dan Ismail 2018).

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada hal-hal berikut.

1. Sifat *workability* adukan beton
2. Besar kecilnya nilai susut beton
3. Kelangsungan reaksi dengan semen *portland*, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik

2.4.3 Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat merupakan material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar yang dipakai bersama-sama dengan satu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolis. Menurut (Hermawan 2018), berdasarkan ukurannya agregat terbagi menjadi dua yaitu sebagai berikut.

1. Agregat halus

Agregat halus merupakan agregat isi yang berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) dengan ukuran kecil yaitu 0,15-5mm. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No.200 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton (Mulyadi et al. 2018)

2. Agregat kasar

Agregat kasar merupakan agregat dengan besar butiran lebih dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya tertahan di ayakan 4,75 mm (No.4 sesuai standart ASTM). Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butiran yang keras, permukaan yang kasar, dan kekal. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dan agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat alkali (Mulyadi et al. 2018).

2.4.4 Bahan Tambah

Bahan tambah (*admixture*) merupakan bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama proses pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan tambah ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu ataupun untuk menghemat biaya.

Bahan tambah biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dan tetap harus pada pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan karena apabila jumlah bahan tambah yang diberikan itu berlebihan dapat memperburuk sifat beton.

2.5 Serbuk Kayu

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 Pertiwi 2021).

Pada serbuk kayu sendiri juga terdapat selulosa dan hemiselulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen dan pasir pembentuk beton, senyawa tersebut akan terserap pada permukaan dan memberikan ikatan antar partikel, serta

menghambat difusi air dalam material. Maka dari itu di hasilkan beton yang lebih kuat dan relatif tidak tembus air, yang dapat dipakai pada kosntruksi (Muhammad & Dewi Pertiwi 2021).

Pada serbuk kayu terdapat kadar selulosa dan hemislulosa yang apabila ditambahkan dengan campuran semen dan campuran pasir berbentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/ pratikel dan memberikan kerapatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya, serta menghambat difusi air dalam material. Dengan demikian dapat dihasilkan beton yang lebih kuat dan relatif tidak tembus air, yang dapat dipakai sebagai bahan konstruksi untuk tujuan khusus (Gargulak, 2001).

Limbah biomassa yang merupakan limbah serbuk gergajian kayu ialah bahan ampas yang berasal mula dari hasil gergajian kayu dengan pemakaian masih belum dimanfaatkan secara optimal, dan hanya memberikan dampak tidak ramah pada lingkungan. Oleh sebab itu, mulai dikembangkan penggunaan limbah serbuk kayu pada bermacam-macam bidang contohnya adalah bidang konstruksi pembangunan (Rilly Augustin Amilia & Utari Sriwijaya Minaka 2022).

Serbuk kayu relatif murah dan mudah didapat. Serbu kayu paling sering hanya digunakan sebagai bahan bakar, yang dapat diganti dengan minyak tanah, substrat untuk menanam tanaman hias, atau sekadar dibuang ke udara segar. Oleh karena itu, penggunaan abu serbuk kayu akhir-akhir ini semakin meningkat di berbagai bidang, termasuk konstruksi. Beberapa penelitian menunjukkan apabila dengan pembubuhan atau penambahan serbuk kayu pada beton akan dapat memaksimalkan karakteristik mekanik beton seperti kuat tekan serta modulus elastisitas. Namun penambahan serbuk kayu dalam jumlah berlebihan dapat menurunkan sifat mekanik beton dan membuat struktur beton menjadi rapuh. Oleh karena itu, penggunaan serbuk kayu pada beton harus dilaksanakan dengan teliti dan dengan jumlah cukup untuk mencapai hasil yang diperlukan tanpa mengurangi mutu beton. (Boby Marthin Sukmawan Gulo & Nopesman Halawa 2024).

2.6 Superplastisizer

Superplastisizer adalah suatu jenis bahan tambahan kimia yang memiliki fungsi untuk mengurangi kebutuhan air tetapi tetap mempertahankan workability campuran tersebut. Workability dalam beton SCC mencakup kriteria *filling ability*, *passing ability*, dan *segregation resistance* (Mariani, Victor, 2009).

Menurut (Amri, 2005) penambahan superplastisizer memberikan dampak untuk meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan, dan permeabilitas beton. Bahan dasar *superplastisizer* berasal dari *Sulphite Iye*, *albumin*, dan gula. Bahan ini mampu mempercepat waktu pengikatan. *Superplastisizer* dicampur dengan kalsium klorida untuk melawan pengaruh waktu yang disebut dengan retarder.

Hal-hal yang mampu mempengaruhi fungsi superplastisizer yaitu:

1. Dosis dan kadar yang tidak sesuai.
2. Jenis dan gradasi agregat.
3. Tipe semen.
4. Susunan campuran.
5. Suhu pada saat pengerjaan.

Dosis yang disarankan untuk penggunaan superplastisizer adalah 1% sampai 2% dari berat semen. Dosis yang tidak sesuai dapat menyebabkan segregasi dan prolonged set retardation, serta berkurangnya kuat tekan beton (Imran, 2006). Terdapat pula beberapa penelitian yang menggunakan superplastisizer sebagai bahan tambahan untuk campuran beton SCC.

2.7 Zat Aditif Natrium Nitrat (NaNO_3)

Natrium Nitrat (NaNO_3) merupakan bubuk putih atau kristal bening tidak berwarna dan tidak berbau. Bahan kimia ini mempunyai sifat-sifat di antaranya mudah larut dalam ammonia, air, gliserol, dan alkohol, mempunyai titik lebur pada temperatur 307°C serta meledak pada temperature 1000°C (Dimas Anggoro 2017).

Accelerator adalah zat kimia yang berfungsi mempercepat ikatan dan pengerasan campuran beton. Accelerators diperlukan untuk mempercepat proses pengikatan campuran beton apabila pencampuran beton dilakukan di tempat atau dekat dengan penuangannya. Komposisi accelerator secara umum meliputi CaCl_2 ,

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan NaNO_3 . (Martin Amerigo 2022).

Zat kimia untuk mempercepat ikatan dan pengerasan campuran beton (*accelerators*). Diperlukan untuk mempercepat proses pekerjaan konstruksi beton, pencampuran beton dilakukan di tempat atau dekat dengan penuangannya. Zat tambahan yang digunakan adalah CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan NaNO_3 . Namun demikian, lebih dianjurkan menggunakan yang nitrat, karena penggunaan khlorida dapat mempercepat terjadinya karat pada penulangan. (Achmad Basuki 2012)

2.8 Faktor Air Semen (FAS)

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi.

Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Sujatmiko, 2019). Faktor air semen optimum akan memberikan kekuatan dan kepadatan maksimum. Penggunaan faktor air semen yang terlalu tinggi mengakibatkan pasta semen menjadi terlalu cair, dan akan mengalir meninggalkan agregat dan menyebabkan pengendapan pasta semen di dasar dan mengakibatkan penurunan porositas. Faktor air semen yang terlalu rendah mengakibatkan pasta tidak cukup untuk melapisi agregat. Faktor air semen optimum memungkinkan pasta semen untuk melapisi agregat secara seragam (Ginting dan Janabadra, 2017).

Hasil penelitian (Mustakim, 2020) menggunakan FAS 0,45 dengan penambahan superplasticizer dan retarder didapatkan nilai kuat tekan awal beton SCC cukup tinggi, dimana presentase kuat tekan beton umur 3 dan 7 hari untuk variasi satu 45,89% dan 66,44% serta variasi kedua 46,88% dan 66,88% terhadap presentase kuat tekan beton umur 28 hari.

2.9 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besar beban per satuan luas. Benda uji beton dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan hingga hancur. Pengujian kuat tekan beton pada benda uji dilaksanakan pada beton umur 28 hari (Setiawan, Adhy, and Ahyar 2021).

Menurut SNI 1974:2011, persamaan untuk menghitung nilai kuat tekan beton adalah sebagai berikut.

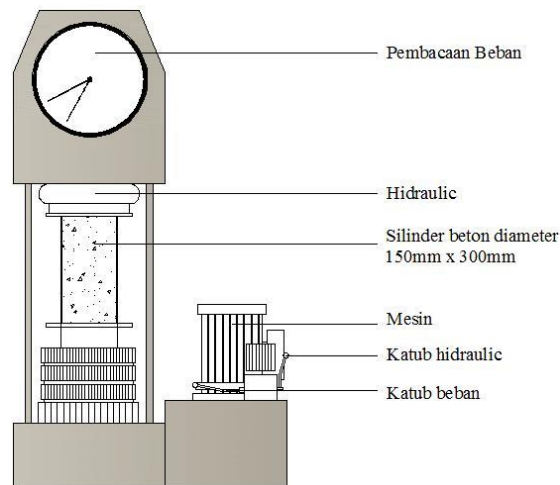
$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

Dimana:

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban (N)

A = Luas penampang (mm^2)



Gambar 2.6: Mesin Kuat Tekan Beton.

2.10 Penelitian Terdahulu

Menurut hasil penelitian Bagas Wahyu Adhi, Beni Setiyanto dan Andri Kurniawan (2022), menyatakan bahwa hasil pengujian kuat tekan beton untuk beton normal rata-rata kuat tekannya untuk estimasi umur 28 hari adalah 362.235 kg/cm^2 sedangkan untuk Beton Inovasi rata-rata kuat tekan pada estimasi umur 28

hari adalah 326.69 kg/cm². Dari kedua pengujian tersebut bahwa terdapat selisih antara estimasi kuat tekan beton umur 28 hari sebesar 10 % dari beton normal. Sedangkan untuk aspek dari nilai ekonomisnya Berdasarkan rencana anggaran biaya dapat disimpulkan bahwa beton konvensional lebih mahal dibandingkan dengan beton inovasi. Beton konvensional mengeluarkan biaya sebesar Rp. 2.214.605 sedangkan beton inovasi mengeluarkan biaya sebesar Rp. 2.046.300, Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton inovasi lebih ekonomis dari beton konvensional dengan selisih sebesar Rp.166.305.

Menurut hasil penelitian Achmad Munir Ritonga, Khairul Muslim dan Frangky Silitonga (2023), menyatakan bahwa Dari hasil uji tekan beton sebanyak 27 buah beton silinder dan uji tarik belah dengan 9 buah beton kubus dengan tambahan 1% zat aditif NaNO₃ di tiap campuran dengan tambahan serbuk gergaji dengan variasi 0%, 3%, 5%, maka diperoleh kesimpulan yaitu:

- a. Penggunaan serbuk gergaji berpengaruh dalam kerapatan rongga udara pada beton sehingga apabila ditambahkan serbuk gergaji beton akan mengalami penurunan kuat tekan atau mutu betonnya.
- b. Penggunaan zat additive NaNO₃ berpengaruh dalam peningkatan kuat tekan beton hanya pada saat beton berumur 3 hari, yaitu mengalami peningkatan 2% lebih besar kuat tekannya dibandingkan oleh beton normal umur 3 hari, sedangkan pada saat beton berumur 7 hari beton sudah tidak mengalami peningkatan kuat tekannya.
- c. Beton yang berumur 28 hari dan telah dicampur 1% zat aditif dengan 0% campuran serbuk gergaji ternyata memiliki kuat tekan 124 %, ini berarti beton tersebut memiliki kuat tekan yang sama dengan beton normal yang berumur 90 hari.
- d. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa beton dengan campuran 3% serbuk kayu dapat dikategorikan sebagai beton ringan karena memiliki berat jenis kurang dari atau sama dengan 2200 kg/cm³ dan bisa dijadikan sebagaibeton non structural karena memiliki $f'_c > 15$ MPa.
- e. Dari hasil penelitian didapatkan perbandingan Tarik belah beton kubus dengan kuat tekan beton silinder umur 28 hari dengan campuran 0% serbuk kayu adalah 11.20%, 3% serbuk kayu adalah 4.74% dan 5% serbuk kayu adalah 1.05%,

seluruhnya memiliki nilai dibawah 15 % dari kuat tekan betonnya

Menurut hasil penelitian Tria Mahyuni Palian, Frans Phengkarsa dan Luciana Buarlele (2023), menyatakan bahwa Hasil dari penelitian ini berdasarkan pengujian kuat tekan beton pada umur 14 hari didapatkan hasil perbandingan antara kuat tekan 0,5% serbuk gergaji 5,43 dan 1% variasi 8,31 degan beton normal. Sedangkan pada umur 28 hari diperoleh hasil perbandingan antar kuat tekan beton biasa dengan beton yang menggunakan serbuk gergaji. Kuat tekan mengalami penurunan sebesar 17,37% dengan perubahan serbuk gergaji sebesar 0,5% dan sebesar 10,77% dengan perubahan serbuk gergaji sebesar 1% untuk beton biasa.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian Umum

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang melakukan suatu proses atau percobaan untuk mendapatkan data dan menganalisa data yang diperoleh. Dalam penelitian ini metodologi berfungsi sebagai panduan kegiatan dalam pengumpulan data.

3.2 Sumber Data dan Teknik Pengambilan Data

3.2.1 Data Primer

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

- a. Analisa saringan agregat (SNI ASTM C136:2012)
- b. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969:2016)
- c. Berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970:2016)
- d. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 1971:2011)
- e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat (SNI 03-4141, 1996)
- f. Pemeriksaan berat isi agregat (SNI 1973:2008)
- g. Perencanaan campuran beton (*mix design*) *modified method* SNI (03-2834-2000)
- h. Metode pengujian waktu alir beton dengan kerucut uji slump yang dibalik (SNI 03-6431-2000)
- i. Metode uji passing ability dengan *L-Box* (SNI 8348-2017)
- j. Metode uji ketahanan segregasi *V-Funnel* test
- k. Pembuatan dan perawatan benda uji beton (SNI 2493:2011)
- l. Spesifikasi bahan tambah untuk beton (SNI 03-2495, 1991)
- m. Uji kuat tekan beton (SNI 1974:2011)

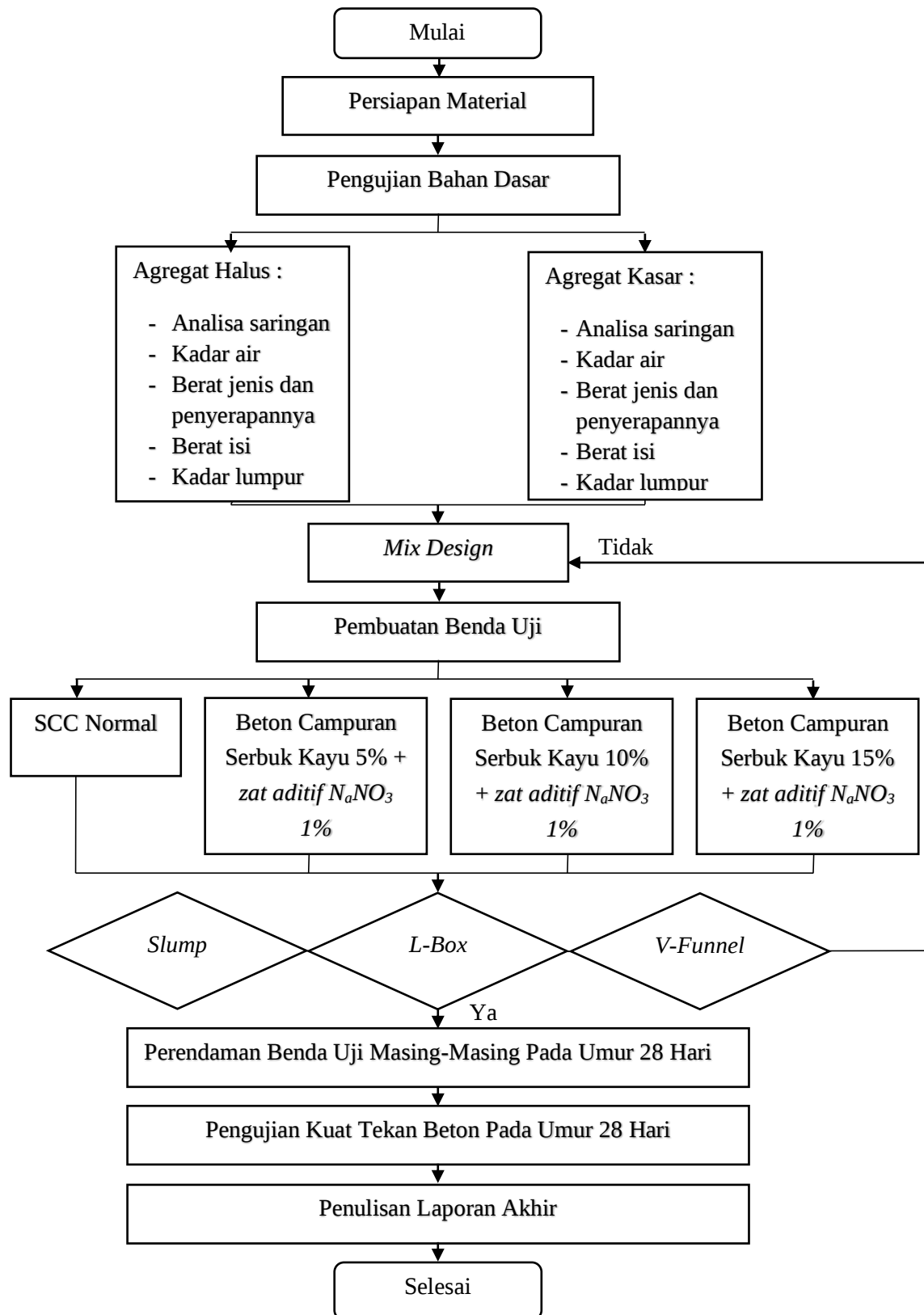
3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur), konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing, dan data-data teknis SNI 7656:2012 serta buku-buku SNI lainnya yang berhubungan dengan beton, konsultasi dengan dosen pembimbing secara langsung serta tim pengawas Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Metode penelitian dilakukan dengan cara membuat benda uji terlebih dahulu di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal yang menggunakan serbuk kayu sebagai bahan campuran agregat halus dengan variasi 5%, 10%, dan 15% dari agregat halus yang digunakan dan penambahan *Zat Aditif N_2O_3* sebagai bahan tambah kimia pada campuran beton dengan persentasi 1% dari berat semen. Sedangkan waktu pengujian yang dilakukan adalah setelah beton berumur 28 hari.

Persiapan material merupakan langkah awal dalam melaksanakan penelitian ini, setelah semua persiapan dilakukan maka dapat dilakukan pengujian material, pengujian material mencakup seluruh bahan dalam pembuatan beton yaitu pengujian agregat halus, pengujian agregat kasar, pengujian semen, pengujian air dan serbuk kayu sebagai bahan pengganti agregat halus dalam penelitian pembuatan campuran untuk memperkuat nilai kuat tekan dalam beton.

Jika semua tahap di atas telah dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan *mix design*. Pada tahap ini semua bahan yang sudah diuji akan dicampur menjadi satu berdasarkan data yang telah didapat sebelumnya. Pada penelitian ini, *mix design* dibuat dalam dua variasi yaitu beton normal dan beton campuran serbuk kayu. Benda uji akan dibuat pada cetakan berbentuk silinder sebanyak 12 buah yang akan diuji pada umur beton 28 hari.

Selanjutnya pengujian benda uji yaitu kuat tekan beton, data-data yang diperoleh dari hasil pengujian dilampirkan di dalam pembahasan yang akan dihitung analisa datanya. Analisa data tersebut akan menjadi kesimpulan pada penelitian yang dilakukan. Tahap-tahap penelitian ini dapat dilihat secara skematis dalam bentuk bagan alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Tahapan singkat penelitian yang dilaksanakan.

3.2.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan dengan metode eksperimen. Untuk beberapa hal pada pengumpulan data, digunakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton atau literatur dan konsultasi langsung dengan Dosen Pembimbing.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.3.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah dengan metode eksperimen. Rancangan penelitian ini menggunakan campuran serbuk kayu dengan persentase 5%, 10%, dan 15% dan bahan tambah *Natrium Nitrat* ($NaNO_3$) dengan persentase 1%. Benda uji yang akan dibuat adalah berbentuk silinder untuk menguji kuat tekan beton. Jumlah sampel penelitian sebanyak 12 buah dengan umur 28 hari. Untuk lebih jelasnya persentase serbuk kayu dan *Natrium Nitrat* ($NaNO_3$) pada pembuatan benda uji kuat tekan beton akan disajikan ke dalam bentuk tabel.

Tabel 3.1: Variasi campuran beton.

No.	Kode Benda Uji	Agregat Kasar	Agregat Halus	Serbuk Kayu	Zat Aditif $NaNO_3$	Superplasticizer	Jumlah Sampel
1	SCCN	100%	100%	0%	0%	1%	3
2	SCKN 5%	100%	95%	5%	1%	0%	3
3	SCKN 10%	100%	90%	10%	1%	0%	3
4	SCKN 15%	100%	85%	15%	1%	0%	3
Jumlah							12

Keterangan:

SCCN = SCC normal

SCKN = SCC serbuk kayu $NaNO_3$

3.4 Bahan dan Peralatan

3.4.1 Bahan

Material pembentuk beton yang digunakan, yaitu :

1. Semen
Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Padang PC (*Portland Cement*) tipe I.
2. Agregat halus
Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat yang berasal dari pasir sungai Binjai, Sumatera Utara.
3. Agregat kasar
Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah batu kerikil yang berasal dari Binjai, Sumatera Utara.
4. Air
Air yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari PDAM Tirtanadi Medan.
5. Serbuk Kayu
Serbuk kayu yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk kayu jati.
6. Bahan Tambah
Bahan tambah yang digunakan adalah *Zat Aditif Natrium Nitrat* ($NaNO_3$).

3.4.2 Peralatan

Alat yang digunakan pada penelitian ini telah tersedia di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Satu set saringan agregat halus, yaitu : No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No. 100, Pan. Saringan ini digunakan untuk memeriksa gradasi pasir yang digunakan. Sedangkan untuk agregat kasar yang digunakan hanya saringan 3/8", dan No.4 karena berdasarkan (SNI 2843-2000) ukuran maksimum agregat kasar yang cocok untuk campuran SCC adalah 20 mm.
2. Timbangan digital
Berfungsi sebagai alat untuk menimbang berat bahan yang digunakan secara akurat.

3. Gelas ukur
Digunakan sebagai takaran air.
4. Oven
Berfungsi sebagai alat untuk mengeringkan sampel bahan.
5. Wadah atau ember
Berfungsi sebagai tempat air perendaman sampel.
6. Mesin aduk beton (molen)
Berfungsi untuk membuat campuran adonan beton.
7. Kerucut Abrams
Berfungsi untuk menguji *slump*.
8. L-shape Box
Alat ini berfungsi untuk menguji passing ability dari SCC.
9. V funnel
Alat untuk pengujian ketahanan segregasi.
10. Penggaris
Berfungsi untuk mengukur tinggi *slump*.
11. Cetakan silinder
Berfungsi untuk mencetak benda uji.
12. Plastik
Sebagai wadah agregat.
13. Sekop tangan
Berfungsi untuk mengaduk dan memasukkan agregat ke dalam cetakan.
14. Sendok semen
Berfungsi untuk meratakan adonan beton.
15. Pan
Berfungsi untuk wadah campuran beton.
16. *Compression Testing Machine*
Merupakan alat untuk menguji kuat tekan beton.

3.5 Persiapan Penelitian

Setelah seluruh material yang diperoleh telah sampai di lokasi, maka material dipisahkan menurut jenisnya untuk mempermudah 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.

3.6 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus bertujuan untuk mengetahui kelayakan agregat untuk bahan percampuran dan pembentukan beton. Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dilakukan di Laboratorium beton mengikuti panduan SNI tentang pemeriksaan agregat.

3.6.1 Analisa Saringan

Analisa saringan adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Analisa saringan bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butir agregat dan untuk menentukan pembagian gradasi agregat halus dan agregat kasar.

Gradasi agregat adalah distribusi butiran-butiran dari agregat. Gradasi baik adalah campuran agregat dengan ukuran butiran yang terdistribusikan dengan merata. Ukuran butiran agregat bergradasi baik disebut juga dengan agregat bergradasi rapat.

Alat, bahan, dan cara kerja mengikuti SNI ASTM C136:2012 serta mengikuti panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang uji analisa saringan.

Prosedur percobaan analisa saringan adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Bersihkan agregat yang akan diuji kemudian keringkan dengan oven.
3. Bersihkan masing-masing saringan yang akan digunakan lalu timbang berat berat dari masing-masing saringan (W_1).

4. Susunlah saringan mulai dari ukuran saringan yang paling besar lalu tuangkan benda uji pada saringan tersebut dan mulai mengayak.
5. Setelah diayak, masing-masing saringan ditimbang kembali (W_2) dan diperoleh berat benda uji yang tertahan di setiap saringan.

3.6.2 Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah ataupun berat kering. Jumlah air yang terkandung dalam agregat perlu diketahui karena akan mempengaruhi jumlah air yang diperlukan dalam campuran beton. Perhitungan kadar air dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dimana:

P = Kadar air benda uji (%)

W_1 = Massa benda uji (gr)

W_2 = Massa benda uji kering oven (gr)

Alat, bahan, dan cara kerja mengikuti SNI 1971:2011 serta mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar air.

Prosedur percobaan kadar air adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mengambil contoh bahan untuk mewakili sejumlah besar bahan (agregat) yang akan digunakan.
3. Masukkan contoh bahan ke dalam wadah dan ditimbang.
4. Keringkan contoh bahan sampai berat konstan ke dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu $\pm 105^\circ\text{C}$.
5. Keluarkan contoh bahan dari oven dan dinginkan dalam suhu ruangan kemudian ditimbang.

3.6.3 Berat Jenis Agregat Halus dan Penyerapannya

Berat jenis suatu agregat merupakan perbandingan antara nilai massa dan volume dari bahan yang diuji. Sedangkan penyerapan merupakan tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*), berat jenis kering oven (*Bulk*), persentase penyerapan air dari bahan pasir dan abu batu yang akan digunakan sebagai bahan campuran pada beton.

Untuk menghitung berat jenis agregat halus dapat digunakan rumus sebagai berikut.

Tabel 3.2: Rumus menghitung berat jenis agregat halus.

Perhitungan	Notasi
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{(B + S - C)}$
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{S}{(B + S - C)}$
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(B + A - C)}$
Penyerapan air (S_w)	$\left[\frac{S - A}{A} \right] \times 100\%$

Keterangan:

- A = Berat benda uji kering oven (gr)
- B = Berat piknometer berisi garam (gr)
- C = Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gr)
- S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)

Alat, bahan, dan cara kerja pengujian mengikuti SNI 1970:2016 dan mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat jenis dan penyerapan agregat halus.

Prosedur percobaan berat jenis agregat halus dan penyerapannya adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Keringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).
3. Masukkan agregat halus ke dalam cetakan kerucut pasir lalu padatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
4. Masukkan air ke dalam piknometer sampai penuh lalu timbang dan catat hasilnya.
5. Buanglah air dari piknometer.
6. Masukkan contoh agregat ke dalam piknometer lalu isilah piknometer dengan air sampai penuh.
7. Goyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.
8. Tambahkan air sampai setengah lalu panaskan piknometer dengan spiritus ± 15 menit dan 5 menit dipanaskan setelah itu diguncang selama 1 menit. Lakukan sampai 3 kali.
9. Rendamlah piknometer ke dalam ember berisi air selama ± 24 jam.
10. Setelah direndam maka angkat piknometer dan timbang beratnya.

3.6.4 Berat Jenis Agregat Kasar dan Penyerapannya

Berat jenis suatu agregat merupakan perbandingan antara nilai massa dan volume dari bahan yang diuji. Sedangkan penyerapan merupakan tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*), berat jenis kering oven (*Bulk*), persentase penyerapan air dari bahan pasir dan abu batu yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton.

Untuk menghitung berat jenis agregat halus dapat digunakan rumus sebagai berikut.

Tabel 3.3: Rumus menghitung berat jenis agregat kasar.

Perhitungan	Notasi
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{(B - C)}$
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{B}{(B - C)}$
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{(A - C)}$
Penyerapan air (S_w)	$\left[\frac{B}{B - A} \right] \times 100\%$

Keterangan:

- A = Berat benda uji kering oven (gr)
 B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)
 C = Berat benda uji dalam air (gr)

Alat, bahan, dan cara kerja pengujian mengikuti SNI 1969:2016 dan mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Prosedur percobaan berat jenis agregat kasar dan penyerapannya adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Keringkan agregat halus yang jenuh air sampai kondisi kering dengan kondisi contoh tercurah dengan baik (SSD).
3. Masukkan agregat halus ke dalam cetakan kerucut pasir lalu padatkan dengan tongkat pemadat dengan cara memukul sisi dari cetakan sebanyak 25 kali.
4. Masukkan air ke dalam piknometer sampai penuh lalu timbang dan catat hasilnya.
5. Buanglah air dari piknometer.
6. Masukkan contoh agregat ke dalam piknometer lalu isilah piknometer dengan air sampai penuh.
7. Goyangkan piknometer sampai gelembung udara keluar.

8. Tambahkan air sampai setengah lalu panaskan piknometer dengan spiritus ± 15 menit dan 5 menit dipanaskan setelah itu diguncang selama 1 menit. Lakukan sampai 3 kali.
9. Rendamlah piknometer ke dalam ember berisi air selama ± 24 jam.
10. Setelah direndam maka angkat piknometer dan timbang beratnya.

3.6.5 Berat Isi Agregat

Berat isi disebut juga dengan berat satuan agregat adalah rasio antara berat agregat dan isi volume. Berat isi agregat diperlukan dalam perhitungan campuran beton, apabila jumlah bahan ditakan dengan ukuran volume. Besar kecilnya berat agregat tergantung pada berat butiran agregat maka semakin besar pula berat isi agregat dan sebaliknya. Karena berat isi agregat berbanding lurus dengan berat butir agregat sedangkan semakin besar volume agregat maka semakin kecil berat isi agregat karena berat isi agregat berbanding terbalik dengan besarnya volume agregat.

Berat volume agregat ditinjau dalam dua keadaan yaitu berat volume gembur dan berat volume padat. Berat volume gembur merupakan perbandingan berat agregat dengan volume sedangkan berat volume padat adalah perbandingan berat agregat dalam keadaan padat dengan volume. Perhitungan berat isi agregat dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \quad (3.2)$$

Dimana :

W_3 = Berat contoh ($W_3 = W_1 - W_2$) (gr)

W_2 = Berat wadah (gr)

W_1 = Berat contoh dan wadah (gr)

V = Volume wadah (cm^3)

Alat, bahan, dan cara kerja pengujian mengikuti SNI 1973:2008 dan mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang berat jenis dan penyerapan agregat kasar.

Prosedur percobaan berat isi agregat adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Menimbang dan mencatat berat wadah.
3. Mengukur tinggi dan berat wadah.
4. Mencari volume wadah.
5. Mengisi wadah dengan agregat setinggi $\frac{1}{3}$ dari wadah kemudian merojoknya 25 kali lalu isi $\frac{1}{3}$ lagi dan merojoknya 25 kali kemudian isi penuh wadah.
6. Meratakan permukaan benda uji dengan mistar perata.
7. Menimbang dan mencatat berat wadah beserta isi.
8. Menghitung berat isi.

3.6.6 Kadar Lumpur Agregat

Pemeriksaan kadar lumpur agregat dilakukan dengan tujuan untuk menentukan persentase kadar lumpur yang terkandung dalam agregat. Kandungan lumpur yang berlebihan akan mengakibatkan ikatan agregat dengan semen akan rapuh sehingga kuat tekan beton tidak akan diperoleh.

Alat, bahan, dan cara kerja pengujian mengikuti SNI 03-4141, 1996 dan mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang kadar lumpur agregat.

Prosedur percobaan kadar lumpur agregat adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mengambil contoh bahan sampel agregat kasar dan agregat halus.
3. Menyaring benda uji dengan saringan.
4. Menimbang benda uji.
5. Mencuci contoh bahan dengan air bersih lalu jemur hingga berat konstan. Kemudian menimbang kembali.
6. Mengayak agregat halus dan agregat kasar.
7. Menyiapkan bahan.
8. Memindahkan contoh bahan ke dalam wadah kemudian memasukkannya ke dalam oven dengan suhu $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
9. Menimbang berat contoh sesudah di oven.
10. Mencatat berat.

3.7 Mix Design

Mix design dapat didefinisikan sebagai proses merancang dan memilih bahan yang cocok dan menentukan proporsi relatif dengan tujuan memproduksi beton dengan kekuatan tertentu, daya tahan dan seekonomis mungkin.

Metode mix design yang diterapkan untuk SCC dengan kandungan 1% *Zat Aditif Natrium Nitrat ($NaNO_3$)* adalah metode modifikasi antara metode SNI 03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan campuran beton Normal“ dengan menambahkan syarat syarat beton “self compacting” dari The European Guidelines for SCC. Setelah ditentukan berapa besar kandungan superplasticizer dengan penggunaan kadar semen dalam mix design, air dikurangi sesuai kebutuhan sehingga nilai faktor air semennya tetap.

Alat, bahan, dan cara kerja pengujian mengikuti SNI 7656:2012 dan mengikuti buku panduan praktikum beton program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang *mix design*.

3.8 Perencanaan Campuran Beton

Karena tidak adanya SNI yang membahas tentang pembuatan beton SCC, maka dalam penelitian ini cara untuk menentukan proporsi campuran beton SCC berpedoman pada jurnal (Su dkk., 2001) yaitu:

1. Menentukan jumlah agregat halus dan agregat kasar dengan rumus sebagai berikut:

$$W_s = PF \times W_{sL} \times \left(\frac{s}{a} \right) \quad (1)$$

$$W_g = PF \times W_{gL} \times \left(1 - \frac{s}{a} \right) \quad (2)$$

di mana:

W_s = Jumlah agregat halus yang dibutuhkan untuk beton SCC (kg/m^3)

W_g = Jumlah agregat kasar yang dibutuhkan untuk beton SCC (kg/m^3)

PF = Faktor kerapatan agregat (diasumsikan 1,12)

W_{sL} = Berat isi agregat halus (kg/m^3)

W_{gL} = Berat isi agregat kasar (kg/m^3)

$\frac{s}{a}$ = Perbandingan antara agregat kasar dan halus (%)

2. Menentukan jumlah semen dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \text{Rentang } (400 - 600) \quad (3)$$

di mana:

C = Menurut EFNARC jumlah semen yang dibutuhkan 400-600 (kg/m³)

3. Menentukan jumlah fly ash yang dibutuhkan dengan rumus sebagai

$$W_f = A\% \times C \quad (4)$$

di mana:

W_f = Jumlah fly ash yang digunakan untuk beton SCC (kg/m³)

A% = Berapa persen fly ash yang digunakan (%)

C = Jumlah semen (kg/m³)

4. Menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk semen dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{wc} = \left(\frac{w}{c} \right) \times (C + W_f) \quad (5)$$

di mana:

W_{wc} = Jumlah air yang dibutuhkan untuk semen (kg/m³)

$\frac{w}{c}$ = Faktor air semen yang direncanakan

C = Jumlah semen (kg/m³)

W_f = Jumlah fly ash yang digunakan untuk beton SCC (kg/m³)

5. Menentukan jumlah superplasticizer dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{sp} = n\% \times (C + W_f) \quad (6)$$

di mana:

W_{sp} = Jumlah superplasticizer (kg/m³)

n% = Dosis superplasticizer yang digunakan (%)

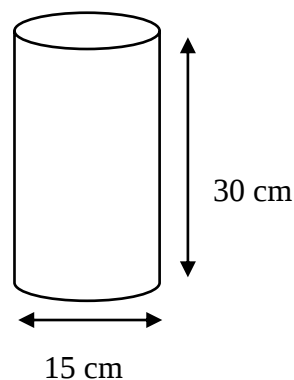
C = Jumlah semen (kg/m³)

W_f = Jumlah fly ash (kg/m³)

3.9 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dipakai berupa silinder dengan ukuran 15 x 30 cm sebanyak 12 buah sebagai berikut.

- Beton normal, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk diambil nilai rata-ratanya.
- Beton dengan campuran serbuk kayu sebesar 5% dan *Zat Aditif Natrium Nitrat* ($NaNO_3$) sebesar 1%, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk diambil nilai rata-ratanya.
- Beton dengan campuran serbuk kayu sebesar 10% dan *Zat Aditif $NaNO_3$* sebesar 1%, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk diambil nilai rata-ratanya.
- Beton dengan campuran serbuk kayu sebesar 15% dan *Zat Aditif Natrium Nitrat* ($NaNO_3$) sebesar 1%, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk diambil nilai rata-ratanya.



Gambar 3.2: Benda Uji Silinder

3.10 Slump Flow Test

Alat uji *slump* beton harus berupa cetakan yang terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta beton. Ketebalan logam tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm. Cetakan uji *slump* harus berbentuk kerucut terpancang dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 107 mm, tinggi 305 mm.

Penetapan nilai *slump* dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor berikut ini.

1. Cara pengangkatan adukan beton
2. Cara penuangan adukan beton
3. Cara pengadukan beton segar
4. Jenis struktur yang dibuat

Cara kerja alat Slump Cone :

- a. Slump Cone diletakkan dengan posisi diameter yang kecil diletakkan di bawah. Di bagian dasar alat ini diletakkan papan yang datar.
- b. Campuran beton dimasukkan dalam Slump Cone sampai penuh. Campuran beton tersebut tidak boleh dirojak.
- c. Slump Cone diangkat secara perlahan.
- d. Waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm dicatat (SF50), 3 – 6 detik.
- e. Diameter maksimum yang dicapai aliran beton dicatat (SFmax), 65 – 75 cm.

3.11 L-Shaped Box Test

L-shape Box dipakai untuk mengetahui kriteria “passing ability” dari beton SCC. Dengan menggunakan L-Box dapat diketahui kemungkinan adanya blocking beton segar saat mengalir dan dapat dilihat viskositas beton segar yang bersangkutan. Dengan L-Box test akan didapat blocking ratio yaitu nilai yang didapat dari perbandingan antara H_2/H_1 . Untuk test ini kriteria yang umum dipakai baik untuk tipe konstruksi vertikal maupun horisontal disarankan mencapai nilai blocking ratio antara 0,8 sampai 1,0. Cara kerja alat L-shaped Box :

- a. Sekat penutup ditutup.
- b. Campuran beton segar diisi pada arah vertikal sampai jenuh.
- c. Sekat penutup ditarik ke atas sampai terbuka sehingga campuran beton segar mengalir ke arah horizontal.
- d. Perbedaan tinggi aliran beton arah horizontal dicek.

3.12 V-Funnel Test

V-funnel dipakai untuk mengukur viskositas beton SCC dan sekaligus mengetahui “segregation resistance”. Kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut ujung bawah alat ukur V-funnel diukur dengan besaran waktu antara 6 detik sampai maksimal 12 detik.

Berikut cara kerja alat V-Funnel tes:

- a. Penutup bagian bawah ditutup.
- b. Campuran beton segar diisikan pada V-Funnel sampai jenuh.
- c. Penutup bagian bawah dibuka sehingga campuran beton segar mengalir.
- d. Catat lama waktu beton mengalir hingga V-Funnel kosong.

3.13 Perendaman Benda Uji

Setelah beton dikeluarkan dari cetakan maka dilakukan perawatan benda uji dengan perendaman dalam air sampai uji kuat tekan dilakukan, yaitu pada umur 28 hari.

3.14 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton setelah 28 hari. Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 x 30 cm. Jumlah benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan ini adalah 12 buah. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan pengujian dibuat catatan benda uji, baik nomor benda uji, tanggal pembuatan benda uji, dan tanggal pengujian.
2. Melapisi permukaan benda uji dengan pelat baja agar permukaan yang ditekan rata dan usahakan benda uji berada dalam keadaan sentris.
3. Jalankan compression testing machine dengan kecepatan penambahan beban yang konstan, kemudian catat besarnya beban maksimum yang dapat diterima pada masing-masing benda uji.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang di peroleh dari penelitian hasil pengamatan sesuai dengan metodologi penelitian dan pembahasan. Hasil analisis dilakukan pada penelitian ini mengacu pada beberapa jurnal yang menjadi refrensi dalam melakukan penelitian ini. Pada bab ini juga ditampilkan hasil kuat tekan dengan variasi SCC normal dan campuran serbuk kayu 5%,10% dan 15% dengan zat aditif natrium nitrat (NaNO_3) sebesar 1% dari berat semen.

4.1 Tinjauan Umum

Sebuah data dari penelitian perlu dilakukan sebuah analisis dan pembahasan untuk memperoleh tujuan yang direncanakan. Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan peneliti di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang diawali dengan pemeriksaan bahan penyusun beton, perencanaan campuran beton, pencampuran bahan penyusun beton, dan pengujian beton yang telah dibuat.

4.2 Hasil Pemeriksaan Agregat

Pada pemeriksaan agregat, baik agregat halus maupun kasar dilakukan di laboratorium teknik sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat.

4.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari Binjai. Secara umum mutu pasir Binjai sudah memenuhi kondisi untuk dapat dipergunakan menjadi bahan bangunan, adapun pemeriksaan yang dilakukan meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur.

4.3.1 Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil pengujian anilisa agregat halus.

Saringan	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif (%)		Spesifikasi
mm(inci)	Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c)	Lolos (d)	
76,2 mm (3 inci)					
3,5 mm (2 1/2inci)					
50,8 mm (2 inci)					
36,1 mm (1 1/2 inci)					
25,4 mm (1 inci)					
19,1 mm (3/4 inci)					
12,7 mm (1/2 inci)					
9,52 mm (3/8 inci)			0	100	
4,75 mm (No, 4)	10	10	1,64	98,36	
2,36 mm (No, 8)	54	64	10,49	89,51	
1,18 mm (No, 16)	118	182	29,84	70,16	
0,6 mm (No, 30)	142	324	53,11	46,89	
0,3 mm (No, 50)	136	460	75,41	24,59	
0,15 mm (No, 100)	86	546	89,51	10,49	
0,075 mm (No, 200)	58	604	99,02	0,98	
Pan	6	610	100,00	0,00	
Total					

Berdasarkan Tabel 4.1 maka diperoleh nilai modulus kehalusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\sum \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{260}{100} \\
 &= 2,60
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat hasil Modulus Kehalusan sebesar 2,60. Nilai ini memenuhi persyaratan sesuai dengan ASTM C.33-97 yaitu 2,3-3,1.

4.3.2 Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

	Benda Uji ke 1	Benda Uji ke 2
Massa wadah + benda uji	1026 gr	1100 gr
Massa wadah	526 gr	526 gr
Massa benda uji (W_1)	500 gr	574 gr
Massa wadah + benda uji	1014 gr	1091 gr
Massa wadah	526 gr	526 gr
Massa benda uji Kering Oven (W_2)	488 gr	565 gr
Kadar air total (P) $\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	2,46%	1,59%
Kadar air total (P) rata-rata	2,03%	

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 2,46% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 1,59%. Maka hasil kadar air rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 2,03%.

4.3.3 Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada (SNI 1970:2016). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

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

Tabel 4.3: *Lanjutan.*

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{B+S-C}$	2,92	3,05	2,98
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{S}{B+S-C}$	2,96	3,11	3,03
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{B+A-C}$	3,04	3,23	3,14
Penyerapan air (S_w)	$\frac{S-A}{A} \times 100\%$	1,42	1,83	1,63

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian pertama didapatkan sebesar 2,96 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan sebesar 3,11 gr/cm³, maka rata-rata berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) sebesar 3,03 gr/cm³. Penyerapan air untuk pengujian pertama didapatkan sebesar 1,42% sedangkan pengujian kedua sebesar 1,83%, sehingga rata-rata penyerapan air (S_w) rata-rata 1,63%.

4.3.4 Berat Isi Agregat

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 1973-2008). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4: Hasil perhitungan berat isi agregat halus.

Perhitungan	Persamaan	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat contoh (4)	1-2	4475	4865	5051	Gram
Berat isi	4/3	1,35	1,47	1,52	Gram/cm ³
Rata-rata berat isi	1,45				Gram/cm ³
	1446,69				Kg/m ³

Agregat Halus	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	6238	6628	6814	Gram
Berat wadah	2	1763	1763	1763	Gram
Volume wadah	3	3315,84	3315,84	3315,84	Cm ³

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar $1,35 \text{ gr/cm}^3$, cara rojok sebesar $1,47 \text{ gr/cm}^3$, dan cara goyang sebesar $1,52 \text{ gr/cm}^3$. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar $1,45 \text{ gr/cm}^3$.

4.3.5 Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 30-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.

Agregat halus lolos saringan No.4	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W_1	1093	1081	Gram
Berat wadah	W_2	504	536	Gram
Berat contoh kering + wadah	W_3	1078	1071	Gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W_3)	$W_1 - W_2$	589	545	567,00
Berat kering contoh setelah di cuci (W_5)	$W_4 - W_2$	574	535	554,50
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W_6)	$W_3 - W_5$	15	10	12,50
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$\frac{W_6 - W_3}{A} \times 100\%$	2,55	1,83	2,19

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 2,55% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 1,83%. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 2,19%.

4.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pada penelitian ini digunakan agregat kasar berupa batu pecah yang berasal dari Binjai. Secara umum mutu batu pecah Binjai sudah memenuhi kondisi untuk dapat dipergunakan menjadi bahan bangunan, adapun pemeriksaan yang dilakukan meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur.

4.4.1 Pengujian Analisa Saringan

Pelaksanaan pengujian analisa saringan berpedoman pada (SNI ASTM C136:2012). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6: Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Saringan mm(inci)	Massa Tertahan Gram (a)	Jumlah Tertahan Gram (a)	Persentase Kumulatif (%)		Spesifikasi
			Tertahan (c)	Lolos (d)	
76,2 mm (3 inci)					
63,5 mm (2 1/2 inci)					
50,8 mm (2 inci)					
36,1 mm (1 1/2 inci)					
25,4 mm (1 inci)			0,00	100	
19,1 mm (3/4 inci)	3301	3301	63,91	36,09	
12,7 mm (1/2 inci)	1356	4657	90,16	9,84	
9,52 mm (3/8 inci)	112	4769	92,33	7,67	
4,75 mm (No.4)	76	4845	100,00	0	
2,36 mm (No.8)	-	-	100,00	0	
1,18 mm (No.16)	-	-	100,00	0	
0,6 mm (No.30)	-	-	100,00	0	
0,3 mm (No.50)	-	-	100,00	0	
0,15 mm (No.100)	-	-	100,00	0	
0,075 mm (No.200)	-	-	100,00	0	
Pan	320	5165	100,00	0	
Total	5165	-	846	8,46	

Berdasarkan tabel 4.6 maka diperoleh nilai modulus kehalusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Kehalusan} &= \frac{\sum \text{Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{846}{100} \\
 &= 8,46
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat hasil Modulus Kehalusan sebesar 8,46. Nilai ini melebihi batas yang diizinkan ASTM C.33-97, yaitu 6-7 sehingga gradasi agregat tersebut cenderung kasar.

4.4.2 Kadar Air

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada (SNI 1971:2011). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.7: Hasil pengujian kadar air agregat kasar.

	Benda Uji ke 1	Benda Uji ke 2
Massa wadah + benda uji	3617	3608
Massa wadah	526	526
Massa benda uji (W_1)	3091	3082
Massa wadah + benda uji	3600	3547
Massa wadah	526	526
Massa benda uji Kering Oven (W_2)	3074	3021
Kadar air total (P) $\frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\%$	0.6	2.0
Kadar air total (P) rata-rata	1.29	

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 0,6% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 2,0%. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 1,29%.

4.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan

Pelaksanaan pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada (SNI 1969:2016). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8: Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Pengujian	Notasi	I	II	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	3098	3076	Gram
Berat benda uji Kering permukaan di udara	B	3109	3082	Gram
Berat benda uji di dalam air	C	1986	1967	Gram

Tabel 4.8: *Lanjutan.*

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat jenis curah (S_d)	$\frac{A}{B-C}$	2,76	2,76	2,76
Berat jenis jenuh kering permukaan (S_s)	$\frac{B}{B-C}$	2,77	2,76	2,77
Berat jenis semu (S_a)	$\frac{A}{A-C}$	2,79	2,77	2,78
Penyerapan air (S_w)	$\frac{B-A}{A} \times 100\%$	0,36	0,20	0,28

Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian pertama didapatkan sebesar 2,77 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan sebesar 2,76 gr/cm³, maka rata-rata berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) sebesar 2,77 gr/cm³. Penyerapan air untuk pengujian pertama didapatkan sebesar 0,36% sedangkan pengujian kedua sebesar 0,20%, sehingga rata-rata penyerapan air (S_w) rata-rata 0,28%.

4.4.4 Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 1973-2008). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

Agregat Kasar	Notasi	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat wadah + isi	1	6233	6437	6663	Gram
Berat wadah	2	1763	1763	1763	Gram
Volume wadah	3	3315,84	3315,84	3315,84	Cm ³

Perhitungan	Persamaan	Lepas	Rojok	Goyang	Satuan
Berat contoh (4)	1-2	4470	4674	4900	Gram
Berat isi	4/3	1,35	1,41	1,48	Gram/cm ³
Rata-rata berat isi		1,41			Gram/cm ³
		1411,81			Kg/m ³

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,35 gr/cm³, cara rojok sebesar 1,41 gr/cm³, dan cara goyang sebesar 1,48 gr/cm³. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 1,41 gr/cm³.

4.4.5 Kadar Lumpur

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada (SNI 30-4142-1996). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar.

Agregat kasar lolos saringan $\frac{3}{4}$ inci	Notasi	I	II	Satuan
Berat wadah + isi	W_1	3053	3063	Gram
Berat wadah	W_2	531	502	Gram
Berat contoh kering + wadah	W_4	3034	3045	Gram

Perhitungan	Persamaan	I	II	Rata-rata
Berat kering contoh awal (W_3)	$W_1 - W_2$	2522	2561	2541,50
Berat kering contoh setelah di cuci (W_5)	$W_4 - W_2$	2503	2543	2523,00
Berat kotoran agregat lolos saringan No.200 (W_6)	$W_3 - W_5$	19	18	18,50
Persentase kotoran agregat lolos saringan No.200	$\frac{W_6 - W_3}{A} \times 100\%$	0,75	0,70	0,73

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 0,75% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 0,70%. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 0,73%.

4.5 Perencanaan Campuran Beton

Dalam hal ini penulis akan menganalisis data-data yang telah diperoleh dari penelitian sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai dari data yang didapat seperti Tabel 4.11:

Tabel 4.11: Data-data Hasil Tes Dasar.

NO.	Data Tes Dasar	Nilai
1.	Berat Jenis Agregat Halus	3,03 gr/cm
2.	Berat Jenis Agregat Kasar	2,77 gr/cm
3.	Kadar Lumpur Agregat Halus	2,19 %
4.	Kadar Lumpur Agregat Kasar	0,73 %
5.	Berat Isi Agregat Halus	1446,69 kg/m ³
6.	Berat Isi Agregat Kasar	1411,81 kg/m ³
7.	FM Agregat Halus	2,60
8.	FM Agregat Kasar	8,46
9.	Kadar Air Agregat Halus	2,03 %
10.	Kadar Air Agregat Kasar	1,29 %
11.	Penyerapan Agregat Halus	1,63 %
12.	Penyerapan Agregat Kasar	0,28 %
13.	Nilai <i>Slump Flow</i>	650 - 800 mm
14.	Ukuran Agregat Maksimum	20 mm

4.6 Perhitungan *Mix Design*

Belum ada peraturan mix design yang benar-benar valid untuk proses pembuatan beton self compacting concrete. Oleh karena itu, acuan yang digunakan didasarkan pendekatan terhadap EFNARC serta jurnal-jurnal penelitian yang relevan.

Perhitungan mix design didasarkan pada volume benda uji yang digunakan dalam sekali pembuatan benda uji. Dalam pembuatan digunakan perbandingan agregat kasar dan halus sebesar 60:40. Penggunaan serbuk kayu sebagai pengganti agregat halus sebesar 5%, 10% dan 15% dengan menggunakan admixture (NaNO₃) sebesar 1%. Berikut variasi penggunaan serbuk kayu yang digunakan serta Tabel komposisi campuran beton self compacting concrete dalam 1 m³.

Tabel 4.12: Variasi penambahan serbuk kayu dan admixture.

KODE VARIASI	SERBUK KAYU	Natrium Nitrat (NaNO ₃)
SCCN	0 %	0 %
SCKN 5%	5 %	1 %
SCKN 10%	10 %	1 %
SCKN 15%	15 %	1 %

Keterangan:

SCKN = 0% serbuk kayu (sk) + 0% Natrium Nitrat (NaNO₃) sebanyak 3 benda uji dengan FAS 0,40

SCKN 5% = 5% serbuk kayu (sk) + 1% Natrium Nitrat (NaNO₃) sebanyak 3 benda uji dengan FAS 0,40

SCKN 10% = 10% serbuk kayu (sk) + 1% Natrium Nitrat (NaNO₃) sebanyak 3 benda uji dengan FAS 0,40

SCKN 15% = 15% serbuk kayu (sk) + 1% Natrium Nitrat (NaNO₃) sebanyak 3 benda uji dengan FAS 0,40

Tabel 4.13: Komposisi campuran Beton SCC.

No.	Deskripsi	Satuan	Beton <i>Self Compacting Concrete</i>			
			SCCN	SCKN 5%	SCKN 10%	SCKN 15%
1.	Semen	Kg	450	445,5	445,5	445,5
2.	Agregat Kasar	Kg	632,49	632,49	632,49	632,49
3.	Agregat Halus	Kg	972,17	923,56	874,95	826,34
4.	Air	L	180	189	198	207
5.	<i>Superplasticizer</i>	L	4,50	0	0	0
6.	Serbuk Kayu	Kg	0	48,60	97,21	145,82
7.	Natrium Nitrat	Kg	0	4,50	4,50	4,50

Analisa komposisi campuran dalam 1 m³:

Dikarenakan digunakan perbandingan agregat kasar dan agregat halus 40:60, maka jumlah material yang dibutuhkan sebagai berikut:

Kebutuhan semen (C) = 450 Kg/m³ (menurut EFNARC)

Kebutuhan semen variasi = 450 - 4,50

= 445,5

Kebutuhan agregat kasar (W_g) = $P_f \times W_{gl} \times (1 - s/a)$

= $1,12 \times 1411,81 \times (0,40)$

= 632,49 Kg

Kebutuhan agregat halus (W_s) = $P_f \times W_{sl} \times (s/a)$

= $1,12 \times 1446,69 \times (0,60)$

= 972,17 Kg

Kebutuhan agregat halus bervariasi = Kebutuhan agregat halus $\times$ n %

Variasi 5% = $972,17 \times 95 \%$

= 923,56 Kg

Variasi 10% = $972,17 \times 90 \%$

= 874,95 Kg

Variasi 15% = $972,17 \times 85 \%$

= 826,34 Kg

Kebutuhan air beton normal (W) = *nilai FAS rencana $\times$ Berat semen*

= $0,40 \times 450$

= 180 L

Kebutuhan air beton bervariasi (W) = *nilai FAS rencana $\times$ Berat binder*

Variasi 5% = $0,40 \times 472,5$

= 189 L

Variasi 10% = $0,40 \times 495$

= 198 L

Variasi 15% = $0,40 \times 517,5$

= 207 L

Kebutuhan *Natrium Nitrat NaNO₃* dosis yang digunakan 1% dari berat semen

Kebutuhan *Superplasticizer* = $1 \% \times \text{Berat semen}$

= $1\% \times 450$

= 4,50 L

Kebutuhan bahan tambah beton SCC:

1. Variasi 5% Serbuk Kayu dan variasi 1% NaNO₃,

Kebutuhan Serbuk Kayu = $5\% \times \text{Agregat halus}$

$$= 5\% \times 972,17$$

$$= 48,60 \text{ Kg}$$

$$\text{Natrium Nitrat} = 1\% \times \text{berat semen}$$

$$= 1\% \times 450$$

$$= 4,50 \text{ Kg}$$

2. Variasi 10% Serbuk Kayu dan variasi 1% NaNO₃,

$$\text{Kebutuhan Serbuk Kayu} = 10\% \times \text{Agregat halus}$$

$$= 10\% \times 972,17$$

$$= 97,21 \text{ Kg}$$

$$\text{Natrium Nitrat} = 1\% \times \text{berat semen}$$

$$= 1\% \times 450$$

$$= 4,50 \text{ Kg}$$

3. Variasi 15% Serbuk Kayu dan variasi 1% NaNO₃,

$$\text{Kebutuhan Serbuk Kayu} = 15\% \times \text{Agregat halus}$$

$$= 15\% \times 972,17$$

$$= 145,82 \text{ Kg}$$

$$\text{Natrium Nitrat} = 1\% \times \text{berat semen}$$

$$= 1\% \times 450$$

$$= 4,50 \text{ Kg}$$

Analisa komposisi campuran beton SCC untuk 1 benda uji:

Digunakan cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

$$\text{Volume benda uji} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,3$$

$$= 0,0053 \text{ m}^3$$

Pada saat pembuatan beton SCC, dalam sekali *mix* digunakan sebanyak 3 volume benda uji. Hal ini dilakukan untuk memenuhi pengujian *Slump Flow*, *V-Funnel*, dan *L-Box* serta mengantisipasi apabila ada kekurangan dalam adonan beton akibat kesalahan perhitungan.

$$\begin{aligned}\text{Volume 3 benda uji} &= 3 \times \text{Volume benda uji} \\ &= 3 \times 0,0053 \\ &= 0,0159\end{aligned}$$

Maka,

1. Untuk scc normal (SCCN)

- a. Kebutuhan semen $= \text{Jumlah semen} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 450 \times 0,0159$
 $= 7,155 \text{ Kg}$
- b. Kebutuhan agregat halus $= \text{Jumlah agregat halus} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 972,17 \times 0,0159$
 $= 15,45 \text{ Kg}$
- c. Kebutuhan agregat kasar $= \text{Jumlah agregat kasar} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 632,49 \times 0,0159$
 $= 10,05 \text{ Kg}$
- d. Kebutuhan SP $= \text{Jumlah SP} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 4,50 \times 0,0159$
 $= 0,070 \text{ gr}$
- e. Kebutuhan air $= \text{Jumlah air} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 180 \times 0,0159$
 $= 2,862 \text{ L}$
 $= 2862 \text{ mL}$

2. Untuk scc variasi 5% (SCKN 5%)

- a. Kebutuhan semen $= \text{Jumlah semen} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 445,5 \times 0,0159$
 $= 7,08 \text{ Kg}$
- b. Kebutuhan agregat halus $= \text{agregat halus} \times V \text{ 3 benda uji} \times 95\%$
 $= 972,17 \times 0,0159 \times 95\%$
 $= 14,68 \text{ Kg}$
- c. Kebutuhan serbuk kayu $= \text{agregat halus} \times V \text{ 3 benda uji} \times 5\%$
 $= 972,17 \times 0,0159 \times 5\%$
 $= 0,77 \text{ Kg}$
- d. Kebutuhan agregat kasar $= \text{Jumlah agregat kasar} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 632,49 \times 0,0159$
 $= 10,05 \text{ Kg}$
- e. Kebutuhan NaNO_3 $= \text{Jumlah SP} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 4,50 \times 0,0159$
 $= 0,070 \text{ gr}$
- f. Kebutuhan air $= \text{Jumlah air} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 189 \times 0,0159$
 $= 3,00 \text{ L}$
 $= 3000 \text{ mL}$

3. Untuk scc variasi 10% (SCKN 10%)

- a. Kebutuhan semen $= \text{Jumlah semen} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 445,5 \times 0,0159$
 $= 7,08 \text{ Kg Kg}$

b. Kebutuhan agregat halus $= \text{agregat halus} \times V \text{ 3 benda uji} \times 90\%$
 $= 972,17 \times 0,0159 \times 90\%$
 $= 13,91 \text{ Kg}$

c. Kebutuhan serbuk kayu $= \text{agregat halus} \times V \text{ 3 benda uji} \times 10\%$
 $= 972,17 \times 0,0159 \times 10\%$
 $= 1,54 \text{ Kg}$

d. Kebutuhan agregat kasar $= \text{Jumlah agregat kasar} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 632,49 \times 0,0159$
 $= 10,05 \text{ Kg}$

e. Kebutuhan NaNO_3 $= \text{Jumlah SP} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 4,50 \times 0,0159$
 $= 0,070 \text{ gr}$

f. Kebutuhan air $= \text{Jumlah air} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 198 \times 0,0159$
 $= 3,148 \text{ L}$
 $= 3148 \text{ ml}$

4. Untuk scc variasi 15% (SCKN 15%)

a. Kebutuhan semen $= \text{Jumlah semen} \times V \text{ 3 benda uji}$
 $= 445,5 \times 0,0159$
 $= 7,08 \text{ Kg}$

b. Kebutuhan agregat halus $= \text{agregat halus} \times V \text{ 3 benda uji} \times 85\%$
 $= 972,17 \times 0,0159 \times 85\%$
 $= 13,13 \text{ Kg}$

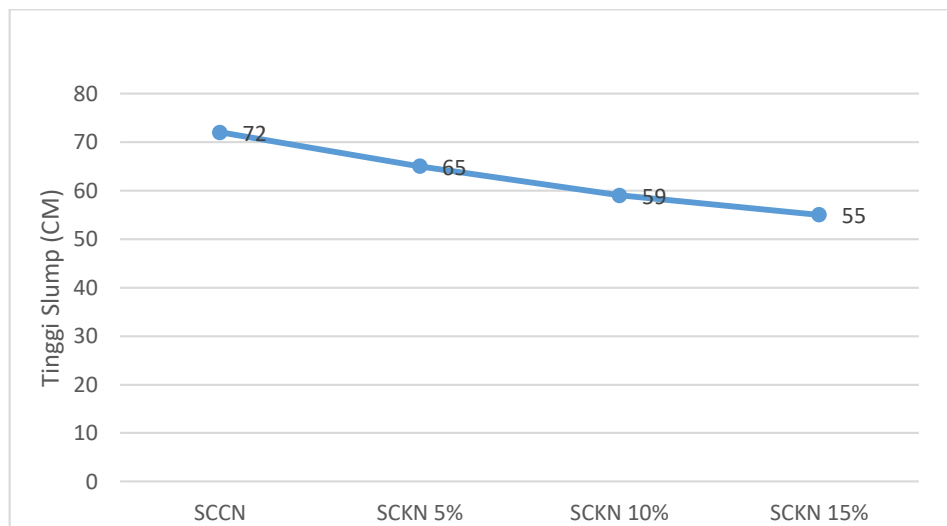
c. Kebutuhan serbuk kayu	$= \text{agregat halus} \times V \text{ 3 benda uji} \times 15\%$ $= 972,17 \times 0,0159 \times 15\%$ $= 2,31 \text{ Kg}$
d. Kebutuhan agregat kasar	$= \text{Jumlah agregat kasar} \times V \text{ 3 benda uji}$ $= 632,49 \times 0,0159$ $= 10,05 \text{ Kg}$
e. Kebutuhan NaNO_3	$= \text{Jumlah SP} \times V \text{ 3 benda uji}$ $= 4,50 \times 0,0159$ $= 0,070 \text{ gr}$
f. Kebutuhan air	$= \text{Jumlah air} \times V \text{ 3 benda uji}$ $= 207 \times 0,0159$ $= 3,291 \text{ L}$ $= 3291 \text{ mL}$

4.7 Pemeriksaan *Slump Flow*

Slump flow test digunakan untuk menentukan *flowability* (kemampuan alir) pada beton jenis SCC (*Self Compacting Concrete*). Menurut (EFNARC, 2002), disarankan menggunakan nilai *slump flow* antara 650-800 mm. Dilakukan pemeriksaan *slump flow* pada sampel kuat tekan agar mengetahui nilai *slump flow* yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) beton SCC dengan penambahan Serbuk Kayu dan NaNO_3 . Menurut penelitian (Lussy dkk., 2020.) dengan penambahan serat *polypropylene* 0,10% memenuhi syarat *slump flow* sebesar 720 mm dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 51,168 Mpa. Sedangkan ketika variasi serat dinaikan menjadi 0,16% dan 0,20%, *slump flow* mengalami penurunan sebesar 705 mm dan 700 mm.

Tabel 4.14: Nilai *slump flow* beton SCC.

No	Variasi	<i>Slump Flow</i> (cm)
1	SCCN	72
2	SCKN 5%	65
3	SCKN 10%	59
4	SCKN 15%	55



Gambar 4.1: Grafik *slump flow* beton SCC

Pada Gambar 4.1 *slump flow* diatas, dikarenakan nilai *slump flow* yang memenuhi syarat beton SCC adalah 650-800 mm, maka variasi SCCN dengan nilai *slump flow* 72 cm dan SCKN 5% dengan nilai *slump flow* 65 cm yang memenuhi syarat beton SCC. Menurut penelitian (Safarizki, 2017) pada penambahan 2,78% serbuk bata dan 0,07% *fiber* dapat meningkatkan *slump flow* dari 120 mm menjadi 670 mm serta *slump flow* akan berkurang 50% pada penambahan limbah *fiber* dari 0,07% menjadi 0,55%. Oleh karena itu, semakin tinggi kadar variasi serat maka adonan beton semakin kental dan itulah yang menyebabkan nilai *slump flow* setiap variasi semakin turun.

4.8 Pemeriksaan Viskositas

Pengujian viskositas adalah untuk mengetahui aliran beton segar setelah aliran mengalir, pengetesan ini menggunakan alat *v-funnel*. Nilai yang diuji dari pengujian ini adalah waktu mengalir (*flow time*). Bersarkan (EFNARC, 2005) hasil uji *V-Funnel* yang memenuhi syarat untuk SCC adalah memiliki waktu alir sebesar 6-12 detik. Hal ini digunakan untuk mengukur viskositas dan sekaligus mengevaluasi segregasi material beton SCC.

Tabel 4.15: Nilai *flow time v-funnel* beton SCC.

No	Variasi	Waktu Mengalir (detik)
1	SCCN	7,18
2	SCKN 5%	8,46
3	SCKN 10%	9,15
4	SCKN 15%	9,57

.Pada proses pengujian viskositas, semua variasi memenuhi syarat beton SCC.

4.9 Pemeriksaan *Passing Ability*

Passing ability adalah kemampuan beton untuk mengalir melalui struktur ruang yang rapat seperti spasi antar baja tulangan tanpa terjadi segregasi maupun *blocking*. Pengujian *passing ability* dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu menggunakan *L-box (passing ratio)*, *U-box (perbedaan tinggi)*, dan *J-ring (nilai flow)* (EFNARC, 2005).

Tabel 4.16: Nilai *passing ability* beton SCC.

No	Variasi	Rasio H2/H1 (cm)
1	SCCN	1
2	SCKN 5%	0,92
3	SCKN 10%	0,83
4	SCKN 15%	0,71

Pada proses pengujian *L-box* pada variasi SCKN 15% yang memiliki nilai *passing ability* $H_2 = 5,13$ cm dan $H_1 = 7,21$ cm, namun tidak memenuhi syarat beton SCC dikarenakan syarat nilai rasio H_2/H_1 harus berada dalam rentang 0,8-1,0. Hal ini terjadi dikarenakan kadar air dalam adonan beton berkurang yang disebabkan serat yang menyerap air dan membuat adonan beton mengental sehingga ketika dilakukan pengujian adonan susah mengalir melewati sela tulangan pada pengujain *L-Box*.

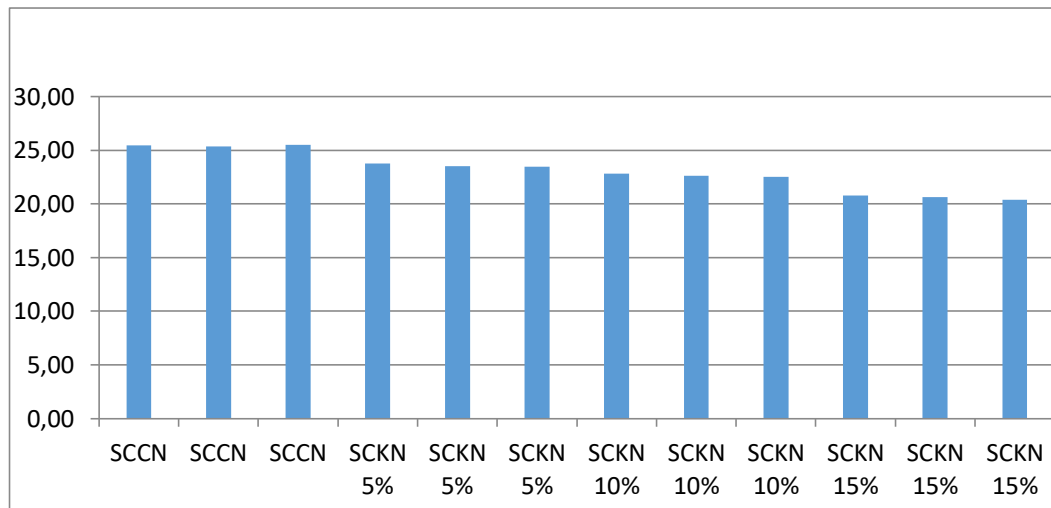
4.10 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dengan berbagai sampel SCC normal dan beton variasi penambahan serbuk kayu dan natrium nitrat. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta pembuatan dan perawatannya dilaksanakan di Laboratorium Beton Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tekan (*compressive strength test*) Pengujian ini mengacu pada (SNI-03-6429-2000). Hasil pengujian kuat tekan disajikan pada Tabel 4.7

Tabel 4.17: Pengujian Kuat Tekan.

LAPORAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON								
NO.	KODE	Umur (hari)	Ukuran Benda Uji		BEBAN AKTUAL (N)	LUAS PENAMPANG MELINTANG (mm)	KUAT TEKAN (Mpa)	Kuat tekan rata-rata
			Diameter	Tinggi				
1.	SCCN	28	150	300	450000	17671,46	25,46	25,45
2.	SCCN	28	150	300	448000	17671,46	25,35	
3.	SCCN	28	150	300	451000	17671,46	25,52	
4.	SCKN 5%	28	150	300	420000	17671,46	23,77	23,60
5.	SCKN 5%	28	150	300	416000	17671,46	23,54	
6.	SCKN 5%	28	150	300	415000	17671,46	23,48	
7.	SCKN 10%	28	150	300	403000	17671,46	22,81	22,65
8.	SCKN 10%	28	150	300	400000	17671,46	22,64	
9.	SCKN 10%	28	150	300	398000	17671,46	22,52	
10.	SCKN 15%	28	150	300	367000	17671,46	20,77	20,60
11.	SCKN 15%	28	150	300	365000	17671,46	20,65	
12.	SCKN 15%	28	150	300	360000	17671,46	20,37	

Dari data yang diperoleh pada tabel diatas, didapatkan nilai kuat tarik belah dan nilai kuat tekan rata-rata dalam bentuk diagram seperti pada Gambar 4.2:

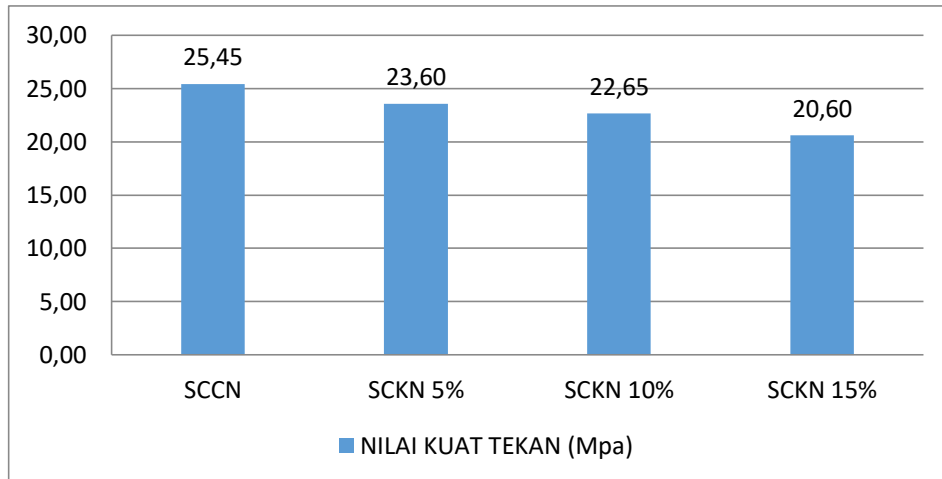


Gambar 4.2: Grafik nilai kuat tekan.

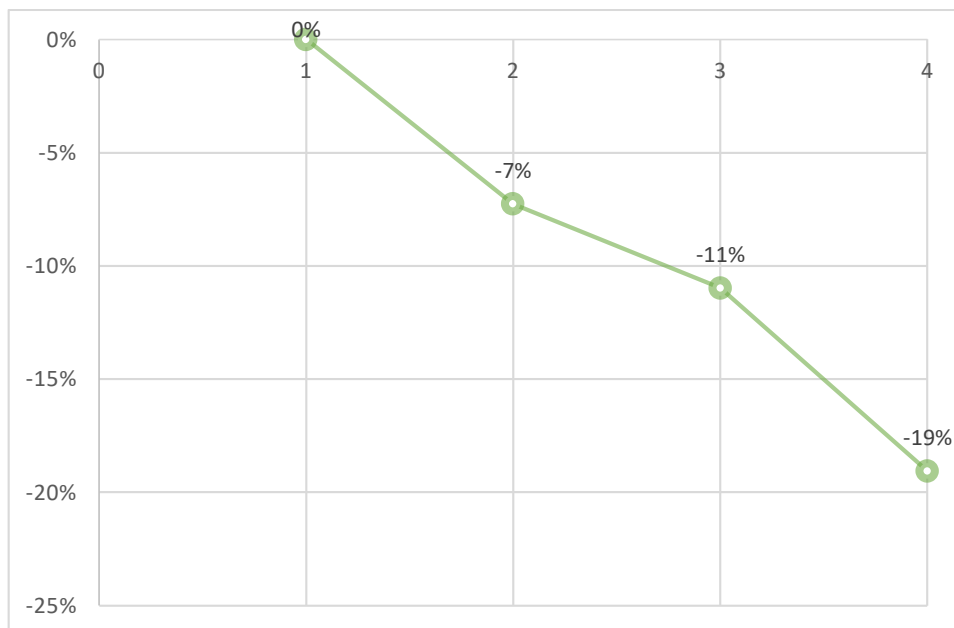
Tabel 4.18: Nilai rata-rata kuat tekan.

KODE	RATA-RATA (Mpa)	Selisih	(%)	Penurunan (%)
SCCN	25,45	0	0 %	0 %
SCKN 5%	23,60	1,85	93 %	-7 %
SCKN 10%	22,65	0,95	89 %	-11 %
SCKN 15%	20,60	2,05	81 %	-19 %

Pada nilai rata-rata nilai kuat tekan menurun seiring dengan penambahan persentase serbuk kayu seperti SCCN dengan nilai kuat tekan 25,45 yg dianggap memenuhi kuat tekan rencana lalu pada variasi SCKN 5% kuat tekan mengalami penurunan sebesar 7% dengan nilai kuat tekan 23,60 begitu juga pada variasi SCKN 10% mengalami penurunan 11% dari nilai kuat tekan SCCN dan hal serupa juga terjadi pada variasi SCKN 15% yang mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 19% dari nilai kuat tekan SCCN.



Gambar 4.3: Grafik rata-rata kuat tekan.



Gambar 4.4: Grafik selisih terhadap SCCN.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari penelitian yang telah dilakukan, pengaruh serbuk kayu dan zat aditif *Natrium Nitrat* terhadap kuat tekan beton pada benda uji silinder memiliki nilai yang termasuk rendah dan tidak mencapai kuat tekan rencana. Persentase serbuk kayu mempengaruhi nilai kuat tekan beton dimana semakin tinggi persentase menyebabkan menurunnya nilai kuat tekan beton tersebut.
2. Hasil perbandingan nilai kuat tekan beton antara beton normal dengan beton yang menggunakan campuran serbuk kayu SCKN 5% adalah 1,85 . selisih beton normal dengan beton yang menggunakan campuran serbuk kayu SCKN 10% adalah 2,80 , dan pada SCKN 15% adalah 4,85.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna baik dalam pengembangan keilmuan tentang bahan bangunan khususnya teknologi beton maupun dalam penerapan secara praktis di lapangan. Diharapkan penelitian lanjutan dapat dilakukan oleh para peneliti lainnya, terutama terhadap beberapa permasalahan berikut :

1. Diperlukan adanya penelitian beton dengan menggunakan serbuk kayu sebagai bahan pengganti agregat halus dengan bahan tambah terhadap kuat tekan maupun kuat tarik beton.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan serbuk kayu sebagai pengganti agregat yang lebih bervariasi, misalnya menggunakan admixture yang berbeda.
3. Diusahakan proses pemadatan setiap sampel dilakukan secara konsisten agar didapatkan pemadatan yang sama di setiap benda uji sehingga didapatkan hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 1991. SNI 03-2495-1991. Spesifikasi Bahan Tambah Untuk Beton. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1996. SNI 03-4141-1996. Kadar Lumpur Agregat. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 1972:2008. Cara Uji *Slump* Beton. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 1973:2008. Berat Isi Agregat. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 1971:2011. Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 2493:2011. Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Di Laboratorium. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI ASTM C136:2012. Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus Dan Agregat Kasar. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 7656:2012. Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI 1969:2016. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI 1970:2016. Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI-2847-2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Bangun, S. (2022). *Pengaruh Karakteristik Kuat Tekan Beton Menggunakan Serbuk Kayu Pada Campuran Beton*. 11(02), 1–18.
- Japan Society of Civil Engineers Guidelines for Concrete, 2007 <https://www.jsce-int.org/about/guideline>
- The European Guidelines For Self Compacting Concrete, 2005 https://www.theconcreteinitiative.eu/images/ECP_Documents/EuropeanGuidelinesSelfCompactingConcrete.pdf

- Amilia, Rilley Augustin, and Utari Sriwijaya Minaka. 2022. 11 Jurnal Teknik Sipil *Analisis Pengaruh Serbuk Kayu Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jft/article/download/16745/9646>
- Aprilio Widiatmoko, Paskalis, Kata Kunci, Serbuk Kayu, Pengganti Agregat Halus, and Kuat Tekan Beton. 2023. "Analisis Penambahan Serbuk Kayu Sebagai Kayu Sebagai Pengganti Terhadap Agregat Halus." *Reinforcement Review in Civil Engineering Studies and Management* 2(2): 82–92. <https://doi:10.38043/reinforcement.4833>
- Azhar, Jasman, Hamka. 2024. "Pengaruh Substitusi Abu Kayu Terhadap Semen Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton." 2: 63–82. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.248>
- Bachtiar, Erniati. 2017. "Karakteristik Self Compacting Concrete Tanpa Curing." 1(June): 143–50. <https://doi.org/10.31227/osf.io/5u2y8>
- Budi, A. S., Sangadji, S., & N. Insiyroh, F. R. (2018). Pengaruh Ukuran Spesimen Terhadap Hubungan Tegangan Dan Regangan Pada Beton High Volume Fly Ash Self Compacting Concrete. *Matriks Teknik Sipil*, 6(1), 56–62. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v6i1.36595>
- Dewi, Sari Utama, Fery Hendi Jaya, and Della Aviva Hermala. 2022. "Analisis Pemanfaatan Bahan Limbah Rumah Tangga Sebagai Campuran Beton Mutu Rendah." *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil* 12(1): 71. doi:10.24127/tp.v12i1.2324. https://www.researchgate.net/publication/365781422_ANALISIS_PEMANFAATAN_BAHAN_LIMBAH_RUMAH_TANGGA_SEBAGAI_CAMPURAN_BETON_MUTU_RENDAH
- Elsandi Paranggai, Loryanti, Junus Mara, and Lisa Febriani. 2022. "Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Agregat Halus Pada Beton." 4(2). https://www.researchgate.net/publication/361597883_Pemanfaatan_Limbah_Serbuk_Kayu_Sebagai_Substitusi_Agregat_Halus_Pada_Beton
- Gargulak, Jerry D., Lori L. Bushar, and Ashoke K. Segupta. 2001. "Ammonoxidized Lignosulfonate Cement Dispersant." 1(12): 1–5. <https://patents.google.com/patent/US6238475B1/en>
- Hafiz Hamdani, Ni Nyoman Kencanawati, and Akmaluddin. 2018. "Aplikasi Beton SCC (Self Compacting Concrete) Pada Sambungan Balok-Kolom Akibat Beban Vertikal." *Spektrum Sipil* 5(1): 58–69. <https://www.spektrum.unram.ac.id/index.php/Spektrum/article/view/126/100>
- Herbudiman, B., & Siregar, S. E. (2013). Kajian Interval Rasio Air-Powder Beton Self-Compacting Terkait Kinerja Kekuatan dan Flow (009M). In *Konf. Nas. Tek. Sipil* (Vol. 7, pp. 1–8).

https://scholar.google.com/scholar?cluster=5216440587131204709&hl=en&as_sdt=2005&scioldt=2007

- I Nyoman, Agus Sarmadika, Wayan Artana, Wayan Muka, and Kata Kunci. 2022. 017 *Effect Of Addition Coconut Fibers With Wood Power On The Compressive Strength and Split Tensile Strength Of Concrete*. <https://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/download/3464/2144/10760>
- Ladwing, H. M., Woise, F., Hemrich, W., & Ehrlich, N. (2001). Der neue Beton (Beton jenis bary) Selbstverdichtender Beton (Beton memadat. Beton Fertigteil (BHF). https://scholar.google.com/scholar?cluster=252313958147915355&hl=en&as_sdt=2005&scioldt=2007
- MARIANI, VICTOR SAMPEBULU, and ABDUL AHMAD GANI. 2009. "Pengaruh Penambahan Admixture Terhadap Karakteristik Self Compacting Concrete (SCC)." *SMARTek* 7: 176–83. <https://media.neliti.com/media/publications/221593-none.pdf>
- Marthin, Bobby, Sukmawan Gulo, and Nopesman Halawa. 2024. 5 *Pengaruh Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton*. <https://ejurnal.sipilunwim.ac.id/index.php/jtsc>
- MASRIL, and HANIF PUTRA. 2021. "Analisa Pengaruh Substitusi Serbuk Kayu Surian Dengan Agregat Halus Terhadap Rencana Kuat Tekan Beton." *Ensiklopedia of Journal* 3(2): 69–80. <http://jurnal.ensiklopediaku.org>
- Mulyadi, A., Diawarman, I. D., & Ismail, D. (2018). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Terhadap Kuat Tekan Mutu Beton K-175. *J Tek Sipil UNPAL*, 8, 68–75. <https://scholar.google.com/scholar?cluster=6448537583531873445&hl=en&oi=scholar>
- Munir Ritonga, Achmad, Khairul Muslim, and Frangky Silitonga. 2023. "Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Kayu Dan Zat Aditif NaNO₃ Terhadap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton." 10(2): 117–25. <https://ojs.akmil.ac.id/index.php/tekniksipilpertahanan/article/download/100/89/536>
- N Retno Setiati, Jl A H Nasution, and No Ujungberung. 2016. "Pengaruh Penambahan Nano Material Terhadap Sifat Mekanik Dan Durabilitas Beton." 33(2): 92–101. <https://id.scribd.com/document/432187921/Jurnal-durabilitas-beton-Setiati-2016-pdf>
- Nehemia Situmorang, Riyan, and Priyanto Saelan. 2021. "Aplikasi Modified Method SNI 03-2834-2000 Pada Campuran Self Compacting Concrete." *Jurnal Teknik Sipil* 7(Hal): 142–53. <https://doi.org/10.26760/rekaracana>

- Nurtanto, Dwi, Hernu Suyoyso, Meyfa Nanin Utami, Tri Winda Wahyuningtyas, and Wiwik Yunarni. 2020. "Perbandingan Mix Desain Beton Menurut SNI Dengan Bina Marga Terhadap Kuat Tekan SCC." *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil* 18(2): 351–56. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/105389>
- Nurul Aini, Putri, and Eko Walujodjati. 2021. *Pengaruh Penggunaan Serbuk Kayu Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Dalam Campuran Beton Dengan Bahan Tambah Superplasticizer*. <http://jurnal.itg.ac.id/>
- Okamura, Hajime, and Masahiro Ouchi. 2003. "Sel-Compacting Concrete." *Journal of Advanced Concrete Technology* 1(1): 5–15. https://www.iact.org/headers/1_5.pdf
- Palian, Tria Mahyuni, Frans Phengkarsa, and Luciana Buarlele. 2023. "Pengaruh Limbah Serbuk Kayu Mahoni Sebagai Substitusi Agregat Halus Sebagai Campuran Beton." 5(1): 57–67. <https://ojs.ukipaulus.ac.id/index.php/pcej/article/view/70>
- Passa, Raden Muhammad Julian, and Destiana Safitri. 2021. "Waktu Pengikat Semen Portland (Konsistensi Normal) Dengan Alat Vicat." *Ilmu Teknik* 1(3): 4. <http://ilmuteknik.org/index.php/ilmuteknik/article/view/48/47>
- Pertiwi, Dewi. 2021. *Pengaruh Campuran Serbuk Kayu Pada Campuran Beton Ditinjau Dari Kuat Tekan*. <https://ejurnal.itats.ac.id/stepplan/article/view/1535>
- Polopadang, Jeremia, Marthin D J Sumajouw, and Servie O Dapas. 2023. "Studi Eksperimental Kuat Tarik Lentur Beton Menggunakan Serbuk Kayu Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus." *Jurnal Sipil Statik* 11(1): 11–16. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/50592>
- Ridwan, Ahmad. 2019. "Pemanfaatan Tempurung Kelapa Dan Serbuk Kayu Dalam Inovasi Self Compacting Concrete." 7(Sens 7). <https://conference.upgris.ac.id/index.php/sens/article/view/3464>
- Risal, Muhammad. 2022. *2 Pengaruh Substitusi Agregat Halus Dengan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton*. <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata•31>
- Rusyandi, Kukun, Jamul Mukodas, and Yadi Gunawan. 2012. "Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan Fly Ash Dan Structuro." *Jurnal Konstruksi* 10(01): 1–11. <https://doi:10.33364/konstruksi/v.10-01.35>
- Saifuddin, Muhammad Ikhsan, Bambang Edison, S Pd, and Khairul Fahmi. *Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan Beton*. <https://www.neliti.com/id/publications/110342/pengaruh-penambahan-campuran-serbuk-kayu-terhadap-kuat-tekan-beton>

- Siregar, Rolas, Ericzon Turnip, Rahelina Ginting, and Universitas Darma Agung. 2022. "Jurnal Ilmiah Teknik Sipil." 11(1): 12–20. <https://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/tekniksipil/article/download/1654/1522/>
- Setiawan, Prabowo, Djoko Susilo Adhy, and Muhamad Rusli Ahyar. 2021. "Karakteristik Kuat Tekan Campuran Beton Dengan Tambahan Serat Tembaga Dan Serbuk Besi." *Pondasi* 26(2): 72. <https://doi:10.30659/pondasi.v26i2.18638>
- Susilowati, Anni, Pratikto Pratikto, Dennis Yudha Praditya, and Kusno Wijayanto. 2020. "Kuat Tekan Self Compacting Concrete Menggunakan Ground Granulated Blast Furnace Slag." *PROKONS Jurusan Teknik Sipil* 13(2): 111–17. <https://doi:10.33795/prokons.v13i2.195>
- Yusuf, Muhammad, Liana Herlina, Akbar Triandhika Budiman, M. Mubaarak Alvian, and Vindy Talahatu. 2022. "Penggunaan Serat Kayu Pinus Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Beton Mutu Normal." *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)* 5(2): 24–29. <https://doi:10.25105/cesd.v5i2.15740>
- Zulkarnain, F . (2021) . *Teknologi Beton* , 1 - 119. <https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=4ZZaEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=fahrizal+zulkarnain+kuat+tekan&ots=tbUqT8a0YD&sig=losfttKOLmCEbs6FS tWfwFKRWwo>
- Zulkarnain, Fahrizal, Irma Dewi, and Feri Iman Hasibuan. 2021. "Comparison of Compressive Strength and Wood Powder Absorption and Coffee Grade Aggregate With Uniform Grade." 4: 5043– 52. <https://doi.org/10.33258/birci.v4i3.22915043>
- Fani, R. S., & Zulkarnain, F. (2000). *Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bahan Tambah Am 78 Concrete Additive Terhadap the Effect of Adding Wood Powder Waste As a Partial Substitution of Fine Aggregate With Am 78 Concrete Additive Additives on the Compressive Strength of Concrete*. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=3278284&val=28755&title=Pengaruh%20Penambahan%20Limbah%20Serbuk%20Kayu%20Sebagai%20Substitusi%20Parsial%20Agregat%20Halus%20Dengan%20Bahan%20Tambah%20am%2078%20concrete%20additive%20terhadap%20Kuat%20tekan%20Beton>

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Foto Dokumentasi Pada Saat Penelitian



Gambar L.1: Agregat kasar



Gambar L.2: Agregat halus



Gambar L.3: Serbuk kayu jati



Gambar L.4: Semen



Gambar L.5: Proses pembuatan beton



Gambar L.6: Beton segar dimasukkan ke dalam bekisting



Gambar L.7: Benda uji silinder saat perendaman



Gambar L.8: Benda uji silinder akan ditimbang sebelum diuji



Gambar L.9: Pengujian kuat tekan beton

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



INFORMASI PRIBADI

Nama Lengkap	: Muhammad Luthfi Ridho
Tempat, Tanggal Lahir	: Binjai, 30 Desember 2000
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Alamat	: Jl.Dr.Wahiddin Gg.Abadi No.24 Binjai
Nama Ayah	: Erizal
Nama Ibu	: Neffida
HP	: 081267190227
E-mail	: lridho301200@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Induk Mahasiswa	: 1907210066
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil
Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi	: Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Medan, 20238

PENDIDIKAN FORMAL

Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
Sekolah Dasar	SD 024183 Binjai	2006-2012
Sekolah Menengah Pertama	SMP Negeri 12 Binjai	2012-2015
Sekolah Menengah Atas	SMA Negeri 4 Binjai	2015-2018

