

TUGAS AKHIR

***PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG KERANG SEBAGAI AGREGAT
HALUS DAN SILICA FUME SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM
KUAT TEKAN BETON
(STUDI PENELITIAN)***

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

Disusun Oeh :

MUHAMMAD AFI HARIANTO

2107210200



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Afi Harianto
Npm : 2107210200
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemanfaatan serbuk cangkang kerang sebagai agregat halus dan silica fume sebagai bahan tambah dalam kuat tekan beton
Bidang Ilmu : Struktur

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

DISETUJUI DISAMPAIKAN KEPADA
PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 08 September 2025

Dosen Pembimbing



Sri Frayanti, S.T, M.T

Mengetahui dan Menyetujui

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Afi Harianto
Npm : 2107210200
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pemanfaatan serbuk cangkang kerang sebagai agregat halus dan silica fume sebagai bahan tambah dalam kuat tekan beton
Bidang Ilmu : Struktur

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

Medan, 8 September 2025

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Sri Franti, S.T, M.T

Dosen Penguji I



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

Ph.D

Dosen Penguji II



Rizki Efrida, S.T, M.T

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Josef Hadipramana

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Afi Harianto
Tempat, Tanggal Lahir : Belawan, 06 Maret 2004
Npm : 2107210200
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul **“Pemanfaatan serbuk Cangkang Kerang Sebagai agregat halus dan Silica fume sebagai bahan tambah dalam kuat tekan beton (Studi Penelitian)”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya merupakan karya tulis. Tugas Akhir saya secara orisinal 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 keserjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 September 2025

Se

Muhammad Afi Harianto

ABSTRAK

PEMANFAATAN SERBUK CANGKANG KERANG SEBAGAI AGREGAT HALUS DAN SILICA FUME SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM KUAT TEKAN BETON

Muhammad Afi Harianto

2107210200

Sri Frapanti S.T., M.T

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mengevaluasi pemanfaatan serbuk cangkang kerang sebagai agregat halus dan silica fume sebagai bahan tambah dalam kuat tekan beton. Cangkang kerang yang merupakan cangkang hewan yang jika di haluskan dapat menjadi pengganti pasir dalam campuran beton, sementara silica fume adalah bahan kimia yang sering di gunakan untuk memperkuat kuat tekan beton. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental dimana digunakan variasi persentase penambahan cangkang kerang sebesar 3%, 5%, 7%, 9%, serta penambahan silica fume yang hanya menggunakan variasi 3% . Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm kemudian di uji kuat tekan nya pada umur 28 hari dan hasil penelitian menunjukkan bahwa pergantian pasir dengan cangkang kerang 9% dan penambahan silica fume 3% dapat menurunkan kuat tekan beton senilai 17 Mpa, dan kuat tekan optimum rata-rata di dapat di variasi beton cangkang kerang silica fume 5%/3% mendapatkan 23 Mpa.

Kata Kunci: Beton, Kuat Tekan, Silica fume, Cangkang Kerang, Bahan Kimia

ABSTRACT

USING SHELL POWDER AS A FINE AGGREGATE AND SILICA FUME AS AN ADDITIVE TO INCREASE CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

Muhammad Afi Harianto

2107210200

Sri Frapanti S.T., M.T

This study aims to evaluate the use of shell powder as a fine aggregate and silica fume as an additive in concrete compressive strength. Shells are animal shells that when ground can be a substitute for sand in concrete mixtures, while silica fume is a chemical that is often used to strengthen the compressive strength of concrete. This study was conducted using an experimental method where variations in the percentage of shell addition were used of 3%, 5%, 7%, 9%, as well as the addition of silica fume which only used a 3% variation. Cylindrical test specimens with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm were then tested for compressive strength at the age of 28 days and the results showed that replacing sand with 9% shells and adding 3% silica fume could reduce the compressive strength of concrete by 17 Mpa, and the average optimum compressive strength was obtained in the variation of 5%/3% silica fume shell concrete to get 23 Mpa.

Keywords: Concrete, Compressive Strength, Silica Fume, Seashells, Chemicals

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kerang Sebagai Agregat Halus Dan Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Dalam Kuat Tekan Beton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU). Shalawat dan salam tak lupa pula penulis hanturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW selaku suri tauladan umat manusia di dunia. Dalam pembuatan laporan ini penulis memperoleh bantuan dari banyak pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Sri Frapanti S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Fahrizal Zulkarnain S.T., M.Sc. Ph.D., selaku Dosen penguji I, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang ikut andil dalam proses pengujian tugas akhir.
3. Ibu Rizki Efrida S.T., M.T., selaku Dosen penguji II yang ikut andil dalam proses pengujian tugas akhir.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr Josef Hadipramana selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D selaku Wakil Dekan I Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Kedua orang tua penulis: Jam Harianto dan Rahmaliana Ginting S. Ak yang telah bersusah payah membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.
9. Sahabat-sahabat penulis terutama rekan penelitian penulis M Firzha Raihan Siregar, rekan-rekan Teknik Sipil stambuk 2021 Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan semua teman-teman yang memberi penulis masukan masukan yang bermanfaat, dukungan serta semangat pada proses penyelesaian laporan ini.

Tugas akhir ini tentu masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan masukan yang membangun dari para pembaca agar bisa menjadi pembelajaran pada penelitian yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan juga dunia konstruksi Teknik Sipil.

Medan 24 Ferbuari 2025

Muhammad Afi Harianto

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
<i>ABSTRACT</i>	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Beton	6
2.3 Kuat Tekan Beton	7
2.4 Serbuk Cangkang Kerang	8
2.4.1 Karakteristik Cangkang Kerang	8
2.4.2 Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kerang Dalam Beton	9
2.4.3 Manfaat Lingkungan	9
2.5 Silica Fume Sdebagai Bahan Tambah Pozzolan	9
BAB 3 METODE PENELITIAN	10
3.1 Bagan Alir Penelitian	10
3.2 Metode Penelitian	12
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.4 Bahan dan Peralatan	13
3.4.1 Bahan	13
3.4.2 Peralatan	14
3.5 Persiapan Agregat	15
	ix

3.6	Pemeriksaan Agregat	15
3.7	Pengujian Analisa Saringan	15
3.8	Pengujian Kadar Air	16
3.9	Berat Jenis dan Penyerapan	16
3.10	Pengujian Berat Isi	17
3.11	Pengujian Kadar Lumpur	17
3.12	Silica Fume	18
3.13	Cangkang Kerang	18
3.14	Perencanaan Campuran Beton	18
3.15	<i>Mix Design</i>	19
3.16	Pengujian Slump (<i>Workability</i>)	27
3.17	Pembuatan Benda Uji	29
3.18	Jumlah Benda Uji	30
3.19	Pengujian Kuat Tekan	31
3.20	Jadwal Penelitian	32
BAB 4 PEMBAHASAN DAN HASIL		34
4.1	Tinjauan umum	34
4.2	Hasil Dan Analisa Pemeriksaan Agregat	34
4.3	Pemeriksaan Agregat halus	34
4.3.1	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	34
4.3.2	Pengujian Kadar Air Agregat Halus	35
4.3.3	Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat halus	36
4.3.4	Pengujian Berat Isi Agregat Halus	37
4.3.5	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	38
4.4	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	39
4.4.1	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	39
4.4.2	Pengujian Kadar Air	40
4.4.3	Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar	41
4.4.4	Pengujian Berat isi Agregat kasar	42
4.4.5	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	42

4.5 Perencanaan Campuran Beton	43
4.6 Perhitungan Mix Design Beton Cangkang Kerang Silica Fume	44
4.6.1 Mix Design Beton	44
4.6.2 Kebutuhan Material	45
4.6.3 Kebutuhan Cangkang Kerang	46
4.6.4 Kebutuhan Silica Fume	47
4.6.5 Kebutuhan Material Keseluruhan	47
4.7 Slump Test	48
4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji Yang tersedia	20
Tabel 3.2	Nilai tambah margin.	20
Tabel 3.3	perkiraan kekuatan Tekan (Mpa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar Yang Biasa Digunakan Di Indonesia	21
Tabel 3.4	Perkiraan kadar air bebas	23
Tabel 3.5	Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum	24
Tabel 3.6	Nilai Slump Berdasarkan (SNI 7656-2012)	28
Tabel 3.7	jumlah benda uji dan substitusi agregat	30
Tabel 3.8	Persentase Campuran Beton	31
Tabel 4.1	hasil pemeriksaan Analisa saringan agregat halus	34
Tabel 4.2	hasil pengujian kadar air agregat	35
Tabel 4.3	hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus	36
Tabel 4.4	hasil perhitungan berat isi agregat halus	37
Tabel 4.5	hasil perhitungan kadar lumpur agregat halus	37
Tabel 4.6	hasil pengujian Analisa saringan agregat kasar	38
Tabel 4.7	hasil pengujian kadar air agregat kasar	39
Tabel 4.8	hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar	40
Tabel 4.9	hasil pengujian berat isi agregat kasar	41
Tabel 4.10	hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar	41
Tabel 4.11	data-data tes dasar	42
Tabel 4.12	kebutuhan cangkang kerang untuk 1 benda uji pada umur 28 hari	46
Tabel 4.13	kebutuhan silica fume untuk 1 benda uji pada umur 28 hari	46

Tabel 4.14	kebutuhan material untuk 3 benda uji	47
Tabel .4.15	hasil pengujian <i>slump</i>	47
Tabel 4,16	hasil pengujian kuat tekan	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	10
Gambar 3.2	Grafik hubungan antara Kuat Tekan	22
Gambar 3.3	Grafik gradasi agregat sedang gradasi no.2	25
Gambar 3.4	Grafik gradasi split ukuran maksimum 20 mm	25
Gambar 3.5	Persen pasir terhadap kadar total agregat	26
Gambar 3.6	Hubungan kandungsn air, berat jenis agregat	27
Gambar 3.7	Skema pemeriksaan slump	28
Gambar 3.8	Benda uji	30
Gambar 3.9	Merupakan Alat Pengujian Kuat Tekan (Compression Machine Test)	32
Gambar 4.1	Sampel beton silinder	45
Gambar 4.2	Grafik slump test rata rata	48
Gambar 4.5	Diagram Kuat Tekan Beton 28 Hari	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kuat tekan beton merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan kualitas dan kemampuan struktur beton untuk menahan beban. Parameter ini mengukur sejauh mana beton mampu menahan tekanan hingga mencapai batas kerusakan atau kegagalan. Kuat tekan beton umumnya diuji menggunakan benda uji berbentuk kubus atau silinder, yang kemudian dikenakan gaya tekan secara bertahap hingga hancur. Nilai kuat tekan beton dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti mutu bahan penyusun (semen, agregat, dan air), rasio campuran, proses pencampuran, pemadatan, dan perawatan (curing). Pengujian kuat tekan biasanya dilakukan setelah beton berumur 28 hari, karena pada usia ini beton dianggap mencapai kekuatan maksimum. Nilai kuat tekan beton yang diperoleh menjadi acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi beton untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur.

Cangkang kerang merupakan salah satu jenis limbah yang ketersediaannya melimpah namun pemanfaatannya masih terbatas, biasanya hanya sebagai hiasan, pakan ternak, atau bahan campuran kosmetik. Dengan meningkatnya jumlah limbah cangkang kerang, diperlukan upaya inovatif untuk memanfaatkannya secara lebih optimal. Kandungan mineral dan unsur kimia dalam cangkang kerang menunjukkan potensi untuk dijadikan bahan tambah dalam campuran beton.

Sedangkan silica fume adalah sebuah material yang terbentuk sebagai produk sampingan dari proses peleburan silikon. Material ini berupa partikel sangat halus dari silika amorf (SiO_2). Silica fume mulai banyak digunakan dalam industri konstruksi, terutama dalam pembuatan beton berkinerja tinggi, karena kemampuan dari silica fume yang dapat meningkatkan sifat mekanis dan daya tahan beton. Penelitiannya bermula dari kebutuhan untuk memanfaatkan limbah industri secara efisien, sekaligus mencari cara untuk meningkatkan kualitas material bangunan. Kini, silica fume dikenal karena kontribusinya dalam menghasilkan beton yang lebih kuat, tahan terhadap korosi, serta lebih tahan lama dibanding beton konvensional.

Oleh sebab itu Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemanfaatan serbuk cangkang kerang dengan tambahan silica fume. Campuran ini diharapkan dapat

memenuhi persyaratan kekuatan tekan beton serta menjadi alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan. Dengan mencampurkan pasir, semen, kerikil, air, serbuk cangkang kerang dan silica fume dalam variasi tertentu, diharapkan dapat diperoleh beton dengan kualitas optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini berupaya menjawab pertanyaan berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serbuk cangkang kerrang dan silica fume terhadap kekuatan tekan beton?
2. Apakah variasi komposisi serbuk cangkang kerang dan silica fume dapat memenuhi persyaratan beton?

1.3 Batasan Penelitian

Untuk memastikan penelitian berjalan dengan fokus dan terarah, batasan-batasan yang diterapkan adalah:

1. Campuran beton menggunakan serbuk cangkang kerrang dan silica fume dengan variasi kadar 3%, 5%, 7%, 9%, dan silica fume 3%.
2. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15x30 cm, pada umur hari 28

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton setelah penambahan serbuk cangkang kerang 3%, 5%, 7%, 9%, dan silica fume 3%.
2. Untuk mengetahui hasil kinerja mekanis yang maksimal dalam persentase optimal penambahan Silica fume dan Subtitusi Cangkang kerang dalam campuran beton.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai berikut:

1. Menyediakan solusi inovatif untuk memanfaatkan limbah cangkang kerang secara efektif.
2. Memberikan alternatif bahan tambah beton yang ekonomis dan ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam tugas akhir ini, penulis menggunakan sistematika penulisan yang terdiri pada lima bab. Masing – masing bab terdapat sub bab yang memberikan penjelasan lebih terperinci terkait topik yang di bahas, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang masalah yang akan dibahas, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian dan sistematika dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini terdapat landasan teori dari penelitian terdahulu yang memaparkan teori – teori yang memiliki hubungan dengan masalah yang diteliti serta beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti – peneliti terdahulu.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang uraian yang mendiskripsikan mengenai penelitian yang dilaksanakan dengan menjelaskan variable penelitian dan defenisi operasional, penentuan jenis sampel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, dan metode analisi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan objek penelitian dengan pelaksanaan proses serta interpretasi data yang diperoleh untuk mencari makna dan hasil analisis.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan serta saran dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sebagai acuan dan pedoman dalam penelitian yang akan di lakukan penulis, maka penelitian terdahulu merupakan hal yang terpenting yang dapat memperoleh banyak informasi dan teori yang berguna dalam penelitian. Penelitian sejenis ini telah banyak di lakukan sehingga cocok di jadikan sebagai pedoman. Beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini antara lain:

1. Penelitian yang seperti ini sudah pernah di lakukan oleh Rofikatul Karimah, Yunan Rusdianto, dan Desy Putri Susanti (2020) mengenai pengaruh tambahan serbuk cangkang kerang pada campuran beton. Dalam penelitiannya dilakukan pengujian terhadap sampel produk berbentuk silinder berukuran 7,5x15 cm dengan jumlah sampel sebanyak 42 buah dengan persentase penambahan serbuk cangkang kerang 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dengan dibedakan menjadi 2 pengujian yaitu kuat tekan dan absorpsi dan masing masing dari persentase penambahan yaitu 3 buah sampel beton, baru di dapat hasil kesimpulan dari penelitian sebagai berikut.
 - a. Penggunaan serbuk cangkang kerang sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton dapat menaikkan kuat tekan beton pada variasi persentase serbuk kulit kerang 5%-10%.
 - b. Penggunaan serbuk kulit cangkang kerang sebagai pengganti sebagian agregat halus dapat menaikkan nilai absorpsi seiring dengan bertambahnya persentase serbuk cangkang kerang
2. Penelitian yang seperti ini sudah pernah dilakukan oleh Muhammad Hasbi Arbi (2015). Mengenai pengaruh substitusi cangkang kerang dengan agregat halus terhadap kuat tekan beton. Dalam pengujiannya terhadap sampel produk berbentuk kubus 15x15 cm dengan jumlah sample 20 buah dengan persentase substitusi cangkang kerang halus 5%, 10%, dan 15% dari volume agregat, baru didapat hasil kesimpulan dari penelitian sebagai berikut:
 - a. Substitusi cangkang kerang 5% dan 15% nilai slump mengalami kenaikan menjadi 80 mm dan 85 mm, sedangkan untuk substitusi 10%, nilai slump sama dengan nilai slump beton normal, ini menunjukkan bahwa serbuk cangkang kerang 5% dan 15%

meresap air lebih sedikit dari pasir, sehingga nilai slump naik. Nilai kuat tekan beton menggunakan substitusi cangkang kerang 5% dapat meningkatkan kuat tekan beton 27,7 %, substitusi cangkang kerang 10%, mengalami kenaikan kuat tekan beton 23,3 % dan substitusi cangkang kerang 15 % mengalami penurunan kuat tekan beton 4,4 % dari beton normal.

- b. Berdasarkan hasil pengujian benda uji pada penelitian ini, nilai kuat tekan beton maksimum terjadi pada substitusi cangkang kerang 5% yaitu 26,3 MPa (27,7 %) dengan FAS yang sama dengan FAS beton normal.
 - c. Peningkatan kuat tekan beton pada substitusi cangkang kerang 5 %, disebabkan zat-zat/bahan kimia yang terkandung dalam cangkang kerang dapat meningkatkan zat-zat/bahan kimia yang terkandung dalam semen pada batas optimum sehingga meningkatkan kuat tekan beton menjadi maksimum.
3. Penelitian yang seperti ini sudah pernah dilakukan oleh khadrianisa anggiani (2022). Mengenai penambahan serbuk cangkang kerang terhadap kuat tekan beton. Dalam pengujiannya terhadap sampel produk berbentuk kubus 15x15 cm dengan jumlah sampel 20 buah dengan persentase substitusi cangkang kerang halus 3%, 6%, 9% dan 12% dari volume agregat, baru didapat hasil kesimpulan dari penelitian sebagai berikut.
- a. Nilai kuat tekan campuran beton meningkat apabila penambahan serbuk cangkang kerang dalam jumlah tertentu.
 - b. Nilai kuat tekan maksimum penambahan serbuk cangkang kerang terjadi pada persentase 6%, yaitu sebesar 18,688 MPa pada umur 14 hari dan 23,071 MPa pada umur 28 hari.

2.2 Beton

Beton adalah campuran antar semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ($f'c$) pada usia 28 hari (SNI 2487 2013). Bahan air dan semen disatukan akan membentuk pasta semen dan berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus dan kasar sebagai bahan pengisi. Agregat halus berfungsi sebagai bahan pengisi rongga agregat kasar.

Menurut (Tjokrodimulyo, 2007) beton memiliki kelebihan dan kekurangan secara umum yaitu:

Kelebihan beton ialah

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan beton ialah

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya teriknya.
2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mengatasi retakan-retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
3. Untuk mendapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
4. Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

2.3 Kuat tekan beton

Kuat tekan beton adalah salah satu sifat mekanis yang paling penting untuk menilai kualitas dan kinerja beton dalam struktur bangunan. Parameter ini mengacu pada kemampuan beton untuk menahan beban tekan hingga mencapai batas hancur. Secara umum, kuat tekan beton merupakan indikator utama yang digunakan dalam desain dan evaluasi struktur beton bertulang. Menurut Neville (2011), pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menerapkan gaya tekan pada benda uji berbentuk kubus atau silinder menggunakan mesin uji tekan hingga benda uji mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan ini biasanya dinyatakan dalam satuan Megapascal (MPa).

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk jenis dan proporsi bahan penyusun, seperti semen, air, agregat, dan bahan tambah (admixtures). Salah satu faktor penting yang memengaruhi kuat tekan beton adalah rasio air-semen (water-cement ratio). Menurut Abrams dalam penelitiannya yang dikenal sebagai *Abrams' Law*, semakin kecil rasio air-semen, maka kekuatan beton cenderung meningkat, karena matriks beton menjadi lebih padat dan mengurangi jumlah pori-pori.

Selain itu, proses pencampuran, pemadatan, dan curing atau perawatan beton juga berperan penting dalam mencapai kekuatan beton yang diinginkan. Mehta dan Monteiro (2014) menjelaskan bahwa beton yang dirawat dengan metode basah atau lembab selama periode tertentu, terutama 7 hingga 28 hari pertama, dapat mencapai kekuatan tekan optimal. Proses curing yang baik mencegah kehilangan kelembaban dalam beton sehingga reaksi hidrasi semen dapat berlangsung secara maksimal.

Karakteristik agregat yang digunakan juga memengaruhi kuat tekan beton. Agregat kasar dengan kekuatan tinggi dan bentuk yang baik dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kekuatan beton. Selain itu, ukuran partikel dan distribusi gradasi agregat yang seragam membantu memperkuat struktur beton dengan mengurangi void atau rongga udara.

Seiring berkembangnya teknologi material, penggunaan bahan tambahan seperti pozzolan, serbuk limbah, dan bahan pengganti sebagian semen semakin banyak diterapkan untuk meningkatkan kuat tekan beton. Bahan tambahan ini tidak hanya meningkatkan kinerja mekanis beton, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap keberlanjutan dengan mengurangi penggunaan semen Portland. Penelitian oleh Siddique dan Khan (2011) menyebutkan bahwa penambahan bahan pozzolan seperti silica fume dapat menghasilkan beton dengan struktur mikro yang lebih padat dan tahan lama.

Secara praktis, uji kuat tekan beton umumnya dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Hal ini karena pada usia tersebut, beton dianggap telah mencapai kekuatan maksimum atau mendekati nilai kekuatan akhir yang stabil. Pengujian dapat dilakukan di laboratorium menggunakan benda uji standar berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, atau kubus dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, sesuai dengan standar yang berlaku seperti SNI 1974:2011 atau ASTM C39/C39M.

2.4 Serbuk Cangkang Kerang

Cangkang kerang adalah limbah biogenik yang berasal dari hasil sampingan aktivitas perikanan dan pengolahan makanan laut. Limbah ini banyak dijumpai di daerah pesisir, terutama di lokasi yang memiliki industri makanan laut. Dalam komposisinya, cangkang kerang sebagian besar terdiri dari kalsium karbonat (CaCO_3), yang merupakan komponen utama dalam batu kapur. Kalsium karbonat memiliki sifat yang mirip dengan beberapa bahan penyusun semen, sehingga memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan tambah dalam beton, baik sebagai pengganti sebagian semen maupun sebagai filler untuk meningkatkan kepadatan beton.

2.4.1 Karakteristik Serbuk Cangkang Kerang

Penelitian menunjukkan bahwa cangkang kerang, setelah melalui proses pengolahan seperti pengeringan, penggilingan, dan penyaringan, dapat diubah menjadi serbuk halus yang memiliki sifat fisik dan kimiawi yang mendukung aplikasi dalam beton. Menurut studi Karthick et al. (2016), kandungan utama kalsium karbonat dalam cangkang kerang berkontribusi pada reaksi kimia yang dapat meningkatkan kekuatan tekan beton. Selain itu, serbuk cangkang kerang juga bersifat ramah lingkungan karena memanfaatkan limbah yang sebelumnya hanya dibuang dan mencemari lingkungan.

2.4.2 Pemanfaatan Serbuk Cangkang Kerang Dalam Beton

Pemanfaatan serbuk cangkang kerang dalam beton biasanya dilakukan dengan menggantikan sebagian semen dalam campuran beton. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serbuk cangkang kerang dalam jumlah tertentu dapat memberikan efek positif terhadap sifat mekanis beton. Studi oleh Zaki et al. (2018) menemukan bahwa penggunaan serbuk cangkang kerang hingga 10% dari berat semen dapat meningkatkan kekuatan tekan beton, sementara kadar yang lebih tinggi cenderung menurunkan kekuatan akibat meningkatnya porositas dalam matriks beton.

Selain itu, serbuk cangkang kerang juga dapat bertindak sebagai filler yang membantu mengisi celah-celah kecil di antara partikel semen dan agregat, sehingga menghasilkan beton yang lebih padat. Peningkatan kepadatan ini berkontribusi pada

pengurangan porositas dan peningkatan daya tahan beton terhadap penetrasi air serta ion berbahaya seperti klorida.

2.4.3 Manfaat Lingkungan

Penggunaan serbuk cangkang kerang sebagai bahan tambahan dalam beton memiliki beberapa manfaat lingkungan. Limbah cangkang kerang yang biasanya menjadi masalah lingkungan, seperti polusi visual dan bau, dapat diolah menjadi material yang bernilai tambah. Selain itu, pengurangan konsumsi semen Portland melalui substitusi sebagian dengan serbuk cangkang kerang dapat mengurangi emisi karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan selama proses produksi semen. Produksi semen dikenal sebagai salah satu industri dengan emisi karbon tertinggi, sehingga pengurangan penggunaannya memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan.

2.5 Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Pozzolan

Silica fume adalah produk sampingan dari proses industri silikon dan ferosilikon, yang memiliki kandungan utama silika amorf (SiO_2) dengan ukuran partikel yang sangat halus. Sebagai bahan pozzolan, *silica fume* bereaksi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang dihasilkan selama hidrasi semen, membentuk senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H). Reaksi ini meningkatkan kekuatan tekan beton dan mengurangi porositas matriks beton.

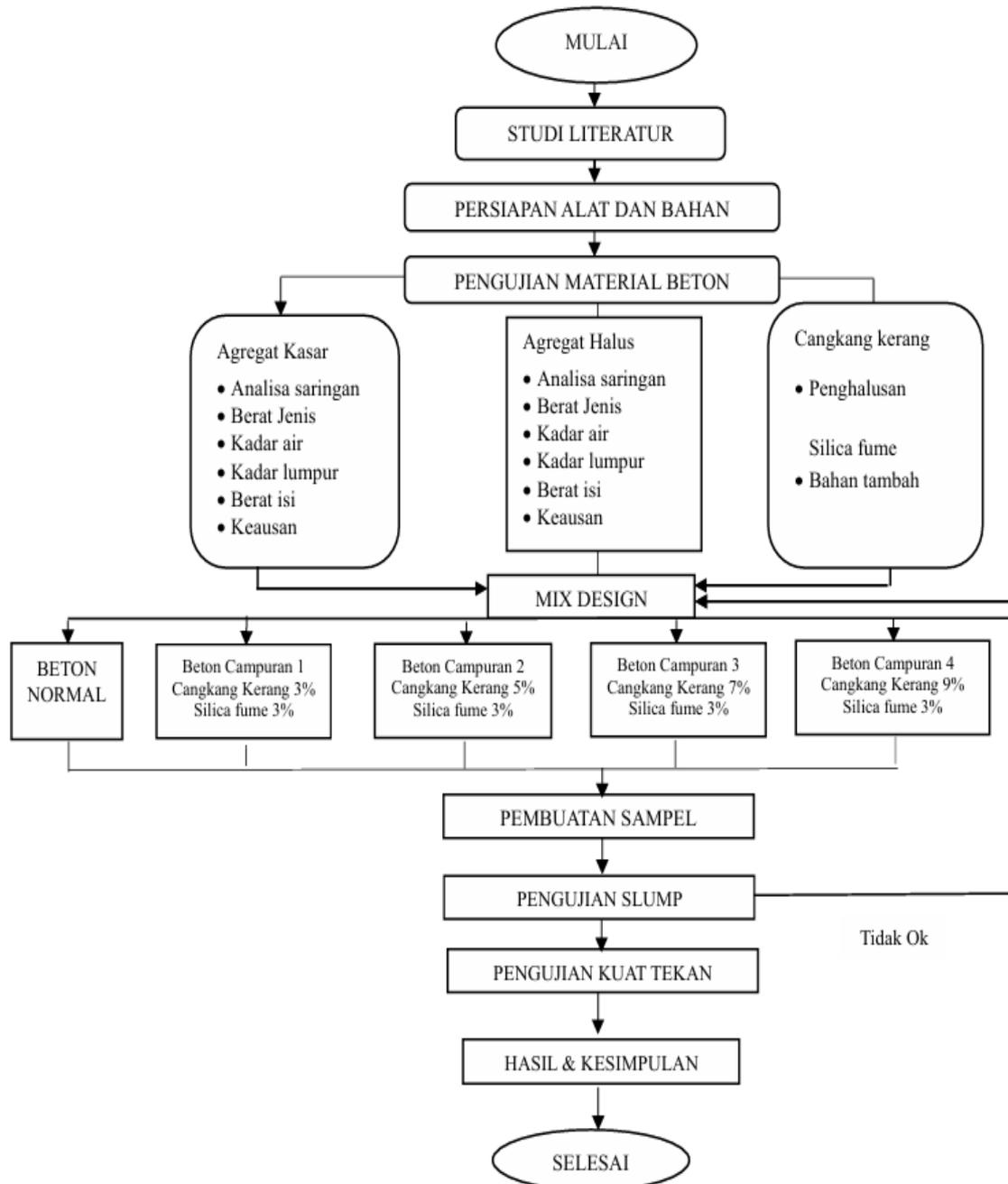
Penggunaan silica fume dalam campuran beton memberikan beberapa keuntungan, seperti peningkatan kekuatan tekan, ketahanan terhadap penetrasi air dan ion klorida, serta ketahanan terhadap serangan kimia. Silica fume juga berfungsi sebagai *filler* yang mengisi celah-celah kecil dalam struktur beton, sehingga menghasilkan beton dengan densitas yang lebih tinggi. Kombinasi silica fume dengan bahan tambahan lain, seperti fly ash atau slag, memberikan efek sinergis yang lebih baik terhadap sifat mekanis dan durabilitas beton (Reni Oktaviani Tarru 2017).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Bagan Alir Penelitian

Berikut adalah bagan alir pada penelitian ini:



Gambar 3.1: diagram alir penelitian

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan bahan limbah cangkang kerang dan campuran silica fume sebagai substitusi agregat halus, pada penelitian ini ada beberapa data pendukung sebagai acuan dalam melakukan eksperimen. Adapun beberapa data pendukung yang di butuhkan dari laboratorium yaitu:

1. Data Primer
 - a. Analisa Saringan
 - b. Berat Jenis dan Penyerapan
 - c. Pemeriksaan kadar air dan penyerapan
 - d. Pemeriksaaan berat isi agregat
 - e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat
 - f. Perbandingan dalam campuran beton (Mix Design)
 - g. Pemeriksaan nilai kekentalan beton segar (Slump Test)
 - h. Pengujian kuat tekan

2. Data sekunder

Data sekunder ini dapat diperoleh dari bahan ajar studi seperti buku, jurnal dan peraturan yang berlaku, seperti Standar Nasional Indonesia (SNI) dan American Society ForTesting and Materials (ASTM) yang memiliki keterkaitan dengan beton dan juga sebagai referensi dalam melakukan penelitian pembuatan beton ini. Berikut merupakan data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu:

1. SNI (Standard Nasional Indonesia) 7656-2012, tentang tata cara pemilihan campuran beton normal, berat dan beton massa
2. SNI (Standard Nasional Indonesia) 03-2834-2000, tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
3. PBI (Peraturan Beton Indonesia), tentang peraturan tata cara pembuatan beton yang ditetapkan secara tertulis.
4. Buku-buku serta jurnal ilmiah, sebagai referensi dalam penelitian ini.
5. Laporan praktikum beton, sebagai referensi pendukung dalam penelitian ini.

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan material
Mempersiapkan material sebagai bahan penelitian yang akan digunakan seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air, limbah cangkang kerang, dan silica fume
2. Pemeriksaan material
Pemeriksaan material yaitu dengan dilakukan pemeriksaan dasar pada bahan-bahan yang akan digunakan seperti pemeriksaan kadar lumpur, kadar air, berat jenis, berat isi dan analisa saringan.
3. Cangkang kerang
Cangkang kerang yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai agregat Halus dengan spesifikasi cangkang kerang yang tertahan pada saringan no 4.
4. Silica fume
Silica fume yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan spesifikasi setiap campuran cangkang kerang 3%, 5%, 7%, 9%, dan silica fume 3%.
5. Mix desain
Dalam tahap proses mix design peneliti di bimbing langsung oleh dosen pembimbing untuk meminimalisir terjadinya kesalahan-kesalahan disaat menganalisis dan merencanakan kebutuhan pada campuran beton dengan perhitungan berdasarkan SNI (Standard Nasional Indonesia).
6. Pembuatan benda uji
Pembuatan benda uji dilakukan setelah menyiapkan bahan yang ingin digunakan sesuai proporsi yang telah direncanakan pada tahap mix design. Material campuran beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air dan bahan substitusi yaitu cangkang kerang dan silica fume yang akan dicampur pada mixer truck.
7. Pengujian slump
Pengujian slump test pada beton segar dilakukan sebelum proses pencetakan benda uji yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekentalan dan plastisitas beton. Pada proses ini beton dimasukkan kedalam kerucut abram dan dirojok dengan tongkat pemadatan sebanyak 25 kali setiap 1/3 bagian kemudian di lepas dan dihitung perbandingan penurunan beton segar kerucut abram.
8. Pencetakan benda uji

Dalam proses pencetakan benda uji yang telah dituangkan dari mixer ke dalam cetakan silinder untuk dilakukan pengujian kuat tekan dan ukuran cetakan silinder yaitu dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm yang akan di diamkan selama 24 jam.

9. Perawatan benda uji

Perawatan benda uji dilakukan setelah pencetakan benda uji selama 24 jam lalu kemudian beton akan di rendam dalam bak yang berisi air sesuai dengan umur beton yang direncanakan yaitu 28 hari. Kemudian beton diangkat dari bak perendam sesuai ketika telah mencapai umur beton yang direncanakan lalu dikeringkan.

10. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah melakukan perawatan pada benda uji yang telah direndam selama 28 hari. Dan pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan maksimum pada benda uji yang telah dibuat.

3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dimulai pada bulan januari sampai maret tahun 2025 dan dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.4 Bahan Dan Peralatan

3.4.1 Bahan

Berikut merupakan bahan-bahan pembentuk beton yang akan digunakan yaitu:

a) Agregat kasar

Agregat kasar dengan material batu pecah.

b) Agregat halus

Agregat halus dengan material pasir.

c) Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen PPC dengan merk semen Andalas.

d) Air

Air yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu air yang berasal dari PDAM Tirtanadi.

e) Cangkang kerang

Cangkang Kerang yang akan digunakan pada penelitian ini sebagai bahan substitusi agregat halus.

f) Silica fume

Silica fume yang digunakan pada penelitian ini sebagai bahan rambah penguat beton.

3.4.2 Peralatan

a. Satu set saringan untuk agregat kasar dengan nomor ayakan berturut-turut:

- 3"
- 2¹/₂"
- 2"
- 1¹/₂"
- 1"
- 3/4"
- 1/2"
- 3/8"
- No.4

Satu set saringan untuk agregat halus dengan nomor ayakan berturut-turut:

- No. 4
- No. 8
- No. 16
- No. 30
- No. 50
- No. 100
- No. 200

b. Alat pendukung untuk pengujian material

c. Timbangan digital

d. Alat pengaduk beton (Mixer)

e. Cetakan benda uji untuk pengujian kuat tekan dengan ukuran cetakan yang berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

- f. Kerucut abrams
- g. Mesin compres (compression test)
- h. Bak peredam

3.5 Persiapan Agregat

Persiapan material merupakan tahap awal yang krusial dalam pembuatan beton untuk memastikan kualitas dan sifat beton sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Pada tahap persiapan material yaitu ketika seluruh material yang ingin digunakan telah sampai di laboratorium maka material tersebut dilakukan pemisahaan berdasarkan ukuran dan jenisnya sekaligus memastikan material tersebut tidak tercampur dengan bahan-bahan yang dapat mengurangi kualitas beton yang akan dibuat. Maka dengan persiapan material yang baik, kualitas beton yang dihasilkan akan memenuhi spesifikasi perencanaan yang telah dibuat.

3.6 Pemeriksaan Agregat

Pada penelitian ini pemeriksaan agregat dilakukan menggunakan acuan SNI yang tercantum pada penuntun praktikum beton program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sebagai dalam tata cara pembuatan beton.

3.7 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian Analisa saringan ini berdasarkan (SNI 03-1968-1990) yang bertujuan untuk menghasilkan agregat yang lolos satu set saringan dan menghasilkan agregat dengan ukuran yang sesuai untuk agregat halus maupun untuk agregat kasar dalam suatu komposisi beton campuran tertentu. Adapun Langkah pengujian analisa saringan sebagai berikut:

- a. Mengambil benda uji yang telah disiapkan
- b. Benda uji dimasukkan ke dalam oven dan keringkan dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
- c. Saring benda uji menggunakan saringan dengan susunan saringan yaitu ukuran saringan yang paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncangkan secara manual ataupun menggunakan mesin selama 15 menit. Adapun satu set saringan

dengan ukuran yaitu: 3,75 mm (3"); 63,5 mm (2 1/2"), 50,8 mm (2"); 37,5 mm (1 1/2"); 25 mm (1"); 19,1 mm (3/4"); 12,5 (1/2"); 9,5 mm (3/8"); No. 4 (4,75 mm); No. 8 (2,36 mm); No. 16 (1,18 mm); No. 30 (0,600 mm); No. 50 (0,300 mm); No. 100 (0,150 mm); No. 200 (0,075 mm).

3.8 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air pada agregat ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air dan yang terkandung pada agregat dan dinyatakan dalam persen. Pengujian ini berdasarkan (SNI-1969,2016) tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat, Dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air Agregat (\%)} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan :

W3 = Berat benda uji sebelum oven (gr)

W5 = Berat benda uji sesudah oven (gr)

Sebelum dilakukan pengujian kadar air, ada beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu:

Menimbang berat wadah = W1

Menimbang berat benda uji sebelum oven dan wadah = W2

Menimbang berat benda uji sebelum oven = W3

$$W_3 = (W_2 - W_1)$$

Menimbang berat uji sesudah oven dan berat wadah = W4

Menimbang berat benda uji sesudah oven = W5

$$W_5 = (W_4 - W_1)$$

Menghitung berat air = W6

$$W_6 = (W_2 - W_4)$$

3.9 Berat Jenis Dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan ini bertujuan menentukan berat jenis curah, berat jenis permukaan, berat jenis semu dan besarnya penyerapan pada agregat. Pengujian ini dilakukan berdasarkan (SNI-1969, 2016), berikut rumus berat jenis dan penyerapan:

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{a}{(b-c)} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan} = \frac{b}{(b-c)} \quad (3.3)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{a}{(a-c)} \quad (3.4)$$

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \left(\frac{b-a}{a}\right) \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

a = Berat benda uji kering oven (gr)

b = Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara (gr)

c = Berat benda uji jenuh kering permukaan di dalam air (gr)

3.10 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi bertujuan untuk mengetahui persatuan isi pada agregat dalam kondisi gembur atau padat dan rongga udara dalam agregat. Pengujian berat isi mengacu pada (SNI 4804, 1998) berikut rumus berat isi:

$$\text{Berat isi agregat (Kg/m}^3\text{)} = \frac{M_c - M_m}{V_m} \quad (3.6)$$

3.11 Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian kadar lumpur bertujuan untuk mengetahui nilai kadar lumpur yang terkandung pada agregat sehingga dapat mencegah terjadinya penurunan kualitas material sekaligus memastikan kadar lumpur sesuai dengan syarat batas yang 35 berlaku. Pengujian kadar lumpur ini mengacu pada (SNI-03-4142, 1996) berikut merupakan langkah-langkah pengujian kadar lumpur pada agregat:

1. Siapkan agregat dalam keadaan kering.
2. Timbang tempat yang akan digunakan sebagai wadah pasir.
3. Siapkan pasir dengan berat 100 gr lalu masukkan kedalam gelas ukur 250 cc.
4. Masukkan air kedalam gelas ukur yang telah disediakan dengan ketinggian air 12 cm dari permukaan pasir
5. oyangkan gelas ukur sebanyak 15 kali dan diamkan selama 1 menit, kemudian buang air yang keruh secara perlahan
6. Percobaan goyangan gelas ukur dilakukan sebanyak 5 kali hingga air pencucian menjadi air jernih

7. Pisahkan pasir dengan air, lalu pasir diletakkan ke wadah yang telah disediakan sebagai tempat pasir.
8. Masukkan pasir beserta wadahnya kedalam oven dengan suhu 105°C - 110°C selama ± 36 jam.
9. Keluarkan pasir dan wadahnya dari oven dan dinginkan pada suhu udara ruangan setelah itu timbang dan catat
10. Hitung kadar lumpur dengan perhitungan sebagai berikut:

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

Keterangan;

B0 = Berat agregat sebelum pengujian (gr)

B1 = Berat agregat sesudah pengujian (gr)

3.12 Silica Fume

Silica fume dihasilkan sebagai produk sampingan dari proses pembuatan silikon atau paduan ferrosilikon di dalam tungku busur listrik (electric arc furnace).

3.13 Cangkang Kerang

Kerang darah memiliki ciri bentuk daging yang tebal dan menggelembung sekaligus memiliki daging yang berwarna merah darah. Kerang ini hidup di dasar perairan pesisir seperti estuary, mangrove dan pada lamun dengan substrat lumpur berpasir dan sanitas yang relative rendah (Tiara, 2017).

Cangkang kerang memiliki tiga lapisan yaitu lapisan luar (periostracum), lapisan tengah (Prismatik), lapisan dalam (Nacreous) dan komposisi utama pada setiap lapisan cangkang yaitu Kalsium Karbobat (CaCO₃) yang membentuk lapisan keras melalui proses biomineralisasi. Cangkang kerang darah memiliki 5 senyawa utama yaitu kalsium oksida, silicon oksida, besi oksida, magnesium oxide dan alumunium oksida. Cangkang kerang darah pada penelitian ini berasal dari desa Percut.

3.14 Perencanaan Campuran Beton

Langkah pertama sebelum merencanakan campuran beton, perlu dilakukan pengujian terhadap komponen bahan pembentuk beton yang sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang berlaku, seperti pengujian kadar air pada agregat halus dan agregat kasar, pengujian berat jenis pada agregat halus dan agregat kasar dan pengujian lainnya.

Adapun tujuan dilakukan perencanaan campuran beton yaitu agar hasil dari bahan campuran beton dapat memiliki kekuatan yang sesuai dengan direncanakan dan memastikan daya tahan sekaligus membuat biaya lebih efisien.

3.15 Mix Desain

Mix design merupakan suatu proses teoritis yang bertujuan untuk menentukan persentase dan komposisi dari bahan-bahan yang akan digunakan sebagai material pembentuk beton agar memperoleh biaya yang lebih efisien, memenuhi kekuatan dan keawetan yang sesuai dengan direncanakan, serta memiliki kecekan yang sesuai sehingga mempermudah pekerjaan.

Pada tahap ini penelitian menggunakan SNI-03-2834-2000 sebagai acuan dalam proses perencanaan campuran adukan beton (Mix Design). Perencanaan campuran adukan beton menurut SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kuat tekan yang direncanakan f_c' pada umur tertentu
2. Menghitung rumus deviasi standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (xi-x)^2}{n-1}} \quad (3.8)$$

= Deviasi Standar

xi = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} = Kuat tekan beton rata-rata menurut rumus 3.9:

$$\frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \quad (3.9)$$

Dengan:

n adalah jumlah hasil uji, yang harus diambil minimal 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji) dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

- a. Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan.
- b. Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan.
- c. Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu kurang dari 45 hari.
- d. Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi standar deviasi, tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai standar deviasi adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari hasil uji tersebut dengan faktor pengali pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1: faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia

Jumlah pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
<15	$f_c + 12 \text{ Mpa}$
15	1,16
20	1,08
25	1,03
>30	1,00

3. menghitung nilai tambah margin

Tabel 3.2: Nilai tambah margin

Tingkat Mutu Pekerjaan	S (MPa)
Memuaskan	2,8
Hamper memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5
Kurang	7,0

4. Menghitung nilai kuat tekan beton f_{cr}

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata (f_{cr}) diambil dari point 2 + point 3 (nilai standar deviasi + nilai margin)

$$f_{cr} = f'c + M \quad (3.10)$$

Keterangan:

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

$f'c$ = kuat tekan yang diisyaratkan (Mpa)

M = Nilai tambah, Mpa

5. Menetapkan jenis semen yang akan digunakan.

6. Penetapan jenis agregat:

Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, berupa agregat alami

- Agregat kasar (Batu Pecah)
- Agregat Halus (Pasir)

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas:

Membuat hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen sesuai yang diperoleh dilapangan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan pada gambar 3.2: Langkah-langkah berikut:

- a. Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai.
- b. Menarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas.
- c. Menarik garis lengkung melalui titik pada sub butir 2 secara proporsional.
- d. Menarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 3 di atas.
- e. Menarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan.

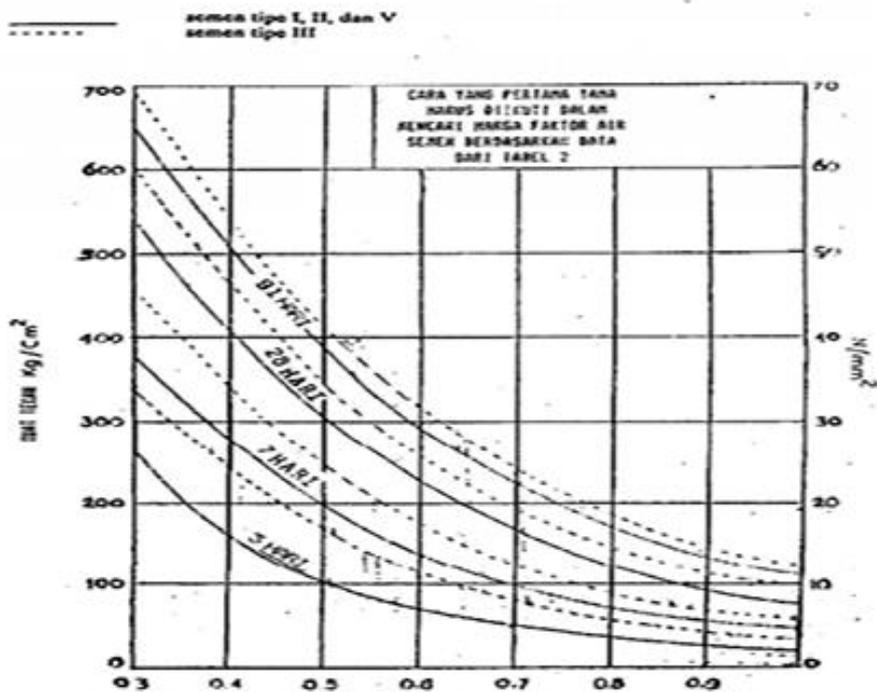
Tabel 3.3: perkiraan kekuatan Tekan (Mpa) Beton dengan Faktor Air Semen dan Agregat Kasar Yang Biasa Digunakan Di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe	Batu Tak Pecah	17	23	33	40	Silinder

I	Batu Pecah	19	27	37	45	
---	------------	----	----	----	----	--

Tabel 3.3: Lanjutan

Semen Tahan Sulfat Tipe II dan V	Batu Tak Pecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu Tak Pecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu Tak Pecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	



GRAFIK 1
HUBUNGAN ANTARA KUAT TEKAN DAN FAKTOR AIR SEMEN
(BENDA UJI BERBENTUK SILINDER
DIAMETER 150 mm TINGGI 300 mm)

Gambar 3.2: grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen

8. Menentukan faktor air semen maksimum dan dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak. Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 7 diatas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah.
9. Menetapkan nilai pengujian slump. Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan dan diratakan.
10. Menentukan besar butiran agregat maksimum. Besar butiran agregat maksimum tidak boleh melebihi: 1. Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan. 2. Sepertiga dari tebal pelat. 3. Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang.
11. Menentukan nilai kadar air bebas Kadar air beban yang ditentukan sebagai berikut:
 1. Agregat tak pecah dan agregat pecah digunakan nilai-nilai pada Tabel 3.4: perkiraan kadar air bebas.
 2. Agregat campuran (Tak pecah dan pecah), dihitung menggunakan rumus agregat campuran sebagai berikut;

$$\frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \quad (3.11)$$

Keterangan:

W_h = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-80
Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum	Jenis Agregat				
10	Batu tak pecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak pecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu Tak Pecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Tabel 3.4: Perkiraan kadar air bebas

Catatan: Koreksi suhu udara untuk suhu di atas 25°, setiap kenaikan 5° harus ditambah air 5 liter/m² adukan beton.

12. Menghitung jumlah semen minimum adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \quad (3.12)$$

Diketahui:

W_{semen} = Jumlah semen (Kg/m³)

W_{air} = Kadar air bebas

fas = Faktor air semen bebas

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.

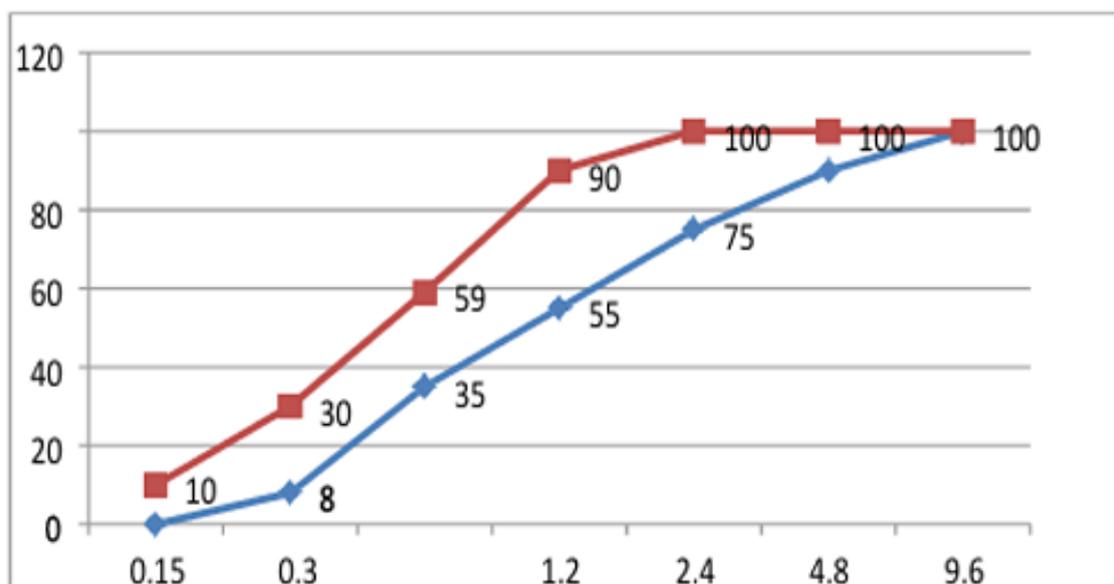
14. Menentukan jumlah semen semimumimum mungkin,

Tabel 3.5: Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum

Lokasi	Jumlah Semen minimum per m ³ Beton (Kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,62
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung	325	0,60
b. Terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti		
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,55
Beton yang kontinyu berhubungan:		
a. Air tawar		
b. Air laut		

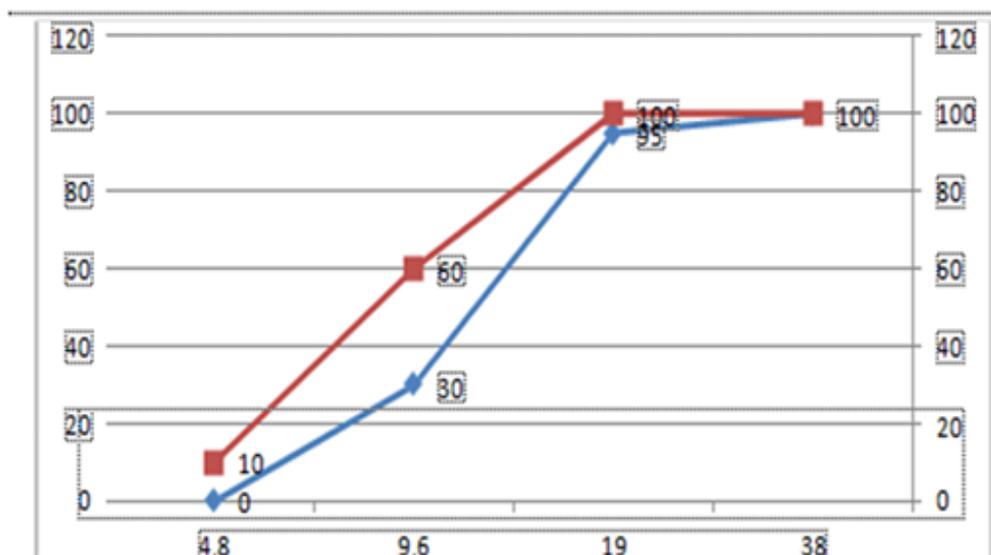
15. Jika jumlah semen berubah menjadi lebih kecil dari batas minimum yang ditentukan atau lebih besar dari batas maksimum yang disyaratkan, maka faktor air semen perlu dihitung ulang agar sesuai.

Menentukan butiran susunan agregat halus (pasir yang sudah dikenal dan sudah dilakukan Analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-kurva yang tertera pada gambar berikut ini:



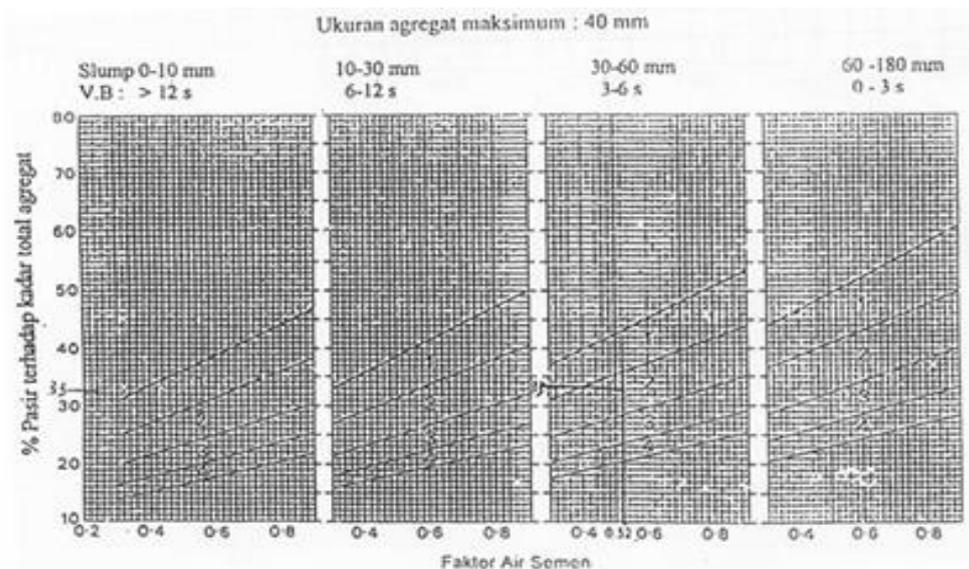
Gambar 3.3: Grafik Gradasi Agregat Sedang Gradasi No. 2 (SNI-03-2834-2000)

16. Menentukan susunan agregat kasar



Gambar 3.4: Grafik Gradasi Split Ukuran Maksimum 20 mm (SNI 03-2834-2000)

17. Menentukan persentase pasir dengan perhitungan ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik pada gambar berikut:



Gambar 3.5: Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang di Anjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 40 mm

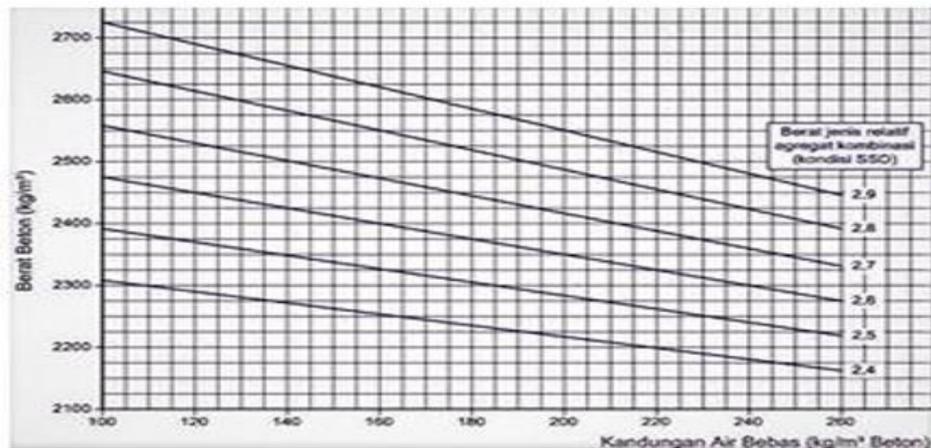
18. Menghitung berat jenis relative agregat berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:
1. Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini:
 - a. Agregat tak pecah: 2,5
 - b. Agregat dipecah: 2,6 atau 2,7
 2. Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut: Berat jenis agregat gabungan = $a \times b \times c \times d$

Keterangan:

- a = persentase agregat halus
- b = berat jenis agregat halus
- c = persentase agregat kasar
- d = berat jenis agregat kasar.

19. Perkiraan berat isi beton

Gambar dibawah ini menentukan berat isi beton dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari gambar 3.4 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir



18.

Gambar 3.6: Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton.

20. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.

$$\text{Kadar air agregat gabungan} = (\text{Berat Isi Beton} - (\text{Jumlah Semen} + \text{Kadar Air Bebas}))$$

21. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.

$$\text{Kadar agregat halus} = (\text{persen agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan})$$

22. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi agregat halus butir 22 dari Langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan bahan untuk 1 m³ beton.

23. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.

24. Mengkoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

3.16 Pengujian Slump (Workability)

Pengujian slump dilakukan bertujuan untuk mengetahui Tingkat kekentalan adonan beton segar yang ingin digunakan agar mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan. Pengujian slump (Workability) menggunakan kerucut abrams, Langkah-langkah pengujian slump sebagai berikut:

1. Memasukkan beton segar kedalam kerucut abrams dengan cepat secara bertahap sebanyak 3 lapis.
2. Meratakan adukan pada bidang atas kerucut abrams lalu diamkan selama 30 detik.
3. Mengangkat kerucut abrams secara vertical dan perlahan tanpa harus bersinggungan terhadap campuran beton.
4. Kemudian melakukan pengukuran ketinggian terhadap penurunan beton segar dari bagian atas kerucut abrams. Dan dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali dengan mistar atau meteran, kemudian hasilnya dirata-rata.

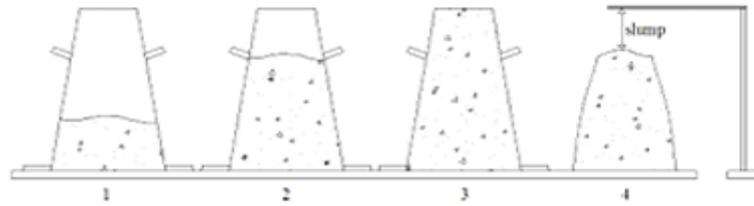
Tipe Konstruksi	Nilai Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Pondasi beton bertulang (dinding dan pondasi telapak)	75	25
Pondasi telapak tanpa tulangan, pondasi tiang pancang dan dinding bawah tanah	75	25
Balok dan dinding bertulang	100	25
Kolom bangunan	100	25
Perkerasan dan pelat lantai	75	25
Beton massa	50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

Tabel 3.6: Nilai Slump Berdasarkan (SNI 7656-2012)

5. Nilai rata-rata merupakan hasil dari nilai slump yang dihitung pada campuran beton segar

Prosedur cara pemadatan pada nilai slump (Workability)

- a. Lapis 1, 25 tumbukan pada campuran beton segar dengan 1/3 bagian dari tinggi kerucut
- b. Lapis 2, 25 tumbukan pada campuran beton segar dengan 2/3 bagian dari tinggi kerucut.
- c. Lapis 3, 25 tumbukan pada campuran beton segar sampai pada bagian atas permukaan kerucut.
- d. Pengukuran nilai sump (Workability) beton segar.



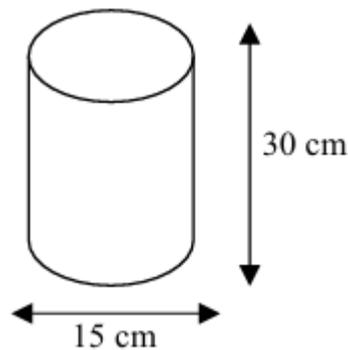
Gambar 3.7: skema pemeriksaan nilai slump

3.17 Pembuatan Benda Uji

Setelah melakukan pengujian pada tiap agregat, maka data data tersebut digunakan pada perencanaan campuran beton (mix design). Mix design bertujuan untuk menentukan perbandingan kebutuhan material penyusun beton yang akan digunakan pada benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan setelah mendapatkan persentase masing-masing kebutuhan bahan pembentuk beton setelah melakukan mix design dan dimasukkan kedalam alat mixer. Kemudian benda uji akan dicetak pada cetakan silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Adapun langkah pengerjaan dalam pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan penyusun beton sesuai dengan perhitungan pada proses Mix Design.
2. Menyiapkan mesin mixer sebagai alat untuk pengaduk campuran beton
3. Masukkan bahan penyusun beton secara perlahan dan dimulai dari agregat kasar, agregat halus dan semen
4. Masukkan air yang sudah berisi pada gelas ukur yang telah disiapkan sesuai takaran yang telah diperhitungkan pada proses Mix Design dengan cara perlahan lahan tidak langsung menungakan keseluruhan
5. Nyalakan mesin mixer dan tunggu sehingga tercampur secara merata
6. Setelah itu masukkan beton segar secara perlahan ke kerucut abrams
7. Lalu angkat kerucut abrrams dan lakukan pengukuran nilai slump secara benar
8. Menyiapkan cetakan silinder yang telah diolesi oli
9. Hitung nilai slump yang diperoleh oleh beton segar yang telah dibuat.

10. Masukkan beton segar kedalam cetakan silinder secara bertahap, mulai dari 1/3 bagian, 2/3 bagian, sampai penuh dan setiap bagian dilakukan rojok sebanyak 25 kali untuk mengeluarkan rongga udara yang terperangkap pada didalam cetakan.
11. Setelah dilakukan pengisian campuran beton sampai penuh, maka Langkah selanjutnya yaitu mengetuk-ketuk bagian luar cetakan dengan palu karet lalu ratakan dan padatkan bagian permukaan atas menggunakan cetok.
12. Mendinginkan cetakan silinder yang berisi beton segar selama satu hari atau 24 jam. Setelah itu mengeluarkan beton dari cetakan lalu melakukan perawatan beton (curing) sebelum dilakukan pengujian.



Gambar 3.8: benda uji

3.18 Jumlah Benda Uji

Benda uji yang telah didiamkan selama 24 jam didalam cetakan silinder, lalu dipisahkan antara benda uji dengan cetakan silinder untuk dilakukan proses perawatan beton atau proses curing pada beton selama 28 hari. Pada penelitian ini, jumlah sampel yang direncanakan yaitu sebanyak 20 buah dengan 3 variasi dan 1 beton normal. Pada setiap variasi masing-masing memiliki 5 sampel, berikut tabel persentase benda uji dan substitusi agregat:

Tabel 3.7: jumlah benda uji dan substitusi agregat

variasi	Persentase komposisi agregat halus (%)	Persentase komposisi agregat kasar (%)	Persentasi bahan tambah (admixture) (%)	\ Umur benda uji (hari)	Jumlah benda uji

	Pasir normal	Cangkang kerang	kerikil	Silica fume		
--	--------------	-----------------	---------	-------------	--	--

Tabel 3.7: Lanjutan

BN	100	0	100	0	28	3
BLCK + SF I	97	3	100	3	28	3
BLCK + SF II	95	5	100	3	28	3
BLCK + SF III	93	7	100	3	28	3
BLCK + SF IV	91	9	100	3	28	3
Jumlah						15

Tabel 3.8: Persentase Campuran Beton

variasi	Pasir (%)	Cangkang kerang (%)	Kerikil (%)	Silica fume (%)	Air (%)	Semen (%)
BN	100	0	100	0	100	100
BC + SF I	97	3	100	3	100	100
BC + SF II	95	5	100	3	100	100
BC + SF III	93	7	100	3	100	100
BC + SF IV	91	9	100	3	100	100

Keterangan:

BN = Beton Normal

BC + SF I = Beton Limbah Cangkang Kerang 3% + silica fume 3%

BC + SF II = Beton Limbah Cangkang Kerang 5% + silica fume 3%

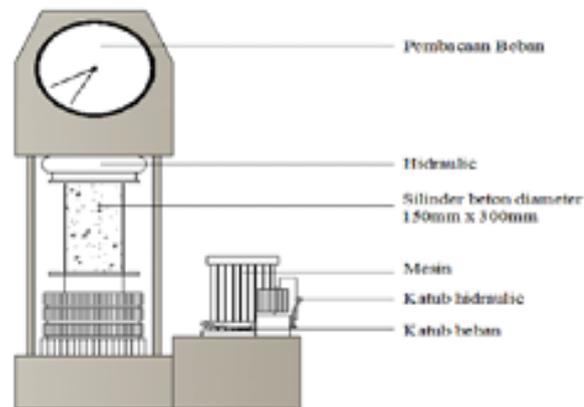
BC + SF III = Beton Limbah Cangkang Kerang 7% + silica fume 3%

BC + SF IV = Beton Limbah Cangkang Kerang 9% + silica fume 3%

3.19 Pengujian Kuat Tekan Dengan Mesin Compression Machine Test

Compression Machine Test merupakan mesin pengukur kuat tekan pada bahan uji sampel beton, dan hasil dari pengujian kuat tekan akan menjadi acuan pada kualitas beton yang digunakan pada bangunan. Berikut merupakan Langkah-langkah pengujian kuat tekan yaitu:

1. Mengangkat silinder beton dari bak rendaman, kemudian mengeringkan permukaan silinder beton dengan cara dilap atau dianginkan.
2. Menimbang dan mencatat berat sample beton silinder.
3. Meratakan bagian atas permukaan sample beton dengan belerang cair yang telah dipanaskan
4. Meletakkan sample pada mesin pengujian kuat tekan (Compression Machine Test) yang telah disediakan kemudian hidupkan mesin pengujian dan alat pengujian akan menekan sample beton secara perlahan.
5. Mencatat hasil kuat tekan yang ditampilkan pada mesin kuat tekan untuk setiap sampelnya.



Gambar 3.9: Merupakan Alat Pengujian Kuat Tekan (Compression Machine Test)

No	Uraian Kegiatan	Bulan 4			Bulan 5				Bulan 6			
		minggu			minggu				minggu			
		2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Persiapan Bahan											
a.	Agregat kasar (batu pecah)	■										
b.	Agregat halus (pasir)	■										
c.	Semen		■	■								
d.	Air	■										
e.	Silica fume	■										
f.	Cangkang kerang	■										
2.	Persiapan alat:											
a.	Izin menggunakan laboratorium	■										
b.	Bak peredaman	■										
3.	Pelaksanaan:											
a.	Analisa saringan	■										
b.	Kadar air agregat kasar dan halus	■	■									
c.	Berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus	■	■									
d.	Berat isi agregat kasar dan halus	■	■									
e.	Kadar lumpur agregat kasar dan halus	■	■									
f.	Mix design			■	■							
g.	Membuat benda uji				■	■						
h.	Perendaman 28 hari						■	■	■			
4.	Pelaksanaan Uji Kuat Tekan											
a.	Beton normal										■	
d.	Variasi BLCK 3% + SF 3%											■
e.	Variasi BLCK 5% + SF 3%											■
f.	Variasi BLCK 7% + SF 3%											■
g.	Variasi BLCK 9% + SF 3%											■

3.20 Jadwal Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 dan Analisa Pemeriksaan Agregat

Pada bab ini akan diuraikan mengenai hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Data yang diperoleh meliputi data material berupa analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur dan berat isi.

4.3 Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari kota Binjai. Pemeriksaan fisik dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton. Agar mendapatkan kualitas yang baik maka perlu dilakukan pemeriksaan agregat halus uanh meliputi pengujian analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur dan berat isi.

4.3.1 Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian analisa saringan berpedoman pada (SNI 03-1968-1990). Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus.

Ukuran Ayakan	Retained Fraction			Cumulative			Batas Zona 2	
	Sampel 1	Sampel 2	Total	% Berat Tertahan	Berat Tertahan	Berat Lolos		
mm	gr	gr	gr	%	%	%	Min	Max
9,5	0	0	0	0	0	100	100	100
4,75	3	2	5	0,20	0,20	99,80	90	100
2,36	190	185	375	15,18	15,38	84,62	75	100
1,18	326	317	643	26,03	41,42	58,58	55	90
0,6	279	288	567	22,96	64,37	35,63	35	59
0,3	263	267	530	21,46	85,83	14,17	8	30
0,15	118	121	239	9,68	95,51	4,49	0	10
0,075	48	56	104	4,21	99,72	0,28		
Pan	4	3	7	0,28	100,00	0,00		
Jumlah	1231	1239	2470		302,7126			
FM	3,03							

Berdasarkan Tabel 4.1, maka nilai modulus halus dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus kehalusan (finess modulus)} &= \frac{\sum \text{ Berat tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{302,71}{100} \\
 &= 3,03
 \end{aligned}$$

Pada umumnya modulus kehalusan agregat halus itu intervalnya antara 1,5 sampai 3,8. Jadi dari hasil uji didapat hasilnya sebesar 3,03 berarti nilainya sudah memenuhi syarat yang telah ditetapkan pada Tabel 4.1 untuk menjadi campuran beton.

4.3.2 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada SNI 1971 2011. Hasil dari pengujian yang dilakukan untuk dapat dilihat Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2: Hasil pengujian kadar air agregat halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Sampel Awal	W1		1000	1003	gr
Berat Wadah + Sampel Akhir	W2		985	982	gr
Berat Wadah	W3		499	502	gr
Berat sampel awal	A	$(W1-W3)$	500	500	gr
Berat Sampel Akhir	B	$(W2-W3)$	486	480	gr
Kadar Air Agregat	C	$\frac{(A-B)}{B} \times 100$	2,88	4,17	%
Rata -rata			3,63		%

Keterangan :

Berat sampel awal = berat sampel kondisi ssd

Berat sampel akhir = berat sampel kondisi kering oven 24 jam

Pengujian dilakukan dua kali dengan uji pertama dapat hasil sebesar 2,88 % Lalu yang kedua dapat hasil sebesar 4,17 %. Jadi rata rata kadar airnya dapat dari analisa data yaitu sebesar 3,52 %. Hasil pengujian memenuhi batas interval kadar air agregat halus yang dimana hasilnya 3 % sampai 6 %.

4.3.3 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

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

<i>FINE AGGREGATE</i> (Agregat Halus) Passing No.4 (Lolos Saringan No. 4)	01	02	<i>AVE</i> (Rata-Rata)
<i>Wt of SSD Sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (B)	500	500	500
<i>Wt of Flask + Water</i> (Berat Piknometer penuh air) (D)	662	662	662
<i>Wt. of Flask + Water + Sample</i> (Berat contoh SSD di dalam piknometer penuh air) C	964	975	968
<i>Wt. of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh kering oven (110° C) Sampai Konstan) E	487	482	484,5
<i>Bulk SP. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD) B/ (B+D-C)	2,53	2,67	2,600
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (berat jenis contoh kering) E/B+D-C	2,63	2,85	2,742
Apparent Sp. Gravity-Dry (Berat jenis contoh semu) E/(E+D-C)	2,46	2,58	2,52
<i>Absorption</i>	2,67	3,73	3,202
$(A - Bk) / Bk \times 100 \%$			

Pengujian dilakukan 2 kali dengan uji pertama hasilnya sebesar 2,63 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan 2,85 gr/cm³ jadi rata rata berat jenis kering sebesar 2,74 gr/cm³, hasil uji ini sudah memenuhi batas interval berat jenis yaitu 1,6 sampai 3,2. Penyerapan air untuk pengujian pertama hasilnya 2,67 % lalu pengujian kedua 3,73 % dan rata rata penyerapan air sebesar 3,20 %.

4.3.4 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 03-4804, 1998). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Hasil perhitungan berat isi agregat halus.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Goyang
Berat Sampel + Wadah	W1		gr	19063	20091	20619
Berat Wadah	W2		gr	5300	5300	5300
Berat Sampel	W3	W1-W3	gr	13763	14791	15319
Volume Wadah	V1		cm ³	10851,84	10851,84	10851,84
Berat Isi		W3/V1	gr/cm ³	1,27	1,36	1,41
Rata-rata				1,35		

4.3.5 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pelaksanaan pengujian kadar lumpur berpedoman pada SNI S-04-1998 F,1989. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah	W1		501	504	gr
Berat Wadah + Sampel Awal	W2		1501	1504	gr
Berat Wadah + Sampel Akhir	W3		1462	1471	gr
Berat sampel awal	A	(W2-W1)	1000	1000	gr
Berat Sampel Akhir	B	(W3-W1)	961	967	gr
Berat Kotoran Pada Agregat	C	(A-B)	39	33	gr
Persentase Kotoran		$(C/A) \times 100$	3,9	3,3	%
Rata -rata			3,6		%

Tabel 4.5: Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus

Pengujian dilakukan 2 kali yang pertama didapatkan hasil 3,9 % sedangkan kedua didapatkan hasil sebesar 3,3 %. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang dari

analisa data yaitu sebesar 3,6 %. Agregat dapat digunakan sebagai bahan campuran beton sebab memenuhi syarat batas interval kadar lumpur agregat halus yaitu 0,2% sampai 6%.

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.

Ukuran Saringan		Retained Fraction			Cumulative			Batas Zona	
ASTM	SNI	Sampel 1	Sampel 2	Total	% Berat Tertahan	Berat Tertahan	Berat Lolos	Min	Max
Inchi	mm	gr	gr	gr	%	%	%		
1 inci	25,4	0	0	0	0	0	100	100	100
3/4 inci	19,1	23	18	41	1,66	1,66	98	95	100
1/2 inci	12,7	674	681	1355	54,93	56,59	43,41	20	50
3/8 inci	9,52	422	439	861	34,90	91,49	8,51	0	15
No. 4	4,75	117	93	210	8,51	100,00	0,00	0	5
No. 8	2,36	0	0	0	0,00	100,00			
No. 16	1,18	0	0	0	0,00	100,00			
No. 30	0,6	0	0	0	0,00	100,00			
No. 50	0,3	0	0	0	0,00	100,00			
No. 100	0,15	0	0	0	0,00	100,00			
No. 200	0,075	0	0	0	0,00	100,00			
Pan		0	0	0	0,00	100,00	0,00	0	0
Jumlah		1236	1231	2467		749,737			
FM		7,50							

Tabel 4.6: Hasil pengujian analisa saringan agregat kasar.

Berdasarkan Tabel 4.6 maka diperoleh nilai modulus kehalusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus kehalusan (finess modulus)} &= \frac{\sum \text{Berat Tertahan Kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{749,737}{100} \\
 &= 7,50
 \end{aligned}$$

Nilai ini sudah memenuhi interval untuk modulus kehalusan agregat kasar sesuai spesifikasi, sehingga agregat kasar ini dapat digunakan untuk campuran beton.

Nilai ini sudah emenuhi interval untuk modulus kehalusan agregat kasar sesuai spesifikasi, sehingga angregat kasar ini dapat digunakan untuk campuran beton

4.4.2 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pelaksanaan pengujian kadar air berpedoman pada ASTM C 128. Hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada table 4.7.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah + Sampel Awal	W1		1502	1505	gr
Berat Wadah + Sampel Akhir	W2		1491	1496	gr
Berat Wadah	W3		502	505	gr
Berat sampel awal	A	$(W1-W3)$	1000	1000	gr
Berat Sampel Akhir	B	$(W2-W3)$	989	991	gr
Kadar Air Agregat	C	$\frac{(A-B)}{B} \times 100$	1,11	0,91	%
Rata -rata			1,01		%

Tabel 4.7: Hasil pengujian kadar air agregat kasar

Dilakukan sebanyak 2 kali dengan pengujian pertama didapatkan hasil sebesar 1,11% sedangkan pengujian kedua didapatkan hasil sebesar 0,91%. Jadi hasil kadar air rata-rata yang didapatkan dari analisa data yaitu sebesar 1,01%. Hasil tersebut memenuhi batas interval kadar air agregat kasar yaitu 0,5% sampai 2%.

4.4.3 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air berpedoman pada SNI 1969 2016. hasil dari pengujian yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 4.8.

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

Nama Contoh		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
<i>Wt of SSD sample in Air</i> (Berat contoh (SSD) kering permukaan jenuh) (A)	A	2400	2478	2439

<i>Wt of SSD sample in Water</i> (Berat contoh (SSD) didalam air) (B)	B	1426	1470	1448
<i>Wt of Oven Dry Sample</i> (Berat contoh (SSD) kering oven (110°C) Sampai Konstan (C))	C	2394	2472	2433
<i>Bulk Sp. Gravity-SSD</i> (Berat jenis contoh SSD)	$\frac{A}{A - B}$	2,464	2,458	2,46
<i>Bulk Sp. Gravity-Dry</i> (Berat Jenis contoh kering)	$\frac{C}{A - B}$	2,458	2,452	2,46
<i>Apparent Sp. Gravity-Dry</i> (Berat jenis contoh semu)	$\frac{C}{C - B}$	2,47314	2,467066	2,47
Penyerapan air (%)	$\frac{A - C}{C} \times$	0,29	0,24	0,25

Pengujian dilakukan 2 kali dengan uji pertama hasilnya sebesar 2,458 gr/cm³ sedangkan pengujian kedua didapatkan 2,452 gr/cm³ jadi rata rata berat jenis kering sebesar 2,46 gr/cm³, hasil uji ini sudah memenuhi batas interval berat jenis yaitu 1,6 sampai 3,2. Penyerapan air untuk pengujian pertama hasilnya 0,25 % lalu pengujian kedua 0,24 % dan rata rata penyerapan air sebesar 0,25 %.

4.4.4 Berat Isi

Pelaksanaan pengujian berat isi agregat berpedoman pada (SNI 03-4804, 1998). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Keterangan	Notasi	Persamaan	Satuan	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Goyang
Berat Sampel + Wadah	W1		gr	23351	24213	24309
Berat Wadah	W2		gr	5300	5300	5300
Berat Sampel	W3	W1-W3	gr	18051	18913	19009
Volume Wadah	V1		cm ³	10851,84	10851,84	10851,84
Berat Isi		W3/V1	gr/cm ³	1,66	1,74	1,75

Rata-rata	1,72
-----------	------

Tabel 4.9: Hasil pengujian berat isi agregat kasar.

Pengujian dilakukan dengan tiga cara, cara lepas didapatkan berat isi sebesar 1,90 gr/cm³, cara rojok sebesar 1,96 gr/cm³, dan cara goyang sebesar 2,05 gr/cm³. Maka rata-rata berat isi agregat halus sebesar 1,97 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.

Tabel 4.10: Hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar

Keterangan	Notasi	Persamaan	Benda Uji		Satuan
			I	II	
Berat Wadah	W1		501	505	gr
Berat Wadah + Sampel Awal	W2		1501	1505	gr

Tabel 4.10: *Lanjutan*

Berat Wadah + Sampel Akhir	W3		1494	1498	gr
Berat sampel awal	A	(W2-W1)	1000	1000	gr
Berat Sampel Akhir	B	(W3-W1)	993	993	gr
Berat Kotoran Pada Agregat	C	(A-B)	7	7	gr
Persentase Kotoran		$(C/A) \times 100$	0,7	0,7	%
Rata -rata			0,7		%

Pengujian dilakukan 2 kali yang pertama didapatkan hasil 0,8 % sedangkan kedua didapatkan hasil sebesar 0,6 %. Maka hasil kadar lumpur rata-rata yang dari analisa data yaitu sebesar 0,7 %.

4.5 Perencanaan Campuran Beton

Setelah pengujian agregat halus dan kasar selesai dilakukan, lalu gunakan data data tersebut untuk perencanaan campuran beton dengan kekuatan beton yang akan direncanakan sebesar 20 Mpa. Adapun data data nya dillihat di Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Data-data tes dasar.

No	Data Tes Dasar	Nilai
1	Mutu beton rencana	20 MPa
2	Modulus kehalusan (FM) agregat halus	3,03
3	Modulus kehalusan (FM) agregat kasar	7,50
4	Kadar air agregat halus	3,52%
5	Kadar air agregat kasar	1,01%
6	Berat jenis agregat halus	2,60 gr/cm ³
7	Berat jenis agregat kasar	2,46 gr/cm ³
8	Daya serap agregat halus	3,20%

Tabel 4.11: *Lanjutan*

9	Daya serap agregat kasar	0,25%
10	Kadar lumpur agregat halus	3,6%
11	Kadar lumpur agregat kasar	0,7%
12	Berat isi agregat halus	1,35 gr/cm ³
13	Berat isi agregat kasar	1,72 gr/cm ³
14	Nilai slump	75-120

4.6 Perhitungan Mix Design Beton Cangkang Kerang Silica fume

4.6.1 Mix Design Beton

Setelah melakukan berbagai jenis pengujian untuk material yang mau di gunakan pada campuran beton, hasil data yang didapatkan akan dipakai untuk merencanakan campuran beton atau disebut “mix design”. Sesuai dengan rencana penelitian ini, kekuatan beton direncanakan adalah 20 Mpa yang berpedoman SNI 2834-2000. Adapun langkahnya dalam perencanaan beton seperti dibawah ini.

1. kuat tarik rencana ($f'c$) adalah 20 Mpa dengan umur rencana 28 hari.
2. Semen yang digunakan adalah portland tipe 1.
3. Agregat halus yang digunakan diperoleh dari binjai
4. Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil/batu pecah dengan ukuran maksimum 19mm diperoleh dari binjai.
5. Faktor air semen (FAS) yang digunakan untuk rencana umur beton 28 hari adalah 0,54.
6. FAS maksimum untuk beton diluar ruangan tidak terlindungi hujan dan matahari adalah 0,6 dengan berat semen minimum 325 kg/m³.
7. Nilai slump yang direncanakan adalah 75-120 mm.
8. Kadar air bebas yang digunakan 45ebagi 204,9 kg/m³.
9. Jumlah semen yang digunakan 45ebagi,

$$\begin{aligned} W \text{ semen} &= W \text{ air} / \text{FAS} \\ &= 204,9 / 0,54 \\ &= 379,44 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Nilai ini lebih besar dari berat semen minimum maka tidak perlu di ubah

10. Persentase agregat halus yang didapat 45ebagi 42,5%.
11. Persentase agregat kasar untuk agregat gabungan 45ebagi 100% dikurang persentase agregat halus yaitu 57,5%.
12. Berat jenis agregat halus 45ebagi 2,64 dan agregat kasar 2,45 berdasarkan pemeriksaan agregat yang telah dilakukan. Maka berat jenis agregat campuran 45ebagi 2,53.
13. Berat isi beton basah didapat berdasarkan hitungan 45ebagi 2250 kg/m³.
14. Kadar agregat campuran,

$$\begin{aligned} \text{Ag camp} &= \text{Berat isi beton} - W \text{ semen} - W \text{ air} \\ &= 2250 - 379,44 - 204,9 \end{aligned}$$

$$= 1665,66 \text{ kg/m}^3$$

15. Kadar agregat kasar dan agregat halus,

$$\text{Ag Kasar} = \% \text{ ag kasar} \times \text{Ag camp}$$

$$= 57,5 \% \times 1665,66$$

$$= 957,75 \text{ kg/m}^3.$$

$$\text{Ag Halus} = \% \text{ ag halus} \times \text{Ag camp}$$

$$= 42,5 \% \times 1665,66$$

$$= 707,90 \text{ kg/m}^3.$$

16. Perbandingan kadar semen, agregat halus, agregat kasar dan air pada rencana campuran beton untuk 1 m^3

$$\text{Air} = 204,9 \text{ kg/m}^3. = 0,5$$

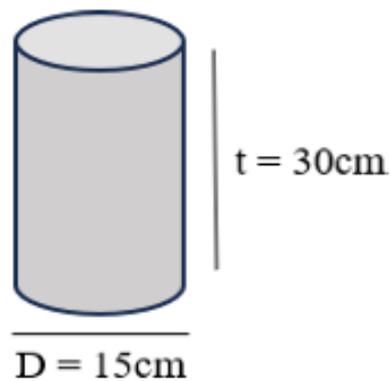
$$\text{Semen} = 379,44 \text{ kg/m}^3. = 1$$

$$\text{Agregat Halus} = 707,90 \text{ kg/m}^3. = 2$$

$$\text{Agregat Kasar} = 957,75 \text{ kg/m}^3. = 3$$

4.6.2 Kebutuhan Material

Berdasarkan mix design atau perencanaan campuran beton yang sudah dilakukan, maka dapat diketahui jumlah kebutuhan material yang akan digunakan



untuk setiap 1 benda uji silinder.

Gambar 4.1: Sampel Beton Silinder

$$\text{Diameter (D)} = 15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (T)} = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume (V)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 t \\
 &= \frac{1}{4} \pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,3 \\
 &= 0,0053 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan material untuk setiap benda uji Adalah.

$$\text{Air} = 204,9 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 1,08 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 379,44 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 2,01 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus} = 707,90 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 3,75 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar} = 957,75 \text{ kg/m}^3 \times 0,0053 \text{ m}^3 = 5,07 \text{ kg}$$

4.6.3 Kebutuhan Cangkang Kerang

Kebutuhan bahan pengganti dari agregat halus dalam penelitian ini didapat dari cangkang kerang. Persentase yang digunakan Adalah 3%, 5%, 7%, 9%, dari berat agregat halus untuk sampel beton. Maka berat cangkang kerang yang dibutuhkan untuk persentase penelitian dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 4.12: Kebutuhan cangkang kerang untuk 1 Benda Uji Pada Umur 28 hari.

Variasi	Persentase cangkang kerang digunakan (%)	Berat agregat halus untuk 1 Benda Uji (Kg)	Berat Cangkang kerang yang dibutuhkan (Kg)
BCSF 3%	3	3,63	0,11
BCSF 5%	5	3,56	0,18
BCSF 7%	7	3,48	0,26
BCSF 9%	9	3,41	0,33

4.6.4 Kebutuhan Silica Fume

Pada penelitian ini juga menggunakan bahan tambah Silica fume. Silica fume ini didapat dari hasil berat beton rata rata 12,497, dengan persentase Silica Fume 3% dan 5%. Maka berat Silica Fume dapat dilihat Tabel 4.13.

Tabel 4.13: Kebutuhan Silica Fume untuk 1 Benda Uji Pada Umur 28 hari

Variasi	Persentase Silica Fume (%)	Berat Silica Fume dibutuhkan (Kg)
BCSF 3%	3%	0,06

4.6.5 Kebutuhan Material Keseluruhan

Kebutuhan bahan setiap variasi umur 28 hari pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Kebutuhan Material untuk 3 Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Silica Fume	Agregat halus + Cangkang		Agregat kasar 100% (Kg)	semen 100% (Kg)	Air 100% (kg)
			Agregat halus (Kg)	Cangkang Kerang (Kg)			
1	BN		13,50 (100%)		11,25 (100%)	6,03 (100%)	3,24 (100%)
2	BCSF I	0,18 (3%)	13,16 (97%)	0,33 (3%)	11,25 (100%)	6,03 (100%)	3,24 (100%)
3	BCSF II	0,18 (3%)	12,94 (95%)	0,56 (5%)	11,25 (100%)	6,03 (100%)	3,24 (100%)

4	BCSF III	0,18 (3%)	12,71 (93%)	0,78 (7%)	11,25 (100%)	6,03 (100%)	3,24 (100%)
5	BCSF IV	0,18 (3%)	12,49 (91%)	1,12 (9%)	11,25 (100%)	6,03 (100%)	3,24 (100%)

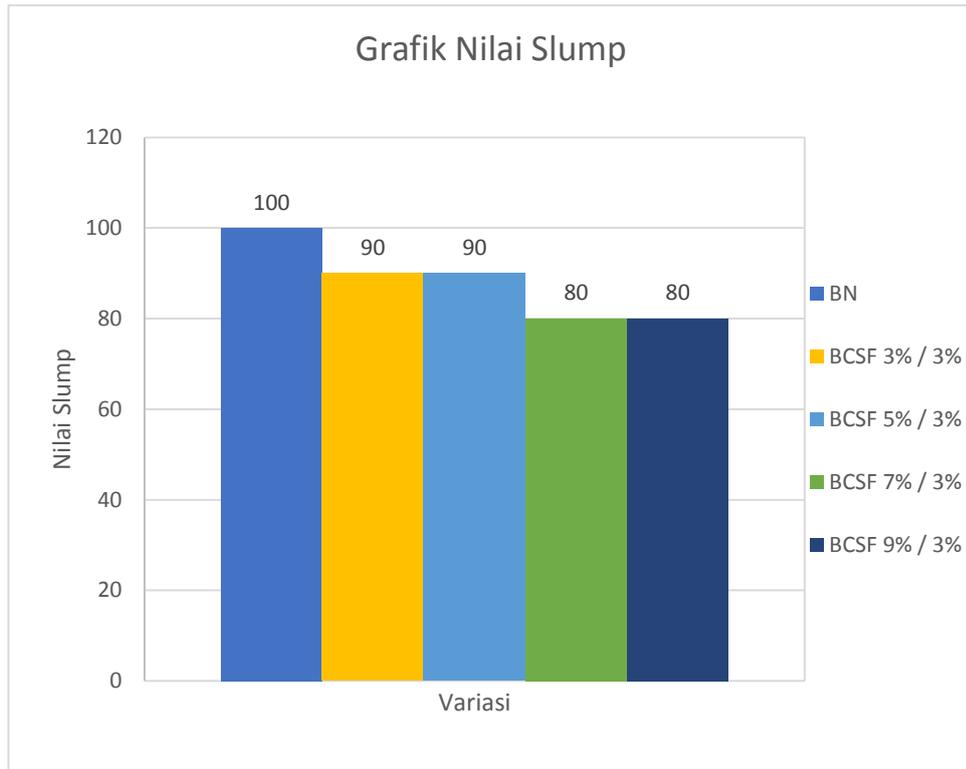
4.7 Slump Test

Pelaksanaan *slump test* berpedoman pada (SNI 1972:2008). Hasil dari pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Hasil Pengujian *Slump*

NO	Variasi	Nilai Slump (mm)
1	BN	100
2	BCSF 3% / 3%	90
3	BCSF 5% / 3%	90
4	BCSF 7% / 3%	80
5	BCSF 9% / 3%	80

Hasil *slump test* tertinggi terdapat pada beton normal, sedangkan penambahan Cangkang kerang mengalami penurunan nilai *slump test*, ini dikarenakan cangkang kerang dan Silica fume menyerap sebagian air yang seharusnya berfungsi sebagai pengganti agregat halus dan perekat tambahan beton.



Gambar 4.2: Grafik *Slump Test* Rata – Rata

4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada saat beton umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 setiap variasi. Pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini menggunakan mesin kuat tekan dengan kapasitas 2000 KN. Dengan ukuran benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Hasil pengujian dari kuat tekan beton pada umur 28 hari sebagai berikut:

a. Beton Normal

Benda Uji 1 (A1)

➤ Beban (P) = 390 KN

➤ Luas silinder (A) = 17662,5 mm²

➤ Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{390}{17662,5} = 22 \text{ Mpa}$

Benda Uji 2 (A2)

- Beban (P) = 320 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{320}{17662,5} = 18 \text{ Mpa}$

Benda Uji 3 (A3)

- Beban (P) = 380 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{380}{17662,5} = 22 \text{ Mpa}$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata – Rata

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Beton Rata – Rata} &= \frac{\text{Hasil A1} + \text{Hasil A2} + \text{Hasil A3}}{3} \\ &= \frac{22 + 18 + 22}{3} \\ &= 21 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

b. Beton Cangkang Kerang Silica Fume 3% / 3%

Benda Uji 1 (D1)

- Beban (P) = 350 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{350}{17662,5} = 20 \text{ Mpa}$

Benda Uji 2 (D2)

- Beban (P) = 380 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
 $= \frac{380}{17662,5} = 22 \text{ Mpa}$

Benda Uji 3 (D3)

- Beban (P) = 430 KN

- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$

$$= \frac{430}{17662,5} = 24 \text{ Mpa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata – Rata

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Beton Rata – Rata} &= \frac{\text{Hasil D1} + \text{Hasil D2} + \text{Hasil D3}}{3} \\ &= \frac{20 + 22 + 24}{3} \\ &= 22 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

c. Beton Cangkang Kerang Silica Fume 5% / 3%

Benda Uji 1 (E1)

- Beban (P) = 380 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$

$$= \frac{380}{17662,5} = 22 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 2 (E2)

- Beban (P) = 450 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$

$$= \frac{450}{17662,5} = 25 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 3 (E3)

- Beban (P) = 400 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$

$$= \frac{400}{17662,5} = 23 \text{ Mpa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata – Rata

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Beton Rata – Rata} &= \frac{\text{Hasil E1} + \text{Hasil E2} + \text{Hasil E3}}{3} \\ &= \frac{22 + 25 + 23}{3} \end{aligned}$$

$$= 23 \text{ Mpa}$$

d. Beton Cangkang Kerang Silica Fume 7% / 3%

Benda Uji 1 (D1)

➤ Beban (P) = 390 KN

➤ Luas silinder (A) = 17662,5 mm²

➤ Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{390}{17662,5} = 22 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 2 (D2)

➤ Beban (P) = 350 KN

➤ Luas silinder (A) = 17662,5 mm²

➤ Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{350}{17662,5} = 20 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 3 (D3)

➤ Beban (P) = 340 KN

➤ Luas silinder (A) = 17662,5 mm²

➤ Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{340}{17662,5} = 19 \text{ Mpa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata – Rata

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Beton Rata – Rata} &= \frac{\text{Hasil D1} + \text{Hasil D2} + \text{Hasil D3}}{3} \\ &= \frac{22 + 20 + 19}{3} \\ &= 20 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

e. Beton Cangkang Kerang Silica Fume 9% / 3%

Benda Uji 1 (E1)

➤ Beban (P) = 300 KN

➤ Luas silinder (A) = 17662,5 mm²

➤ Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$
$$= \frac{300}{17662,5} = 16 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 2 (E2)

- Beban (P) = 340 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$

$$= \frac{340}{17662,5} = 19 \text{ Mpa}$$

Benda Uji 3 (E3)

- Beban (P) = 300 KN
- Luas silinder (A) = 17662,5 mm²
- Kuat Tekan beton = $\frac{P}{A}$

$$= \frac{300}{17662,5} = 16 \text{ Mpa}$$

Hasil Kuat Tekan Beton Rata – Rata

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tekan Beton Rata – Rata} &= \frac{\text{Hasil E1} + \text{Hasil E2} + \text{Hasil E3}}{3} \\ &= \frac{16 + 19 + 16}{3} \\ &= 17 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

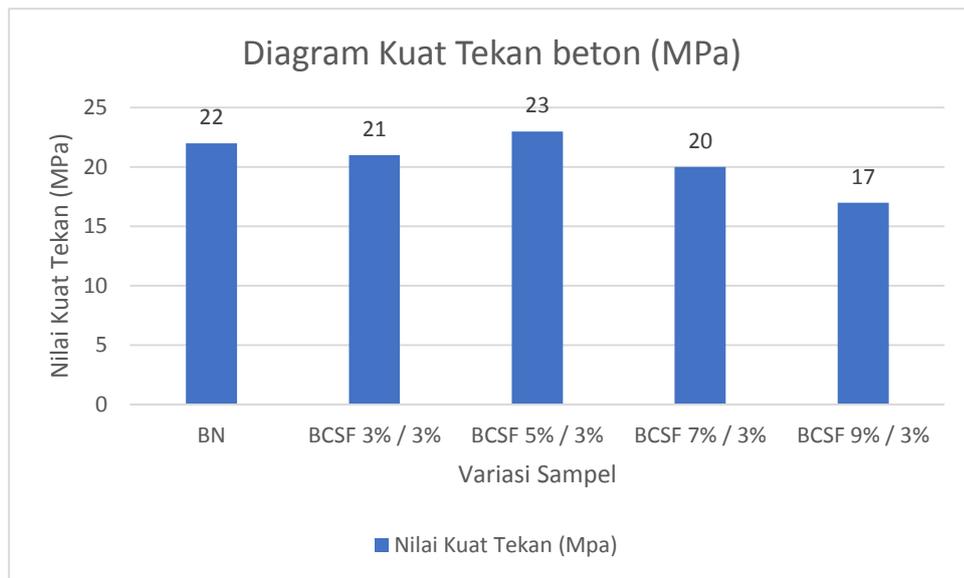
Tabel 4.16 hasil pengujian kuat tekan

Variasi	Benda Uji	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
BN	1	17662,5	390	22	21
	2	17662,5	320	18	
	3	17662,5	380	22	
BCSF 3% / 3%	1	17662,5	350	20	22
	2	17662,5	380	22	
	3	17662,5	430	24	

Tabel 4.16: Lanjutan

BCSF 5% / 3%	1	17662,5	380	22	23
	2	17662,5	450	25	
	3	17662,5	400	23	
BCSF 7% /	1	17662,5	390	22	20

3%	2	17662,5	350	20	17
	3	17662,5	340	19	
BCSF 9% / 3%	1	17662,5	300	16	
	2	17662,5	340	19	
	3	17662,5	300	16	



Gambar 4.5: Diagram Kuat Tekan Beton

Dari grafik diatas dapat dilihat beton umur 28 hari untuk keseluruhan pengujian yang tertinggi Adalah variasi beton cangkang kerang silica fume 5% / 3% yaitu di 23 MPa, pada variasi beton cangkang kerang silica fume 9% / 3% mengalami penurunan yaitu di 17 MPa hal ini di sebabkan oleh cangkang kerang yang terlalu menyerap banyak air sehingga menurunkan kualitas semen dan silicafume karena kekurangan air yang dibutuhkan untuk menguatkan beton tersebut.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapat Kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai yang di dapat dari penelitian ini variasi campuran antara cangkang kerang dan silica fume yang dapat menaikkan kuat tekan hanya variasi 5% / 3% yaitu sekitar 23 Mpa (naik 9,52% dari beton normal)penaikan yang bertahap dari variasi 3% / 3% dan variasi 9% / 3% mendapat penurunan ke 17 Mpa (penurunan 19,05% dari beton normal) .
2. Penambahan Silica Fume terbukti memberikan efek kenaikan terhadap kuat tekan beton. Berdasarkan data yang sudah di teliti silica fume konsisten menaikkan kuat tekan beton dan pergantian agregat halus dengan cangkang kerang mendapatkan titik maksimal pergantian yaitu di 5% dan untuk variasi diatas 5% tidak di rekomendasikan karena dapat menyebabkan kekurangan air pada beton.

5.2 Saran

Dari penelitian ini, perlu beberapa saran yang harus di kembangkan untuk penelitian ini Adalah:

1. Di perlukan perbaikan dalam komposisi penambahan dalam silica fume yang di gunakan agar dapat mengoptimalisasi pergantian agregat halus ke cangkang kerang tersebut, karena daya serap air dari cangkang kerang di 9% terlalu banyak sehingga di butuhkan silica fume yang tinggi untuk mempercepat penyatuan seluruh agregat yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad ihza Mahendra et al., (2023) Pengaruh Penggunaan Silica Fume Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Alir
(ANALISIS LAPIS PONDASI BAWAH ASPAL DALAM KONSTRUKSI JALAN RAYA, n.d.)
- Andika & Safarizki, (2019) pemanfaatan limbah cangkang kerang dara (anadara granosa) sebagai bahan tambah dan komplemen terhadap kuat tekan beton normal
- Arbi, (2015) pengaruh substitusi cangkang kerang dengan agregat halus terhadap kuat tekan beton
- Beton et al., (2020) JURNAL TEKNIK SIPIL : RANCANG BANGUN Pemanfaatan Serbuk Kulit Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap
- Dwi Prakasa, I., & Safitri, D. (2021). Pengujian Kadar Air Agregat Halus. *Ilmuteknik.Org*, 1(3), 2021–2022.
- Davendra & Trimurtiningrum, (2022) Jurnal Proyek Teknik Sipil pengaruh silica fume sebagai bahan tambah terhadap karakteristik beton mutu tinggi
- Fansuri et al., (2020) penggunaan campuran serbuk kerang 57ebag sebagai pengganti 57ebagian semen pada pembuatan beton use of a mixture of local shellfish powder as a partial replacement for cement in the concrete manufacture
- Simatupang & Nasjono, (2017) pengaruh penambahan silica fume terhadap kuat tekan reactive powder concrete
- (Sebayang, n.d.) tinjauan sifat-sifat mekanik beton alir mutu tinggi dengan silika fume sebagai bahan tambahan
- Vivi Bachtiar, M. Yusuf, ., Salain, A. K., Widiarsa, R., NASIONAL, M. P., Humaidi, M., & Hafizh, M. (2006). Pengaruh Nilai Slump Terhadap Kuat Tekan. *Ятыагаг*, 10(2), 19–29. [http://digilib.unila.ac.id/4949/15/BAB II.pdf](http://digilib.unila.ac.id/4949/15/BAB_II.pdf)

Standardisasi & Bsn (n.d.) SNI 03-2834-2000 Standar Nasional Indonesia Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal

Standardisasi & Bsn (n.d.) SNI 03-4142-1996 metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm), n.d.

Standardisasi & Bsn (n.d.) SNI-03-1968-1990 metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar

Standar Nasional Indonesia, 2016 SNI 1969:2016 Metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Standar Nasional Indonesia, 2012 SNI 7656:2012 Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa

(Standar Kompetensi Nasional Metode Pengujian Berat I Si Dan Rongga Udara Dalam Agregat I CS 91.100.20 Badan Standardisasi Nasional, n.d.)

Standardisasi & Bsn (n.d.) SNI BETON 03-2847-2002, n.d. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan Gedung

LAMPIRAN



Dokumentasi 1: cangkang kerang yang sudah di haluskan



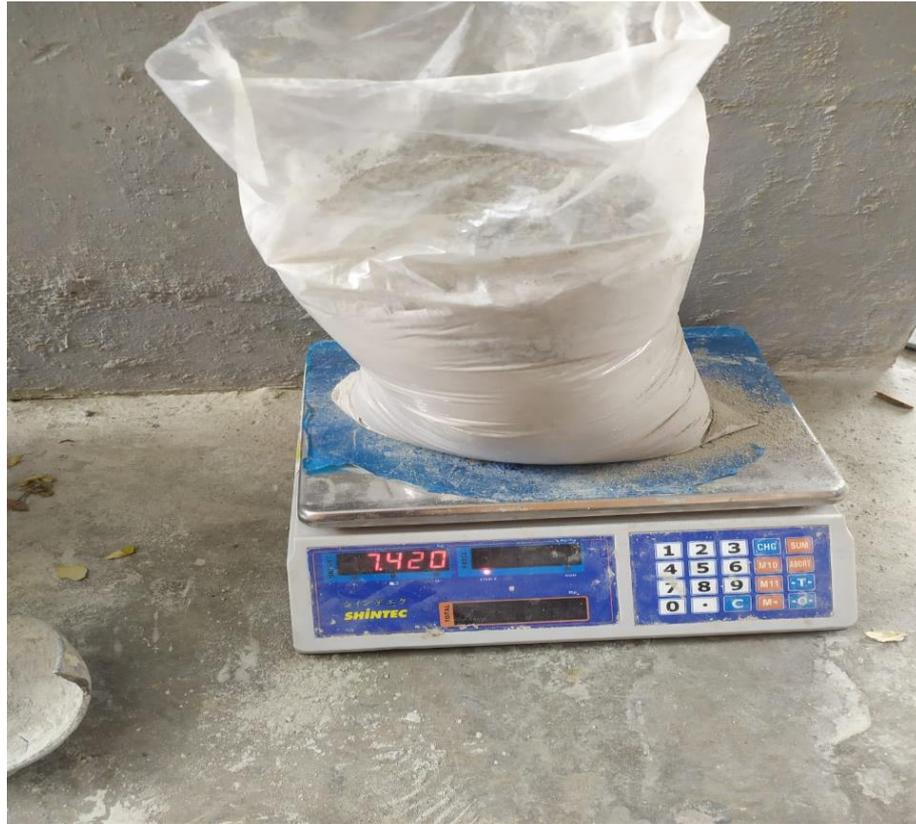
Dokumentasi 2: silica fume yang di gunakan



Dokumentasi 3: penimbangan agregat kasar



Dokumentasi 4: penimbangan cangkang kerang



Dokumentasi 5: penimbangan semen



Dokumentasi 6: penimbangan agregat halus



Dokumentasi 7: Alat mixer



Dokumentasi 8 : Penimbangan benda uji



Dokumentasi 9 : pengujian kuat tekan



Dokumentasi 10 : pengujian slump

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PENULIS

Nama Lengkap : Muhammad Afi Harianto
Panggilan : Afi
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 06 Maret 2004
Jenis Kelami : Laki Laki
Alamat : Jl. Bengkalis Gh II No 12 Lk V
Agama : Islam
Nama Orang Tua
Ayah : Jam Harianto
Ibu : Rahmaliana G
No. HP : 082169856629
E-Mail : muhammadafiharianto@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 2107210200
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No. 3
Medan 20238

No.	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SD Muhammadiyah 04	2015
2	SMP	SMP Hang Tuah 1	2018
3	SMA	SMA Hang Tuah 1	2021
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Tahun Ajar 2021 Sampai Selesai		